

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**



**“REVISION, DIAGNOSTICO Y DESARROLLO DE UN NUEVO PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA NUEVOSUR S.A. DE LA  
REGION DEL MAULE”**

**Memoria para optar al Título de:  
INGENIERO CIVIL MECANICO**

**ALUMNO : FELIPE PALMA INOSTROZA  
PROFESOR GUIA: ORLANDO DURAN ACEVEDO**

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión y análisis al actual Plan de Mantenimiento Preventivo, luego realizar un diagnóstico de los diferentes Planes que actualmente la empresa NuevoSur S.A. de la VII Región del Maule, tiene en operación.

Luego de realizar una revisión y análisis de los Planes Preventivos, se procederá a realizar las recomendaciones y conclusiones necesarias para poder aportar con mejoras para el Departamento de Mantención de la Empresa NuevoSur S.A.

En una primera instancia se realizaran los análisis de cómo se han comportado, en cuanto a fallas, costos correctivos y preventivos, los diferentes grupos de equipos utilizados en las diferentes Plantas de la empresa, tanto Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas como las Plantas de Elevación de Aguas Servidas.

Teniendo los registros históricos para la Región del Maule, de la Empresa NuevoSur S.A., se analizaran, y se podrán realizar conclusiones y recomendaciones en cuanto a mejoras en Planes Preventivos, mejoras en cuanto a gestión de las operaciones del Departamento de Mantención y como poder mejorar las gestiones en cuanto a planes preventivos y costos operacionales referidos al Mantenimiento, con el fin de poder tener mejoras económicas en los presupuestos, además de una mejor eficiencia en cuando al tratamiento de las fallas de los equipos.

## Contenido

1.	Introducción .....	- 9 -
1.1	Empresa NuevoSur S.A.....	- 9 -
1.2	Misión.....	- 9 -
1.3	Visión .....	- 10 -
1.4	Organización.....	- 10 -
1.4.1	Organigrama General Essbio S.A. – NuevoSur S.A.....	- 11 -
1.4.2	Organigrama Departamento de Mantenición NuevoSur S.A.....	- 12 -
2.	Fundamentos Teóricos del Mantenimiento.....	- 13 -
2.1	Definición de mantenimiento.....	- 13 -
2.2	Organización del mantenimiento.....	- 14 -
2.3	Mantenimiento contratado.....	- 15 -
2.4	Informes de mantenimiento.....	- 15 -
2.5	Gestión del mantenimiento .....	- 17 -
2.6	Clasificación de fallas.....	- 18 -
2.7	Tipos de mantenimiento.....	- 19 -
2.7.1	Mantenimiento para Usuario .....	- 20 -
2.7.2	Mantenimiento Correctivo.....	- 20 -
2.7.2.1	Mantenimiento paliativo o de campo.....	- 20 -
2.7.2.2	Mantenimiento curativo.....	- 20 -
2.7.3	Mantenimiento en la actualidad .....	- 21 -
2.7.3.1	Mantenimiento Preventivo .....	- 22 -
2.7.3.2	Mantenimiento Predictivo.....	- 24 -
2.7.3.3	Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	- 25 -

2.8	Aplicación del mantenimiento industrial .....	- 26 -
2.8.1	Puesta a cero .....	- 26 -
2.8.2	Costos de mantenimiento .....	- 27 -
2.8.3	Evaluación y selección .....	- 28 -
2.8.3.1	Mantenimiento por avería .....	- 29 -
2.8.3.2	Mantenimiento preventivo .....	- 29 -
2.8.3.3	Mantenimiento predictivo .....	- 30 -
2.9	Diseño del mantenimiento.....	- 31 -
3.	Plan Actual de Mantenimiento .....	- 33 -
3.1	Estrategia de Mantenimiento .....	- 33 -
3.2	Proceso de Ingeniería de Mantenimiento NuevoSur S.A. ....	- 34 -
3.3	Objetivos de la Estrategia .....	- 36 -
3.4	Base Técnica para definición de la Estrategia .....	- 36 -
3.5	Planes de Mantenimiento por Clase de Equipo .....	- 37 -
3.5.1	Plan de Mantención de Instrumentos en Línea .....	- 38 -
3.5.2	Plan de Mantención Detectores de Fuga .....	- 38 -
3.5.3	Plan de Mantención Estaciones Reguladoras de Presión .....	- 39 -
3.5.4	Plan de Mantención Aireadores Superficiales .....	- 40 -
3.5.5	Plan de Mantención Transportadoras de Lodo.....	- 40 -
3.5.6	Plan de Mantención Filtros de Bandas .....	- 41 -
3.5.7	Plan de Mantención Grupos Electrógenos .....	- 42 -
3.5.8	Plan de Mantención Pretratamiento .....	- 42 -
3.5.9	Plan de Mantención Sopladores Lobulares .....	- 43 -
3.5.10	Plan de Mantención Transformadores .....	- 44 -
3.5.11	Plan de Mantención Tableros Eléctricos .....	- 44 -

3.5.12	Plan de Mantenición a Sopladores Centrífugos .....	- 45 -
3.5.13	Plan de Mantenición Sistemas de Cloración.....	- 46 -
3.5.14	Plan de Mantenición Sistemas de Productos Químicos.....	- 46 -
3.5.15	Plan de Mantenición Motobombas Aguas Servidas .....	- 47 -
3.5.16	Plan de Mantenición Bombas de Tornillo.....	- 48 -
3.6	Frecuencia de Planes de Mantenimiento Preventivo .....	- 48 -
3.6.1	Planificación de los Planes Preventivos .....	- 50 -
3.7	Presupuesto de Mantenición .....	- 52 -
3.7.1	Presupuesto Mantenimiento Preventivo .....	- 53 -
3.7.2	Presupuesto Mantenimiento Correctivo.....	- 54 -
3.7.3	Presupuesto Mantenimiento Basado en Condición (MBC).....	- 55 -
3.8	Presupuesto Total Anual de Mantenimiento .....	- 56 -
4.	Análisis del Plan Actual de Mantenimiento .....	- 58 -
4.1	Cantidad de Fallas por Año en Principales Clases de Equipos .....	- 58 -
4.1.1	Aireadores Superficiales.....	- 59 -
4.1.2	Filtros de Bandas.....	- 60 -
4.1.3	Grupos Electrógenos.....	- 61 -
4.1.4	Bombas de Agua Potable (A.P.).....	- 62 -
4.1.5	Bombas de Aguas Servidas (A.S.) .....	- 63 -
4.1.6	Equipos de Pretratamiento .....	- 64 -
4.1.7	Sopladores Lobulares.....	- 65 -
4.1.8	Tableros Eléctricos .....	- 66 -
4.2	Costos Asociados a Fallas en Principales Clases de Equipos.....	- 67 -
4.2.1	Aireadores Superficiales.....	- 67 -
4.2.2	Filtros de Banda .....	- 68 -

4.2.3	Grupos Electr6genos.....	- 68 -
4.2.4	Bombas de Agua Potable (A.P.).....	- 69 -
4.2.5	Bombas de Agua Servida (A.S.).....	- 70 -
4.2.6	Equipos de Pretratamiento.....	- 71 -
4.2.7	Sopladores Lobulares.....	- 72 -
4.2.8	Tableros El6ctricos.....	- 73 -
4.3	Costos Asociados a Planes Preventivos Actuales.....	- 74 -
4.3.1	Aireadores Superficiales.....	- 75 -
4.3.2	Filtros de Banda.....	- 75 -
4.3.3	Grupos Electr6genos.....	- 76 -
4.3.4	Bombas de Agua Potable (A.P.).....	- 77 -
4.3.5	Bombas de Aguas Servidas (A.S.).....	- 78 -
4.3.6	Equipos de Pretratamiento.....	- 79 -
4.3.7	Sopladores Lobulares.....	- 80 -
4.3.8	Tableros El6ctricos.....	- 81 -
4.4	Costos Asociados a Mantenimiento Basado en Condici6n.....	- 82 -
4.4.1	Aireadores Superficiales.....	- 83 -
4.4.2	Filtros de Banda.....	- 83 -
4.4.3	Grupos Electr6genos.....	- 84 -
4.4.4	Bombas de Agua Potable (A.P.).....	- 85 -
4.4.5	Bombas de Aguas Servidas (A.S.).....	- 86 -
4.4.6	Equipos de Pretratamiento.....	- 87 -
4.4.7	Sopladores Lobulares.....	- 88 -
4.4.8	Tableros El6ctricos.....	- 89 -
5.	Plan Complementario de Mantenimiento.....	- 91 -

5.1 Propuesta de Plan de Mantenimiento .....	- 96 -
6. Análisis de los Resultados .....	- 99 -
6.1 Porcentaje de Gasto en Mantención por Tipo de Mantenimiento .....	- 99 -
6.1.1 Gasto Porcentual Anual en Presupuesto de Mantención .....	- 99 -
6.1.2 Gasto Porcentual Anual en Mantención por Clase de Equipo .....	- 101 -
6.1.2.1 Aireadores Superficiales .....	- 103 -
6.1.2.2 Filtros de Banda .....	- 103 -
6.1.2.3 Grupos Electrógenos .....	- 103 -
6.1.2.4 Bombas de Agua Potable (A.P.) .....	- 104 -
6.1.2.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.) .....	- 104 -
6.1.2.6 Equipos de Pretratamiento .....	- 104 -
6.1.2.7 Sopladores Lobulares .....	- 105 -
6.1.2.8 Tableros Eléctricos .....	- 105 -
6.2 Análisis Costos y Número de Fallas en los Últimos Años .....	- 105 -
6.2.1 Aireadores Superficiales .....	- 105 -
6.2.2 Filtros de Banda .....	- 106 -
6.2.3 Grupos Electrógenos .....	- 106 -
6.2.4 Bombas de Agua Potable (A.P.) .....	- 106 -
6.2.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.) .....	- 106 -
6.2.6 Equipos de Pretratamiento .....	- 107 -
6.2.7 Sopladores Lobulares .....	- 107 -
6.2.8 Tableros Eléctricos .....	- 107 -
6.3 Análisis Costos de Reparación de Bombas de Aguas Servidas (A.S.) ..	- 107 -
6.4 Gastos Anuales en Servicios Externos en Mantenciones Correctivas ...	- 112 -
7. Plan Financiero .....	- 114 -

7.1 Costos Plan de Mantenimiento Preventivo .....	- 115 -
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	- 118 -
8.1 Aumento de Presupuesto en Preventivos para Ciertos Equipos.....	- 118 -
8.1.1 Aireadores Superficiales.....	- 118 -
8.1.2 Bombas de Agua Potable (A.P.).....	- 119 -
8.1.3 Bombas de Aguas Servidas (A.S.) .....	- 119 -
8.1.4 Tableros Eléctricos .....	- 120 -
8.2 Aumento de Presupuesto MBC para Atender los Hallazgos de algunos Planes Preventivos .....	- 121 -
8.2.1 Filtros de Bandas.....	- 122 -
8.2.2 Equipos de Pretratamiento .....	- 123 -
8.2.3 Bombas de Cavidad Progresiva (A.S.).....	- 124 -
8.3 Licitación de Mantenciones Correctivas con Empresas Externas.....	- 125 -
8.4 Internalización de Reparaciones Correctivas .....	- 126 -
8.4.1 Análisis de Costos en Servicios Externos .....	- 128 -
8.4.2 Propuesta Económica de Equipo de Mantenimiento Correctivo.....	- 128 -
8.4.3 Análisis de Gastos vs Ahorros.....	- 129 -
8.5 Ingeniero en Mantención Regional Encargado de Gestionar los Planes Preventivos Exclusivamente para NuevoSur S.A., VII Región.....	- 130 -
9. Bibliografía.....	- 133 -
ANEXO 1: Objetivos de la Organización .....	- 134 -



## **1. Introducción**

### **1.1 Empresa NuevoSur S.A.**

NuevoSur S.A. es la cuarta empresa sanitaria más importante de Chile. Con presencia en 30 localidades, la empresa atiende a más de 205 mil clientes de la Región del Maule, presentando coberturas de 99% en agua potable, 94% en alcantarillado y 90% en descontaminación de aguas servidas, operando en la región del Maule 39 sistemas de producción de agua potable; 26 sistemas de descontaminación de aguas servidas de distintas tecnologías; cientos de plantas elevadoras de aguas y miles de kilómetros de redes de distribución de agua potable y recolección de aguas servidas. Al mismo tiempo, la empresa trata, maneja y deshecha más de miles de toneladas de residuos sólidos cada año, convirtiendo a la compañía en protagonista de un cambio radical en las condiciones sanitarias y medioambientales de esta importante zona del país.

### **1.2 Misión**

Proveer soluciones y servicios de alta calidad en el ciclo integral del agua (agua potable, alcantarillado y descontaminación de aguas servidas) y en la gestión integral de residuos.

Entregar un servicio de excelencia, basado en un profundo conocimiento de nuestros clientes, altos niveles de eficiencia e innovación, y un verdadero compromiso de responsabilidad social con la comunidad y el medioambiente. En el contexto de la permanente generación de valor para nuestros accionistas, gracias al trabajo de un equipo de personas satisfechas y orgullosas.

### **1.3 Visión**

Ser un operador de clase mundial en servicios sanitarios al que sus clientes elegirían por su eficiencia y alta calidad de servicio.

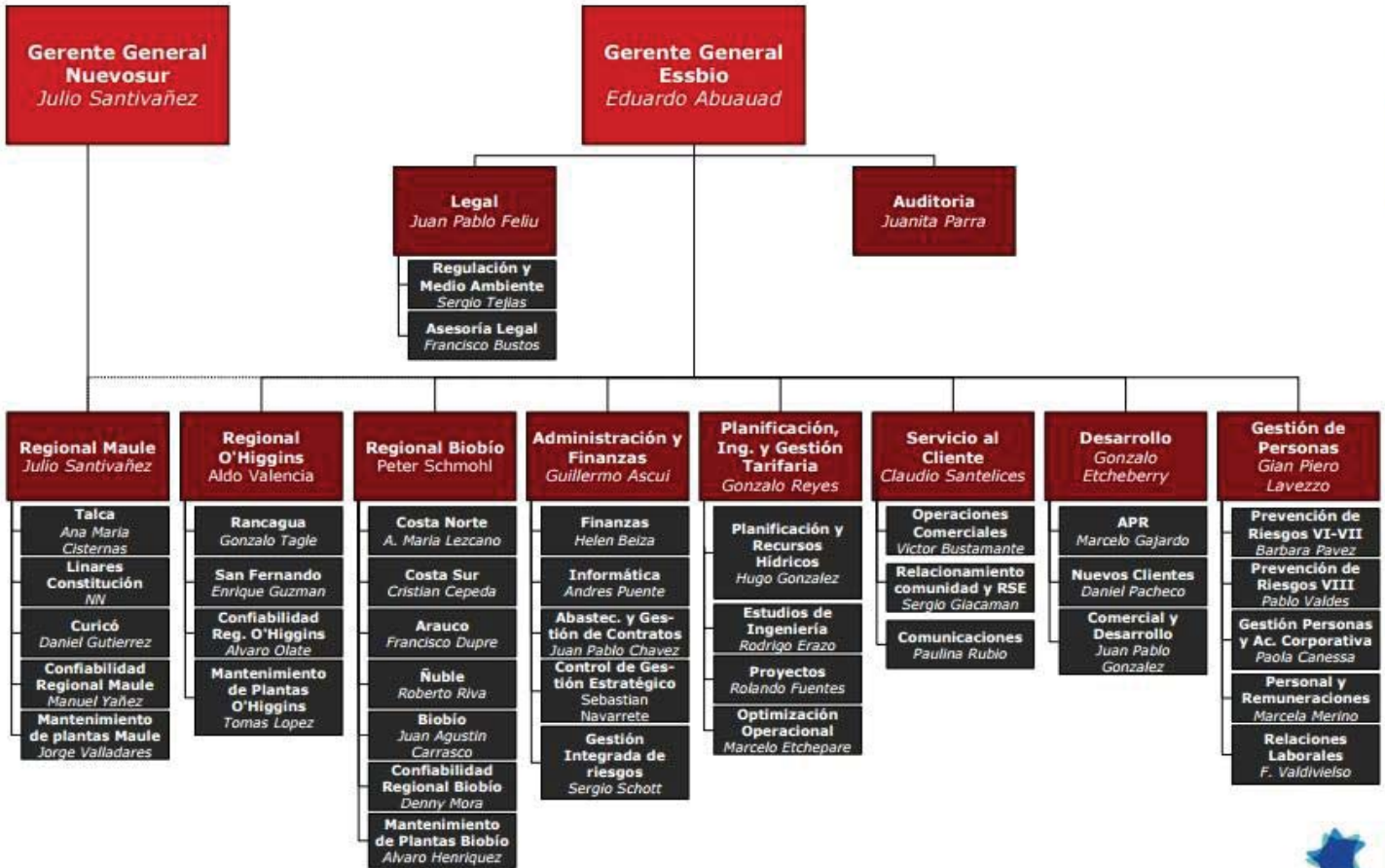
### **1.4 Organización**

La empresa NuevoSur S.A., es la empresa sanitaria más grande de la VII Región, filial dependiente de la empresa Essbio S.A., la cual está encargada de la VI y VIII Región, que además es la empresa está a cargo de los servicios generales y de administración general de NuevoSur.

1.4.1 Organigrama General Essbio S.A. – NuevoSur S.A.

# Estructura general Essbio-Nuevosur

## A nivel de funciones (\*)



(\*)Estructura general solo detalla Subgerencias y Jefaturas que reportan directo a Gerentes.

Figura 1: Organigrama Essbio – Nuevosur.

1.4.2 Organigrama Departamento de Mantenimiento NuevoSur S.A.

# Regional Maule

## Mantenimiento de Plantas Maule

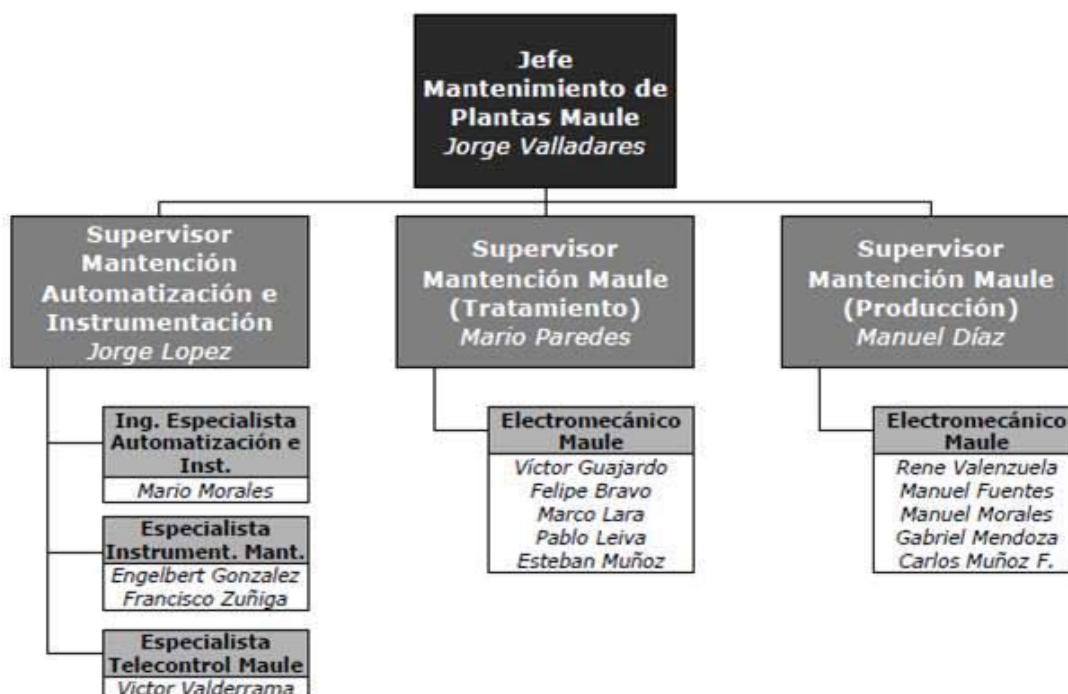


Figura 2: Organigrama departamento mantenimiento NuevoSur S.A.

## 2. Fundamentos Teóricos del Mantenimiento

### 2.1 Definición de mantenimiento

El mantenimiento se refiere a todas las operaciones que son necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados y el entorno en donde se operan estos equipos. Principalmente se cuenta con el tipo de mantenimiento que es preventivo o correctivo.

- Mantenimiento Preventivo

Es aquel que busca prevenir los fallos en el funcionamiento, realizando operaciones recomendadas por el fabricante. Normalmente estas operaciones son de engrase, recambios de piezas en el tiempo previsto e inspecciones que son debidamente programadas.

- Mantenimiento Correctivo

Es aquel que se lleva a cabo cuando se produce una falla. La característica principal de este tipo de mantenimiento es que se produce inesperadamente, por lo que su solución suele ser costosa.

Hay que tener en cuenta de que un mantenimiento preventivo no descarta tener que realizar de todas maneras un mantenimiento correctivo, pero si lo reduce considerablemente.

El mantenimiento debe considerar ambos sistemas, por lo que recibe el nombre de Mantenimiento Global o Total, con lo que contempla un mantenimiento preventivo y correctivo.

Por otro lado, el personal de mantenimiento debe ser capaz de abarcar las distintas áreas referentes al mantenimiento, como son, mecánica, eléctrica, piping<sup>1</sup>, albañilería, entre otras, según sea necesario.

---

<sup>1</sup> Palabra en inglés que se refiere a un diagrama de tuberías e instrumentación.

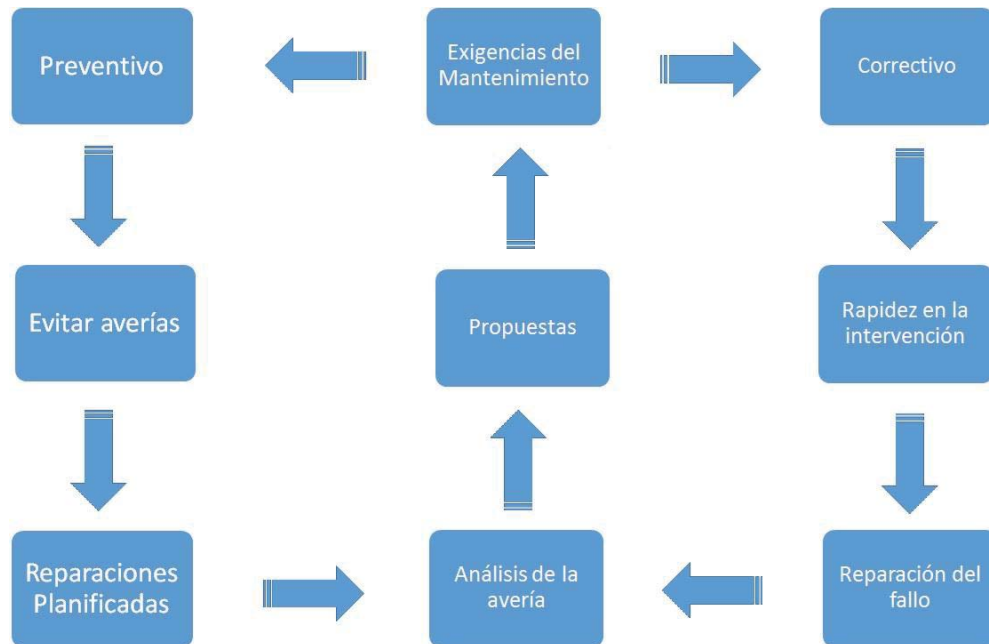
## 2.2 Organización del mantenimiento

El objetivo principal del mantenimiento es que no se detenga la producción o servicios por ningún motivo. Por lo que la organización del mantenimiento es clave para poder adelantarse a los fallos que puedan tener y de esta manera poder evitar una avería del equipo.

En muchas ocasiones, a pesar del mantenimiento preventivo, se tienen fallos imprevistos, por lo que el mantenimiento correctivo tiene que hacerse cargo de estas fallas.

Después de cada mantenimiento que se ha realizado para reparar alguna avería, se debe analizar si el fallo ha sido por una causa normal o imprevista. También se tiene que calcular lo que la detención del equipo causo en cuanto a costos de reparación y en la producción.

De estos análisis se deben obtener una serie de conclusiones y a raíz de estas, se tienen que proponer mejoras. Por lo que un buen mantenimiento buscará conseguir el objetivo principal del mantenimiento que es que no se detenga el funcionamiento de los equipos. Como se puede ver en la **Figura 3**, se tiene un diagrama de flujo que ayuda a entender los análisis necesarios para el mejoramiento continuo del servicio de mantenimiento basado en conclusiones a partir del mantenimiento tanto preventivo como correctivo.



**Figura 3:** Organización del mantenimiento.

### **2.3 Mantenimiento contratado**

En la actualidad se cuenta con poder contratar el mantenimiento, si bien, generalmente no es la mejor recomendación, ya que se piensa que es mejor que el mismo personal que trabaja en la empresa sea capaz de realizar estos mantenimientos, con el fin de aprovechar los conocimientos adquiridos en la práctica. El servicio de mantenimiento contratado se realiza en base a visitas periódicas, programadas y acordadas según los requerimientos y necesidades que se tengan en la empresa, con la presencia permanente del personal especialista y calificado en las tecnologías de punta que sean necesarias.

### **2.4 Informes de mantenimiento**

Los informes son generados a partir de las intervenciones de mantenimiento correctivo que se vayan desarrollando, analizando los siguientes puntos:

- Motivo del fallo.

- Antecedentes, como si es o no es la primera vez que sucede el fallo y el tiempo que transcurrió.
- Prevención del fallo para evitar que ocurra de nuevo.
- Volumen de la perturbación producida.
- Tiempo que se utilizó en la reparación y como minimizarlo.
- Propuestas para evitar la interrupción de la cadena productiva.

Todos los informes que se desarrollen a partir de mantenciones correctivas, deben ser analizados detenidamente por el departamento de mantenimiento, según corresponda, antes de ser transmitido a otros departamentos de mayor responsabilidad dentro de la empresa.

Algunas veces, las órdenes de mantenimiento correctivo para un equipo, no tienen su origen en una orden de mantenimiento preventivo, ya que con mucha frecuencia están originadas por solicitud del operario del equipo, ya sea un operario de primer nivel o por el Jefe de Área, estas órdenes, dependiendo de su urgencia, pueden ser incluso hasta por un llamado telefónico, ya que puede requerir una intervención inmediata.

Cuando las ordenes de mantenimiento no son tan urgentes, se solicita mediante los formularios de mantenimiento o *partes de averías*, donde se tienen que indicar, si fuese necesario, lugar geográfico, nombre de la persona que lo solicita y los detalles sobre la mantención necesaria.

Estas solicitudes dan origen a una *orden de reparación*, la que en algunas empresas se puede utilizar el mismo *parte de averías*, al cual se le añade el nombre de la persona que se le ordena proceder a la reparación, y finalmente, cuando se ha realizado la reparación, el solicitante firma la conformidad o no conformidad del trabajo realizado.

La *orden de reparación* difiere del *parte de avería*, en que la solicitud arte de una persona ajena al taller, y en que la descripción del trabajo a realizar no suele ser muy concreta.



Las *órdenes de reparación* se deben archivar, hasta que sean inscritos en un libro particular o historial de cada equipo, y si se hacen modificaciones al equipo, se tienen que registrar y luego ser archivados estas modificaciones en este historial. Lo que realmente interesa saber sobre un equipo en una cadena productiva, es saber cuántas horas quedó fuera de servicio y cuanto fue el costo, con el fin de valorar la eficacia y la conveniencia o no de renovar el equipo por otro más eficaz.

Todo esto se resume en una ficha de datos técnicos y económicos de las diferentes intervenciones realizadas a cada equipo que se haya intervenido en el ciclo productivo. En el departamento de mantenimiento, se tienen archivos de cada equipo, sobre la cual se irán recogiendo los datos de los diferentes *partes de avería*.

En los archivos o historiales, los datos más relevantes que se necesitan son”

- Fecha y numero del *parte de avería*.
- Donde se localiza la avería.
- Detalle de los trabajos realizados.
- Horas que se detuvo el equipo.
- Horas de intervención.
- Costo de mano de obra utilizada.
- Costo de materiales utilizados.
- Costo total de la reparación.

Por lo tanto, normalmente se realizará cada seis meses, resúmenes para informar al Jefe de Producción sobre los costos, presentados en forma estadística y acompañados por la historia de los equipos para tener mayor información.

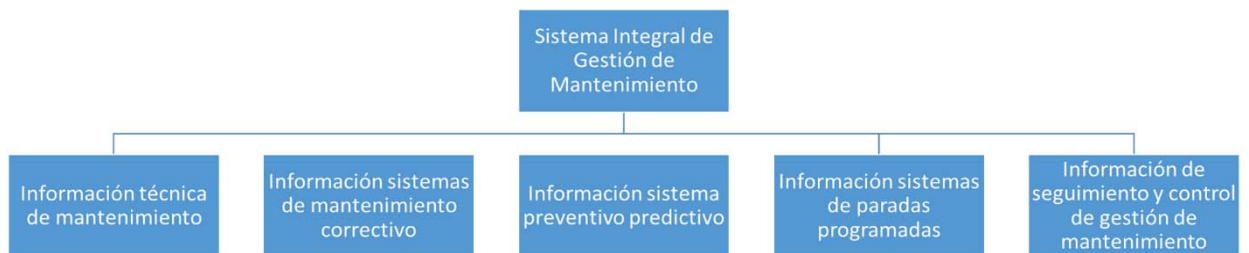
## **2.5 Gestión del mantenimiento**

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo, con el objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios del

mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles de costos y una mayor organización dentro de la empresa.

Actualmente, las exigencias a que las industrias están sometidas con el objetivo de optimizar costos, calidad y producción, conducen a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que podrían realizarse en la gestión, tanto técnica como económica en el área del mantenimiento. Todo esto nos lleva a la necesidad de manejar, desde el punto de vista del mantenimiento, una gran cantidad de información, como se puede ver en la **Figura 4**.

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presentes que está al servicio de conseguir ciertos objetivos<sup>2</sup>. Cualquier mejora del sistema debe ser contemplada con gran prudencia, para así evitar que se dificulte el alcance de los objetivos buscados.



**Figura 4:** Criterios de la Gestión del Mantenimiento

## 2.6 Clasificación de fallas

Se entiende por fallo de un equipo cualquier cambio en el mismo que impida que éste realice la función para la que fue diseñada (Espinosa, 2002).

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debería o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el equipo.

---

<sup>2</sup> Ver Anexo 1.

Según esto, en mantenimiento tendremos distintos tipo de fallas, las que se ven a continuación, **Figura 5**.



**Figura 5:** Clasificación de las fallas.

- **Fallas Tempranas:** Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.
- **Fallas Adultas:** Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presenta más lentamente que las anteriores. Pueden ser causadas por suciedades en filtros, rodamientos, etc.
- **Fallas Tardías:** Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien. Pueden ser causadas por el envejecimiento de aislaciones en los motores eléctricos, pérdidas de flujo luminoso, etc.

## 2.7 Tipos de mantenimiento

Como se puede ver en la **Figura 6**, se tienen distintos tipo de mantenimiento, los que serán explicados a continuación.



**Figura 6:** Tipos de Mantenimiento.

### **2.7.1 Mantenimiento para Usuario**

En este tipo de mantenimiento, se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento a los propios operarios.

Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta donde se debe formar y orientar al personal para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

### **2.7.2 Mantenimiento Correctivo**

Es aquel que se encarga de la reparación del equipo una vez que se ha producido el fallo y/o la detención del equipo.

Dentro del mantenimiento correctivo, se puede contemplar dos tipos de enfoques.

#### **2.7.2.1 Mantenimiento paliativo o de campo**

Este se encarga de poner en marcha nuevamente el equipo, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.

#### **2.7.2.2 Mantenimiento curativo**

Este se encarga de la reparación propia, pero eliminando las causas que han producido la falla.

Generalmente para el mantenimiento correctivo se suele contar con un almacén de recambio, sin control, de algunas piezas en exceso y de otras piezas que no se cuentan con las suficientes, por lo tanto, es costoso y con un alto riesgo de falla.

Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar y rebajar costos.

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en minimizar el mantenimiento correctivo hasta un nivel óptimo que sea rentable para la empresa.

El mantenimiento correctivo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto, una buena gestión brindara conclusiones de cada parada de los equipos y se intentara realizar la reparación de manera definitiva, ya sea en el mismo momento o mediante una parada programada del equipo.

Es importante tener en cuenta en los análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunos equipos o instalaciones, el mantenimiento correctivo será el sistema más rentable.

### **2.7.3 Mantenimiento en la actualidad**

El mantenimiento correctivo, es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento se realiza luego que ocurre 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 puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario.

- Ventajas:
  - Si el equipo está preparado, la intervención en el fallo es rápida y la reposición, en la mayoría de los casos, será con el mínimo tiempo.
  - No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, por lo que será más prioritario la experiencia y conocimiento de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
  - Es rentable en equipo que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implementación de otro sistema resultaría poco económico.
- Desventajas:
  - Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
  - Se suele producir con una baja calidad en las reparaciones, debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que se produce un hábito de trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo, debido a una mala reparación, por lo que se dificulta poder romper con esta inercia.

### **2.7.3.1 Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

Durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tiene un desarrollo importante debido a las aplicaciones militares, en esta evolución, el mantenimiento

preventivo consistía en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

El mantenimiento preventivo básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de los equipos en base a la experiencia y los antecedentes históricos obtenidos de los mismos. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada equipo, donde se realizaran las acciones necesarias como engrases, lubricación, reemplazo de partes móviles, desmontaje y limpieza, etc.

- Ventajas:
  - Si se hace correctamente, exige un conocimiento de los equipos y un tratamiento de los registros históricos que ayudará en gran medida a controlar los equipos e instalaciones.
  - El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora continua.
  - La reducción del mantenimiento correctivo representara una reducción en los costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento.
  - El departamento de mantenimiento y producción concretan de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de los equipos.
- Desventajas:
  - Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
  - Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad de los equipos.
  - Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo, producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear

sistemas imaginativo para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de mantenimiento preventivo es indispensable para el éxito del plan.

### **2.7.3.2 Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ésta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse al fallo o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto, se utilizan herramientas y técnica de monitores de parámetros físicos.

Durante los años 60, se inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos, los primeros equipos analizados de espectro de vibraciones mediante FFT (Trasformada rápida de Fourier), fueron creados por Bruel Kjaer.

- Ventajas:
  - La intervención en el equipo o cambio de un elemento de éste.
  - Obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos que nos comprometerá con un método científico de trabajo más riguroso y objetivo.
- Desventajas:
  - La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tiene un elevado costo. De la misma manera, se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
  - Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.



- Por todo esto, la implantación de este sistema se justifica en máquinas o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

### **2.7.3.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El mantenimiento productivo total, TPM (Total Productive Maintenance), es el sistema Japonés de mantenimiento industrial. Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae solo en el departamento de mantenimiento, sino en toda la estructura de la empresa, “El buen funcionamiento de los equipos o instalaciones depende y es responsabilidad de todos”.

Este sistema está orientado a lograr:

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero fallas.

Este sistema nace en Japón, fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota y se extiende por Japón durante los años 70, se inicia su implementación fuera de Japón a partir de los años 80.

- Ventajas:
  - Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento, se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
  - El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.
- Desventajas:
  - Se requiere un cambio de cultura general para lograr el éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, ya que requiere el convencimiento, por parte de todos los componentes de la organización, de que es un beneficio para todos.

- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación es de largo plazo.

## **2.8 Aplicación del mantenimiento industrial**

La aplicación del mantenimiento puede aplicarse con muchas variantes dependiendo de la compañía, ya que lo importante es contar elementos que estén expuestos a desgaste y que sea factible ver, medir, observar inspeccionar, predecir el deterioro, con el fin de que la función para el cual fue desarrollado se pueda seguir cumpliendo de la mejor manera posible a lo largo de su vida útil.

Todos estos conceptos antes mencionados, tienen un cierto contenido desde el punto de vista del mantenimiento, tales como;

- Inspeccionar.
- Vida útil.
- Medir.
- Desgaste.

Sin embargo, lo más importante más allá de todos estos conceptos, es el uso de los sistemas informáticos para la administración del mantenimiento, ya que es una base fundamental de todo mantenimiento organizado, junto con el personal profesional y experimentado que llevara el proyecto de tal forma que se mantenga en el tiempo.

### **2.8.1 Puesta a cero**

Muchas veces nos encontraremos con equipos que por el grado de deterioro, por haber llegado al fin de su vida útil o por la explotación indiscriminada son un mínimo mantenimiento o por fallas reiteradas por el mal diseño del equipo, o bien por una mala práctica del sistema de mantenimiento, nos consume todos los esfuerzos y recursos disponibles en reparar lo que continuamente se deteriora. Por lo que obliga a aplicar un constante mantenimiento correctivo no programado. Por lo tanto, lo que

se debe hacer, es detener este círculo vicioso de averías y reparaciones y aplicar la inversión necesaria para restablecer las condiciones lo más cercanas a las iniciales del equipo, en lo que a su prestación se refiere.

Este paso, puesta a cero, se debe realizar inevitablemente, para luego poder mantener dichas condiciones reestablecidas, aplicando los conceptos modernos del mantenimiento organizado y eficaz, y de esta manera evitar las reparaciones inesperadas una y otra vez, o “apagando incendios” permanentemente.

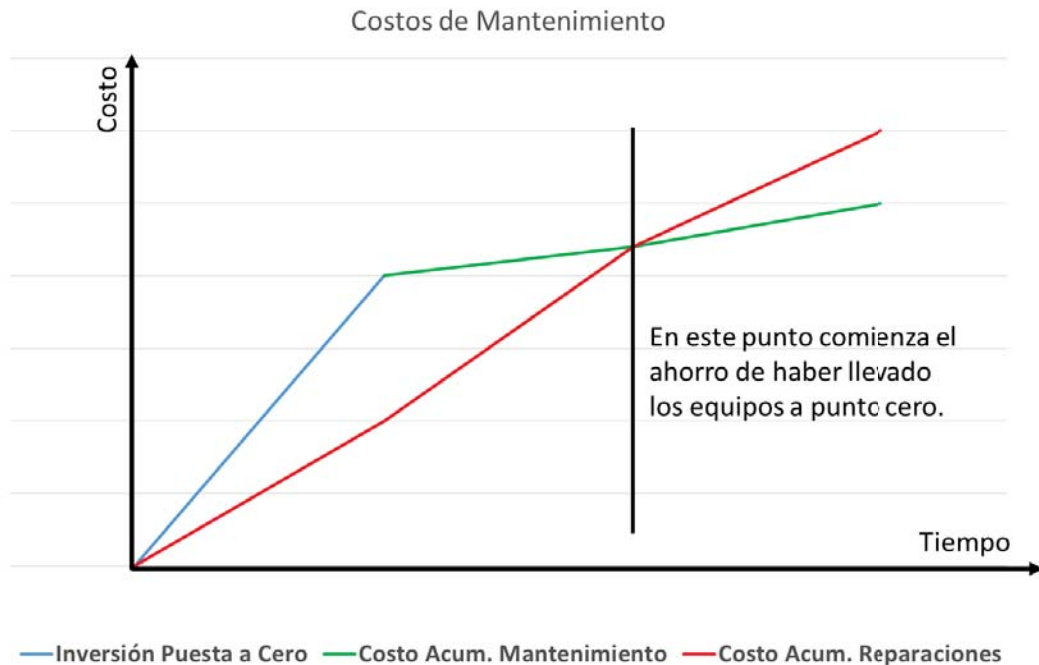
Para este paso, será necesario contar con algunos elementos indispensables para el análisis, tales como;

- Datos del fabricante del equipo y si hubo mejoras en series posteriores.
- Manuales.
- Planos.
- Estándares de tasa de fabricación o servicio.
- Experiencia acumulada, ya sea escrita o transmitida oralmente entre el personal.
- Sugerencias de mejoras aportadas por los operadores.
- Evaluación de los costos de la restauración.

### **2.8.2 Costos de mantenimiento**

El beneficio técnico, está dado, ya que el equipo brindara los beneficios que inicialmente contaba cuando era nuevo el equipo, ya sea en calidad por estar dentro de las tolerancias de calidad, estándares de producción, o por las prestaciones reestablecidas y que había perdido a cause de su deterioro.

El beneficio económico, se obtiene, ya que al mantener el equipo restaurado, será de menor costo que el correspondiente a sus reparaciones continuas, más lo que se deja de perder, debido a las constantes paradas improductivas que el equipo tiene. Esto se puede ver en el gráfico de la **Figura 7**.



**Figura 7:** Costos de mantenimiento.

Como se puede apreciar en el gráfico de la **figura 7**, por el hecho de haber invertido en la puesta a cero de equipos, después de un cierto tiempo, se puede ver que comienza a producirse un ahorro neto, ya que el gasto sobre mantenimiento, pasa a ser un concepto de mantener los equipos con un apropiado programa de mantenimiento, y no gastando en reparaciones costosas e imprevistas.

### 2.8.3 Evaluación y selección

El concepto de evaluación se refiere a los equipos o instalaciones en general al que vayamos a aplicar algún tipo específico de mantenimiento. O sea, se debe contar con algún método que permita determinar si se aplicará:

- Mantenimiento por avería.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento alterno o combinado.

De esta manera, teniendo claro a que mantenimiento se enfrenta, se podrá evaluar cuál es el que corresponde según el caso de que se trate.

### **2.8.3.1 Mantenimiento por avería**

Consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo o avería se ha producido, restituyéndose la capacidad de trabajo o prestación original.

- Aspectos positivos
  - Máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos.
  - No hay necesidad de detener equipos con ninguna frecuencia prevista.
  - No es necesario velar por el cumplimiento de acciones programadas.
- Aspectos negativos
  - Ocurrencia aleatoria de los fallos y la parada correspondiente en momentos indeseados.
  - Menor durabilidad de los equipos.
  - Menos disponibilidad de los equipos.
  - Ocurrencia de fallos catastróficos que pueden afectar la seguridad y el medio ambiente.

Es importante definir la avería en un concepto más amplio que una simple rotura. Entonces, podemos definir una avería como cualquier hecho que se produzca en una instalación, y que tenga como consecuencia una baja productiva, en calidad, en seguridad o afectando al medio ambiente.

### **2.8.3.2 Mantenimiento preventivo**

Consiste en intervenciones periódicas, programadas con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, estos no se eliminan totalmente. El accionar preventivo, genera nuevos costos, pero se reducen los

costos de reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad debido a están mantenciones periódicas y programadas.

Las intervenciones periódicas típicas en este tipo de mantenimiento son; limpiezas, ajustes, reaprietes o torqueados, regulaciones, lubricación, cambio de elementos, en general reparaciones propias pero que son programadas según las recomendaciones de los fabricantes o necesidades propias del equipo según su exposición.

- Aspectos positivos
  - Mayor vida útil de los equipo.
  - Aumento de su eficacia y calidad.
  - Incremento de la disponibilidad.
  - Aumento de la seguridad ocupacional.
  - Incremento del cuidado del medio ambiente.
- Aspectos negativos
  - Costo del accionar preventivo por plan.
  - Problemas que se crean por los continuos desarmes de los equipos.
  - Limitación de la vida útil de los elementos que se cambiaron con antes de alcanzar su vida útil limite.

Este último punto se puede solucionar por medio del accionar predictivo, dado que este actúa cuando el resultado del diagnóstico así lo indica.

### **2.8.3.3 Mantenimiento predictivo**

Se trata de un mantenimiento que es preventivo, pero no a través de una programación rígida de acciones como en el mantenimiento preventivo. Aquí lo que se programa y cumple obligación son las inspecciones, cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia o no de realizar alguna acción correctiva. También nos puede indicar el recurso remante que le queda al sistema para llegar a su estado límite.

Estas inspecciones pueden ser de dos tipos:

1. Monitoreo discreto, en el cual las inspecciones se realizan con cierta frecuencia, en forma programada.
2. Monitoreo continuo, que se ejercer en forma constante, con instrumentos montados en los equipos. Este tiene la ventaja e indicar la ejecución de la acción correctiva, lo más cerca posible al fin de su vida útil.

Este sistema es que mejor garantiza el cumplimiento de las exigencias de mantenimiento de los últimos años.

- Aspectos positivos
  - Menores paradas de equipos, ya sea por programas de paradas preventivas o por roturas aleatorias.
  - Mayor calidad y eficiencia de las maquinas e instalaciones.
  - Garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente.
  - Reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento.
- Aspectos negativos
  - La necesidad de un personal más calificado para las revisiones e investigaciones.
  - Elevado costo de los equipos de monitoreo continuo.

## **2.9 Diseño del mantenimiento**

Se puede considerar como objetivo del mantenimiento como conservar todos los bienes que componen los activos de la empresa, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

El mantenimiento no solo deberá mantener las maquinas, sino también las instalaciones como; iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, etc.

Antes de empezar con el diseño, y teniendo en cuenta las problemáticas propias de cada situación en el empresa, se hace necesario adoptar una referencia para el desarrollo de un sistema.

El modelo seleccionado como referencial permite analizar, por un parte, las necesidades del usuario y definir una solución óptima integral para el sistema en estudio.

Las soluciones en general deben ser definidas y afinadas mediante un proceso iterativo y deben sustentarse sobre evaluaciones y procesos de verificación. La elección de las soluciones deben estar basadas sobre un conjunto apropiado de parámetros como costo, plazos, rendimientos y evaluación de riesgos, además de seguir una secuencia lógica para poder mantener la función mantenimiento en una constante retroalimentación, tal como podemos ver en la **Figura N° 8**.



**Figura 8:** Función iterativa de mantenimiento.



### **3. Plan Actual de Mantenimiento**

#### **3.1 Estrategia de Mantenimiento**

Desde el punto de vista estratégico, la planificación de las actividades de mantenimiento ha ido evolucionando en el tiempo. Hace algunos años atrás estaba más vinculada a prioridades presupuestarias o a lo realizado en el periodo anterior, y no como un servicio a la producción vital para garantizar la continuidad, seguridad y rentabilidad de los procesos productivos, inclusive influyendo de manera significativa en la prolongación de la vida útil de los activos.

Si bien económicamente el mantenimiento sigue siendo un costo de operación variable, que depende de un indicador referencial, como lo son los m<sup>3</sup>, unidades, entre otros, y, por lo tanto, se debe minimizar. El objetivo actual de la estrategia de mantenimiento ha dejado de basarse solo en actividades de tipo correctivo, siendo el objetivo minimizar los costos globales de operación, desarrollando servicios de mantenimiento lo más infrecuentemente posible pero resguardando la disponibilidad de los activos en los procesos productivos. Considerando que la búsqueda de la empresa es maximizar sus utilidades, claramente se deben disminuir sus costos, para que así, con los ingresos (*ceteris paribus*) determinados, se obtiene un aumento de ellas.

Las estrategias de mantenimiento de activos industriales se pueden clasificar en tres categorías:

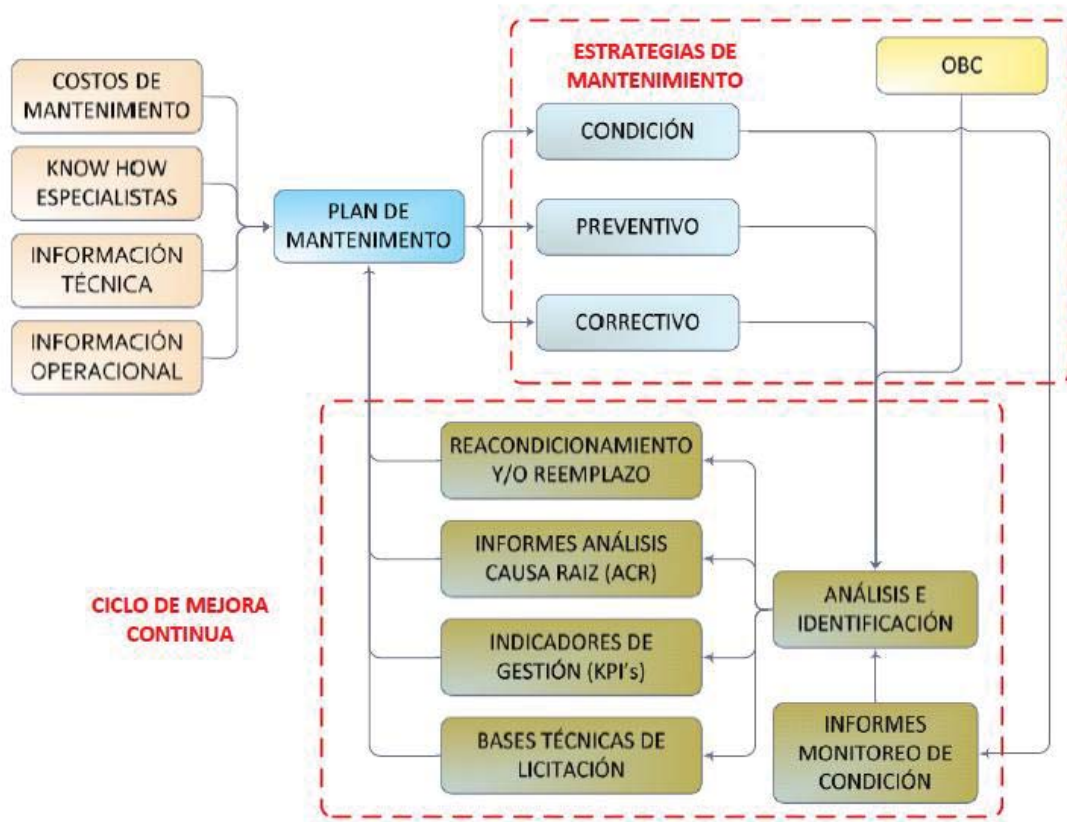
- Correctiva.
- Preventiva.
- Sintomática, Predictiva o Basada en Condición.

### 3.2 Proceso de Ingeniería de Mantenimiento NuevoSur S.A.

En la **Figura N° 9**, se muestra esquemáticamente el proceso de Ingeniería de Mantenimiento desarrollado por la Subgerencia de Mantenimiento de Essbio S.A. y NuevoSur S.A.

Cabe señalar que Essbio S.A. y NuevoSur S.A. para la gestión de sus equipos ha definido la utilización de tres estrategias de mantenimiento, además de la recuperación o mejoramiento de infraestructura:

- Mantenimiento Basado en Condición.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Mejorativo o Recuperación de infraestructura.



**Figura N° 9:** Proceso de Ingeniería de Mantenimiento.

A continuación se describen brevemente las etapas principales:

- **Mantenimiento basado en la condición (o sintomático):** Mantenimiento que se realiza posterior a una inspección o medición de condición, luego de haber encontrado una avería o deterioro incipiente que no compromete aún la función para la cual el equipo fue concebido y donde aún existe tiempo para planificar y realizar la intervención.
- **Mantenimiento preventivo:** Mantenimiento que se realiza de acuerdo al uso del equipo, uso que típicamente se mide en horas de funcionamiento, kilómetros recorridos, metros cúbicos procesados, etc. Se realiza sin que exista pérdida de función del equipo y sin que exista necesariamente avería o deterioro.
- **Mantenimiento correctivo:** Mantenimiento que se realiza una vez que el equipo ya no cumple con la función para el cual fue concebido, debido a avería o deterioro.
- **Análisis e Identificación:** Este proceso corresponde a la recopilación de la información para posterior análisis (ejemplo: Análisis causa raíz, análisis de tendencias e indicadores, etc.). El resultado del proceso de análisis nos permitirá la identificación de acciones que permitan la mejora continua en el proceso.
- **Reacondicionamiento y/o reemplazo:** Mantenimiento ejecutado a partir de las acciones determinadas luego de realizado el análisis e identificación de problemas, que afectan el funcionamiento normal de las instalaciones y/o equipos. Proceso que contempla además las acciones necesarias para dar reemplazo de equipos.
- **OBC (Operator Basic Care):** Se refiere a un listado de verificación operacional de los diferentes equipos y sistemas de las plantas. El objetivo es contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.
- **Gestión de Costos:** Esta etapa hace referencia al análisis de costos asociados al mantenimiento (costos de intervenciones, costos de las fallas, costos de indisponibilidad, etc.), lo cual es fundamental en el desarrollo de la gestión del mantenimiento y la toma de decisiones.
- **Informe Análisis Causa Raíz (ACR):** Método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de un problema o defecto a través de identificar sus causas. Existen varias medidas efectivas (métodos) que abordan las causas raíz de un problema, Por lo tanto ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua.

- **Indicadores de Gestión (KPI's):** Medida de nivel del rendimiento de un proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado de antemano y normalmente se expresa en valores porcentuales. Un KPI se diseña para mostrar cómo es el progreso en un proceso o producto en concreto, por lo que es un indicador de rendimiento

### 3.3 Objetivos de la Estrategia

Los objetivos que se buscan a partir del proceso de mantenimiento, para dar cumplimiento a las metas y objetivos definidos por la empresa, son los siguientes:

- Contribuir a asegurar la continuidad y calidad de los servicios de agua potable (A.P.) y aguas servidas (A.S.) a mínimo costo.
- Contribuir a la disminución de costos operacionales en agua potable (A.P.) y aguas servidas (A.S.).
- Cumplir los requisitos de seguridad y salud asociados a los equipos para el personal usuario y de mantenimiento.
  - Cumplir los requisitos de medio ambiente y disminuir sus impactos.
  - Cumplir la normativa legal vigente.
  - Recuperar infraestructura deteriorada.
  - Implementación de mejoras en concordancia con los puntos anteriores.

### 3.4 Base Técnica para definición de la Estrategia

Actualmente Essbio S.A. y Nuevosur S.A, con el propósito de dar cumplimiento a las metas y objetivos definidos por la empresa, define y sustenta sus estrategias de mantenimiento a partir de la siguiente información:

- **Know How de los especialistas:** Corresponde al conocimiento y la experiencia de los técnicos e ingenieros de la Subgerencia de Mantenimiento de Essbio S.A. y NuevoSur S.A.
- **Reportes de mantenimiento:** Corresponde al informe del peritaje realizado a los equipos luego de intervenciones preventivas y correctivas.

- **Historial de fallos de los equipos:** Corresponde a los registros existentes de las detenciones de los equipos, esta se puede encontrar en el sistema SAP modulo PM, hojas Excel de registro u otros.

- **Costos asociados al mantenimiento:** Corresponde a la información de los costos asociados a las actividades de mantenimiento, por ejemplo: costo de servicios, costos de repuestos, costos de indisponibilidad, etc.

- **Pautas de mantenimiento existentes, cuando existan:** Corresponden a pautas ya generadas en algún momento, las cuales deben ser revisadas y actualizadas. En el caso de que no existan estas se deben generar.

- **Información de los fabricantes:** Esta información corresponde a planos, manuales de operación y de mantenimiento, listado de partes, recomendaciones, etc.

- **Información operacional:** Corresponde a la información de las variables operacionales referidas al funcionamiento de los equipos, de calidad del producto, etc.

- **Análisis causa raíz:** Corresponde a los análisis generados a partir de fallas importantes en las cuales se genera un reporte identificando la causa raíz del evento en cuestión, definiendo medidas correctivas y preventivas a ejecutar.

- **Requerimientos de seguridad y medio ambiente:** Se refiere a la normativa legal que regula la actividad u proceso, para dar cumplimiento de ella. La información mencionada anteriormente corresponde al input para el proceso de Ingeniería de Mantenimiento de Essbio S.A. y Nuevosur S.A., ver **Figura N° 9**.

### **3.5 Planes de Mantenimiento por Clase de Equipo**

Dentro de la empresas Essbio S.A. y NuevoSur S.A., se tienen planes de mantenimiento preventivos, los cuales son internos y externos, por lo tanto, para los planes que son externos, se realiza el proceso de licitación por parte de la empresa Essbio S.A. y se contratan los planes de mantención preventivo para ambas empresas, Essbio S.A. y NuevoSur S.A. (VI - VIII región y VII región respectivamente).

Estos planes preventivos se realizan por grupos de equipos, por lo que se licita siguiendo ciertas especificaciones técnicas establecidas por Essbio S.A., y cada empresa que se adjudica estos contratos, tienen que encargarse de todo el mantenimiento preventivo de cada grupo de equipos para ambas empresas en las tres regiones. A continuación se describen los planes preventivos según grupo de equipos.

### **3.5.1 Plan de Mantenimiento de Instrumentos en Línea**

Esta clase de equipos garantizan el correcto funcionamiento del proceso y el control de variables críticas, que deben ser monitoreadas para dar cumplimiento a la normativa legal vigente, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además estos no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantenimiento para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una disponibilidad de un 100% para dar cumplimiento a la normativa legal vigente (correspondiente a la SISS e ISO 14001) y la calidad del producto, además dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo como principal estrategia de mantenimiento, para lo cual se definió una frecuencia de 12 meses, lo cual permite cumplir con la normativa legal vigente para esta clase de equipos, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente.

### **3.5.2 Plan de Mantenimiento Detectores de Fuga**

Esta clase de equipos garantizan el correcto funcionamiento del proceso y el control de variables críticas específicamente de seguridad, que deben ser monitoreadas para dar cumplimiento a la normativa legal vigente, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además estos no poseen redundancia en las

instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una disponibilidad de un 100% para dar cumplimiento a la normativa legal vigente (correspondiente a la SISS e ISO 14001), además dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo como principal estrategia de mantenimiento, para lo cual se definió una frecuencia de 12 meses, lo cual permite cumplir con la normativa legal vigente para esta clase de equipos, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente.

### **3.5.3 Plan de Mantención Estaciones Reguladoras de Presión**

Como objetivo general se consideran dos inspecciones anuales, que corresponde al mantenimiento de las estaciones reguladoras de presión y válvulas automáticas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A.

El servicio considera la entrega del equipo al Contratista por parte de Essbio S.A. y Nuevosur S.A. para su intervención, esta intervención considera la revisión de los siguientes componentes en cada equipo:

- Verificar funcionamiento del circuito de control.
- Limpieza de filtro.
- Revisión de funcionamiento.
- Ajuste y calibración del conjunto con presión de la línea.
- Cambio de componentes.

Este plan consiste en la ejecución de los trabajos en las especialidades Mecánica, Eléctrica y de Instrumentación & Control. Los trabajos que se deben realizar a los equipos consisten a actividades tales como inspecciones, frecuencia,

reaprietes, eliminación de fugas menores, limpieza y recambio de repuestos, fusibles, y otros trabajos de Mantenimiento Preventivo Rutinario.

#### **3.5.4 Plan de Mantenición Aireadores Superficiales**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite aportar la aireación necesaria (oxígeno) al proceso biológico a través de un proceso mecánico, por lo tanto el impacto de estos es alto. Además no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio y costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo. El primero nos permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional, por ejemplo para los elementos rodantes, evitando cambiar componentes que no han fallado y evitar mantener así un stock elevado de repuestos, con una frecuencia definida de 6 meses y el segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para lo cual se definió una frecuencia anual, permitiendo que la vida útil de estos activos no disminuya en el tiempo, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente.

#### **3.5.5 Plan de Mantenición Transportadoras de Lodo**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es la de trasladar los lodos generados o arena del proceso de desarenado desde un punto a otro, el no funcionamiento de estos equipos provoca el acumulamiento de sólidos en puntos donde no corresponde dentro del proceso, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto. Además no



poseen redundancia en las instalaciones y las condiciones de mantención no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y Nuevosur S.A., dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Luego de realizar un levantamiento y dadas las condiciones en la cual se encontraban estos equipos la Subgerencia de Mantenimiento pone en marcha un plan de recuperación de infraestructura, además se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición, lo cual nos permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y Preventivo, este último está sujeto a las especificaciones determinadas por los especialistas de Essbio S.A. y Nuevosur S.A., para la cual se definió como frecuencia mínima un año. Permitiendo que la vida útil se prolongue en el tiempo y se conserven en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente. Además como apoyo se realizará la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.6 Plan de Mantención Filtros de Bandas**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es separar el agua del sólido en los lodos que se purgan de una planta de tratamiento para reducir costos de transporte del lodo desde la planta al vertedero, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto. Además no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y Nuevosur S.A., considerando el impacto alto en el servicio y costos. Dada la condición en la cual se encontraban estos equipos la Subgerencia de Mantenimiento puso en marcha un plan de recuperación de infraestructura. Además se ha definido una combinación entre Mantenimiento

Basado en Condición y Preventivo. El primero permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y el segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para lo cual se definió una frecuencia anual, lo que permitirá el aumento de la disponibilidad y que la vida útil de estos activos se prolongue en el tiempo, a la vez de conservar el equipo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.7 Plan de Mantenimiento Grupos Electrónicos**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas en el caso de corte del suministro de energía, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además estos no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantenimiento para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una disponibilidad de un 100% para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y Nuevosur S.A., dado el impacto alto en el servicio y costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición, lo cual nos permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y Preventivo, este último está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes, la cual indican una frecuencia mínima de un año, permitiendo que la vida útil de estos activos se prolongue en el tiempo. Además como apoyo se realizará la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.8 Plan de Mantenimiento Pretratamiento**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función es la retención de sólidos gruesos y finos con densidad mayor al agua con el fin de facilitar el tratamiento posterior, por lo tanto el impacto de estos

en el servicio es alto. Además no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto el servicio y costos. Se ha definido como estrategia una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo. El primero permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y el segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes, para lo cual se definió una frecuencia anual, permitiendo que la vida útil de estos activos se prolongue en el tiempo, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.9 Plan de Mantención Sopladores Lobulares**

Esta clase de equipos dan soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es la de aportar caudal de aire en un sistema de aireación, para la transferencia de oxígeno en un reactor biológico, generando la digestión requerida y la degradación de la materia orgánica, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto. Además estos poseen generalmente redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido como estrategia una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo, el primero con una frecuencia definida de 6 meses y permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional, por ejemplo para los elementos rodantes, evitando cambiar componentes que no han fallado y evitar mantener así un stock elevado de

repuestos. El segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para lo cual se definió una frecuencia anual, permitiendo que la vida útil de estos activos se prolongue en el tiempo y aumente su disponibilidad. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.10 Plan de Mantenición Transformadores**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia, por lo tanto, el impacto de éstos en el servicio es alto. Además poseen una alta confiabilidad, pero no tiene redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una disponibilidad de un 100% para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto de estos equipos en el servicio y costos. Gran parte del parque de los transformadores se encuentran en etapa de vida de vejez lo cual implica aumento de su tasa de fallas, además en las zonas costeras debido a las condiciones ambientales (aire salino) han requerido de una inspección frecuente. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición, lo cual permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional, con una frecuencia de 3 años, este último está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes, este mantenimiento será ejecutado en un periodo de 3 años hasta completar el parque total de equipos. Una vez completada esta primera vuelta, se volverá a realizar las actividades al primer grupo de transformadores.

### **3.5.11 Plan de Mantenición Tableros Eléctricos**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, garantizan el correcto funcionamiento del proceso, también la protección de

las personas y las instalaciones; eliminando la posibilidad de un contacto directo con las partes conductoras de electricidad, por lo tanto, el impacto de estos en el servicio es alto. Además estos no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde este punto de vista.

El equipo debe tener una disponibilidad de un 100% para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto de estos equipos en el servicio y costos. Es por esto que se define una combinación entre mantenimiento basado en condición y preventivo, el primero permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y el segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes e historial de fallas, la cual indican una frecuencia de dos años.

### **3.5.12 Plan de Mantención a Sopladores Centrífugos**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es la de aportar caudal de aire en un sistema de aireación, para la transferencia de oxígeno en un reactor biológico, generando la digestión requerida y la degradación de la materia orgánica, por lo tanto, el impacto de estos en el servicio es alto. Además estos generalmente poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio y costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo, el primero con una frecuencia definida de seis meses que permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional, por ejemplo, para los elementos rodantes, evitando cambiar componentes que no han fallado y evitar mantener así un stock elevado de repuestos. El segundo está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los

especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para lo cual se definió una frecuencia anual, permitiendo que la vida útil de estos activos se prolongue en el tiempo y aumente su disponibilidad. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.13 Plan de Mantenimiento Sistemas de Cloración**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite eliminar o reducir al máximo la contaminación biológica o bacteriana que se encuentran presente en el agua, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además no poseen una redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantenimiento para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio y costos. Se ha definido el Mantenimiento Preventivo como principal estrategia de mantenimiento, incluyendo el cambio de componentes sujetos a desgaste dado el ambiente químico en el cual trabajan, para lo cual se definió una frecuencia de 12 meses, permitiendo aumentar la disponibilidad de estos equipos, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.14 Plan de Mantenimiento Sistemas de Productos Químicos**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite eliminar la contaminación de tipo química y física presente en el agua mediante la dosificación de polímeros, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además no poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantenimiento para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A, dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido el Mantenimiento Preventivo como principal estrategia de mantenimiento, incluyendo el cambio de componentes sujetos a desgaste dado el ambiente químico en el cual trabajan, para lo cual se definió una frecuencia de 12 meses, permitiendo aumentar la disponibilidad de estos equipos, a la vez de conservarlo en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.15 Plan de Mantención Motobombas Aguas Servidas**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite la elevación de las aguas servidas, además su correcto funcionamiento evita el rebalse de las aguas en el foso colector provocando problemas medio ambientales y de salud, por lo tanto, el impacto de estos en el servicio es crítico. También así, poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad, sino que las mínimas que todo equipo requiere.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio y costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición, lo cual nos permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional y Preventivo. Este último está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., de modo de disminuir la gran cantidad de fallas presente en estos equipos y la baja disponibilidad, para lo cual se definió una frecuencia anual, permitiendo que la vida útil de estos activos no disminuya en el tiempo. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.5.16 Plan de Mantenición Bombas de Tornillo**

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite transportar principalmente el lodo hacia los equipos filtro de banda o decantador centrífugo, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además poseen redundancia en las instalaciones. Las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad.

El equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición, lo cual permite pesquisar averías o deterioro incipiente antes que ocurra la falla funcional, con una frecuencia definida de seis meses y Preventivo, este último está sujeto a las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes y Know How de los especialistas de Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para lo cual se definió una frecuencia de 12 meses, permitiendo que la vida útil de estos activos no disminuya en el tiempo y aumente su disponibilidad. Además como apoyo se realizara la OBC de modo de contribuir a la confiabilidad y estabilidad operacional.

### **3.6 Frecuencia de Planes de Mantenimiento Preventivo**

Los planes de Mantenimiento Preventivo, son realizados en base a las necesidades de cada grupo de equipos, considerando las recomendaciones del fabricante, y los registros históricos de fallas que se archivan en el sistema de la empresa (SAP).

Considerando la cantidad de equipos y los costos asociados a estos, se elabora un plan de mantenimiento siguiendo las necesidades de los equipos, según la estrategia de mantenimiento seleccionada para cada equipo. Estas estrategias se seleccionan dependiendo de la cantidad de horas al día que se requieren los equipos, además de considerar la importancia que tiene cada equipo para asegurar la continuidad del proceso en el cual participan, además de asegurar el cumplimiento



de los estándares medioambientales y de calidad, tanto en producción de agua potable o en tratamiento de aguas servidas.

Es por esto, que cada año el Departamento de Mantenimiento de la Empresa Essbio S.A., establece las Especificaciones Técnicas para cada Plan de Mantenimiento Preventivo, para la VI, VII y VIII Región, considerando frecuencia, tipo de actividades preventivas, kit de repuestos requeridos y la realización de check lists para poder realizar informes sobre los hallazgos encontrados en cada equipo.

En base a estas Especificaciones Técnicas, se licitan los Planes Preventivos anuales, ya que la mayoría de estos planes se realizan externamente con empresas expertas en Mantenimiento o directamente con los proveedores de los distintos equipos.

En la **Tabla N° 1**, se pueden apreciar los Planes Preventivos para cada clase de equipo para el año 2017 en la VII Región del Maule, que corresponde a la Empresa NuevoSur S.A.

PLAN PREVENTIVO	EJECUCION	FRECUENCIA
Inspección preventiva bombas pozo profundo	INTERNO	3 por Año
Inspección preventiva Prez y Golpe Ariete	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Aireadores superficiales Lagunas Ptas	EXTERNO	3 por Año
Mantenimiento Preventiva Bombas de Tornillo	EXTERNO	2 por Año
Mantenimiento Preventiva Cinta Transportadora de Lodo Ptas	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Decanter Ptas	EXTERNO	2 por Año
Mantenimiento Preventiva Detectores de Fuga gas Cloro	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Filtro Banda Ptas	MIXTO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Generadores	EXTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Instrumentos en Línea	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Medidores de Caudal PTAS	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Motobombas AS.	MIXTO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Pretratamiento Ptas	MIXTO	2 por Año
Mantenimiento Preventiva Sopladores Lobulares	INTERNO	1 por Año
Mantenimiento Preventiva Transformadores	EXTERNO	1 por Año
Mantenimiento Sopladores Centrífugos Ptas	EXTERNO	2 por Año
Mantenimiento Preventivo ERP	EXTERNO	1 por Año
Monitoreo Condición	EXTERNO	1 por Año
Preventivo Tableros Eléctricos	INTERNO	1 por Año
Programa Lubricación Equipos	MIXTO	Depende de Eq.
Sistemas de Cloración A.P.	INTERNO	1 por Año
Sistemas de Cloración A.S.	INTERNO	1 por Año
Sistemas de Fluoración A.P.	INTERNO	1 por Año
Sistemas de Productos Químicos	INTERNO	1 por Año

**Tabla N° 1:** Planes Preventivos y su Frecuencia en la Región del Maule. Empresa NuevoSur S.A.

Como se puede ver en la **Tabla N° 1**, para el Plan Preventivo de Lubricación de Equipos, se tienen planes de lubricación con frecuencia de 1, 2 y 12 veces por año, dependiendo del tipo de equipo, de las exigencias de este, las fallas historias y de las recomendaciones del fabricante.

Para todas las clases de equipo, se tiene en la columna “Ejecución”, que es la clasificación correspondiente a si el Plan Preventivo es realizado de manera interna, externa o mixto (interno más externo).

### 3.5.17 Planificación de los Planes Preventivos

La planificación de cada Plan preventivo, se realiza dependiendo de los tipos de planes, ya sean externo, internos o una mezcla de ambos.

Esta planificación se realiza de manera anual, considerando los recursos disponibles, esto en el caso de los Planes internos.

Para el cálculo de las horas/días necesarios para la realización de cada plan, se hace en base a la cantidad de equipos que se cuentan en cada planta, y en base a esto se establecen la cantidad de HH (Horas Hombre) que se requieren por cada equipo, además de una consideración de traslado para poder abordar la totalidad de los equipos en las diferentes Plantas en toda la VII Región del Maule.

Para el caso de los Planes externos, cuando una empresa se adjudica la licitación por un cierto Plan Preventivo, ellos entregan una carta Gantt con la planificación de sus Preventivos, obviamente esto es conversado y acordado con el administrador de contratos por parte de la empresa Essbio S.A. – NuevoSur S.A.

Estos Planes Preventivos, los cuales son planificados anualmente, de todas maneras al momento que corresponda la ejecución de algún plan, se tiene una reunión de arranque y planificación, por lo que muchas veces no se cuentan con todos los requerimientos en cada planta, por lo que muchas veces están sujetos a cambios o modificaciones en la planificación anteriormente realizada.

En la **Tabla N° 2**, se puede ver la planificación anual de los Planes Preventivos para el año 2017 para la empresa NuevoSur S.A. de la Región del Maule.

PROGRAMA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Inspección preventiva bombas pozo profundo												
Inspección preventiva Prez y Golpe Ariete												
Mantenimiento Aireadores superficiales Lagunas Ptas												
Mantenimiento Preventiva Bbas. Tornillo												
Mantenimiento Preventiva Cinta Transportadora de Lodo Ptas												
Mantenimiento Preventiva Decanter Ptas												
Mantenimiento Preventiva Detectores de Fuga gas Cloro												
Mantenimiento Preventiva Filtro Banda Ptas												
Mantenimiento Preventiva Generadores												
Mantenimiento Preventiva Instrumentos en Línea												
Mantenimiento Preventiva Medidores de Caudal PTAS												
Mantenimiento Preventiva Motobombas AS.												
Mantenimiento Preventiva Pretratamiento Ptas												
Mantenimiento Preventiva Sopladores Lobulares												
Mantenimiento Preventiva Transformadores												
Mantenimiento Sopladores Centrifugos Ptas												
Mantenimiento Preventivo ERP												
Monitoreo Condición												
Preventivo Tableros Eléctricos												
Programa Lubricación Equipos 24 semanas												
Programa Lubricación Equipos 4 Semanas												
Programa Lubricación Equipos 48 Semanas												
Programa Lubricación Equipos 96 Semanas												
Sistemas de Cloración A.P.												
Sistemas de Cloración A.S.												
Sistemas de Fluoración A.P.												
Sistemas de Productos Químicos												

**Tabla N° 2:** Planificación anual de los Planes Preventivos para el año 2017 de la Región del Maule.

### 3.6 Presupuesto de Mantenimiento

Los presupuestos de mantenimiento anuales, tanto a la empresa Essbio S.A. y NuevoSur S.A., se asignan en base a cantidad de equipos, estadísticas historias de fallas de equipos, considerando los costos asociados a estas fallas y teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes y/o proveedores.

Tomando estos factores, se debe considerar presupuesto para tres categorías utilizadas dentro del Mantenimiento, que son: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Basado en Condición (MBC).

### **3.6.1 Presupuesto Mantenimiento Preventivo**

El presupuesto de los Planes Preventivos, se desarrolla en base a las necesidades de las distintas clases de equipos, registros históricos y Know How. Por lo que el presupuesto se calcula en base al costo que tendrán los Planes internos y externos, los cuales, dependiendo del caso, se licitan y adjudican a diferentes empresas.

Otra consideración es los nuevos equipos que pudiesen existir, debido al aumento de capacidad en plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), nuevas plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS) y aumento de capacidad en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).

En la **Tabla N° 3**, se muestra el presupuesto de Mantenimiento Preventiva para el año 2017, detallando los distintos planes que se llevaran a cabo este año.

PROGRAMA	EJECUCION	COSTO
Inspección preventiva bombas pozo profundo	INTERNO	\$ 11.591.978
Inspección preventiva Prez y Golpe Ariete	INTERNO	\$ 2.008.059
Mantenición Aireadores superficiales Lagunas Ptas	EXTERNO	\$ 7.813.468
Mantenición Preventiva Bombas de Tornillo	EXTERNO	\$ 2.631.615
Mantenición Preventiva Cinta Transportadora de Lodo Ptas	INTERNO	\$ 626.149
Mantenición Preventiva Decanter Ptas	EXTERNO	\$ 2.200.910
Mantenición Preventiva Detectores de Fuga gas Cloro	INTERNO	\$ 12.146.639
Mantenición Preventiva Filtro Banda Ptas	MIXTO	\$ 24.815.663
Mantenición Preventiva Generadores	EXTERNO	\$ 32.198.354
Mantenición Preventiva Instrumentos en Línea	INTERNO	\$ 1.660.927
Mantenición Preventiva Medidores de Caudal PTAS	INTERNO	\$ 7.210.758
Mantenición Preventiva Motobombas AS.	MIXTO	\$ 14.376.377
Mantenición Preventiva Pretratamiento Ptas	MIXTO	\$ 22.287.636
Mantenición Preventiva Sopladores Lobulares	INTERNO	\$ 5.253.960
Mantenición Preventiva Transformadores	EXTERNO	\$ 3.334.244
Mantenición Sopladores Centrífugos Ptas	EXTERNO	\$ 8.389.554
Mantenimiento Preventivo ERP	EXTERNO	\$ 28.030.958
Monitoreo Condición	EXTERNO	\$ 11.251.550
Preventivo Tableros Eléctricos	INTERNO	\$ 2.366.824
Programa Lubricación Equipos	MIXTO	\$ 6.462.483
Sistemas de Cloración A.P.	INTERNO	\$ 26.070.443
Sistemas de Cloración A.S.	INTERNO	\$ 22.892.187
Sistemas de Fluoración A.P.	INTERNO	\$ 3.509.029
Sistemas de Productos Químicos	INTERNO	\$ 9.292.419
<b>TOTAL PRESUPUESTO PLANES PREVENTIVOS 2017</b>		<b>\$ 268.422.182</b>

**Tabla N° 3:** Presupuesto año 2017 para los Planes de Mantenimiento Preventivo de la VII Región del Maule. Empresa NuevoSur S.A.

### 3.6.2 Presupuesto Mantenimiento Correctivo

El presupuesto anual de Mantenimiento Correctivo, se elabora en base a las fallas históricas que se tienen almacenadas en el sistema, considerando las cantidades de equipos con que se cuentan, frecuencia de fallas en base a registros, conocimientos de los especialistas y consideración de reparación de equipos (overhaul) que quedaron pendientes de hallazgos de planes preventivos anteriores.

Dependiendo del tipo de proceso en que se encuentren los distintos tipos de equipos. Estos procesos son los siguientes:

- Mantenimiento de Plantas de Tratamiento.
- Mantenimiento de Producción y Redes.
- Mantenimiento de Automatismo e Instrumentación.

Por lo que los presupuestos son diferenciados en estas tres categorías. A continuación se puede ver en la **Tabla N° 4**, los presupuestos de Mantenimiento Correctivo para el año 2017 según el tipo de proceso.

<b>PROGRAMA</b>	<b>COSTO</b>
Mantenión Correctivas Plantas de Tratamiento	\$ 84.852.424
Mantenión Correctivas Producción y Redes	\$ 55.865.634
Mantenión Correctivas Automatización e Instrumentación	\$ 22.712.952
<b>TOTAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2017</b>	<b>\$ 163.431.010</b>

**Tabla N° 4:** Presupuesto de Mantenimiento Correctivo del año 2017 para la VI Región del Maule. Empresa NuevoSur S.A.

### **3.6.3 Presupuesto Mantenimiento Basado en Condición (MBC)**

El presupuesto anual para el Mantenimiento Basado en Condición (MBC), se determina estadísticamente en base a las fallas historias y al Know How de los especialistas, además de considerar la frecuencia de planes preventivos y la “edad” de los equipos en base a la vida útil de estos.

Al igual que el Presupuesto de Mantenimiento Correctivo, este se divide en las mismas tres categorías (Tratamiento, Producción y Atomización e Instrumentación).

A continuación en la **Tablas N° 5**, tenemos el presupuesto para el Mantenimiento Basado en Condición (MBC) del año 2017, el cual está separado por las categorías antes mencionadas.

<b>PROGRAMA</b>	<b>COSTO</b>
MBC Plantas de Tratamiento	\$ 53.765.002
MBC Producción y Redes	\$ 79.763.964
MBC Automatización e Instrumentación	\$ 27.159.336
<b>TOTAL MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICION (MBC) 2017</b>	<b>\$ 160.688.302</b>

### **3.7 Presupuesto Total Anual de Mantenimiento**

El presupuesto para el mantenimiento, tanto Preventivo, Correctivo y Basado en Condición, corresponde a gastos operacionales, OPEX (Operating Expense). Por lo que el presupuesto anual para el mantenimiento depende de la Sub-gerencia de Mantenimiento, la cual se encuentra en la VIII Región, en la empresa Essbio S.A., por lo que el desarrollo del presupuesto anual para la VII Región (Empresa NuevoSur S.A.), queda sujeto a revisión por la empresa Essbio S.A., con lo que en cierto modo “limita” los verdaderos requerimientos de Mantención que pueda tener la Empresa NuevoSur S.A. para la VII Región del Maule.

En la **Tabla N° 6**, se puede apreciar el presupuesto de Mantención total para el año 2017, separado tanto por Tratamiento, Producción y Automatización & Instrumentación, como separadas por tipo de Planes, Preventivo, Correctivo y MBC.

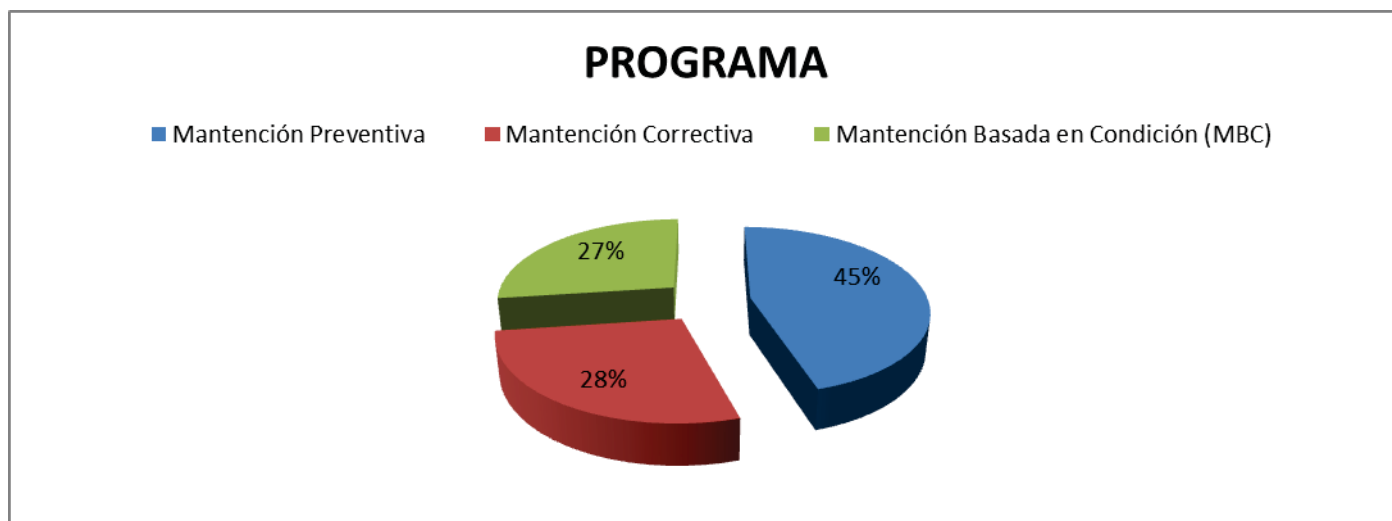


PROGRAMA	COSTO
Presupuesto 2017 Plantas de Tratamiento	\$ 257.594.446
Presupuesto 2017 Producción y Redes	\$ 271.267.194
Presupuesto 2017 Automatización e Instrumentación	\$ 63.679.854
<b>TOTAL PRESUPUESTO MANTENIMIENTO 2017</b>	<b>\$ 592.541.494</b>

PROGRAMA	COSTO
Mantenimiento Preventiva	\$ 268.422.182
Mantenimiento Correctiva	\$ 163.431.010
Mantenimiento Basada en Condición (MBC)	\$ 160.688.302
<b>TOTAL PRESUPUESTO MANTENIMIENTO 2017</b>	<b>\$ 592.541.494</b>

**Tabla N° 6:** Presupuesto total del Mantenimiento para el año 2017 para la Región del Maule, Empresa NuevoSur S.A.

En la **Figura N° 10**, se puede ver la distribución porcentual de los tres Planes de Mantenimiento que se desarrollan, que son el Plan Preventivo, Correctivo y Basado en Condición (MBC).



**Figura N° 10:** Distribución porcentual del presupuesto del año 2017 dependiendo del tipo de Plan de Mantenimiento.

## 4. Análisis del Plan Actual de Mantenimiento

Con el fin de analizar económicamente el actual Plan Mantenimiento Preventivo de la empresa NuevoSur S.A., se analizarán las fallas de los equipos más importantes a través de los años, en cuanto al número de fallas y costos que tienen estas fallas en relación a los costos incurridos en los Planes de Mantención Preventiva que actualmente la compañía tiene en ejecución, ya sean estos internos, externos o mixtos.

Dependiendo de los análisis realizados, se puede concluir con bases económicas, respecto si se debería realizar una mejora en los Planes Preventivos y cómo afectaría esto al presupuesto anual que se tiene para la Mantención en la VII Región del Maule, en la Empresa NuevoSur S.A.

### 4.1 Cantidad de Fallas por Año en Principales Clases de Equipos

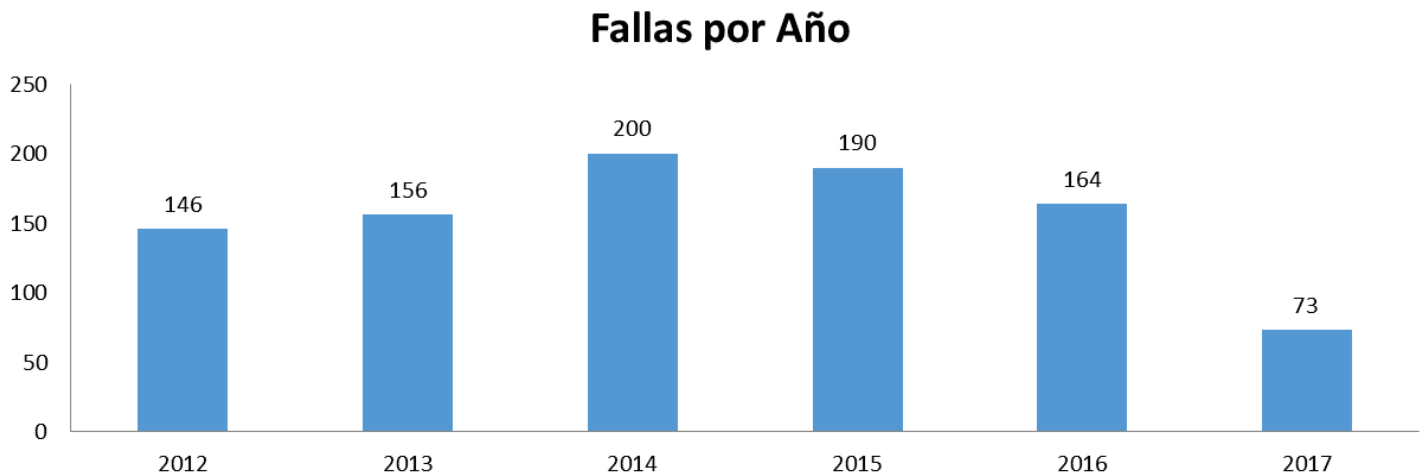
Con el fin de analizar las fallas que ocurren en cada clase de equipo, se procederá a analizar solo los avisos de mantención y ordenes de mantención con urgencia **EM01**; las cuales representan una falla del equipamiento que genera peligros extremos para la seguridad de las personas, que afecte el medio ambiente, o una detención absoluta o parcial del proceso productivo, además para equipos que no tienen alternativas de reemplazo y **EM02**; las cuales representan una falla del equipamiento que genera una detención parcial del proceso productivo, no implica necesariamente una detención del proceso.

A continuación se analizarán las fallas por año de las clases de equipo más importantes dentro del proceso de tratamiento de aguas servidas, lo cuales generan una mayor cantidad de fallas al año y consecuentemente involucrando los mayores costos asociados al presupuesto del Mantenimiento Correctivo.

#### 4.1.1 Aireadores Superficiales

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite aportar la aireación necesaria (oxígeno) al proceso biológico a través de un proceso mecánico, por lo tanto, el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 11**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



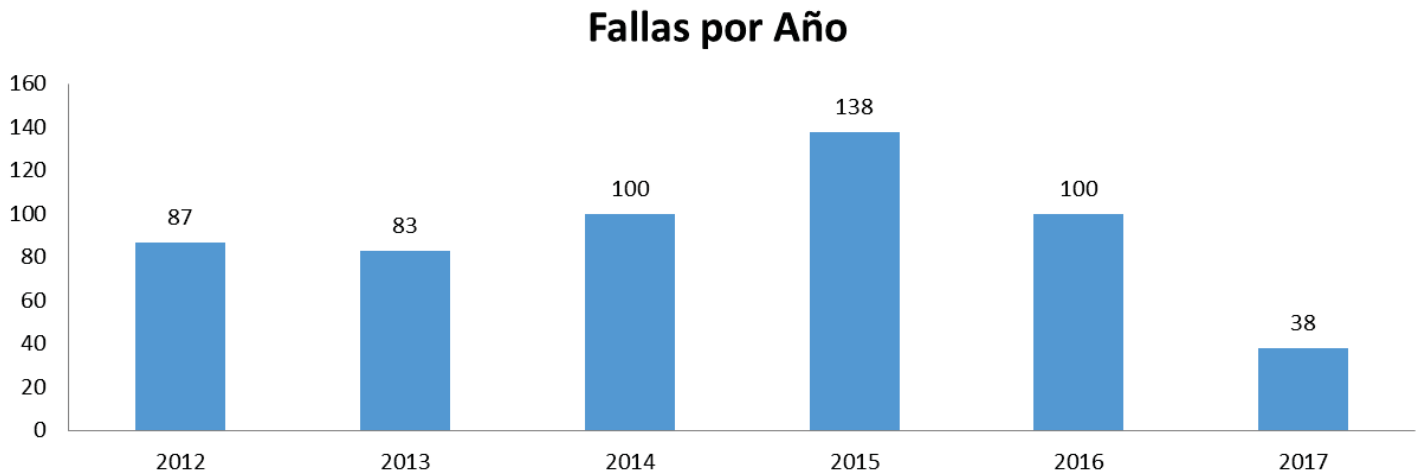
**Figura N° 11:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede apreciar en la **Figura N° 11**, a partir del 2015 se nota una disminución en la cantidad de fallas para esta clase de equipos, y extrapolando las fallas para el 2017, se podría decir que el año 2017 terminará con menos fallas que el año 2016, por lo que se mantendría la tendencia que sigue desde el 2015 a la baja de fallas por año.

#### 4.1.2 Filtros de Bandas

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es separar el agua del sólido en los lodos que se purgan de una planta de tratamiento para reducir costos de transporte del lodo desde la planta al vertedero, por lo tanto, el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 12**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



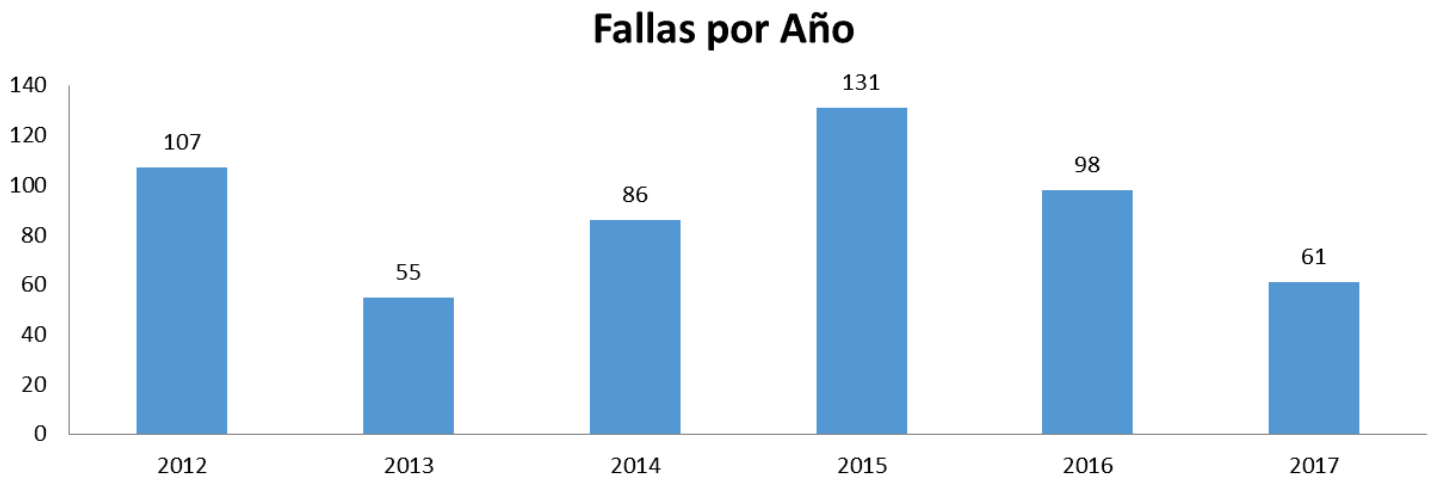
**Figura N° 12:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede apreciar en la **Figura N° 12**, a partir del 2015 se nota una disminución en la cantidad de fallas para esta clase de equipos, y extrapolando las fallas para el 2017, se podría decir que el año 2017 terminará con menos fallas que el año 2016, por lo que se mantendría la tendencia que sigue desde el 2015 a la baja de fallas por año.

### 4.1.3 Grupos Electrógenos

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas en el caso de corte del suministro de energía, por lo tanto el impacto en el servicio es alto. Además estos no poseen redundancia en las instalaciones.

En la **Figura N° 13**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



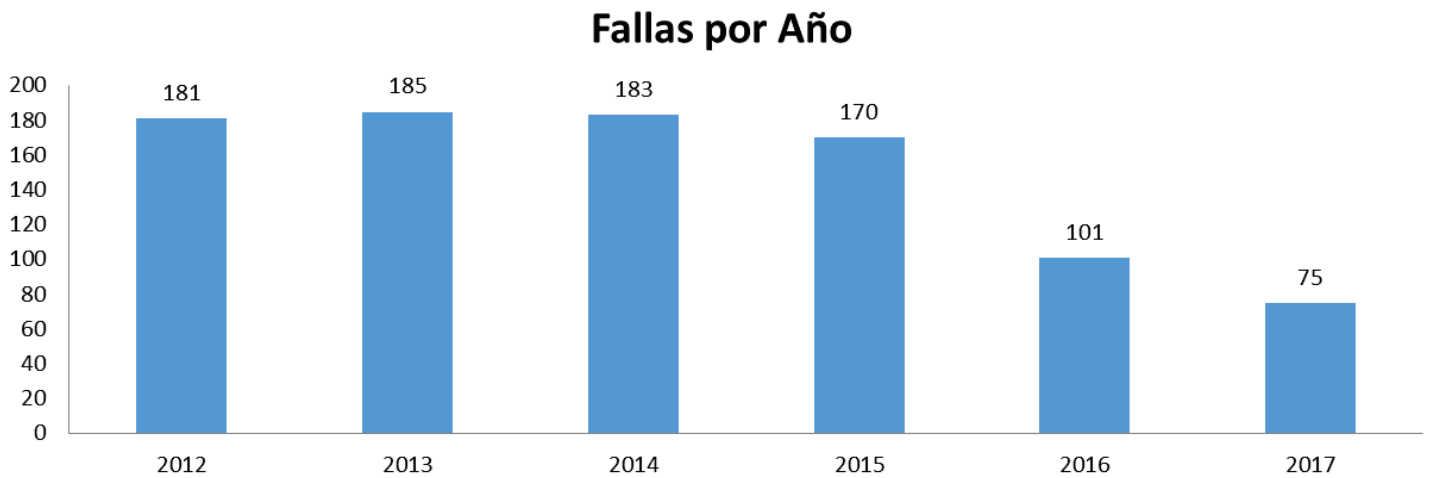
**Figura N° 13:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede apreciar en la **Figura N° 13**, a partir del 2015 se nota una disminución en la cantidad de fallas para esta clase de equipos, y extrapolando las fallas para el 2017, se podría decir que el año 2017 probablemente terminará con una mayor cantidad fallas que el año 2016, por lo que en esta clase de equipos se podría tener llegar a tener una mayor cantidad de fallas en relación al año 2016, por lo que habría que considerar un mayor análisis en cuanto a los Mantenimientos Preventivos efectuados.

#### 4.1.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite elevar el agua potable hacia los centros de distribución, estanques y red, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 14**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



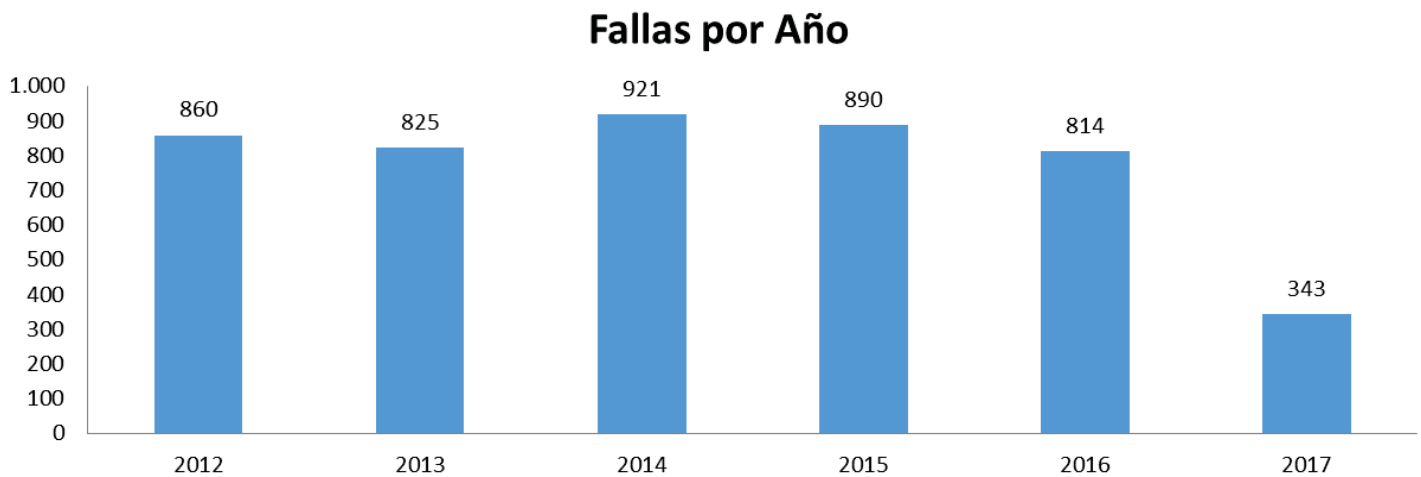
**Figura N° 14:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede apreciar en la **Figura N° 14**, desde el año 2012 al 2014, prácticamente se atendieron una cantidad bastante parejas de fallas para las bombas de A.P., ya en el 2015 se nota una pequeña disminución, para el año 2016 donde se puede ver una disminución del 45% con respecto a la media de los años 2012, 2013 y 2014. Por otro lado, considerando las fallas al 13 de Junio del 2017, podemos decir que al final del 2017 se tiene una cantidad de fallas bastante superior a las del año 2016, por lo que es un tema que hay que poner especial atención, considerando que estos equipos son muy importantes para la producción y distribución del servicio de agua potable.

#### 4.1.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función permite elevar el agua servidas dentro del proceso de tratamiento de aguas específicamente WAS-RAS, por lo tanto el impacto en el servicio es alto.

En la **Figura N° 15**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



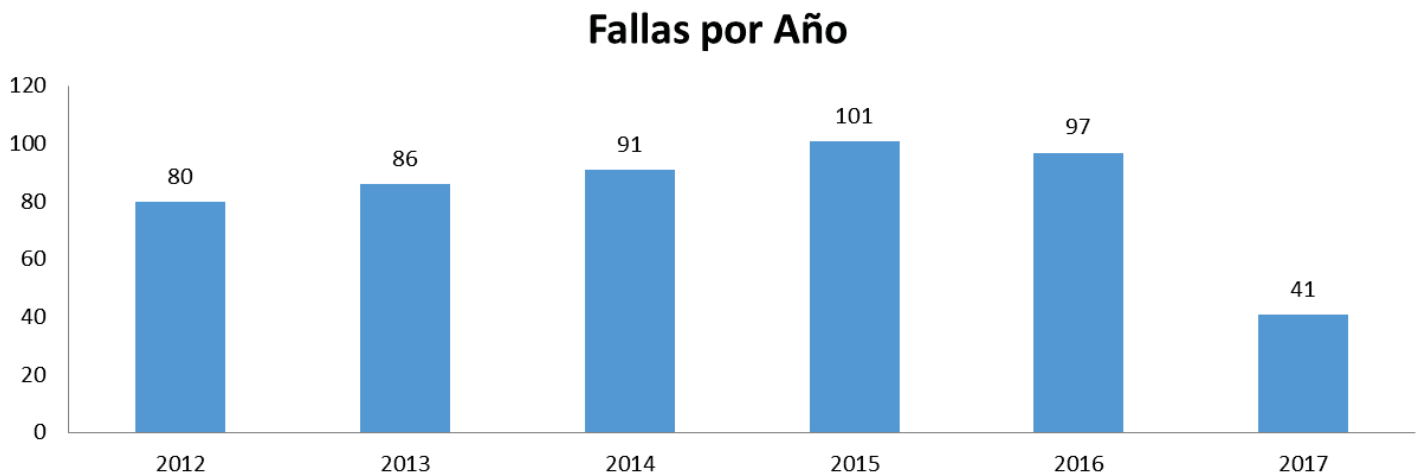
**Figura N° 15:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede apreciar en la **Figura N° 15**, a partir del año 2015, se tuvo una disminución en la cantidad de fallas anuales con respecto al 2014, la cual se mantiene durante los años siguientes, esto considerando que para el año 2017, se puede considerar que terminaremos el año con una disminución con respecto a cualquier otro año.

#### 4.1.6 Equipos de Pretratamiento

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, cuya función es la retención de sólidos gruesos y finos con densidad mayor al agua con el fin de facilitar el tratamiento posterior, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 16**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



**Figura N° 16:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

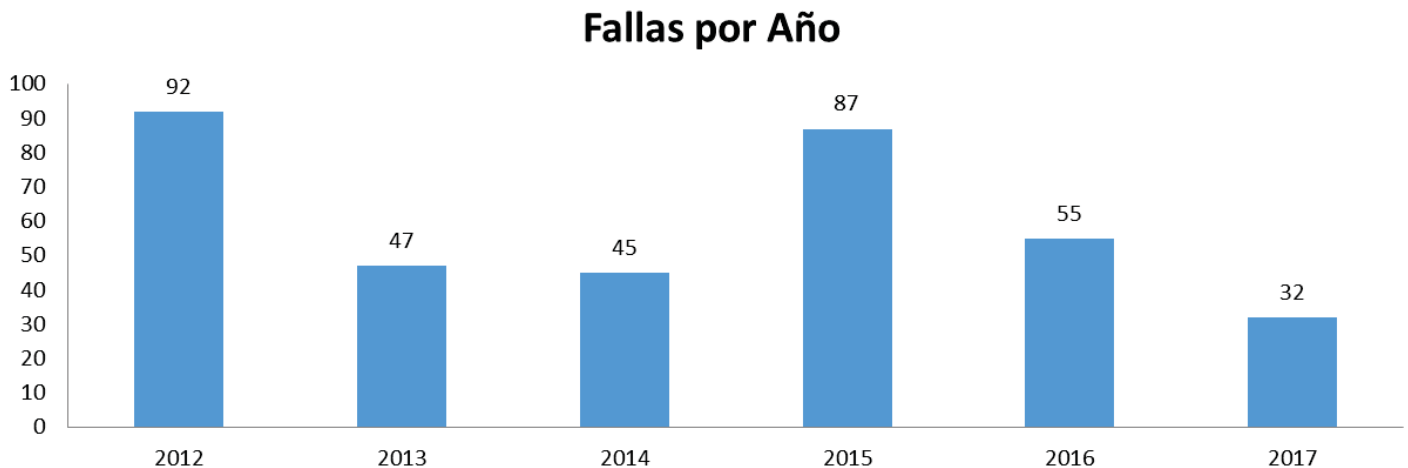
Como se puede apreciar en el **Figura N° 16**, se tuvo un pequeño incremento en la cantidad de fallas por año en los equipos de Pretratamiento, pero a partir del 2015, se puede ver que las emergencias atendidas fueron disminuyendo gradualmente, pudiendo considerar que el año 2017 terminara con una número de fallas que continuará esta tendencia a la baja.



#### 4.1.7 Sopladores Lobulares

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, la función principal es la de aportar caudal de aire en un sistema de aireación, para la transferencia de oxígeno en un reactor biológico, generando la digestión requerida y la degradación de la materia orgánica, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 17**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



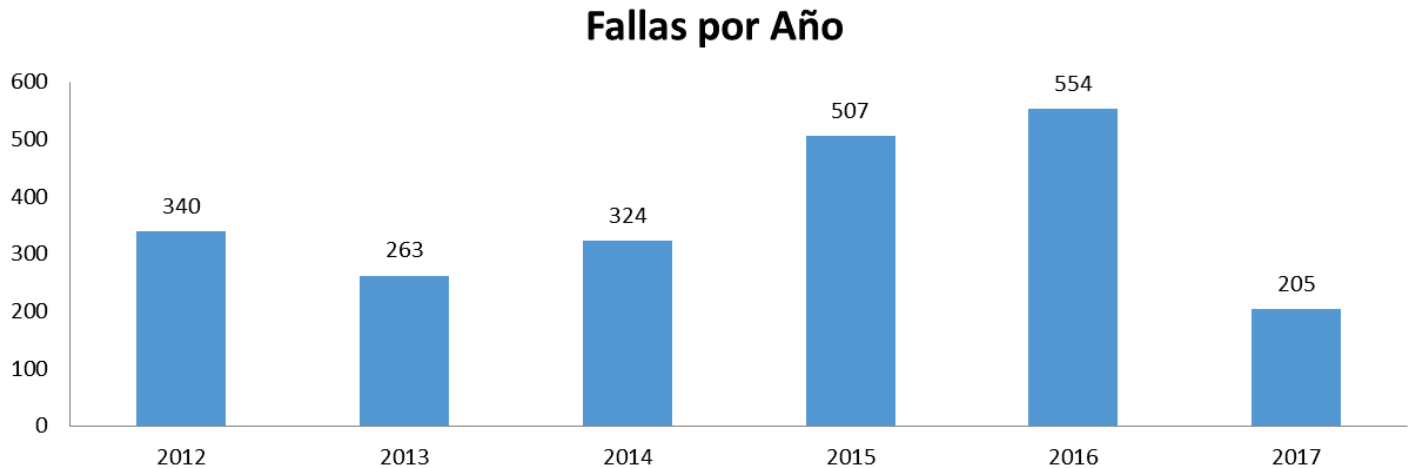
**Figura N° 17:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede ver en la **Figura N° 17**, desde el año 2013 se mantuvieron las fallas en un nivel prácticamente constante, exceptuando el año 2012. En el caso del año 2015 se elevaron las fallas, pero ya en el 2016 se volvieron a disminuir, sin embargo, podemos proyectar que las fallas para el término del año 2017, se volverán a tener una cantidad significativa de fallas otra vez.

#### 4.1.8 Tableros Eléctricos

Esta clase de equipos da soporte para la continuidad de operación de las plantas, garantizan el correcto funcionamiento del proceso, también la protección de las personas y las instalaciones; eliminando la posibilidad de un contacto directo con las partes conductoras de electricidad, por lo tanto el impacto de estos en el servicio es alto.

En la **Figura N° 18**, se pueden apreciar las fallas que se atendieron bajo la categoría de emergencia EM01 y EM02, durante el periodo del año 2012 al 2017, considerando que para el año 2017 este registro es solo hasta el 13 de Junio.



**Figura N° 18:** Cantidad de Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

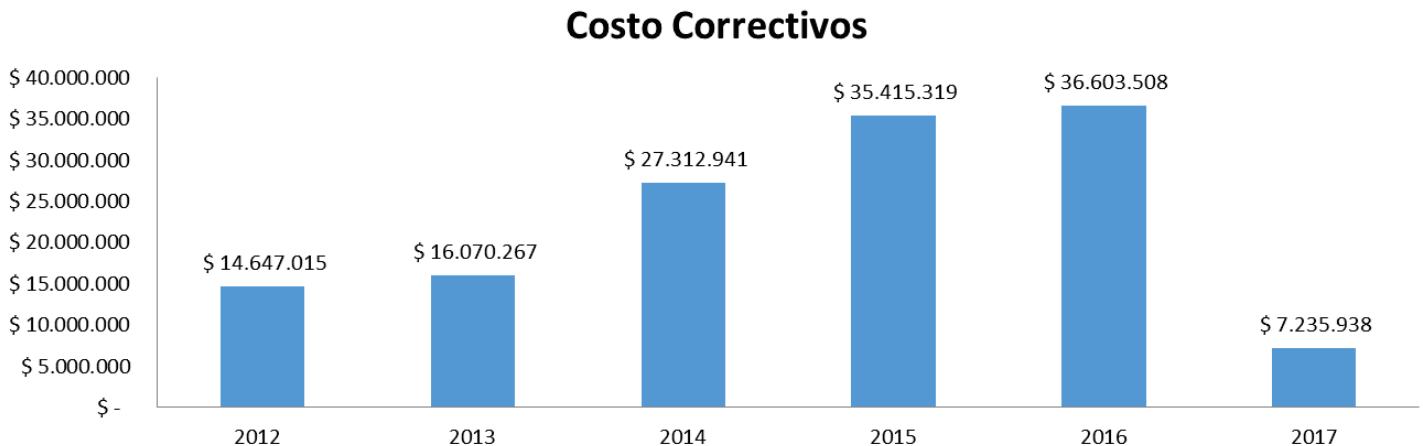
Como se puede apreciar en la **Figura N° 18**, hasta el año 2014 se mantuvieron niveles de fallas bastante regulares, teniendo un gran incremento a partir del año 2015. Sin embargo para el año 2017 se espera terminar con una baja en la cantidad de fallas con respecto al año anterior.

## 4.2 Costos Asociados a Fallas en Principales Clases de Equipos

De la misma forma que se llevó a cabo el análisis de fallas anuales, es decir, considerando solamente los avisos o órdenes de mantenimiento del tipo EM01 y EM02, se realizará el mismo análisis pero ahora con el costo asociado a la mayoría de estas fallas, utilizando la misma clasificación anual y por clase de equipo, teniendo en cuenta más mismas consideraciones para los equipos en cuanto a nivel de ocupación en cuanto al proceso y lo que implicaría tener parado un cierto tiempo alguno de estos equipos.

### 4.2.1 Aireadores Superficiales

En la **Figura N° 19**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los equipos Aireadores Superficiales, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.

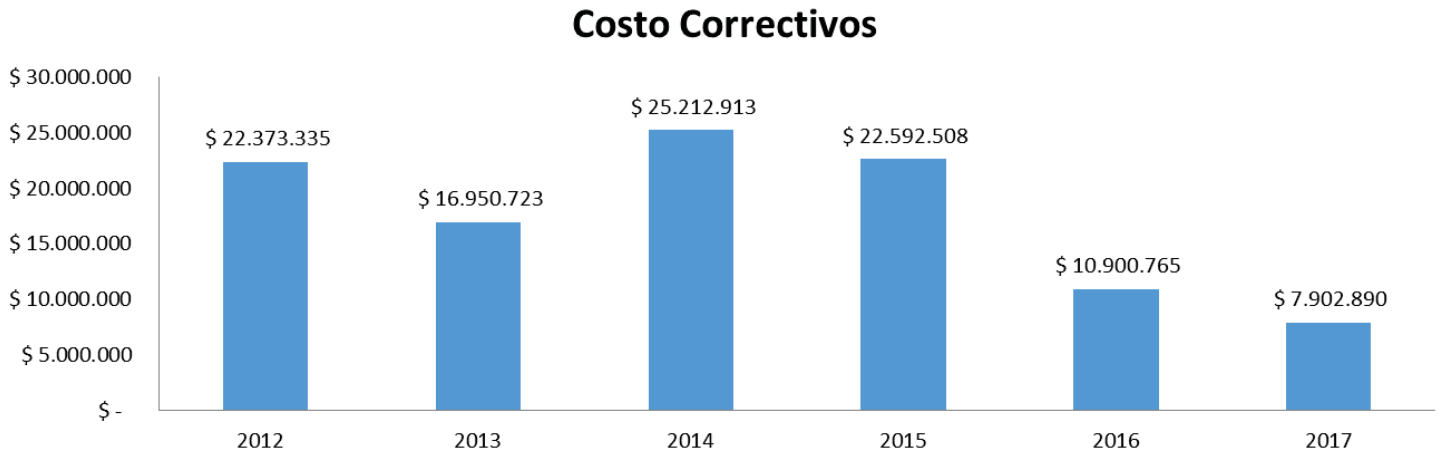


**Figura N° 19:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede ver en la **Figura N° 19**, desde el 2014 al 2016, los gastos incurridos en Mantenimiento Correctivo fueron aumentando año a año de forma considerable, además podemos ver que para este año 2017 se puede esperar una disminución considerable de los costos en Mantenimiento Correctivo.

#### 4.2.2 Filtros de Banda

En la **Figura N° 20**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los Filtros de Bandas, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.

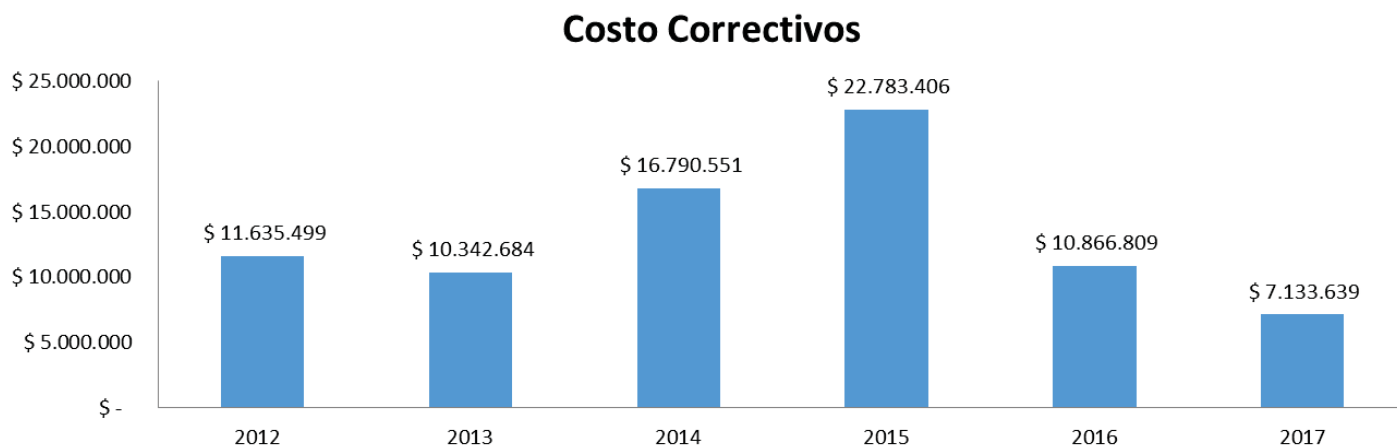


**Figura N° 20:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como se puede ver en la **Figura N° 20**, los costos correctivos se mantuvieron bastante parejos hasta el año 2016, donde se tuvo un baja en los costos anuales, llegando a uno de los montos anuales más bajos dentro de los registros que se cuentan. Para el año 2017, se proyecta tener gastos superiores con respecto al año anterior, lo cual no debería ocurrir, por lo que podemos asumir algún tipo de problema en los planes preventivos a los filtros de bandas.

#### 4.2.3 Grupos Electrónicos

En la **Figura N° 21**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los Grupos Electrónicos, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.

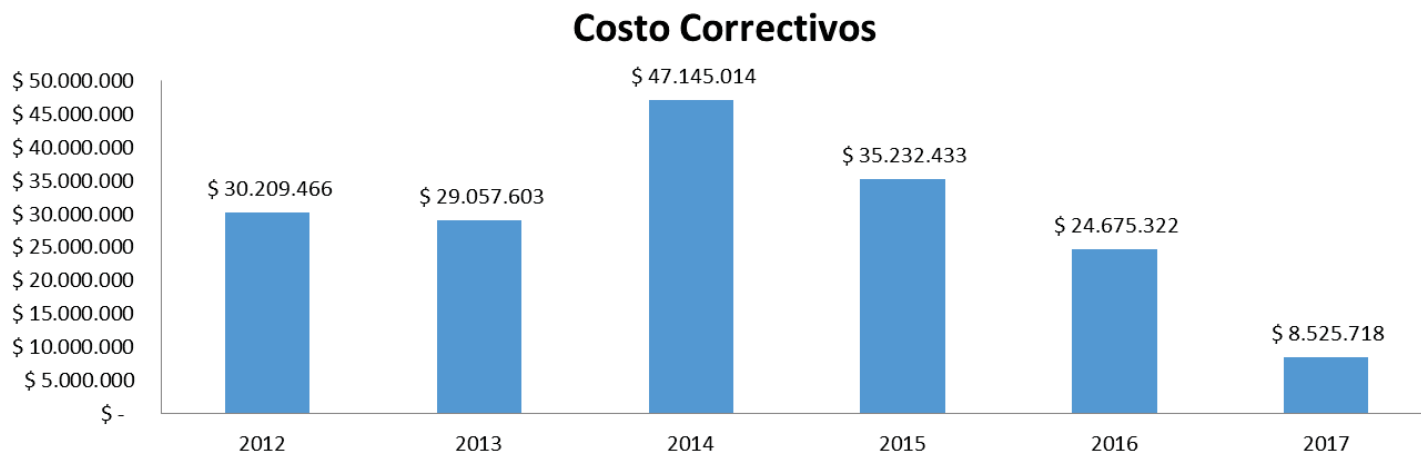


**Figura N° 21:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como podemos ver en la **Figura N° 21**, en el año 2015 se incrementaron bastante los gastos correctivos en los equipos de respaldo para la generación de energía, bajando considerablemente en el año 2016. Para el presente año, se estiman gastos considerablemente alto con respecto a los del año 2016.

#### **4.2.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)**

En la **Figura N° 22**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para las Bombas de A.P., las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.



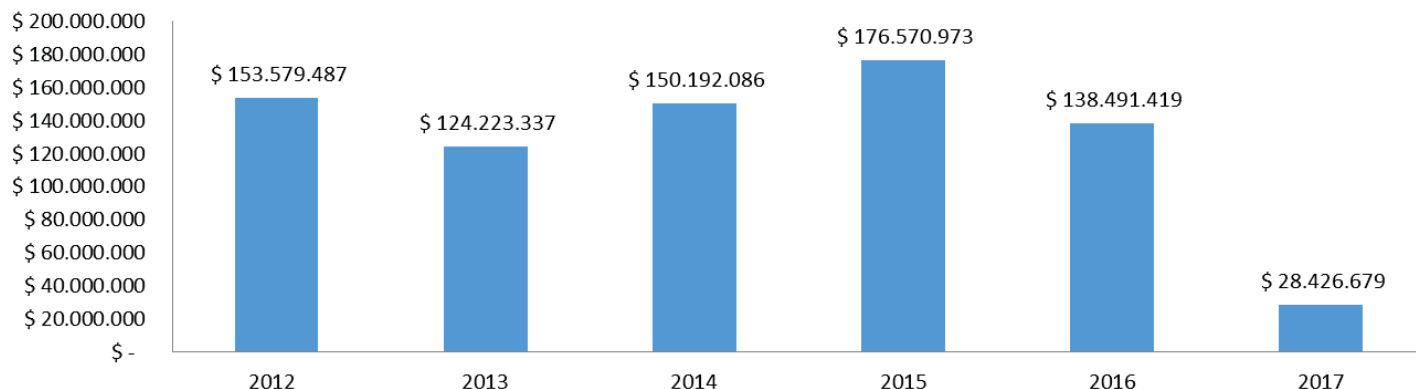
**Figura N° 22:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como poder ver en la **Figura N°22**, desde el año 2014 comenzaron a disminuir los gastos en reparaciones correctivas en las bombas de A.P., manteniéndose a lo largo de los años en niveles anuales decrecientes, además de estimar un gasto correctivo para el año 2017 menor al año 2016.

#### **4.2.5 Bombas de Agua Servida (A.S.)**

En la **Figura N° 23**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para las Bombas de A.S., las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.

### Costo Correctivos



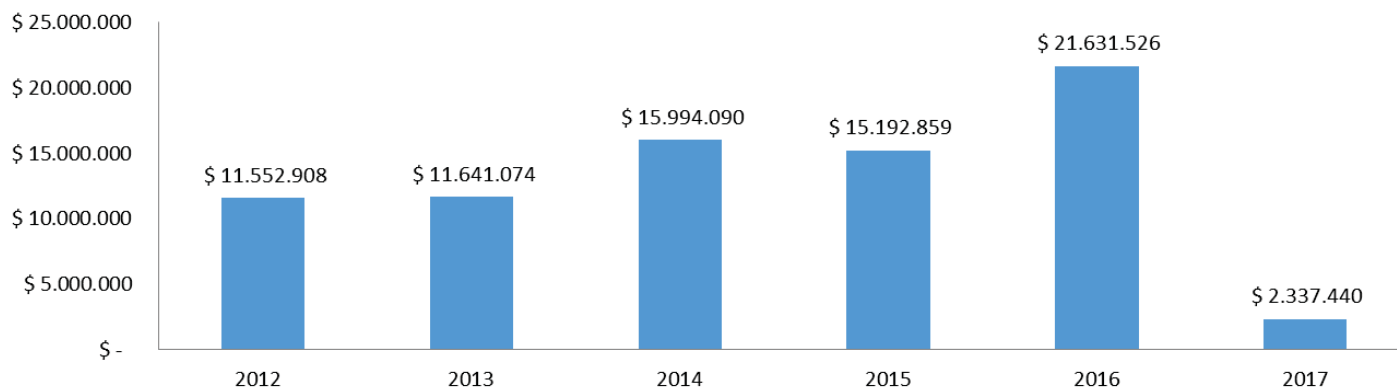
**Figura N° 23:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como podemos ver en la **Figura N° 23**, en el año 2013, los gastos correctivos anuales disminuyeron, pero a partir del año 2014 aumentaron, empezando a disminuir en el año 2016 y se espera para el año 2017 una baja importante en los gastos en mantenimiento correctivo.

#### 4.2.6 Equipos de Pretratamiento

En la **Figura N° 24**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los equipos de Pretratamiento, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.

### Costo Correctivos



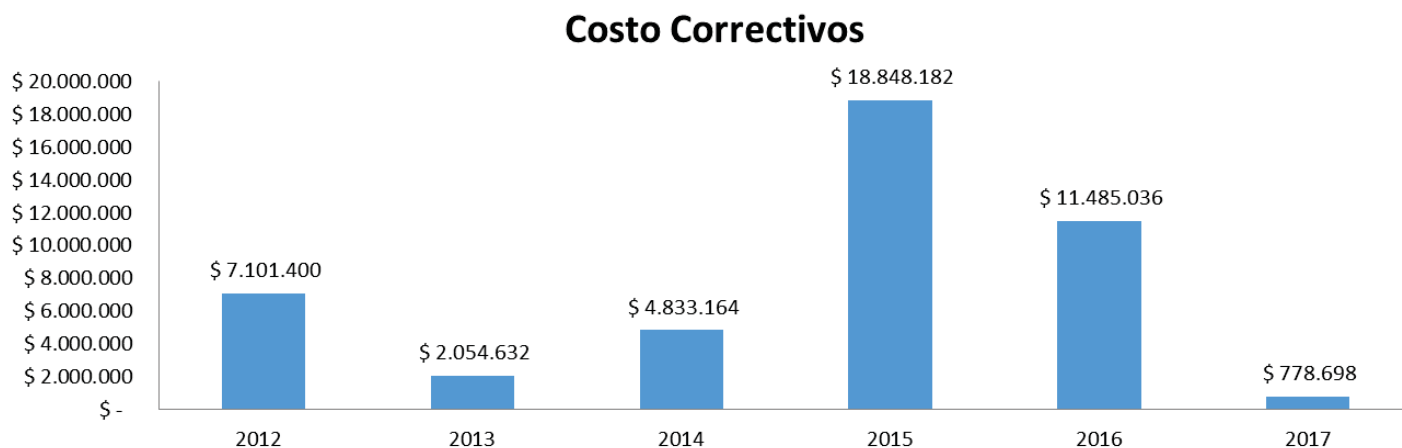
**Figura N° 24:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como podemos ver en la **Figura N° 24**, se aprecian gastos correctivos bastante uniformes hasta el año 2015. En el año 2015 se tuvo un aumento significativo en los gastos correctivos para este tipo de equipos. Por otro lado, para el año 2017, a la fecha se tiene un gasto correctivo muy bajo y se estima terminar el año con un gasto total correctivo muy bajo, alcanzando gastos menores en comparación a cualquier periodo anterior.

#### 4.2.7 Sopladores Lobulares

En la **Figura N° 25**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los Sopladores Lobulares, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.



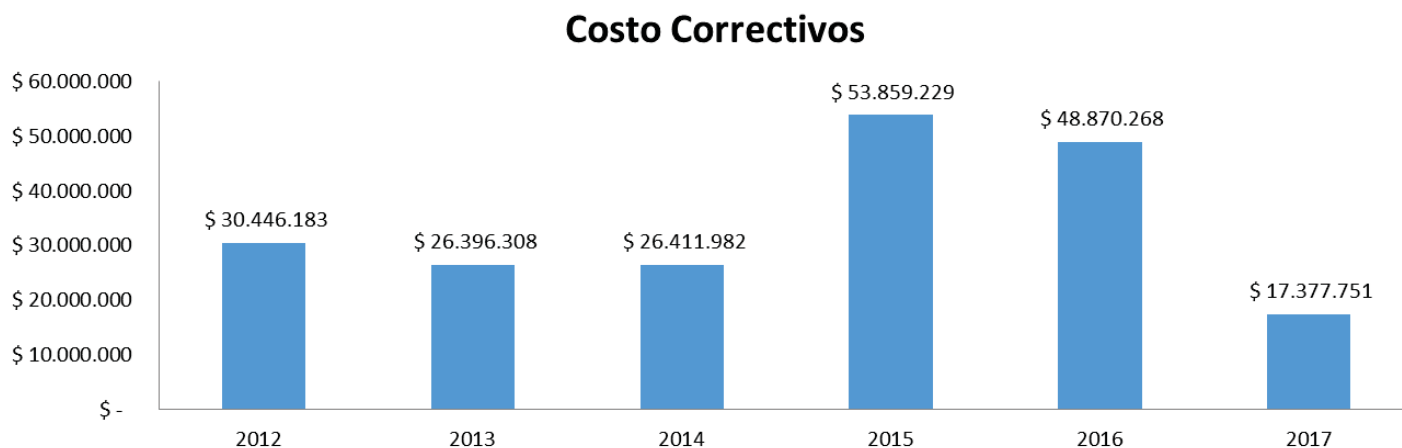


**Figura N° 25:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como podemos ver en la **Figura N° 25**, durante el periodo del 2012 al 14 se tuvieron bajos costos correctivos en estos tipos de equipos, ya para el año 2015 se elevaron los costos exageradamente, luego siguiendo a la baja para el 2016, y se considera una gran baja para el final del 2017.

#### 4.2.8 Tableros Eléctricos

En la **Figura N° 26**, se puede apreciar el costo asociado a las reparaciones para los Tableros Eléctricos, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 13 de Junio del 2017.



**Figura N° 26:** Costo asociado a Fallas por año (EM01 y EM02) atendidas durante los años 2012 al 13 de Junio del 2017.

Como podemos ver en la **Figura N° 26**, en el 2015 los gastos correctivos en Tableros Eléctricos aumentaron considerablemente, disminuyendo gradualmente hasta el año 2017 (proyección en base a los gastos a la fecha y considerando los gastos del 2016 para el segundo semestre del año).

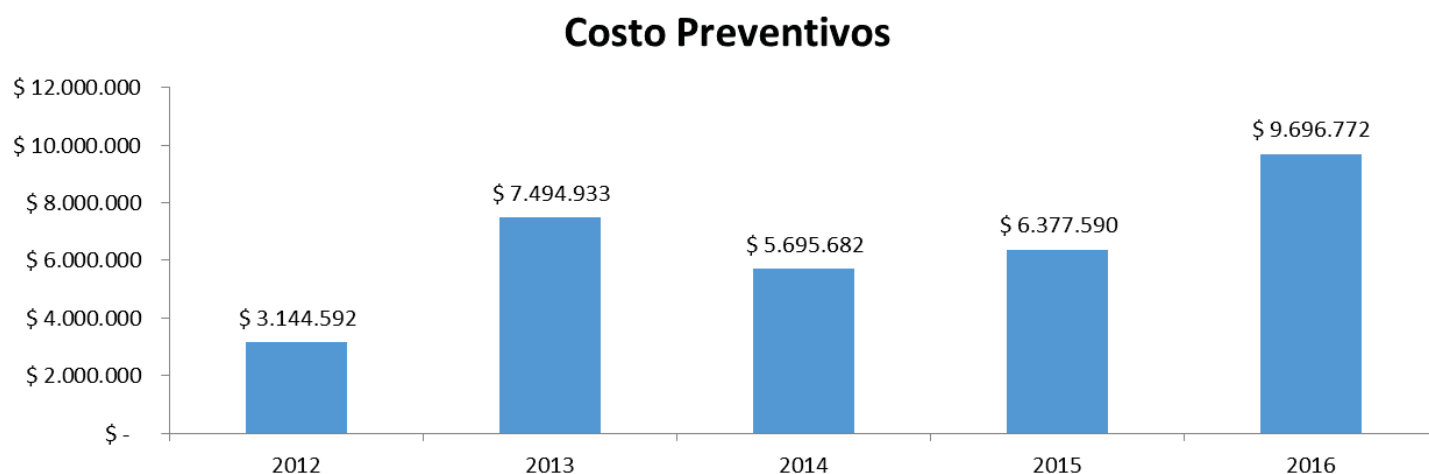
#### **4.3 Costos Asociados a Planes Preventivos Actuales**

Como se vio en el Capítulo anterior, se comentó acerca de los presupuestos anuales que manejan para el Mantenimiento Preventivo, además de la frecuencia con que se realizan cada Plan Preventivo dependiendo de la importancia que tenga el equipo para la continuidad del proceso y los costos en que se incurrirían si es que se dejara inoperativo un cierto equipo por un periodo determinado.

A continuación se analizarán los gastos incurridos en los Planes Preventivos de los equipos más importantes, al igual que se realizó con las fallas anuales y con los costos anuales de gastos correctivos para las mismas clases de equipos.

### 4.3.1 Aireadores Superficiales

El Plan Preventivo para los Aireadores Superficiales se realiza tres veces por año, siendo de manera externa. En la **Figura N° 27**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.



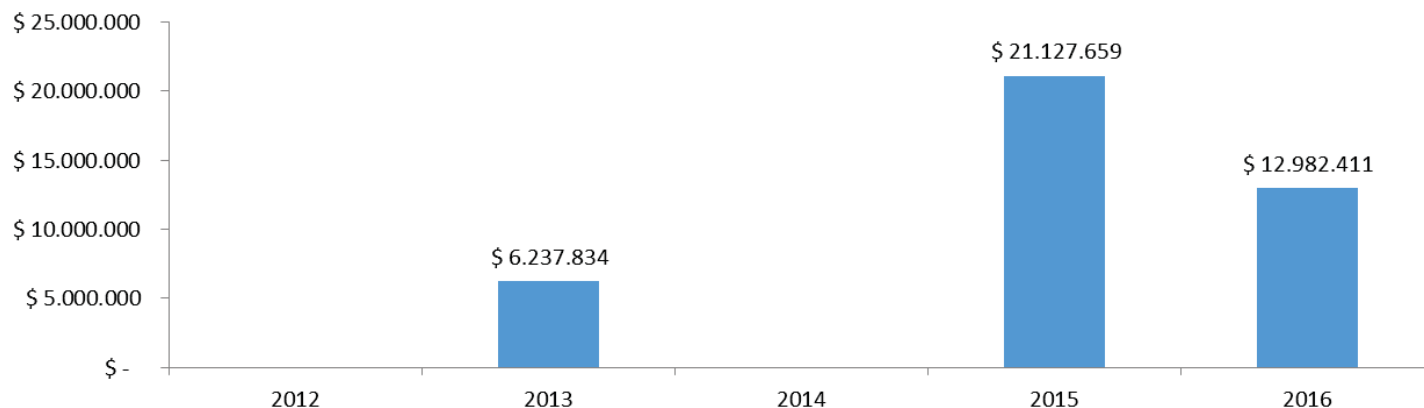
**Figura N° 27:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Aireadores Superficiales.

Como podemos ver en la **Figura N° 27**, se han mantenido los costos promedio hasta el año 2015, ya en el año 2016, se aumentaron los costos en mantención preventiva notablemente con respecto a la media de los otros años.

### 4.3.2 Filtros de Banda

El Plan Preventivo para los Filtros de Banda se realiza una vez por año, siendo de manera externa. En la **Figura N° 28**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.

### Costo Preventivos

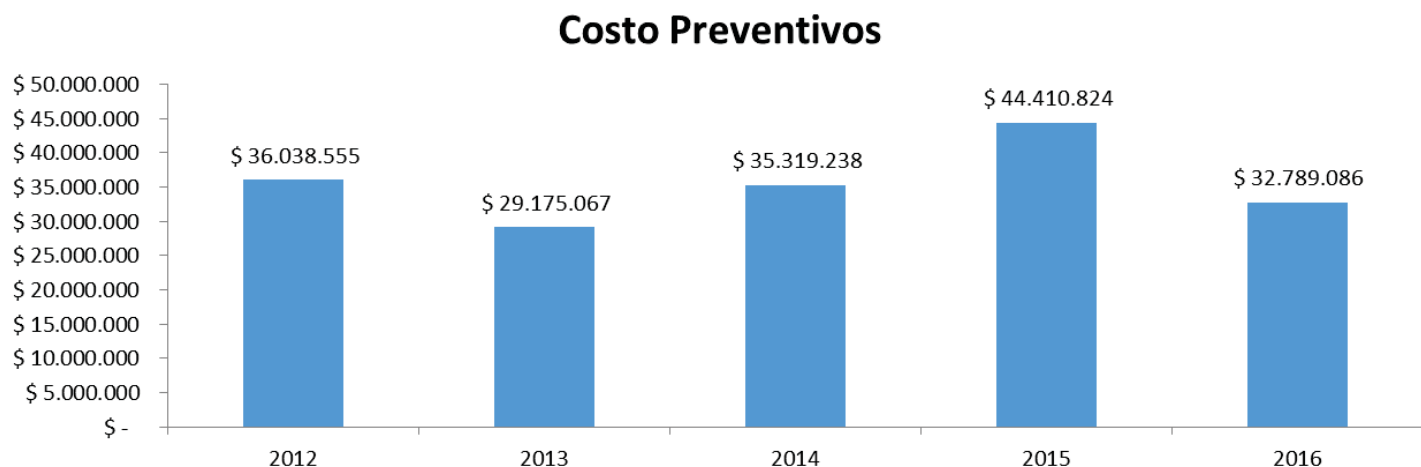


**Figura N° 28:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Filtros de Banda.

Como podemos ver en la **Figura N° 28**, antiguamente se realizaba el Plan Preventivo cada dos años, pero a partir del 2015 se tomó la decisión de realizar el plan anualmente, ya que es un equipo importante para el proceso de Deshidratación en las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, además de que el no llevar un buen Plan Preventivo, llevaría a incurrir gastos altísimos en mantención correctiva, ya que estos equipos son muy costosos al igual que sus reparaciones y repuestos.

#### 4.3.3 Grupos Electrónicos

El Plan Preventivo para los Grupos Electrónicos o Generadores se realiza una vez por año, siendo de manera externa. En la **Figura N° 29**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.



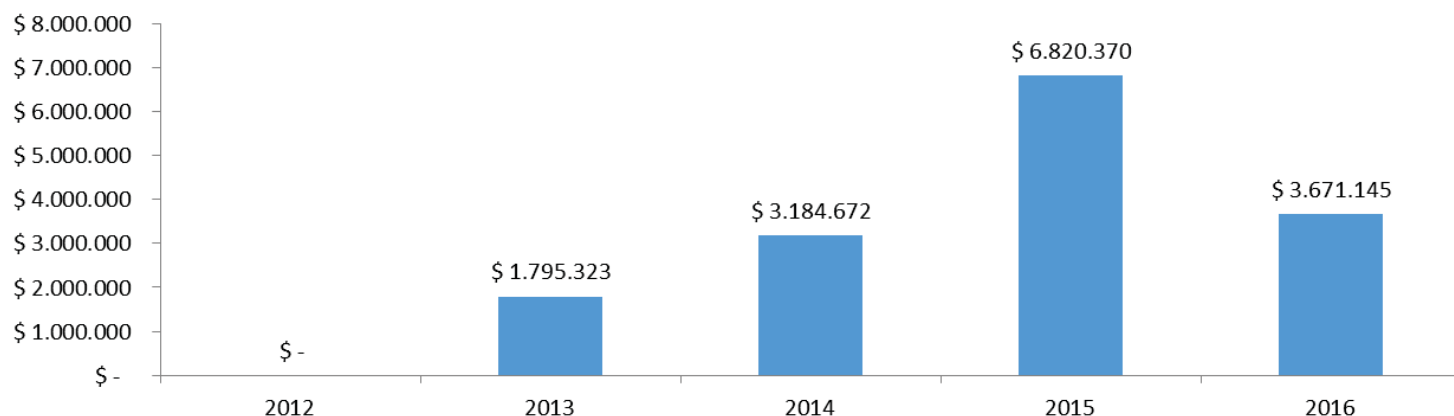
**Figura N° 29:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Grupos Electrógenos o Generadores.

Como podemos ver en la **Figura N° 29**, se ha mantenido un gasto anual promedio durante todos los años, exceptuando el 2015 que se tuvo una excepción, ya que se aumentaron considerablemente los gastos Preventivos.

#### **4.3.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)**

El Plan Preventivo para las Bombas A.P., se realiza tres veces por año, siendo de manera interna. En la **Figura N° 30**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.

### Costo Preventivos

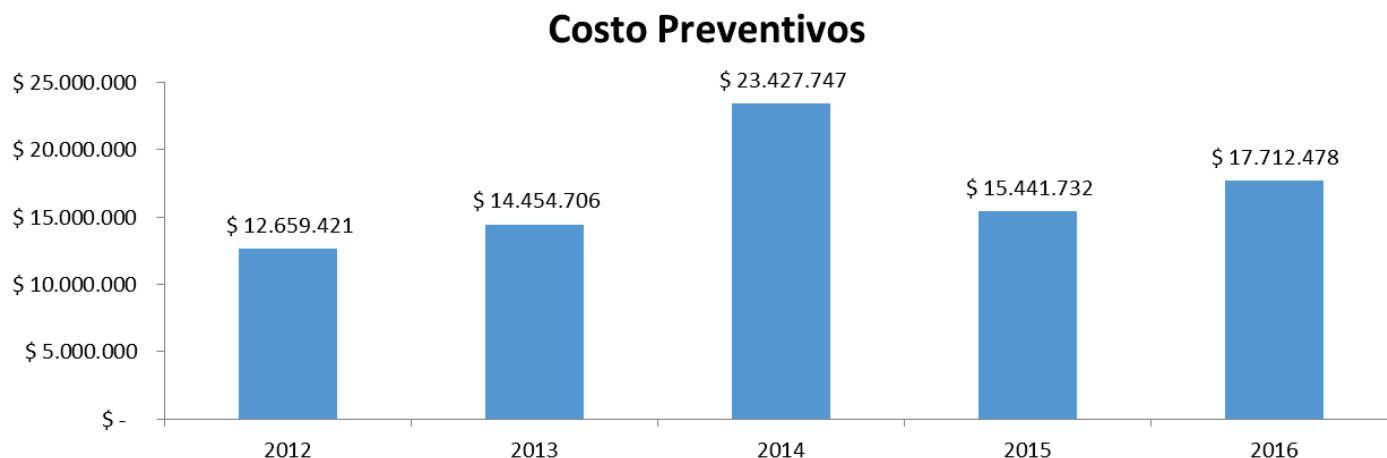


**Figura N° 30:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para las Bombas de Agua Potable.

Como podemos ver en la **Figura N° 30**, a partir del 2013 se realizaron Mantenciones Preventivas, manteniendo ciertos niveles de costos en el año 2014 y 2016, para el año 2015 se tuvo un costo preventivo de más del doble respecto a los otros años.

#### 4.3.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)

El Plan Preventivo para las Bombas A.S., se realiza una vez por año, siendo de manera mixta, es decir una mezcla interna más externa. En la **Figura N° 31**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.



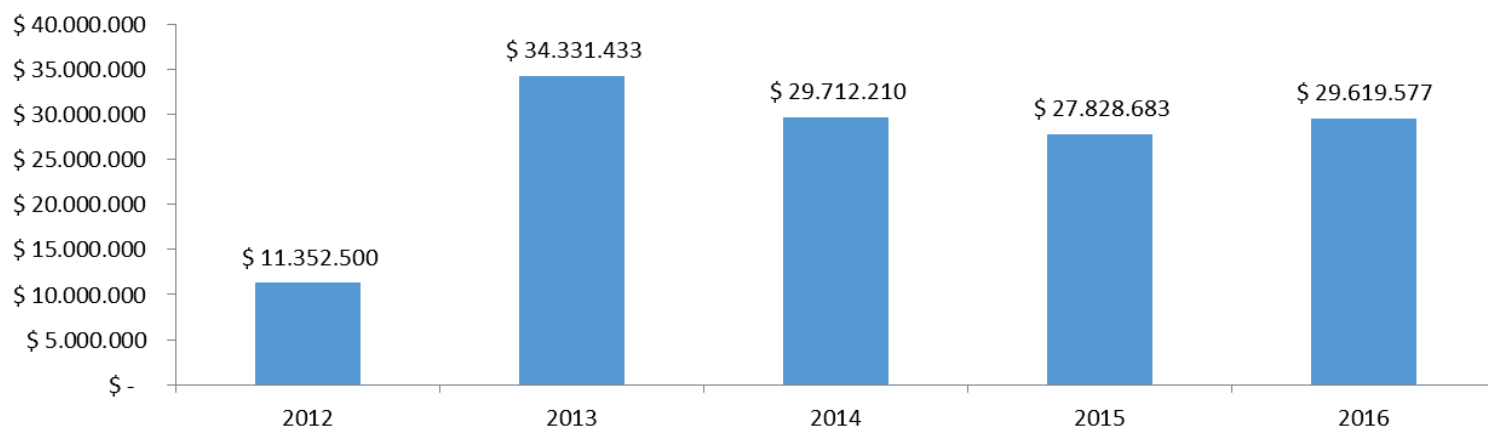
**Figura N° 31:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para las Bombas de Agua Servida.

Como podemos ver en la **Figura N° 31**, se tienen gastos dentro de la media durante todos los años, con excepción del año 2014 que los costos en este plan preventivo aumentaron en relación a la media de todos los otros años.

#### 4.3.6 Equipos de Pretratamiento

El Plan Preventivo para los equipos de Pretratamiento, se realiza una vez por año, siendo de manera externa. En la **Figura N° 32**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.

### Costo Preventivos



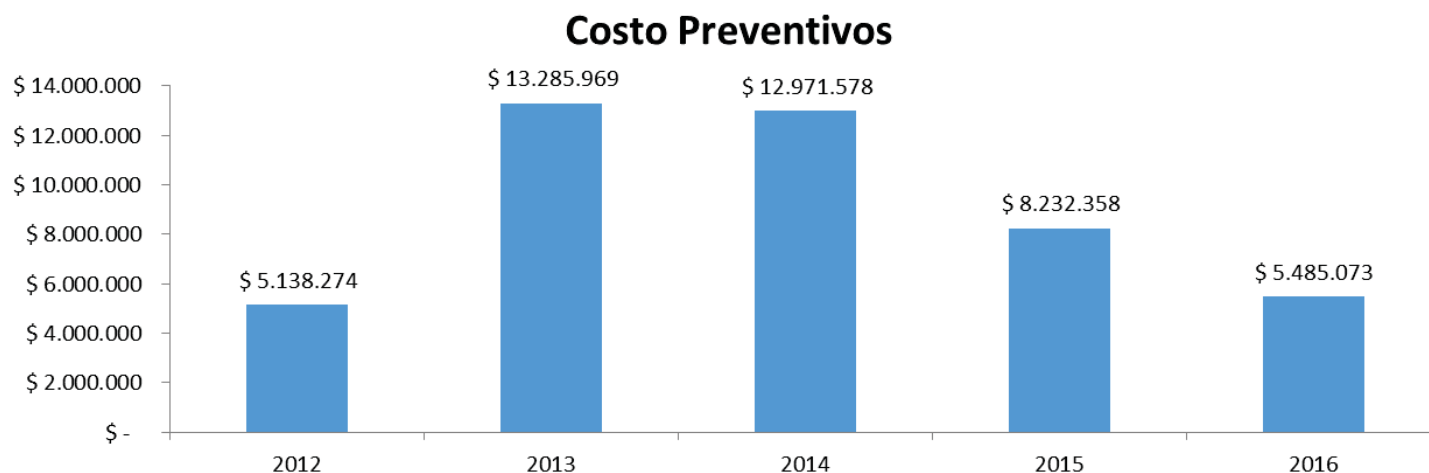
**Figura N° 32:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Pretratamiento.

Como podemos ver en la **Figura N° 32**, se puede apreciar un gasto en los Planes Preventivos para este tipo de equipos dentro de una media a través de los años, con una excepción del año 2012.

#### 4.3.7 Sopladores Lobulares

El Plan Preventivo para los Sopladores Lobulares, se realiza una vez por año, siendo de manera interna. En la **Figura N° 33**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.





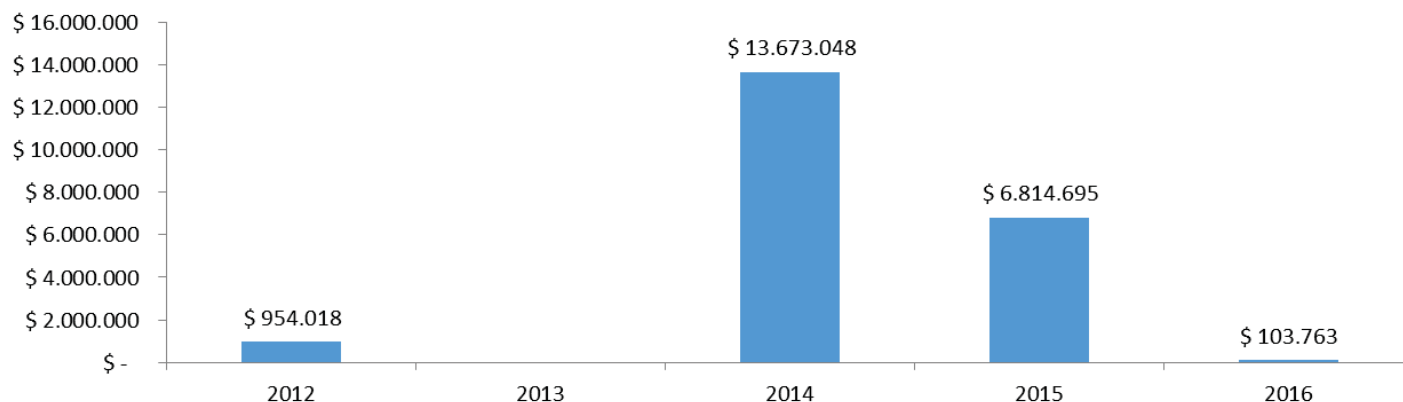
**Figura N° 33:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Sopladores Lobulares.

Como podemos ver en la **Figura N° 33**, a partir del año 2013 se han ido reduciendo los gastos anuales en los Planes de Mantenimiento Preventivo para este tipo de equipos, esto debido a la internalización de estos Planes de Mantenimiento a través de los años.

#### 4.3.8 Tableros Eléctricos

El Plan Preventivo para los Tableros Eléctricos, se realiza una vez por año, siendo de manera interna. En la **Figura N° 34**, se ven los costos preventivos anuales para este tipo de equipos.

### Costo Preventivos



**Figura N° 34:** Costo anual en Mantenimiento Preventivo para los Tableros Eléctricos.

Como podemos ver en la **Figura N° 34**, El Plan Preventivo para los Tableros Eléctricos comenzó en el 2012, con una frecuencia de 2 veces al año, a partir del año 2015 se comenzó con una frecuencia de una vez al año.

#### 4.4 Costos Asociados a Mantenimiento Basado en Condición

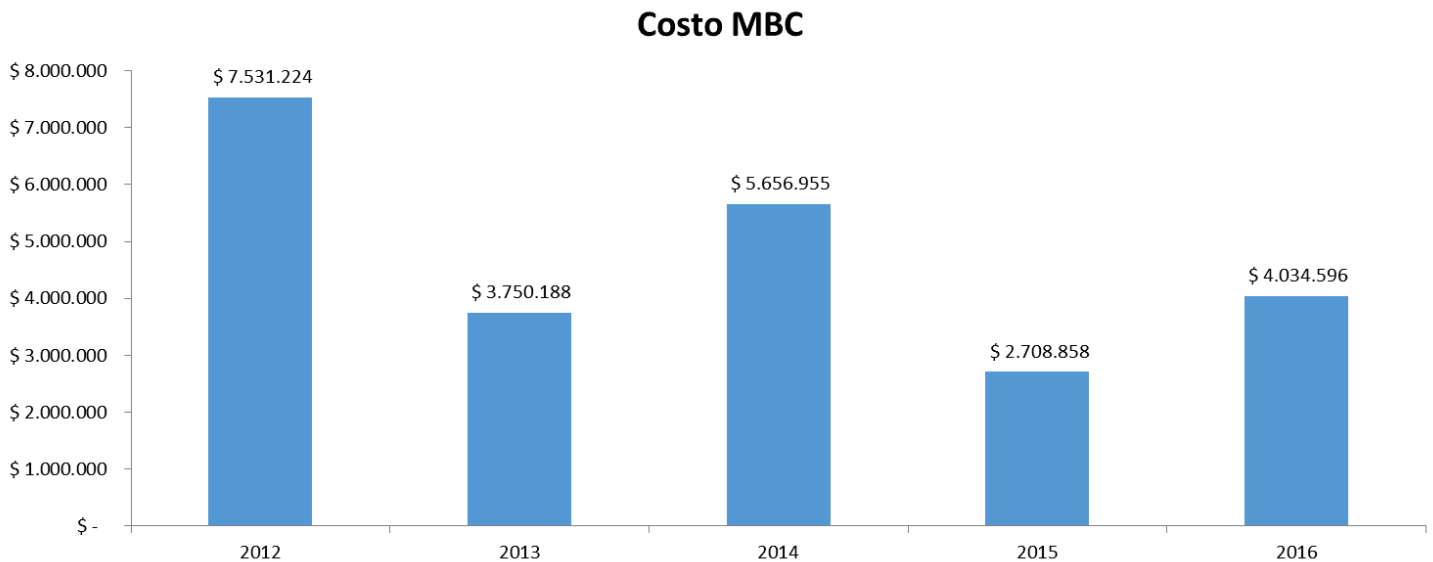
Este tipo de Plan de Mantención, está enfocado en poder corregir todas las fallas o hallazgos que fueron encontrados en la realización de algún Plan de Mantenimiento Preventivo, es decir, en los informes, check lists e inspecciones realizadas en cada Plan Preventivo, se desprenden estos costos asignados al presupuesto bajo el programa de Mantenimiento Basado en Condición (MBC).

La idea de este presupuesto es destinar recursos a la reparación y solución de los hallazgos y fallas encontradas en los planes de mantención preventivo, ya que es fundamental al finalizar un plan preventivo, poder atender, según la urgencia requerida, todos los hallas y fallas encontrados, y de esta manera darle un mayor enfoque Preventivo a dichos planes más que un enfoque correctivo.

A continuación, se analizaran las diferentes Clases de Equipos, las cuales ya fueron analizadas, según número de fallas, costos correctivos y costos preventivos.

#### 4.4.1 Aireadores Superficiales

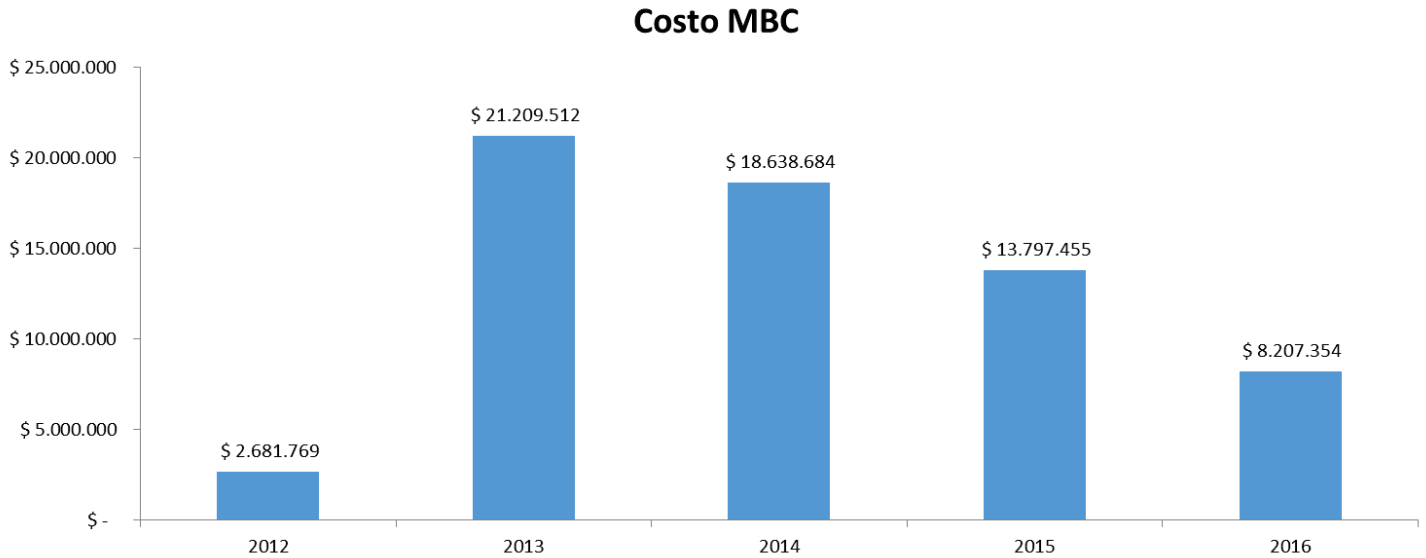
En la **Figura N° 35**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Aireadores Superficiales, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



**Figura N° 35:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Aireadores Superficiales.

#### 4.4.2 Filtros de Banda

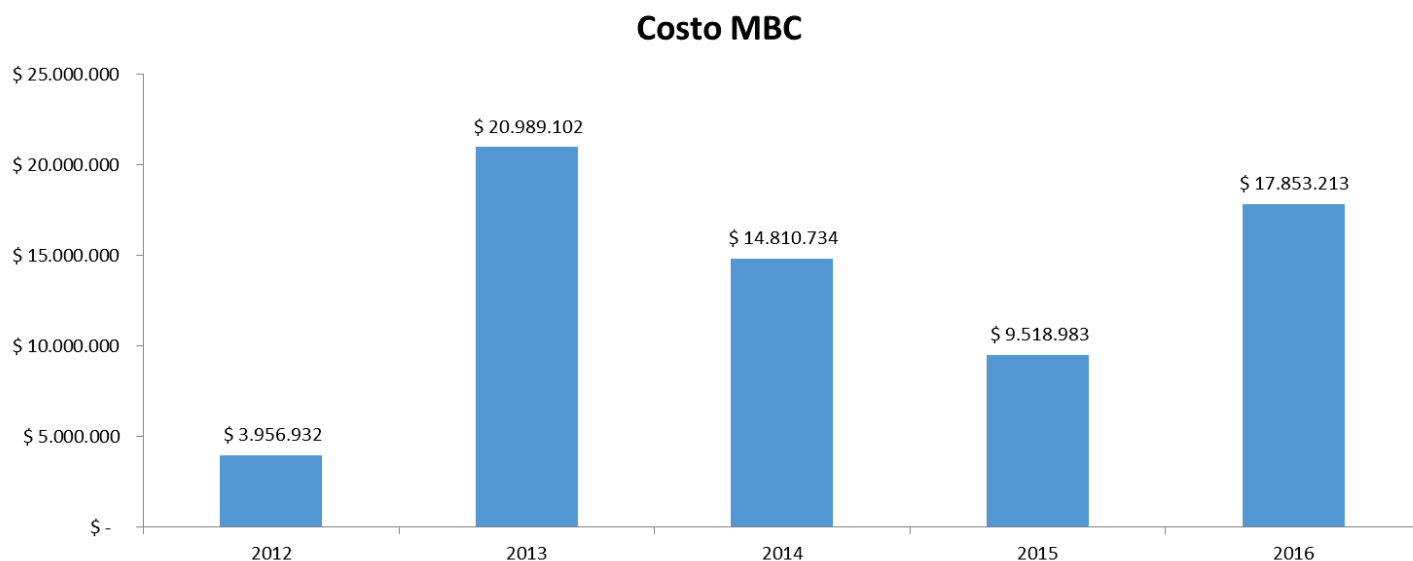
En la **Figura N° 36**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Filtros de Banda, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



**Figura N° 36:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Filtros de Banda.

#### 4.4.3 Grupos Electrónicos

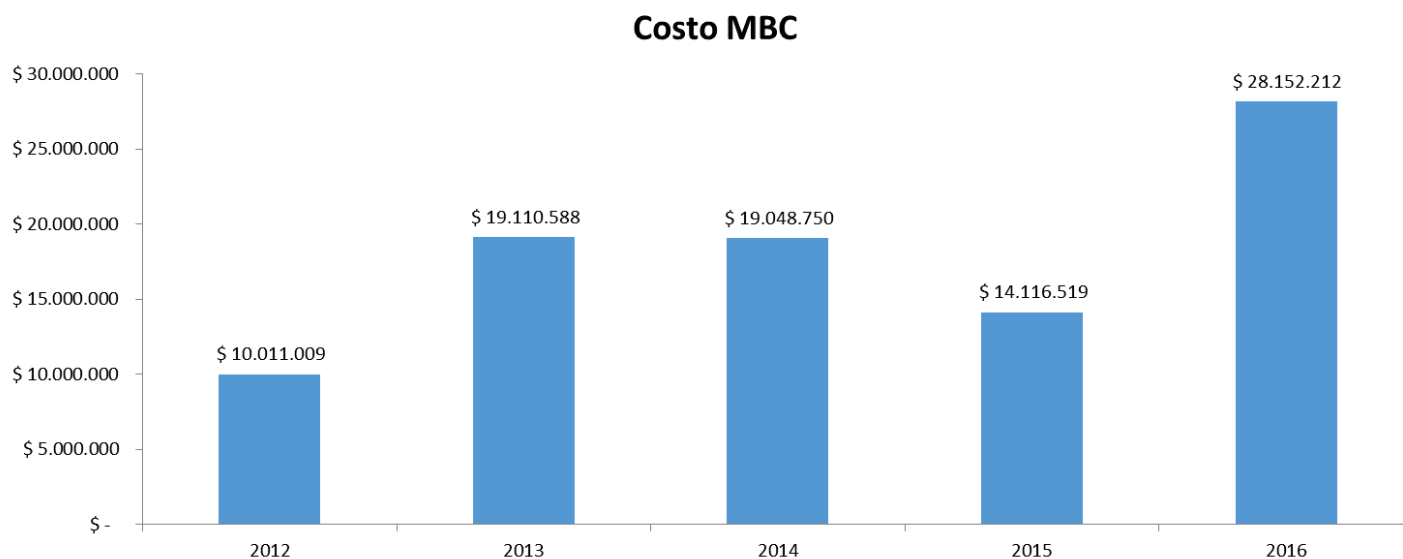
En la **Figura N° 37**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Grupos Electrónicos o Generadores, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



**Figura N° 37:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Grupos Electrónicos o Generadores.

#### 4.4.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)

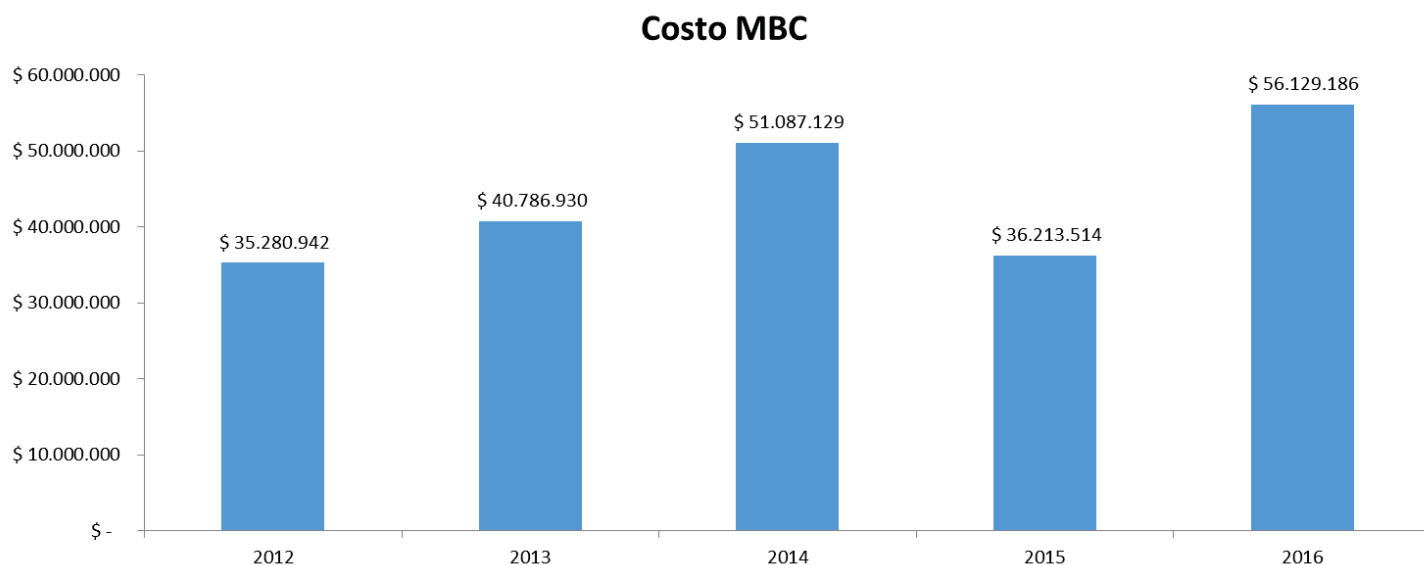
En la **Figura N° 38**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para las Bombas de Agua Potable (A.P.), las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



**Figura N° 38:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para las Bombas de A.P.

#### 4.4.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)

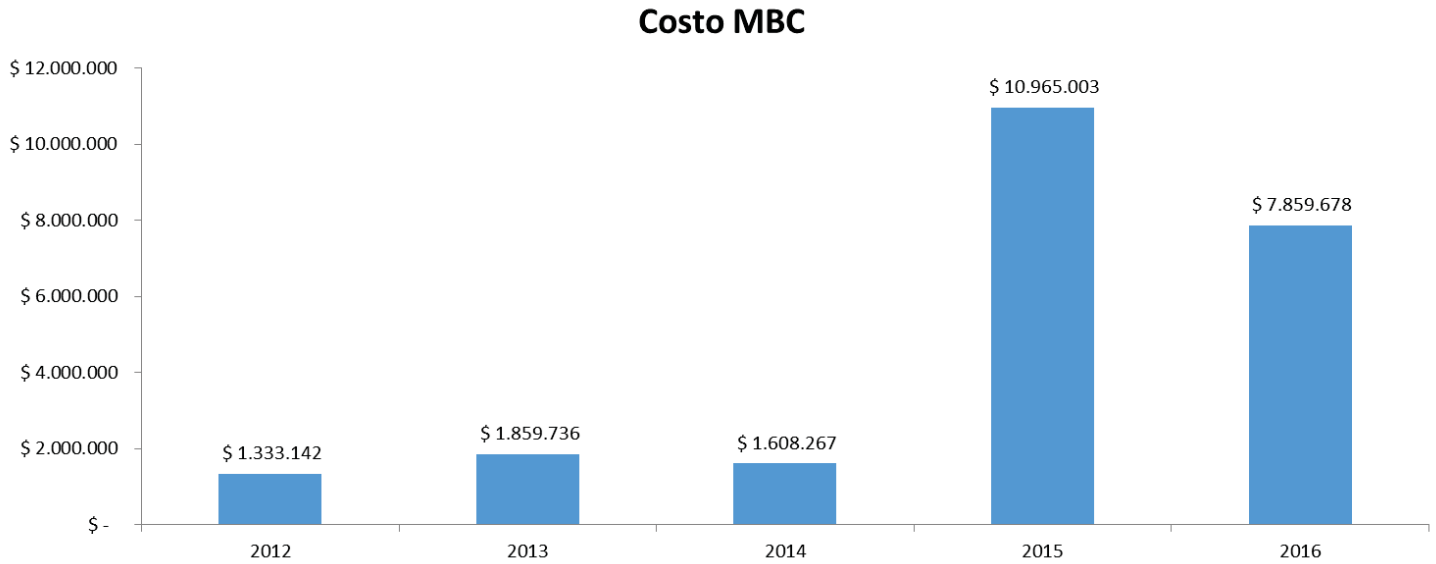
En la **Figura N° 39**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para las Bombas de Aguas Servidas (A.S.), las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



**Figura N° 39:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para las Bombas de A.S.

#### 4.4.6 Equipos de Pretratamiento

En la **Figura N° 40**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Pretratamiento, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.

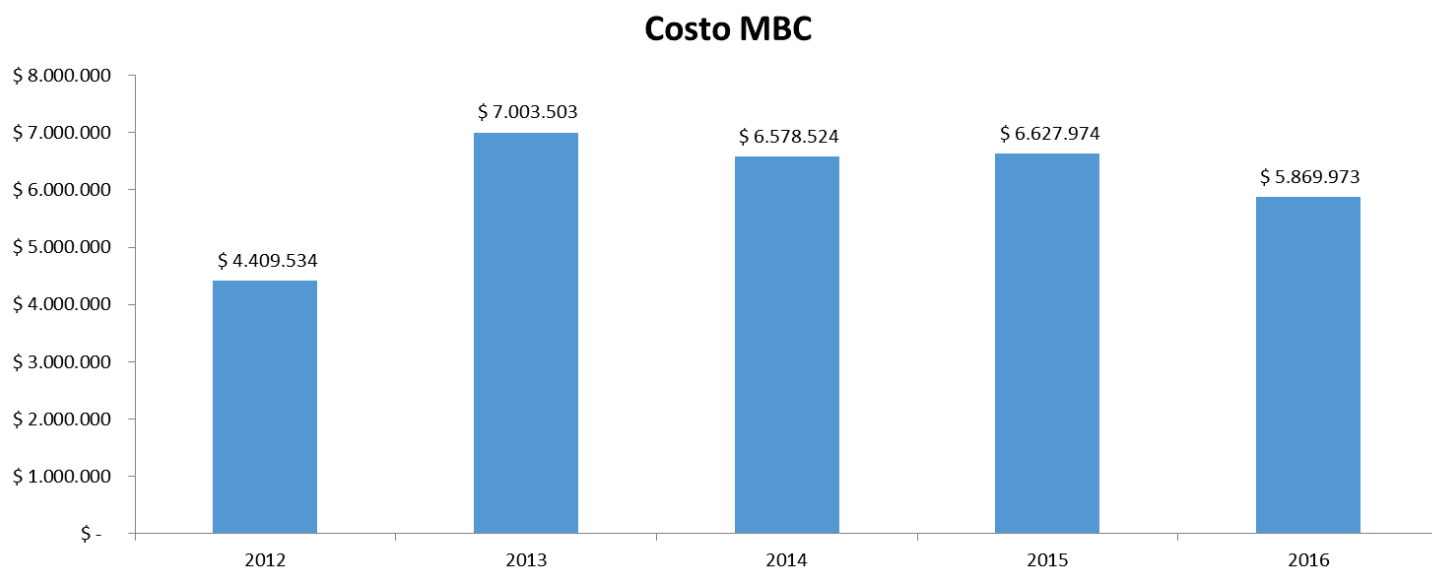


**Figura N° 40:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Equipos de Pretratamiento.

#### 4.4.7 Sopladores Lobulares

En la **Figura N° 41**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Sopladores Lobulares, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.



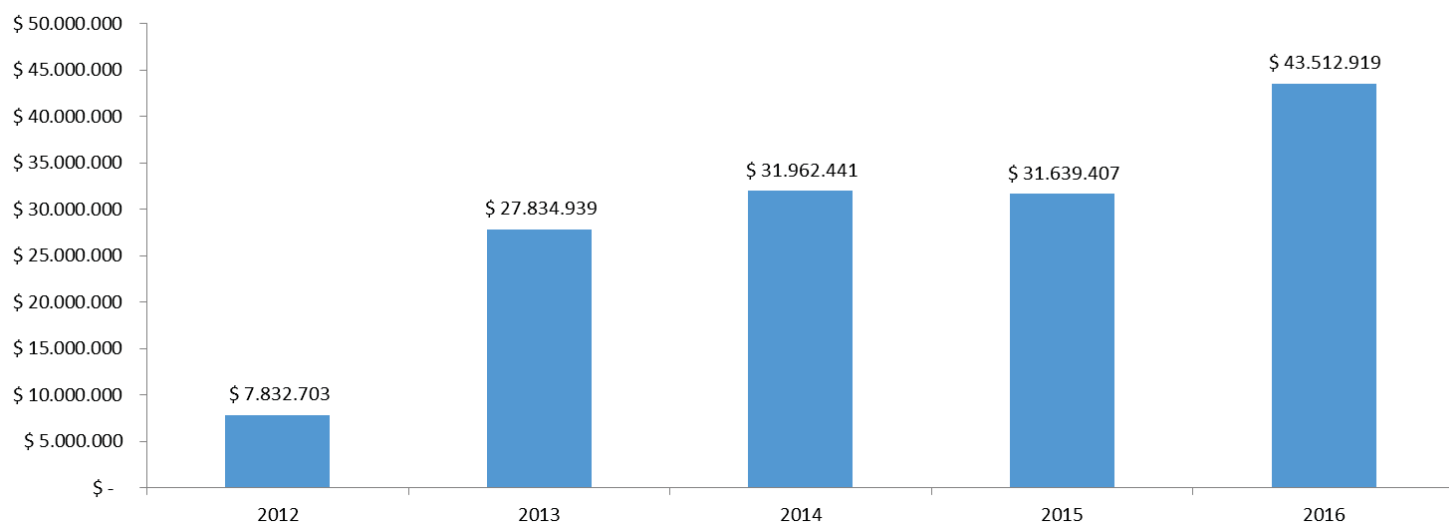


**Figura N° 41:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Sopladores Lobulares.

#### 4.4.8 Tableros Eléctricos

En la **Figura N° 42**, se puede apreciar los costos anuales incurridos para la reparación de hallazgos o fallas reportadas en un informe o check list de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Tableros Eléctricos, las cuales fueron atendidas durante el año 2012 hasta el 2016.

### Costo MBC



**Figura N° 42:** Costo anual en Mantenimiento Basado en Condición para los Tableros Eléctricos.

## 5. Plan Complementario de Mantenimiento

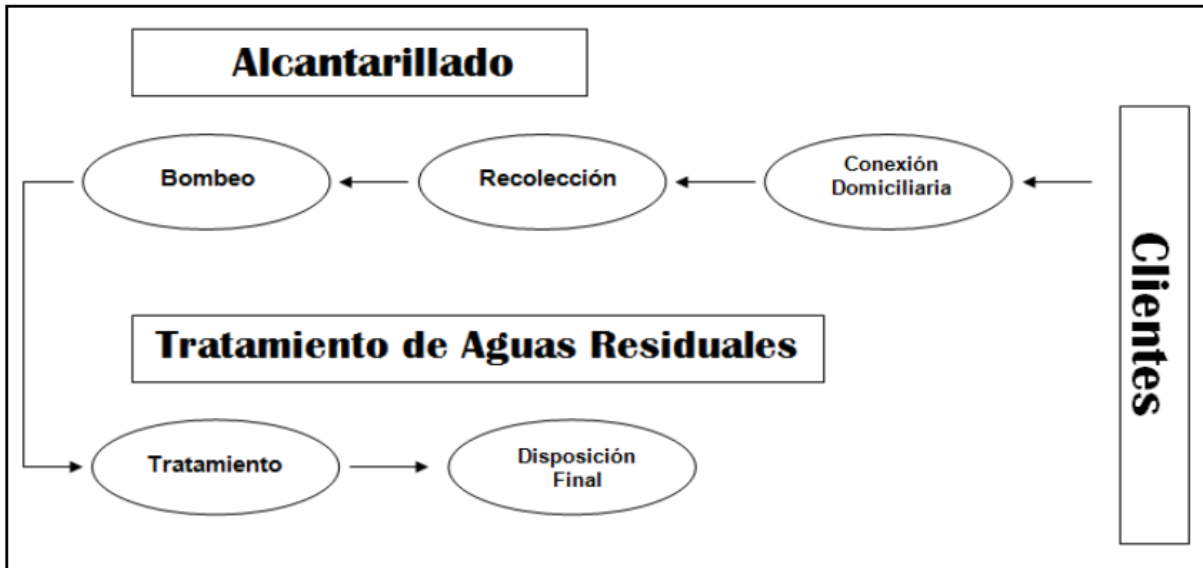
El programa de mantenimiento y el control de su desarrollo es una acción que debe adecuarse a cada establecimiento tanto en cuanto a tipo de edificio como en cuanto a tipo de organización. La labor de planificación se puede descomponer en los siguientes pasos:

- Reconocer primeramente que el hecho de planificar es básico para el mantenimiento.
- Luego priorizar acciones para establecer una secuencia.
- Después crear un sistema de órdenes de trabajo, con estimación de las tareas.
- A continuación compatibilizar tareas totales y recursos disponibles.
- Finalmente revisar cumplimiento, efectividad y variaciones en la ejecución de las tareas.

Para el desarrollo de los servicios de saneamiento (Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas) las empresas sanitarias utilizan de manera general el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se tiene el servicio de alcantarillado el cual empieza con la descarga de las aguas residuales a través de las conexiones domiciliarias de los clientes. Luego estas son recolectadas en las redes de alcantarillado y descargadas hacia la planta de tratamiento de aguas. Cabe resaltar que el procedimiento de descarga se realiza mediante bombeo y con ayuda de las pendientes existentes.

Una vez que se encuentran en la planta se procede con la segunda parte del servicio. Es aquí donde se ejecuta el tratamiento de acuerdo a las características que presente el agua hasta lograr que esta solo contenga los límites permisibles para posteriormente proceder con su disposición final o con el posible reúso de la misma. A continuación en la **Figura N°43** se presenta un gráfico ilustrativo de la ejecución de los servicios:



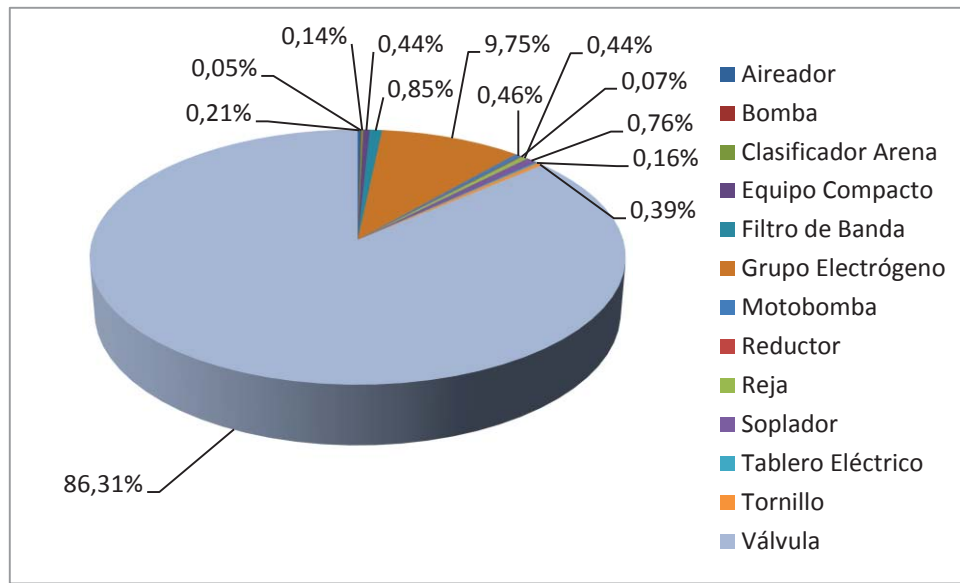
**Figura N° 43:** Diagrama de ejecución de servicios sanitarios.

Efectivamente el plan actual de mantenimiento, tiene pasos preventivos y correctivos, sin embargo el uso del presupuesto no siempre es como se ejecuta.

Es así como se tiene que re distribuir en varias ocasiones los fondos, principalmente porque los recursos son generados desde las oficinas centrales de Essbio, ubicadas en Concepción, por lo que cualquier modificación que se deba realizar urgente en la plata de estudio, es responsabilidad de ellos, ya que la autorización de presupuestos es anual y no existen cambios.

Dada la contingencia que existe, es que se han tenido que mover y re destinar los recursos desde el mantenimiento preventivo al correctivo.

A continuación se presenta un gráfico en la **Figura N°44**, donde se muestran los hallazgos preventivos que no pudieron ser atendidos en un año, ya que el presupuesto entregado no alcanzó, quedando simplemente a la deriva.



**Figura N° 44:** Hallazgos preventivos no atendidos año 2016.

En el año 2016, quedaron 4.360 hallazgos preventivos que no pudieron ser resueltos. De los 13 ítems presentados en el gráfico, solo cinco de ellos pertenecen al plan preventivo y tienen presupuesto asociado, sin embargo, elementos como las válvulas y equipos compactos, no.

Dentro de los hallazgos encontrados, un 86,31% corresponden a fallas de válvulas, un 9,75% a grupos electrógenos, y un 0,85% a los filtros de bandas. Con respecto a los elementos que menos desperfectos tuvieron, están los reductores con un 0,07%, los clasificadores de arena con un 0,14% y las bombas con un 0,05%.

A pesar de que las válvulas lideran los desperfectos con 3.763 eventos, ese mismo año, existieron 33 fallas que sí fueron reparadas por un total de \$4.828.564, promediando un valor de \$150.893 por hallazgo; muy por debajo de los sopladores, los cuales tuvieron 75 fallas reparadas en el año, con un promedio de costo de \$225.807, y solo 33 hallazgos no atendidos en el periodo.

Estas cifras demuestran claramente que la cantidad de eventos no cubiertos en el año, no se condicen con los costos asociados, por lo cual el monto a cubrir no tiene relación con el valor de éste, siendo bajo o alto, sino que tiene relación con la distribución de los fondos.

En la **Tabla N° 7** siguiente se muestra un comparativo de los hallazgos no atendidos versus los sí atendidos y sus costos asociados:

	Hallazgos No Atendidos	Eventos Atendidos	Costo Total	Costo Promedio
Aireador	9	165	\$ 36.603.508	\$ 221.839
Bomba	2	14	\$ 1.444.533	\$ 103.181
Clasificador Arena	6	4	\$ 373.882	\$ 93.471
Equipo Compacto	19	9	\$ 4.058.398	\$ 450.933
Filtro de Banda	37	101	\$ 10.900.765	\$ 107.928
Grupo Electrónico	425	31	\$ 3.949.596	\$ 127.406
Motobomba	20	534	\$ 85.668.835	\$ 160.429
Reductor	3	34	\$ 8.196.936	\$ 241.086
Reja	19	43	\$ 9.877.134	\$ 229.701
Soplador	33	69	\$ 13.996.773	\$ 202.852
Tablero Eléctrico	7	222	\$ 21.399.597	\$ 96.395
Tornillo	17	21	\$ 2.538.430	\$ 120.878
Válvula	3763	25	\$ 2.263.982	\$ 90.559
<b>Total</b>	<b>4360</b>	<b>1272</b>	<b>\$ 201.272.369</b>	<b>\$ 2.246.658</b>
		Elementos que son parte del plan preventivo.		
		Mayor cantidad de hallazgos no atendidos.		
		Mayor cantidad de eventos atendidos.		
		Costos promedio más altos.		

**Tabla N°7:** Comparativo de hallazgos atendidos y no atendidos.

Como se puede apreciar en la **Tabla N° 7** descrita, no existe relación entre los hallazgos no atendidos y los costos promedios, ya que no necesariamente existe

una relación cantidad/costo, sin embargo, se puede apreciar que si hay un vínculo entre los ítems que son parte del plan preventivo y los hallazgos no atendidos, siendo éstos últimos en menor cantidad según el resto y en una alta proporción en los eventos atendidos del mismo año.

Considerando los datos presentados, existe una falencia clara en el programa actual de mantenimiento preventivo, no considerando las fallas sucedidas en mayor proporción para determinar el presupuesto anual en esta área.

Dados los elementos, se re organizarán los puntos más relevantes a considerar y se determinará como re distribuir los fondos de mejor manera, priorizando aquellos que suceden más veces en el tiempo y no necesariamente los que tengan que ver con sus costos asociados.

Cabe destacar, que solo se han considerado los hallazgos no atendidos del año 2016 para el análisis siguiente, como muestra la **Tabla N° 8**.

	<b>Hallazgos No Atendidos</b>	<b>Eventos Atendidos</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Costo Promedio</b>
Aireador	9	165	\$ 36.603.508	\$ 221.839
Bomba	2	14	\$ 1.444.533	\$ 103.181
Clasificador Arena	6	4	\$ 373.882	\$ 93.471
Equipo Compacto	19	9	\$ 4.058.398	\$ 450.933
Filtro de Banda	37	101	\$ 10.900.765	\$ 107.928
Grupo Electrónico	425	31	\$ 3.949.596	\$ 127.406
<b>Motobomba</b>	<b>20</b>	<b>534</b>	<b>\$ 85.668.835</b>	<b>\$ 160.429</b>
Reductor	3	34	\$ 8.196.936	\$ 241.086
<b>Reja</b>	<b>19</b>	<b>43</b>	<b>\$ 9.877.134</b>	<b>\$ 229.701</b>
Soplador	33	69	\$ 13.996.773	\$ 202.852
Tablero Eléctrico	7	222	\$ 21.399.597	\$ 96.395
Tornillo	17	21	\$ 2.538.430	\$ 120.878
<b>Válvula</b>	<b>3763</b>	<b>25</b>	<b>\$ 2.263.982</b>	<b>\$ 90.559</b>
<b>Total</b>	<b>4360</b>	<b>1272</b>	<b>\$ 201.272.369</b>	<b>\$ 2.246.658</b>

**Tabla N°8:** Hallazgos no atendidos.

Se sugiere la incorporación de los artículos destacados en azul, como la motobomba, rejas y válvulas, que tienen altos costos asociados, altos hallazgos no atendidos o altos eventos asociados en el mismo año.

Considerando estos ítems como propuesta a incorporar el plan de mantenimiento y eliminando los otros, se obtiene el siguiente análisis.

### **5.1 Propuesta de Plan de Mantenimiento**

El mantenimiento industrial es una de las partes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción, es por ello que permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos. Además que ayuda a prevenir accidentes y lesiones en el trabajador, evitando en parte riesgos en el área laboral.

En este documento se ha analizado sobre la importancia de realizar y contar con un plan de mantenimiento para cualquier equipo utilizado en la empresa, además de explicar sobre los tipos de mantenimiento que existen.

El mantenimiento es la acción de tener un aparato, una maquinaria, un producto, entre otros en buen estado, dando restauraciones en cada determinado tiempo, evitando la degradación del mismo.

La empresa, como se mencionó, presenta estrategias de mantenimiento de activos industriales clasificados en tres categorías:

- Correctiva.
- Preventiva.
- Sintomática, Predictiva o Basada en Condición.

Dentro de estas categorías, la propuesta se enfocará en el mantenimiento preventivo, considerando los siguientes elementos:



- **Instrumentos en Línea:** A pesar de no tener mayor información respecto de cuantos hallazgos tienen y de cuanto ha significado su mantención en los últimos periodos, es importante poder contar con una disponibilidad de un 100% para dar cumplimiento a la normativa legal vigente (correspondiente a la SISS e ISO 14001) y la calidad del producto, además dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Como se mencionó anteriormente, se realiza una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo como principal estrategia de mantenimiento.
- **Detectores de Fuga:** Al igual que el ítem anterior, su importancia dentro del plan preventivo está ligado al deber contar con él con una disponibilidad de un 100% para dar cumplimiento a la normativa legal vigente (correspondiente a la SISS e ISO 14001), además dado el impacto alto en el servicio e impacto medio en costos. Se ha definido una combinación entre Mantenimiento Basado en Condición y Preventivo.
- **Estaciones Reguladoras de Presión:** Se propone continuar con las dos inspecciones anuales de manera preventiva
- **Aireadores Superficiales:** Considerando que estos equipos dan soporte para la continuidad de operación de las plantas, permitiendo la aireación necesaria al proceso biológico, y que se encontraron 165 hallazgos de los cuales si fueron atendidos en el periodo, se incluirá como mantención preventiva, ya que el equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros operacionales de Essbio S.A. y NuevoSur S.A.
- **Filtros de Bandas:** Pasaremos de un plan de mantenimiento basado en condición a uno preventivo, ya que existieron 37 hallazgos no atendidos en el periodo escrito y las condiciones de mantención para esta clase de equipos no presentan ninguna dificultad desde el punto de vista de la mantenibilidad; Además, el equipo debe tener una alta disponibilidad para dar continuidad a los centros.
- **Grupos Electrónicos:** La disponibilidad de estos equipos debe ser del 100% del funcionamiento, ya que si existe corte de energía, ellos deben dar

continuidad a la operación de las plantas. Durante el periodo analizado existieron 425 hallazgos no atendidos, por lo que se incluirá una mantención preventiva más continua y exhaustiva.

- **Sopladores:** Considerando los datos reflejados en las tablas anteriores, se mantendrán las mantenciones que tienen hoy en día definida como estrategia una combinación entre mantenimiento basado en condición y preventivo.
- **Tableros Eléctricos:** Tomando en cuenta que estos equipos tienen una estrategia de mantenimiento de combinación entre el basado en condición y el preventivo, se continuara de la misma forma, ya que se respondieron a los 222 hallazgos encontrados en el periodo.
- **Motobombas Aguas Servidas y Bombas de Tornillo:** Ambos equipos cuentan con mantenciones combinadas entre mantenciones basadas en condición y preventivas, por lo que se mantendrá la misma estrategia considerando que no existieron mayores hallazgos no atendidos ni costos altos en ellos.
- **Válvulas:** Como objetivo general se consideran dos inspecciones anuales, a las válvulas automáticas, sin embargo durante el periodo estudiado existieron 3.763 hallazgos no atendidos dadas las condiciones, por lo que es imperativo que se incluyan en los mantenimientos preventivos y que sean realizados cuatro veces al año, al menos, para poder disminuir los costos asociados fuera de presupuesto.

## **6. Análisis de los Resultados**

A continuación, se analizarán los datos presentados en el capítulo anterior. Estos datos corresponden a los gastos incurridos en los distintos planes de mantención, como Preventivos, Correctivos y Basados en Condición.

Al realizar este análisis, se considerarán los grupos de equipos que antes fueron presentados y analizados, ya que estos grupos de equipos son los que tienen una mayor criticidad, además de tener los mayores números de fallas y mayores gastos incurridos en mantención durante los años 2012 al 2016 y el primer semestre del 2017.

Luego, se basarán en los resultados de los análisis, y se procederá a elaborar las recomendaciones pertinentes, además de las conclusiones a los que se llegará dependiendo de los resultados de estos análisis.

### **6.1 Porcentaje de Gasto en Mantención por Tipo de Mantenimiento**

El análisis que se realizara, será la revisión porcentual de cada Clase de equipo, comparando el porcentaje de gasto en Mantención (Preventivo, Correctivo y Basado en Condición) en relación a la distribución porcentual de estos en base al presupuesto que fue establecido para cada año.

De esta manera se puede analizar si realmente se respeta la estrategia de mantenimiento presupuestal que se espera para cada equipo en relación a los gastos reales que se tienen año a año.

#### **6.1.1 Gasto Porcentual Anual en Presupuesto de Mantención**

En la **Tabla N° 8**, se puede ver la distribución porcentual de los gastos totales por año en Mantención Preventiva, Correctiva y Basada en Condición, para los años 2015, 2016 y el primer semestre del 2017, comparando los presupuestos establecidos para cada año, versus lo que realmente se gastó en cada año.

2015	Presupuesto	Real
Preventivo	45%	30%
Correctivo	29%	50%
MBC	26%	20%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 540.295.393</b>	<b>\$ 640.484.904</b>

2016	Presupuesto	Real
Preventivo	49%	31%
Correctivo	25%	42%
MBC	26%	27%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 643.241.368</b>	<b>\$ 721.370.771</b>

2017	Presupuesto	Real (1° Sem.)
Preventivo	45%	20%
Correctivo	28%	52%
MBC	27%	28%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 592.541.494</b>	<b>\$ 271.592.385</b>

**Tabla N° 8:** Distribución porcentual de los gastos de los Planes de Mantenimiento, Presupuesto versus Real.

Como se puede ver en la **Tabla N° 8**, para los años 2015 y 2016 y primer semestre del 2017, se excedió el presupuesto total de Mantenimiento en \$100.189.511, \$78.129.403 y \$10.952.236 respectivamente.

Por otro lado, se puede ver que los porcentajes de los gastos en mantención, no fueron según lo que estaba presupuestado.

Como se revisó en los presupuestos de los años 2015, 2016 y 2017, el porcentaje presupuestal para Mantención, en promedio, se tiene un 47% para los Planes Preventivos, 27% para las Mantenciones Correctivas y un 26% para las Mantenciones Basadas en Condición (MBC).

Del análisis de los gastos reales porcentuales por año versus el presupuesto porcentual para cada tipo de Mantenimiento, se puede analizar que siempre el gasto en Mantenimiento Correctivo aumenta a casi el doble en relación a lo

presupuestado, por otro lado el gasto en Mantenimiento Preventivo disminuye considerablemente de lo presupuestado y para el caso del Mantenimiento Basado en Condición (MBC), el gasto porcentual real se mantiene prácticamente dentro de los límites de lo presupuestado. Por lo tanto, se puede decir que al disminuir los gastos en Mantenciones Preventivas, aumenta considerablemente los gastos en Mantenciones Correctivas, que ese es el objetivo de los planes de mantención preventivos, disminuir las fallas imprevistas, y a la vez disminuyendo costos en reparaciones correctivas de emergencia que tienen un valor elevado.

### **6.1.2 Gasto Porcentual Anual en Mantención por Clase de Equipo**

En la **Tabla N° 9**, se puede ver la distribución porcentual por año, de los gastos en tipo de Mantención, de las clases de equipos más significativas, las mismas que fueron analizadas en el capítulo anterior en cuanto a fallas y costos por tipo de mantención.

<b>Aireadores Superficiales</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	30%	14%	15%	6%	8%
Preventivos	12%	26%	14%	14%	19%
Correctivos	58%	60%	71%	80%	73%
<b>Filtros de Banda</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	11%	48%	40%	24%	25%
Preventivos	0%	14%	6%	37%	42%
Correctivos	89%	38%	54%	39%	33%
<b>Grupos Electr6genos</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	8%	36%	24%	13%	31%
Preventivos	68%	46%	49%	55%	50%
Correctivos	24%	18%	27%	32%	19%
<b>Bombas A.P.</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	25%	38%	27%	25%	50%
Preventivos	0%	4%	5%	12%	6%
Correctivos	75%	58%	68%	63%	44%
<b>Bombas A.S.</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	18%	23%	23%	16%	26%
Preventivos	6%	8%	10%	7%	8%
Correctivos	76%	69%	67%	77%	65%
<b>Equipos de Pretratamiento</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	6%	4%	3%	23%	16%
Preventivos	47%	72%	63%	46%	41%
Correctivos	48%	24%	34%	31%	43%
<b>Sopladores Lobulares</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	27%	31%	24%	18%	22%
Preventivos	29%	60%	58%	30%	35%
Correctivos	44%	9%	18%	52%	43%
<b>Tableros El6ctricos</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
MBC	20%	50%	43%	34%	47%
Preventivos	2%	3%	21%	7%	0,1%
Correctivos	78%	47%	36%	58%	53%

**Tabla N° 9:** Distribuci6n porcentual de costos anuales de Mantenci6n por Clase de Equipo.

### **6.1.2.1 Aireadores Superficiales**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Aireadores Superficiales, los gastos en que se incurrieron en los diferentes tipos de Mantenimiento, durante los años se han mantenido porcentualmente similares.

Si se compara estos porcentajes con los que se dispone según el presupuesto anual de Mantenimiento, que es en promedio, un 47% en Preventivo, 27% en Correctivo y un 26% en Basado en Condición, podemos ver que estamos bajos en los gastos preventivos.

Analizando estos porcentajes, se podría decir que si se aumentara el presupuesto para los planes preventivos y el presupuesto en MBC en los Aireadores superficiales, se tendría una disminución en los gastos correctivos, que hasta ahora para estos Equipos son muy altos.

### **6.1.2.2 Filtros de Banda**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Filtros de Banda, en los últimos años, los gastos en Preventivo, Correctivo y MBC, se han mantenido dentro de un rango aceptable en comparación con los porcentajes establecidos para el presupuesto Preventivo, Correctivo y MBC.

Sin embargo, se puede ver que los gastos correctivos están un poco altos, los cuales se podrían mejorar si es que se aumentara el presupuesto en MBC, lo que implicaría tener más presupuesto para atender todos los hallazgos encontrados después de realizar un Plan Preventivo.

### **6.1.2.3 Grupos Electrónicos**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Grupos Electrónicos, para los últimos años, los porcentajes en gastos Preventivos, Correctivos y MBC, se han mantenido dentro de los márgenes aceptables según la estrategia de Mantenimiento

establecida, lo cual implica que el Mantenimiento Preventivo para este tipo de equipos está funcionando, ya que los costos Correctivos se mantienen bajos respecto a los Preventivos y MBC.

#### **6.1.2.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para las Bombas de A.P., durante los años se ha mantenido un bajo gasto en Preventivo y un alto gasto en Correctivo y MBC, por lo tanto podemos ver que la estrategia de mantenimiento actual no está siendo la adecuada, teniendo que analizar las frecuencias de mantenimiento de estos equipos y la efectividad de los Planes Preventivos y los MBC.

#### **6.1.2.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para las Bombas de A.S., se mantienen la misma tendencia que para las bombas de A.P., por lo que se desprende el mismo análisis que de las Bombas de A.P.

#### **6.1.2.6 Equipos de Pretratamiento**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Equipos de Pretratamiento, tenemos porcentajes de gastos en Mantención dentro de los márgenes establecidos en la estrategia general sobre los Planes Preventivos.

Por otro lado, si se analizan los gastos Correctivos y MBC, tenemos un alto gasto en Correctivos y un menor gasto en MBC, por lo que podemos decir que si aumentáramos el presupuesto en MBC, se podrían atender todos los hallazgos de los Planes Preventivos y de esta manera reducir los gastos Correctivos e inesperados para estos equipos que son de gran importancia para el tratamiento de aguas servidas.



### **6.1.2.7 Sopladores Lobulares**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Sopladores Lobulares, los gastos en los Planes Preventivos bajaron en los años 2015 y 2016, aumentando los gastos en Correctivos, por lo que bastaría aumentar el presupuesto en los Planes Preventivos para poder ajustarse a la estrategia y de esta manera poder reducir los gastos correctivos y poder atender una mayor cantidad de los hallazgos encontrados en estos Equipos a partir de los Planes Preventivos.

### **6.1.2.8 Tableros Eléctricos**

Como se puede ver en la **Tabla N° 9**, para los Tableros Eléctricos, se tiene un bajo gasto en Planes Preventivos respecto al gasto en Correctivos y MBC, lo cual está muy alejado de la estrategia general de mantener un mayor gasto en Preventivos, y de esta manera poder reducir el costo en Correctivos, lo que implicaría tener un menor número de fallas para los Equipos.

## **6.2 Análisis Costos y Número de Fallas en los Últimos Años**

A continuación, se analizarán los costos incurridos en mantenimiento y el número de fallas en los equipos principales, haciendo referencia a los gráficos presentados en el capítulo anterior, donde se vieron los Costos incurridos en mantenimiento durante los últimos años, además del número de fallas en los principales Clases de Equipos. Para este análisis, nos enfocaremos en los últimos dos años finalizados, que son el año 2015 y 2016.

### **6.2.1 Aireadores Superficiales**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016, se tuvo un aumento en un 52% en los costos de los Planes Preventivos, respecto del año 2015, lo cual provocó una disminución de un 14% en las Fallas de estos equipos.

Por otro lado, se tuvo un aumento de los costos correctivos de un 3%.

### **6.2.2 Filtros de Banda**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016, los costos correctivos disminuyeron en un 52% con respecto al año 2015 y el número de fallas disminuyeron en un 28%.

Por otro lado, los gastos en planes preventivos disminuyeron en un 39%.

### **6.2.3 Grupos Electrógenos**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 los costos correctivos disminuyeron en un 52% respecto al año 2015 y el número de fallas disminuyó en un 25%.

Por otro lado, los gastos en planes preventivos disminuyeron en un 26%.

### **6.2.4 Bombas de Agua Potable (A.P.)**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 los costos correctivos disminuyeron en un 30% con respecto al año 2015 y el número de fallas disminuyó en un 41%.

Por otro lado, los gastos en planes preventivos disminuyeron en un 46%.

### **6.2.5 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 los costos en los planes preventivos aumentaron en un 15% respecto al año 2015, lo cual provocó una disminución en los costos correctivos en un 22% y una disminución de un 9% en el número de fallas.

### **6.2.6 Equipos de Pretratamiento**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 se tuvo un aumento de un 6% en los planes preventivos respecto del año 2015, lo cual provocó una disminución en un 4% en el número de fallas.

Por otro lado, los costos correctivos aumentaron en un 42%.

### **6.2.7 Sopladores Lobulares**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 se tuvo una disminución de un 33% de los gastos en planes preventivos respecto del año 2015, lo que provocó disminución en los costos correctivos de un 39% y una disminución en el número de fallas de un 37%.

### **6.2.8 Tableros Eléctricos**

Para este tipo de Equipos, para el año 2016 se tuvo una disminución en un 9% en los costos correctivos respecto del año 2015 pero un aumento en un 9% en el número de fallas.

## **6.3 Análisis Costos de Reparación de Bombas de Aguas Servidas (A.S.)**

Como se vio en el Capítulo anterior, los gastos en las Bombas A.S., son los más elevados, considerando las fallas atendidas como emergencias (EM01) y urgencias (EM02), además de los gastos Preventivos y Basados en Condición, teniendo gastos anuales totales por más de 200 millones de pesos.

Por lo que al ser estos equipos fundamentales para el proceso, al momento de atender una emergencia y/o urgencia, las reparaciones son necesarias lo antes posible, por lo que en muchos casos se incurren en gastos mucho mayor a lo que normalmente podría costar con un mismo contratista.

Por esta razón, se procederá a analizar los costos incurridos para las Bombas A.S., con el fin de poder proponer una solución económicamente factible para poder atender estas fallas en las Bombas A.S., pudiendo bajar considerablemente los costos anuales en los Mantenimientos Correctivos.

En la **Figura N° 45**, podemos ver los costos mensuales en Mantención Correctiva incurridos durante el año 2016, además del número de fallas mensuales para las Bombas de A.S.

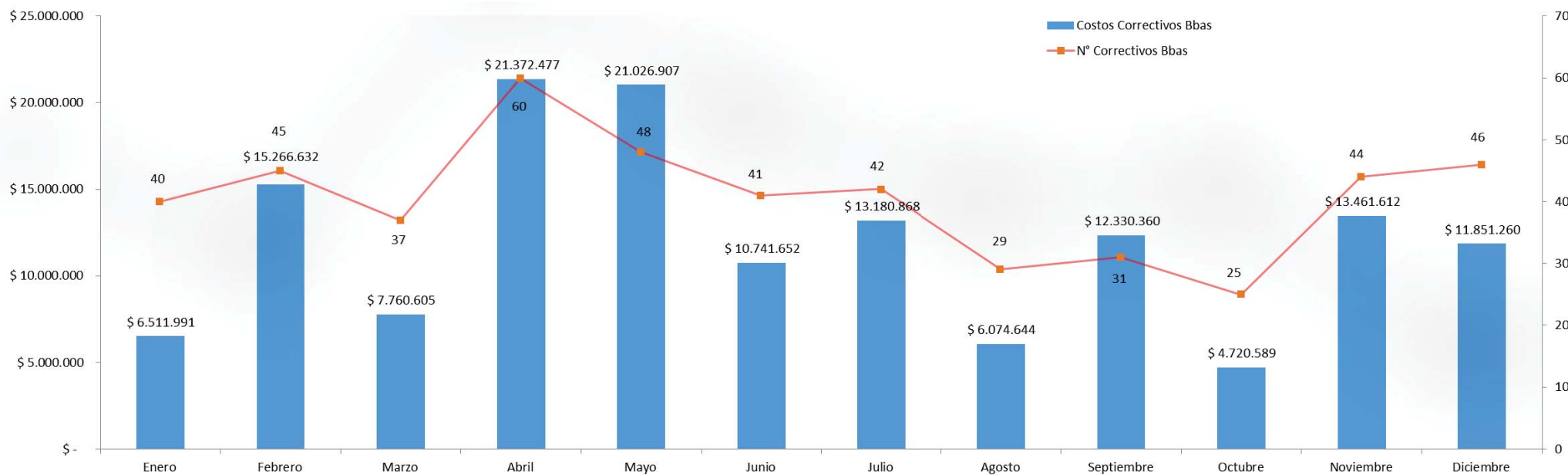


Figura N° 45: Costo Mensual en Correctivos en Bombas de A.S. y número de fallas por mes.

Como se puede ver en la **Figura N° 45**, se visualiza mensualmente un número de fallas y un monto asociado a las fallas. Como promedio de fallas se tienen 41 fallas por mes a un costo promedio de 12 millones de pesos por mes.

Sin embargo, en el mes de Enero con una cantidad de 40 fallas y un costo de 6,5 millones de pesos, en comparación del mes de Junio o Julio con 41 y 42 fallas a un costo de 10,7 y 13,2 millones de pesos respectivamente.

Por lo tanto, se tienen mucha diferencia en los valores promedios por prácticamente los mismos trabajos, salvo en algunos casos que realmente son reparaciones mayores en equipos o reacondicionamiento, pero en general, se tienen precios con muchas diferencias para los mismos tipos de trabajo, por lo que se incurren en mayores gastos solamente por atender una emergencia que tiene que ser reparada lo antes posible, cayendo en realizar mayores pagos a los contratistas por el mismo trabajo.

Uno de los mayores problemas en estos casos, es que ante una emergencia, se contacta al contratista que realizará el trabajo, pero sin un acuerdo previo (precios unitarios), solamente se le asigna el trabajo y después de que el trabajo se realice, el contratista envía el cobro por el trabajo ya realizado. El problema de este método de trabajo, que solo se da en las emergencias, es que no hay un acuerdo previo de un precio o un control de la gente y/o equipos utilizados, quedando, en muchos casos, a criterio del contratista, lo cual provoca incurrir en mayores costos a lo que realmente se debería pagar, aludiendo estos mayores costos a que fue una emergencia.

Este caso también se repite para los Aireadores Superficiales, ya que las emergencias son atendidas por los mismos contratistas, ya que las fallas que tienen estos equipos son muy similares a las de las Bombas.

Los Costos Correctivos para los Aireadores Superficiales como promedio mensual en el año 2016 fueron aproximadamente de 3 millones de pesos, teniendo un promedio de 15 fallas mensuales y cómo podemos ver en la **Figura N° 46**, se tienen los mismos problemas antes mencionados que las bombas.

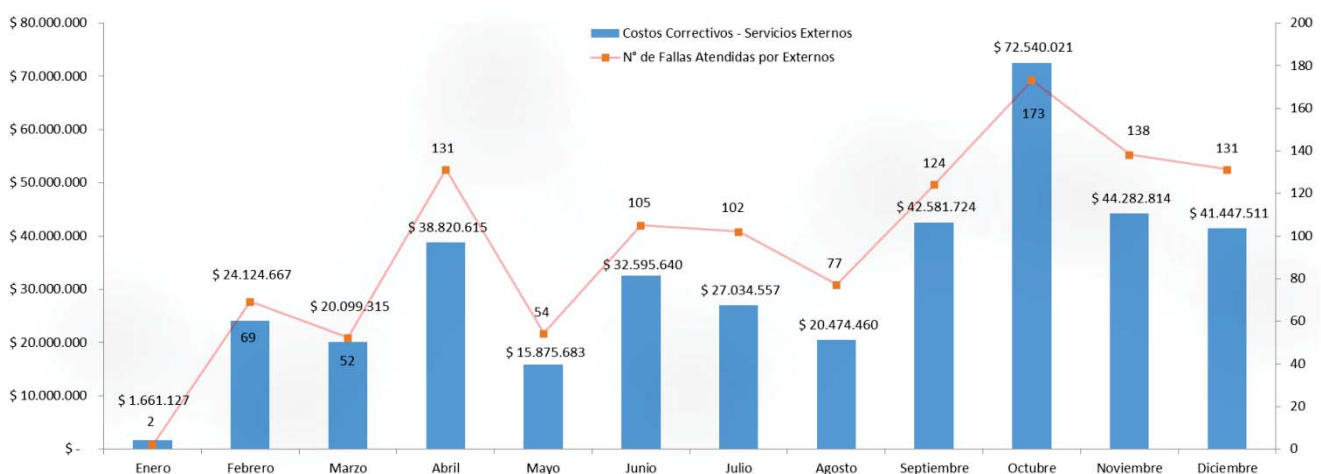


**Figura N° 46:** Costo Mensual en Correctivos en Aireadores Superficiales y número de fallas por mes

### 6.4 Gastos Anuales en Servicios Externos en Mantenciones Correctivas

Como se puede ver en el Capítulo anterior, anualmente se incurren en muchos gastos para atender las emergencias, urgencias y mantenciones planificadas, de las cuales muchas veces son externalizadas a empresas contratistas, ya que los Electromecánicos de la empresa no dan abasto para cubrir la totalidad de las ordenes de mantenimiento, además de que no cuentan con los equipos mayores necesarios para poder atender ciertas ordenes de mantenimiento. Por esta razón, muchas veces se hace necesario la utilización de servicios externos (empresas contratistas) que puedan atender algunas órdenes que implican el uso de equipos mayores y de mayor cantidad de personal.

A continuación en la **Figura N° 47**, se puede ver el monto anual que se gastó en servicios externos en el año 2016. Teniendo en consideración que estos gastos corresponden a la atención de órdenes de mantenimiento del tipo emergencias, urgencias y planificadas, entendiéndose por órdenes planificadas a todas aquellas en que un sistema, instalación o equipo no está logrando el funcionamiento previsto y requiere una intervención planificada, y que no reviste características de urgencia o emergencia. Cabe mencionar que en estos gastos en servicios externos NO están considerados los Planes de Mantenimiento Preventivo.



**Figura N° 47:** Costos y N° de Fallas Mensuales Atendidos por Empresas Externas.



Como se puede ver en la **Figura N° 48**, se tienen mismas irregularidades en precios y cantidad de fallas, tal como ocurrió en la **Figura N° 46** y **Figura N° 47**, con las Bombas de Aguas Servidas y los Aireadores Superficiales respectivamente.

Acá podemos observar los costos en servicios externos para cualquier tipo de equipo o Planta de Tratamiento en general, teniendo para el año 2016 un gasto total en Servicios Externos de más 381 millones de pesos con un total de 1.158 fallas atendidas.

## 7. Plan Financiero

La fiabilidad y disponibilidad de una instalación dependen sin duda alguna del mantenimiento que se realice en ella. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable.

El mantenimiento de una instalación se asemeja a un gran depósito. Si se realiza un buen mantenimiento preventivo, el depósito siempre estará lleno. Si no se hace nada desde un punto de vista preventivo, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo, siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo. La elaboración del plan de mantenimiento.

Hay que tener en cuenta que lo que se haga en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que se toman se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy se pagan los errores de ayer, o se disfruta de los aciertos.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que haga que la disponibilidad y la fiabilidad de una planta industrial sea muy alta, es durante la construcción de ésta. Cuando la construcción ha finalizado y la planta es entregada al propietario para su explotación comercial, el plan de mantenimiento debe estar ya diseñado, y debe ponerse en marcha desde el primer día que la planta entra en operación. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error (un grave error de consecuencias económicas nefastas) de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento.

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es otro grave error, pues una simple bomba de

refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso que tenga la instalación. Conviene prestar la atención debida no sólo a los equipos más costosos económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.

Claramente este análisis raramente se realiza. Sólo en los equipos más costosos de la planta industrial suele haberse realizado un detallado análisis, y lo suele haber realizado el fabricante del equipo. Por ello, en esos equipos principales es aconsejable seguir lo indicado por el fabricante. Pero el resto de equipos y sistemas que componen la planta, capaces como se ha dicho de parar la planta y provocar un grave problema, también deberían estar sujetos a este riguroso análisis.

### **7.1 Costos Plan de Mantenimiento Preventivo**

Dentro de los históricos de fallas y hallazgos encontrados de los cuales se realizaron reparación alguna, se totalizan según la Tabla N° 9 en \$1.945.938.797 de los últimos seis años.

No obstante, \$785.393.179 (**Tabla N°10**), corresponden a gastos por mantenciones preventivas de los últimos seis años o de equipos considerados dentro de las mantenciones preventivas, pero no necesariamente que haya existido presupuesto para ello; También existe la posibilidad de que el presupuesto puede haber existido, sin embargo, se utilizó de otra forma y no existía disponibilidad de ellos para la utilización que corresponde.

Etiquetas de fila	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL GENERAL
Agitadores	\$ 4.586.986	\$ 4.251.267	\$ 3.898.859	\$ 6.948.704	\$ 3.772.017	\$ 2.521.080	\$ 25.978.913
Aireadores superficiales	\$ 14.647.015	\$ 16.070.267	\$ 27.312.941	\$ 35.415.319	\$ 36.603.508	\$ 7.235.938	\$ 137.284.988
Cinta transportadora de lodo	\$ 5.859.700	\$ 4.967.030	\$ 4.527.941	\$ 3.394.823	\$ 8.488.212	\$ 2.241.224	\$ 29.478.930
Compresores de Aire	\$ 3.848.770	\$ 2.243.560	\$ 4.148.152	\$ 2.546.983	\$ 1.335.348	\$ 428.107	\$ 14.550.920
Decanter	\$ 9.253.789	\$ 1.798.148	\$ 698.932	\$ 5.004.340	\$ 295.546	\$ 45.500	\$ 17.096.255
Detectores de Fuga	\$ 192.564	\$ 294.106	\$ 243.069	\$ 210.198	\$ 250.181	\$ 43.905	\$ 1.234.023
ERP y Nivel Estanque	\$ 2.727.967	\$ 2.105.094	\$ 2.651.526	\$ 3.695.223	\$ 2.760.519	\$ 810.182	\$ 14.750.511
Filtro banda	\$ 22.373.335	\$ 16.950.723	\$ 25.212.913	\$ 22.592.508	\$ 10.900.765	\$ 7.902.890	\$ 105.933.134
Grupo electrogenos	\$ 11.635.499	\$ 10.342.684	\$ 16.790.551	\$ 22.783.406	\$ 10.866.809	\$ 7.133.639	\$ 79.552.588
Instrumentos en línea			\$ 8.024	\$ 22.466	\$ 142.666	\$ 19.500	\$ 192.656
Medidores de Caudal A.P.	\$ 835.749	\$ 406.551	\$ 1.218.974	\$ 460.559	\$ 776.236	\$ 118.155	\$ 3.816.224
Medidores de Caudal A.S.	\$ 2.946.384	\$ 5.218.635	\$ 4.298.373	\$ 2.156.160	\$ 1.669.815	\$ 291.498	\$ 16.580.865
Motobombas A.P.	\$ 30.209.466	\$ 29.057.603	\$ 47.145.014	\$ 35.232.433	\$ 24.675.322	\$ 8.525.718	\$ 174.845.556
Motobombas A.S.	\$ 153.579.487	\$ 124.223.337	\$ 150.192.086	\$ 176.570.973	\$ 138.491.419	\$ 28.426.679	\$ 771.483.981
Pretratamiento	\$ 11.552.908	\$ 11.641.074	\$ 15.994.090	\$ 15.192.859	\$ 21.631.526	\$ 2.337.440	\$ 78.349.897
Problemas y Cortes Suministro Ele	\$ 123.028	\$ 483.065	\$ 650.525	\$ 1.934.969	\$ 680.695	\$ 1.153.805	\$ 5.026.087
Puentes Barredores	\$ 1.611.795	\$ 1.421.879	\$ 6.257.867	\$ 5.626.969	\$ 13.500.973	\$ 760.247	\$ 29.179.730
Sistemas de Cloración A.P.	\$ 14.038.120	\$ 4.871.025	\$ 2.616.255	\$ 7.393.623	\$ 3.122.552	\$ 836.556	\$ 32.878.131
Sistemas de Cloración A.S.	\$ 8.567.152	\$ 8.029.629	\$ 5.167.116	\$ 4.819.988	\$ 10.085.569	\$ 619.868	\$ 37.289.322
Sistemas de Fluoración A.P.	\$ 6.292.272	\$ 5.176.512	\$ 6.666.590	\$ 6.964.703	\$ 7.922.305	\$ 1.596.827	\$ 34.619.209
Sistemas de Productos Quimicos	\$ 3.666.274	\$ 637.080	\$ 2.087.422	\$ 1.317.196	\$ 1.184.862	\$ 815.863	\$ 9.708.697
Sopaldores centrífugos	\$ 2.900.106	\$ 1.092.862	\$ 1.537.990	\$ 2.755.583	\$ 5.224.670	\$ 313.151	\$ 13.824.362
Sopladores lobulares	\$ 7.101.400	\$ 2.054.632	\$ 4.833.164	\$ 18.848.182	\$ 11.485.036	\$ 778.698	\$ 45.101.112
Tableros Electricos	\$ 30.446.183	\$ 26.396.308	\$ 26.411.982	\$ 53.859.229	\$ 48.870.268	\$ 17.377.751	\$ 203.361.721
TKs Hidroneumáticos	\$ 161.341	\$ 176.547		\$ 362.566	\$ 1.291.613	\$ 64.004	\$ 2.056.071
Transformadores	\$ 1.600.406	\$ 742.963	\$ 2.564.507	\$ 25.123.199	\$ 2.680.932	\$ 64.188	\$ 32.776.195
Válvulas	\$ 4.029.573	\$ 7.356.652	\$ 5.760.749	\$ 4.655.485	\$ 6.762.882	\$ 423.378	\$ 28.988.719
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>\$ 354.787.269</b>	<b>\$ 288.009.233</b>	<b>\$ 368.895.612</b>	<b>\$ 465.888.646</b>	<b>\$ 375.472.246</b>	<b>\$ 92.885.791</b>	<b>\$ 1.945.938.797</b>

**Tabla N° 10: Hallazgos de los últimos seis años**

Etiquetas de fila	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Aireadores superficiales	\$ 3.021.667	\$ 7.131.792	\$ 5.543.111	\$ 6.387.735	\$ 9.376.104	\$ -	\$ 31.460.409
Filtro banda	\$ -	\$ 6.237.834	\$ 2.750.813	\$ 21.723.838	\$ 13.815.189	\$ -	\$ 44.527.674
Grupo electrogenos	\$ 32.754.016	\$ 26.574.717	\$ 29.967.742	\$ 39.667.605	\$ 29.118.173	\$ -	\$ 158.082.253
Motobombas A.P.	\$ -	\$ 1.795.323	\$ 3.184.672	\$ 6.820.370	\$ 3.671.145	\$ -	\$ 15.471.510
Motobombas A.S.	\$ 12.659.421	\$ 14.454.706	\$ 23.427.747	\$ 15.441.732	\$ 17.712.478	\$ 807.690	\$ 84.503.774
Pretratamiento	\$ 11.352.500	\$ 34.225.386	\$ 29.667.182	\$ 22.131.933	\$ 20.684.464	\$ -	\$ 118.061.465
Sopladores lobulares	\$ 4.599.038	\$ 13.642.985	\$ 15.466.639	\$ 11.006.886	\$ 9.483.197	\$ -	\$ 54.198.745
Tableros Electricos	\$ 798.424	\$ 1.779.447	\$ 15.830.642	\$ 6.680.841	\$ 60.969	\$ -	\$ 25.150.323
<b>Total general</b>	<b>\$ 73.651.360</b>	<b>\$ 133.221.482</b>	<b>\$ 230.132.541</b>	<b>\$ 167.863.093</b>	<b>\$ 178.178.790</b>	<b>\$ 2.345.913</b>	<b>\$ 785.393.179</b>

**Tabla N° 11: Costos de mantenencias preventivas**

Si se recuerda la **Tabla N° 3**, existían \$268.422.182 de presupuesto para los planes preventivos, incluyendo aquellos equipos que tienen mantenencias mixtas (preventivas y condicionadas), no obstante, de igual forma hubo \$201.272.369 en hallazgos no atendidos ni menos considerados en el presupuesto anual.

A continuación se presenta la **Tabla N°12**, donde se compara el presupuesto para las mantenencias preventivas, los hallazgos no atendidos, y el presupuesto promedio para la propuesta de plan de mantenimiento.

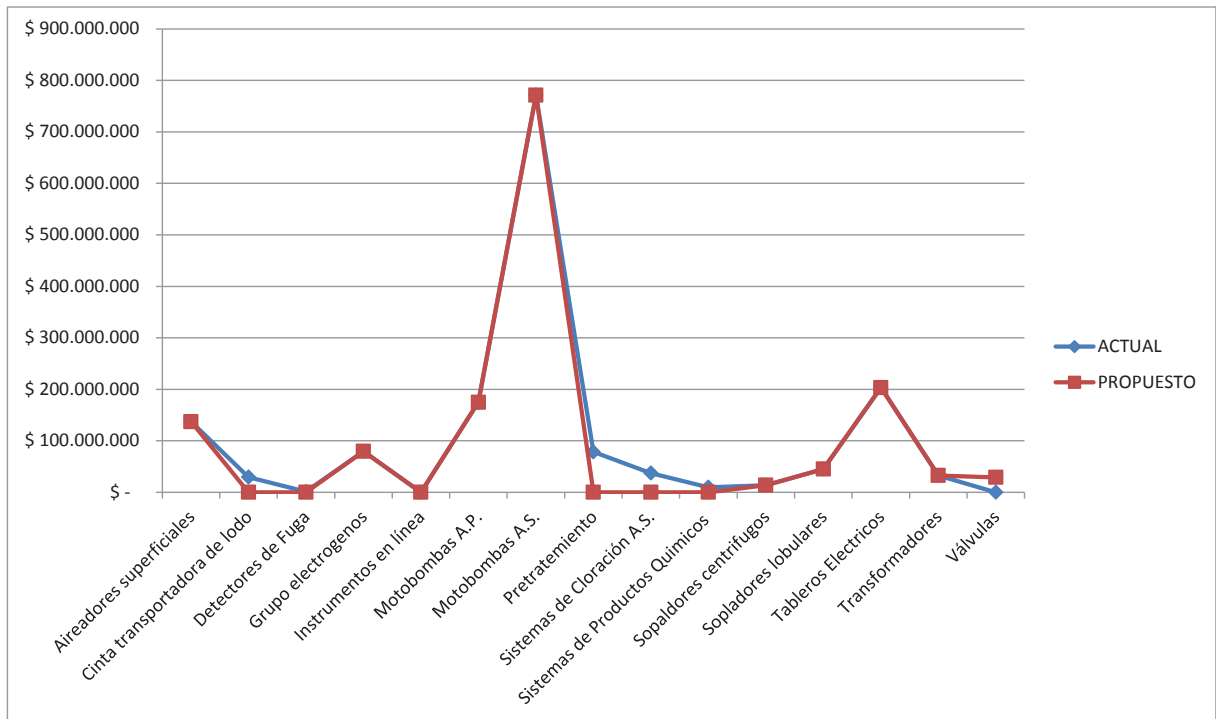
<b>Presupuesto Plan Preventivo 2017</b>	<b>\$ 268.422.182</b>
<b>Gastos Preventivo 2016</b>	<b>\$ 178.180.806</b>
<b>Hallazgos No Presupuestados</b>	<b>\$ 237.750.372</b>
<b>Propuesta Plan Preventivo</b>	<b>\$ 284.260.710</b>

**Tabla N° 12:** Propuesta Plan Preventiva

A pesar de que el monto total no es tan distante del que realmente existe, la distribución y los elementos que se incluyen en ambos planes son distintos.

Para poder proponer el presupuesto se tomó en cuenta los hallazgos no presupuestados y los gastos preventivos de los últimos seis años, promediándolos, obteniendo un monto de \$284.260.710.

En la **Figura N°49** se muestra la distribución de los elementos que son parte del plan actual y del plan propuesto.



**Figura N°49:** Comparación ambos planes

## **8. Conclusiones y Recomendaciones**

A Continuación, se darán recomendaciones a partir de los análisis realizados en el capítulo anterior, con el fin de poder optimizar recursos, tener mejoras continuas como Departamento de Mantenimiento y poder realizar mejoras en base a los planes de mantenimiento preventivo que actualmente se cuenta, pudiendo sacarles un mayor provecho.

### **8.1 Aumento de Presupuesto en Preventivos para Ciertos Equipos**

Según el análisis realizado en el Capítulo anterior, y visto en la **Tabla N° 8**, la cual hacía referencia a los gastos porcentuales en Mantenimiento Preventiva, Correctiva y Basada en Condición durante el año 2012 al 2016 por Clase de equipo. Podemos concluir las siguientes recomendaciones por Clases de Equipos.

#### **8.1.1 Aireadores Superficiales**

Durante los años 2012 al 2016, se tiene en promedio, un 17% en gastos Preventivos, 68% en gastos Correctivos y 15% en Basado en Condición, lo cual nos indica que tenemos un muy bajo porcentaje de gasto en Mantenimiento Preventivo, ya que se esperaría tener por lo menos un 45%, por lo que se recomendaría aumentar el presupuesto en preventivo para estos equipos, ya que registran muchas fallas al año, en promedio 171 por año.

Actualmente este plan preventivo se realiza 3 veces por año, por lo que se recomienda la realización de este plan preventivo 4 veces por año, ya que como vimos en los análisis, un aumento en el presupuesto preventivo, implicaría una disminución en los presupuestos correctivos y en el número de fallas anuales, además de cuadrarse en los porcentajes esperados según la estrategia utilizada para los presupuestos anuales de mantenimiento, tal como se vio en la **Tabla N° 9**.

### **8.1.2 Bombas de Agua Potable (A.P.)**

Para este tipo de equipos, se tiene como promedio un gasto porcentual de un 5% en Preventivo, 62% en Correctivo y un 33% en Basado en Condición, además de un promedio de 164 fallas por año.

Actualmente, este plan se realiza con una frecuencia de 3 veces por año, por lo que se recomienda aumenta la frecuencia a 4 veces por año. Esto traería como beneficio, como se pudo ver en el análisis realizado para estos equipos, en una disminución de los gastos correctivos y número de fallas, además de un ajuste a los porcentajes de la estrategia en los presupuestos de Mantención.

Por otro lado, las bombas de A.P., son de mucha importancia, ya que estos equipos se ocupan exclusivamente en la producción y distribución de agua potable, por lo que al mejorar los planes preventivos, trayendo como consecuencia una disminución en el número de fallas, nos beneficiaría enormemente en cuanto a corte de suministro, con lo cual se tiene un gasto adicional a los gastos de mantenimiento en cuando a reposiciones, multas, etc.

Además, este plan es ejecutado de forma interna, por lo que se facilitaría aumentar la frecuencia anual del Plan Preventivo, ya que actualmente se cuenta con los formatos de los Check List, además del personal capacitado para poder realizar estos planes.

### **8.1.3 Bombas de Aguas Servidas (A.S.)**

Para este tipo de equipos, se tiene como promedio un gasto porcentual de un 8% en Preventivo, 71% en Correctivo y un 21% en Basado en Condición, además de un promedio de 862 fallas por año.

Actualmente, el Plan Preventivo para estos equipos se divide en dos, un Plan externo para las bombas de cavidad progresiva y de un Plan mixto para las demás bombas de aguas servidas que se encuentran en las Plantas de Tratamiento de

Aguas Servidas (PTAS) y en la Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS), con una frecuencia de 2 veces por año y 1 vez por año respectivamente.

Según los registros del año 2016, el aumento de los costos preventivos, provocó una disminución en los gastos correctivos y en el número de fallas. Por lo que se justifica un aumento en la frecuencia anual de estos planes preventivos por lo menos al doble. Por lo tanto se recomendaría un aumento de 3 veces por año para las bombas de cavidad progresiva y 3 veces para las bombas de aguas servidas para PTAS y PEAS.

Por otro lado, se cuenta con una cantidad aproximada de 40 bombas de cavidad progresiva y de 150 bombas de A.S., considerando que se registran un promedio anual de 862 fallas, solo considerando las emergencias (EM01) y urgencias (EM02), por lo tanto es una gran cantidad de fallas en relación a la cantidad de equipos. Además de revisar los gastos porcentuales que están muy desviados en cuanto a la estrategia del presupuesto anual de Mantenimiento, por lo que se hace necesario un aumento en la frecuencia de estos Planes Preventivos, además de considerar los altos costos correctivos que se gastan anualmente atendiendo esta gran cantidad de fallas.

#### **8.1.4 Tableros Eléctricos**

Para este tipo de equipos, se tiene como promedio un gasto porcentual de un 7% en Preventivo, 54% en Correctivo y un 34% en Basado en Condición, además de más de 500 fallas por año durante el 2015 y 2016.

Actualmente, el Plan Preventivo para los Tableros Eléctricos se realiza de manera interna, 1 vez por año, teniendo un costo para el 2017 de \$2.366.824 pesos.

Por lo tanto, se recomendaría aumentar la frecuencia del Plan Preventivo por lo menos 3 veces por año, ya que como es de manera interna, los costos no son tan altos en comparación a los beneficios que traería este aumento en la frecuencia de Mantenimiento Preventiva para los Tableros Eléctricos, ya que se tienen muchas fallas



por año, además de altos costos correctivos. Por otro lado, se tendría un mayor gasto Preventivo en cuanto a planes y repuestos, para así equiparar los porcentajes de gastos en el presupuesto para estos equipos, de manera de poder equilibrar los porcentajes de gastos en cuanto a la estrategia utilizada para el presupuesto anual de mantenimiento, y de esta manera reducir los costos correctivos y la cantidad de fallas por año.

## **8.2 Aumento de Presupuesto MBC para Atender los Hallazgos de algunos Planes Preventivos**

Para algunos Planes Preventivos externos, se tiene el problema de que cuando la empresa externa realiza estos Planes, luego emiten un informe de hallazgos, para que de esta manera, se pueden generar los avisos y posteriores ordenes de mantenimiento, según el sistema de gestión utilizado, en este caso el Modulo PM de SAP, muchas veces se generan diversos avisos, mayoritariamente de prioridad alta y media, por lo que deben ser atendidos.

Unos de los mayores problemas, es que no se cuenta con el presupuesto para poder atender todos estos hallazgos, solo enfocándose en los que realmente necesitan ser atendidos con urgencia, dejando muchos hallazgos sin atender, esto principalmente por falta de presupuesto para el Mantenimiento Basado en Condición (MBC). Este problema se ve reflejado ya que al realizar el presupuesto anual para mantenimiento, no son considerados dentro del presupuesto del MBC, por lo tanto esto genera fallas en la estrategia de mantenimiento, por lo que se sigue operando con los hallazgos encontrados, lo que a la larga termina produciendo mayores gastos en presupuesto correctivos, y una mayor cantidad de fallas, o bien, se generan fallas de mayor índole, dejando equipos fuera de servicios por mayores tiempos, lo que trae consigo mayores problemas, tanto para el área de Producción y de Tratamiento.

Los problemas antes mencionados, en el presupuesto anual de Mantenimiento para la Región del Maule, en la empresa NuevoSur S.A., son generados a partir de que estos presupuestos son elaborados por la empresa Essbio S.A., es decir, en la

Región del Bío Bío, por lo que el presupuesto anual para Mantenimiento está basado en los planes preventivos que ellos licitan, además de estimar un presupuesto para Correctivo y MBC, según lo que ellos estiman basándose en datos históricos, teniendo solo una pequeña consideración de las recomendaciones que son entregadas por el departamento de mantenimiento de la VII Región, empresa NuevoSur S.A.

Por lo tanto, el presupuesto MBC, que estamos analizando, básicamente no considera muchos de los hallazgos que algunos planes preventivos arrojan, causando desviaciones importantes en el presupuesto MBC y Correctivo, además de no poder atender todos los hallazgos necesarios, dejándolos sin ser atendidos hasta el siguiente plan preventivo o simplemente hasta que desencadene algún tipo de emergencia mayor y tener que ser atendido bajo un presupuesto que no estaba considerado o que no es el que debiese ser utilizado.

A continuación, veremos los Principales Equipos que presentan estos problemas de presupuesto, por lo que no se pueden atender los hallazgos generados en los Planes Preventivos al ser muy costosos.

### **8.2.1 Filtros de Bandas**

El Plan Preventivo para este tipo de equipos, se realiza con una frecuencia de una vez por año. Este plan es realizado por la empresa Huber, con apoyo de electromecánicos y operadores de planta de NuevoSur S.A., por esto se considera un Plan Mixto.

La empresa responsable, emite un informe por cada equipo, y a partir de estos informes, se procesan a crear los avisos para mantenimiento programada (MBC) según la urgencia requerida.

El problema principal de los hallazgos que se generan a partir de este Plan Preventivo, es que generalmente la empresa que realiza el Plan, sugiere realizar el cambio de muchas de los componentes de los equipos, lo cual es muy costoso y al

no estar directamente considerado en el presupuesto anual para este tipo de reparaciones, se tiene que analizar si realmente es de carácter urgente, se puede programar la mantención para más adelante o simplemente la empresa externa está sugiriendo una mejora para el equipo.

Sin embargo, analizando los registros históricos para este plan de mantención, se tienen buenas estadísticas, indicando que se han disminuido el número de fallas por año, además de una disminución en costos correctivos. Por lo que la recomendación sería considerar un aumento de presupuesto MBC para estos equipos, con el fin de poder atender estos hallazgos encontrados en los planes y de esta manera poder disminuir aún más las fallas por año y un consecuente disminución en los costos correctivos, además de mantener el equipo en buenas condiciones y poder mejorar su vida útil.

### **8.2.2 Equipos de Pretratamiento**

El Plan Preventivo para este tipo de equipos, se realiza con una frecuencia de dos veces por año. Este plan es realizado por la empresa Huber (misma empresa que realiza el Plan Preventivo de los Filtros de Banda), con apoyo de electromecánicos y operadores de planta de NuevoSur S.A., por esto se considera un Plan Mixto.

La empresa responsable, emite un informe por cada equipo, y a partir de estos informes, se procesan a crear los avisos para mantención programada (MBC) según la urgencia requerida.

El problema principal de los hallazgos que se generan a partir de este Plan Preventivo, es que generalmente la empresa que realiza el Plan, sugiere realizar el cambio de muchas de los componentes de los equipos, lo cual es muy costoso y al no estar directamente considerado en el presupuesto anual para este tipo de reparaciones, se tiene que analizar si realmente es de carácter urgente, se puede programar la mantención para más adelante o simplemente la empresa externa está sugiriendo una mejora para el equipo.

Sin embargo, analizando los registros históricos para este plan de mantención, se tiene una disminución de las fallas por año, sin embargo, se mantuvo un gasto correctivo parejo en los últimos años hasta el 2016, que se incrementó considerablemente. Por otro lado, los gastos en mantención basada en condición (MBC), están bajos con respecto a los que se esperarían basados en la estrategia del presupuesto de mantención, por lo que esto nos indica que el presupuesto MBC para los Equipos de Pretratamiento está bajo, lo cual justificaría la recomendación de aumentar el presupuesto MBC con el fin de poder atender todos los hallazgos encontrados por los planes preventivos, de esta manera haciendo aprovechando de mejor manera los planes preventivos y pudiendo tener menos fallas por año para estos equipos, además de disminuir los costos correctivos y mejorar las condiciones en cuanto a vida útil.

### **8.2.3 Bombas de Cavidad Progresiva (A.S.)**

El Plan Preventivo para este tipo de equipos, se realiza con una frecuencia de dos veces por año. Este plan es realizado externamente. Al igual que lo equipos mencionados anteriormente, en las bombas de cavidad progresiva, la empresa externa que realiza el plan preventivo, entrega un listado de hallazgos para este tipo de equipos, los cuales se generan a través de check lists. Estos hallazgos son procesados por el equipo de mantenimiento y se generan los avisos para luego programar las mantenciones (MBC).

Como ya se mencionó, el presupuesto de MBC no contempla la totalidad de estos hallazgos, por lo que se tiene que analizar que hallazgos realmente se deben atender de forma inmediata y cuales se pueden dejar para más adelante.

Como recomendación para este tipo de equipos, es considerar el costo histórico de los hallazgos producidos en los planes preventivos e incluirlos en su totalidad en el presupuesto de MBC, para que puedan ser atendidos en su totalidad después de realizar un plan, y que no queden los hallazgos sin ser atendidos, ya que muchas veces ocurre eso y se vuelven a repetir estos hallazgos en el siguiente plan

preventivo. Las ventajas de atender todos los hallazgos luego de un plan preventivo, se verán reflejados en una menor cantidad de fallas anuales y una disminución en costos correctivos, además de una mejora en la vida útil de los equipos.

### **8.3 Licitación de Mantenciones Correctivas con Empresas Externas**

Como se vio en los análisis realizados en el capítulo anterior, en relación a los gastos en servicios externos, para la reparación de bombas y aireadores superficiales, en cuanto a las diferencias en costos mensuales en relación al número de fallas, se tienen mucha diferencia, lo cual, como se explicó, se debe a que los contratistas externos básicamente atienden la emergencia y/o urgencia y luego realizan el cobro, sin tener una cotización previa o haber acordado un precio unitario o fijo.

La recomendación que se propone, consiste en licitar esta cantidad de fallas mensuales o anuales en cuanto a bombas y aireadores superficiales, con el fin de estandarizar los costos en las atenciones a cada orden de mantenimiento según se requiera, las cuales sean necesarias ser atendidas por una empresa externa, de tal manera de poder contar con un contrato con una o más empresas contratistas, logrando tener precios estándar para cada tipo de trabajo, cosa de no incurrir en mayores costos debido a que son emergencias y/o urgencias.

Esta licitación, funcionaría de la siguiente manera, se llamaría a licitación, por parte de la empresa NuevoSur S.A. en la VII Región, con contratistas locales. Se les entregarían las bases técnicas de los trabajos que normalmente se realizan en bombas y aireadores superficiales, además de las estadísticas de cuantos trabajos por año, para cada tipo de equipo, fueron atendidos, en base a esto se solicitarían precios unitarios para cada tipo de trabajo y condiciones de trabajo.

Estos precios unitarios, deben tener todo tipo de consideraciones, como personas necesarias dependiendo del tipo de equipo o características del equipo, alimentación, transporte, costos por gestión de compra de materiales y/o repuestos, equipos y herramientas necesarias para cada tipo de trabajo. Todo esto con el fin de

poder tener definido y estandarizado cada tipo de trabajo en cada tipo de planta que se requiera.

Estos contratos se harían de carácter anual, con ciertas cláusulas de termino anticipado de contrato, con la opción de poder ser renovado, esto ligado a la relación de cantidad de trabajos ofrecidos con respecto a los reales, por lo que se tendría la opción de continuar con el contrato o simplemente darle un término anticipado. Todas estas cláusulas, tendrían que ser específicas para cada tipo de contrato, dependiendo del tipo de licitación y/o oferta que se tenga, pero lo importante de estas cláusulas, sería dejar en claro el termino anticipado y que pasaría en el caso de que se dieran menos trabajos que los que fueron tentativamente ofertados.

#### **8.4 Internalización de Reparaciones Correctivas**

Muchas de las ordenes de mantención, tanto correctivas como MBC, son realizadas por empresas externas, debido a que actualmente NuevoSur S.A. no cuenta con personal de mantenimiento suficiente para poder atender todas las ordenes de mantención y por sobre todo cuando estas implican trabajo de mayor envergadura.

Es por esto, que muchas veces se recurren a empresas contratistas, ya sea para montaje de equipos, levantamiento de equipos para poder realizar las mantenciones o simplemente por no tener los conocimientos necesarios para cierto tipo de equipos. Todo esto, genera muchos gastos por año, además de los materiales requeridos para realizar estas mantenciones.

Por esta razón, una de las recomendaciones sería internalizar el mantenimiento correctivo, pudiendo contar con un equipo especializado en mantención mecánica, lo que beneficiaría a tener menores costos en mantenimientos correctivos y MBC, con lo cual se podrían tener considerables ahorros en el presupuesto anual de mantenimiento. Dentro de los beneficios asociados al contar con un Equipo de Mantenimiento Correctivo dentro de la empresa, se tendrían los siguientes:

- Mejorar los tiempo de respuesta ante emergencias y urgencias.

- Reducir costos anuales en Mantenimiento Correctivo.
- Mayor conocimiento por parte de los otros miembros del equipo.
- Ahorro en gastos de materiales.

Analizando los puntos anteriormente mencionados, podemos decir que al tener un equipo interno de Mantenimiento Correctiva, ya no se utilizarían los servicios externos tan frecuente mente, lo que mejoraría los tiempos de respuestas, ya que no se necesitaría contactar al contratista externo, luego que vaya al lugar del hallazgo para hacer reconocimiento, luego cotizar y realizar el trabajo, sin considerar que muchas veces algunos equipos en necesarios que sean llevados a Santiago o Concepción para que sean reparados por los proveedores, lo cual implica un mayor tiempo de reparación, además de costos de transporte.

Al contar con un Equipo de Mantenimiento Correctiva, los gastos que actualmente se incurren en servicios internos, se podrían minimizar usando un equipo interno, además de una significativo ahorro en los materiales para el mantenimiento de los equipos, ya que las empresas externas al prestar servicios, muchas veces son ellos quien suministran los materiales y repuestos, cobrando la gestión de compra, lo que aumenta hasta en un 20% los costos de los materiales y repuestos.

Por otro lado, al contar con un equipo interno especializado en mantención de equipos mecánicos, los actuales especialistas en mantención y los operadores, al trabajar muchas veces en conjunto, se traspasaría el conocimiento mutuamente, ayudando a la mejora continua en los conocimientos en mantención de los equipos que se utilizan en las diferentes plantas.

Finalmente, actualmente la empresa cuenta con dos camiones plumas a disposición del departamento de mantención, por lo que facilitaría aún más el trabajo de este equipo especializado en Mantenimiento Mecánica, ya que otro de los gastos externos más elevados son los equipos cobrados en cada trabajo de una empresa externa para el izamiento de equipos.

#### **8.4.1 Análisis de Costos en Servicios Externos**

Durante el año 2016, se tuvieron gastos en servicios externos de más de 381,5 millones de pesos y gastos en materiales de más de 135,5 millones de pesos, ambas cifras NO consideran costos incurridos para los planes preventivos.

Por lo tanto estamos hablando de un monto anual de más de 517 millones de pesos, de los cuales se podría conseguir un ahorro significativo para el presupuesto anual de Mantenimiento, enfocándose en las mantenciones correctivas. Se debe considerar que esta propuesta de un Equipo interno de Mantenimiento Correctiva, no cubrirá el 100% de los servicios externos ocupados, pero sí significará un gran ahorro, tanto en mantenimiento correctivo como MBC.

#### **8.4.2 Propuesta Económica de Equipo de Mantenimiento Correctivo**

Como prepueta del Equipo de Mantenimiento Correctivo, se consideraran presupuesto para tres Mecánicos de Mantenimiento, que tengan experiencia comprobable en reparación de equipos mecánicos relacionados a Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, enfocándose principalmente en la reparación de Bombas para Aguas Servidas (A.S.), ya que este grupo de equipos son los que tienen un mayor gasto anual en mantenimiento correctivo y MBC, además de los gastos de transporte y pérdidas de tiempo a tener que ser atendidos, muchas veces, en otras ciudades donde los proveedores de estos equipos.

Otro de los gastos a considerar para este Equipos, sería una camioneta para que puedan acudir a las distintas plantas, tal cual se hace actualmente con los especialistas para las plantas atendidas. Además de los gastos en alimentación para el equipo.

En la **Tabla N° 13**, podemos ver los costos anuales que tendría este Equipos de Mantenimiento Correctiva.



<b>Cuadrilla Correctivo</b>	<b>\$ Mensual Liq.</b>	<b>\$ Mensual Bruto</b>	<b>\$ Anual Bruto</b>
Mecánico Mantención 1	\$ 1.000.000	\$ 2.083.333	\$ 25.000.000
Mecánico Mantención 2	\$ 1.000.000	\$ 2.083.333	\$ 25.000.000
Mecánico Mantención 3	\$ 1.000.000	\$ 2.083.333	\$ 25.000.000
Mantención Camioneta			\$ 2.600.000
Arriendo Camioneta			\$ 6.000.000
Combustible Camioneta			\$ 4.280.000
Viáticos			\$ 6.163.200
<b>COSTO EMPRESA TOTAL ANUAL</b>			<b>\$ 83.600.000</b>

**Tabla N° 13:** Presupuesto anual requerido para Equipos Interno de Mantención Correctiva.

### 8.4.3 Análisis de Gastos vs Ahorros

Como se vio en la **Tabla N°13**, tendríamos un gasto anual de 83,6 millones de pesos. Como veremos a continuación en la **Tabla N° 14**, se tienen los beneficios económicos de implementar el Equipo Interno de Mantenimiento Correctivo, comparando los gastos anuales versus los costos que se incurrieron en servicios externos y materiales durante el año 2016.

<b>Gastos Anuales 2016</b>	<b>\$</b>
Contratistas	\$ 381.538.134
Materiales	\$ 135.593.624
<b>TOTAL 2016</b>	<b>\$ 517.131.758</b>
Cuadrilla Correct.	\$ 83.600.000
Materiales 2017 (+ 10%)	\$ 149.152.986
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 232.752.986</b>
<b>Ahorro vs 2016</b>	<b>\$ 284.378.772</b>

**Tabla N° 14:** Ahorros en Mantención Correctiva al internalizar algunos de los servicios externos.

Como se puede ver en la **Tabla N° 14**, el costo total del Equipo de Mantención Correctivo y los posibles materiales a usar en el siguiente año, esto da un total de

232,7 millones de pesos, vs un gasto en el año 2016 de más de 517 millones de pesos, con esto se estaría hablando de un ahorro de más de 284 millones de pesos.

Este análisis considera que el equipo de Mantenimiento Correctiva atendería la totalidad de los hallazgos, con lo que se tendría un ahorro de más del 50% en el presupuesto de Mantenimiento Correctiva y MBC.

Esta consideración de que el Equipo de Mantenimiento Correctiva atendería la totalidad de las ordenes de mantenimiento y que no se ocuparían servicios externos, **NO es real**, ya que de todas maneras se tendrían servicios de empresas externas para la atención de muchas ordenes de mantenimiento, tanto emergencias como urgencias. Pero lo que se intenta demostrar con este análisis, es indicar con los datos del año 2016, de que se incurrieron en elevados costos en servicios externos, teniendo la posibilidad de poder disminuirlos significativamente a un bajo costo al conformar un Equipo de Mantenimiento Correctiva.

Ahora, si se considera la licitación de los trabajos correctivos, tal como se expuso en el punto anterior, se podría tener una gran reducción en los costos correctivos, ya que por un lado muchos de las ordenes de mantenimiento podrían ser atendidas por el equipo de Mantenimiento Correctiva, y por otro lado la estandarización de precios por parte de los servicios externos, nos proporcionaría un gran ahorro en los gastos correctivos.

Por lo tanto, se recomienda la creación de un Equipo especializado para Mantenimiento Correctiva de Equipos Mecánicos, junto con la estandarización de los precios de los servicios externos, esto generaría un gran impacto en el presupuesto anual de mantenimiento Correctiva y MBC.

### **8.5 Ingeniero en Mantenimiento Regional Encargado de Gestionar los Planes Preventivos Exclusivamente para NuevoSur S.A., VII Región**

Actualmente, los Ingenieros en Mantenimiento se encuentran en la Región del Bío Bío, trabajando en la Sub Gerencia de Mantenimiento de la empresa Essbio S.A. Estos ingenieros se encargan de licitar, gestionar y analizar los Planes de

Mantenimiento Preventivos para ambas empresas, Essbio S.A. y NuevoSur S.A., para VI, VII y VIII Región.

El problema de esta gestión de operación para los planes preventivos, es que para la empresa NuevoSur S.A., no se tiene un mayor control y análisis de resultados de la efectividad de estos planes, la presencia de los Ingenieros de Mantenición, solo están presenten para las reuniones de arranque y consultas generales sobre los planes. Por lo tanto, no se tiene una buena gestión de los resultados de los planes preventivos o tener una mejor gestión en cuanto a los plazos de ejecución o cumplimiento en fechas de inicio y término para cada uno de los planes preventivos.

Por otro lado, el análisis de la información de la efectividad de los planes preventivos o el análisis de los datos de fallas, costos, frecuencias, etc., no son analizados para cada una de las regiones en particular, por lo que anualmente el análisis que se hace, no es hecho para la Región del Maule, empresa NuevoSur S.A., presentando análisis de efectividad y cumplimiento de los planes según la estrategia en forma global, es decir, para las tres regiones y como empresa Essbio S.A.

Por lo tanto, la recomendación sería la implementación de un Ingeniero en Mantenición exclusivo para la VII Región, el cual estaría a cargo de los planes preventivos, el cual tendría directa comunicación con Essbio S.A., cosa de poder participar de las licitaciones de los planes, además de estar a cargo de la gestión de estos planes en la VII Región, NuevoSur S.A.

Por otro lado, este Ingeniero en Mantenición, estaría a cargo de los análisis de gestión de los resultados de los planes de mantención preventiva para NuevoSur S.A., con el fin de poder analizar los datos de la región, el comportamiento de cada clase de equipo y de esta manera poder concluir si es que el plan que fue licitado por Essbio S.A., realmente se ajusta a las necesidades de NuevoSur S.A.

Una gran ventaja que traería tener un Ingeniero de Mantenimiento exclusivo para NuevoSur S.A., sería la capacidad de poder analizar los datos estadísticos que se van generando en el año, cosa de a fin de año tener una evaluación completa tanto de los planes preventivos, correctivos y MBC, pudiendo de esta manera tener un completo análisis de lo que pasa en el Departamento de Mantenimiento de NuevoSur S.A., pudiendo hacer mejoras a los planes preventivos y a una correcta asignación presupuestal para Mantenimiento, incluso pudiendo licitar planes preventivo de manera Regional, adaptándolos a lo que realmente la Región requiere, pudiendo incluso tener ahorros en el presupuesto preventivo.

## 9. Bibliografía

Bona, J. Gestión del mantenimiento. Madrid: Fundación Confemetal. 1999.

Cómo implantar un programa de mantenimiento preventivo industrial. Recuperado el 05/02/2018 de <https://fidestec.com/blog/programa-mantenimiento-preventivo/>

D'Addario, Miguel. Gestión del mantenimiento preventivo – correctivo. 2015.

Emprendimiento en mantención preventiva. Recuperado el 15/01/2018 de <http://www.emprender-facil.com/es/10-pasos-plan-de-mantenimiento/>

Formas de elaboración de un mantenimiento preventivo. Recuperado el 20/03/2018 de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/formasdeelaboraciondelplandemantenimiento.html>

García Garrido, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 2010.

García Garrido, Santiago. La Contratación Del Mantenimiento Industrial. 2012.

González Fernández, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2012.

Lemus, Miguel. Libro mantenimiento en la práctica. 2009.

Sacristan, F. Manual de mantenimiento integral en la empresa. España: FC. 2001

## **ANEXO 1: Objetivos de la Organización**

En el caso del mantenimiento, su organización e información debe estar enfocada a la consecución de los siguientes objetivos

- Optimización de la disponibilidad de los equipos.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida útil de los equipos.

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos e instalaciones, teniendo por objetivos principales

- Evitar, reducir y reparar las fallas sobre los equipos e instalaciones.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones de los equipos.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad laboral.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras.
- Mantener el correcto balance entre costo y producción.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones.