

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1. Concepto de Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los pilares fundamentales de una industria productiva o de servicios, no es posible hablar de producción con estándares y normas de calidad si no existe un mantenimiento adecuado de máquinas, equipos, procesos, instalaciones, etc.

El mantenimiento es el conjunto de acciones técnicas de ingeniería y de gestión empresarial que buscan mantener o conservar una máquina, equipo o bien para producir de la forma más económica posible, optimizando el consumo de los recursos con el propósito de generar mejores ingresos para la empresa.

1.1.1. Tipos de Mantenimiento

1.1.1.1. Mantenimiento Preventivo

Es la intervención de un equipo para su conservación mediante la realización de una reparación que *garantice su buen funcionamiento y fiabilidad*, antes de una falla.

Este se basa, precisamente, en eso, en prevenir. Es decir, existe una planificación muy bien estudiada que pone en marcha ciclos de mantenimiento para evitar cualquier tipo de falla, rotura, etc. Estas acciones programadas son, entre otras:

- Lubricaciones periódicas
- Limpieza, tanto de instalaciones como de maquinaria
- Análisis de fallas
- Calibración de la maquinaria
- Cambio de piezas
- Reparación de equipo

1.1.1.2. Mantenimiento Correctivo

Se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a *corregir las fallas del equipo que demuestren la necesidad de reparación o reemplazo*.

Este tipo de mantenimiento *corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial*. Estas prácticas de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta.

Además, es posible que no encuentre ningún técnico de mantenimiento disponible para resolver el problema en este momento, ya que las fallas son totalmente imprevistas.

Aunque en algunos casos es inevitable, el mantenimiento correctivo acaba teniendo un mayor impacto financiero en las empresas, ya que suele implicar no contar por tiempos prolongados con el equipo. El hecho es que un porcentaje significativo de estas fallas puede evitarse si se aplican planes de mantenimiento preventivo. Sin embargo, este modelo siempre será necesario y puede aplicarse a equipos con bajos niveles de criticidad, cuyas fallas no interfieran con la productividad de la empresa.

1.2. Principios de la Gestión de Mantenimiento

1.2.1. Principio 1: Partes Interesadas

Toda organización de mantenimiento presta servicios de conservación de activos sean estos destinados a clientes internos o externos y por tanto debe entender las expectativas y satisfacer los requerimientos de sus clientes brindándole soluciones técnicas óptimas a fin de lograr el máximo desempeño de los activos.

1.2.2. Principio 2: Valor del activo

El valor que tiene un activo tangible e intangible para esta norma NB 12017 es el grado de aptitud para cumplir su función dentro del periodo de tiempo requerido con riesgo mínimo de falla para su máxima capacidad nominal establecida.

1.2.3. Principio 3: Liderazgo

Todos los niveles jerárquicos de la organización de mantenimiento deben contar con un nivel de liderazgo y compromiso acorde a las funciones, responsabilidades y obligaciones definidas a fin de lograr influir, motivar, tomar conciencia, involucrar y

comprometer al recurso humano a su cargo para así poder establecer, aplicar, mantener y mejorar una gestión eficiente de mantenimiento, sea esta interna o externa.

1.2.4. Principio 4: Estructura de mantenimiento

La estructura de activos (individuales, instalaciones o sistemas, entornos, etc.), actividades (sustitución, reparación, monitoreo, limpieza, etc.), tipos (eléctrico mecánico, civil, electrónico, etc.) y estrategias de conservación (preventivas, correctivas, etc.), características (periodicidad, prioridad, criticidad, duración, riesgos asociados, vida útil, ciclo de vida, etc.) y recursos (humanos, materiales, documentales, de comunicación, financieros) necesarios y suficientes que requiere una organización de mantenimiento para lograr conservar la función de los activos encargados al nivel que lo requiere dentro su contexto operacional.

Cuando una organización tiene un catastro claro y detallado de todos los activos, los tipos estrategias de mantenimiento adecuadas para las actividades de conservación de estos activos y sus características, se podrá determinar adecuadamente los recursos necesarios y suficientes para establecer una estructura de mantenimiento eficiente. Es por ello que uno de los procesos fundamentales que debe gestionar toda organización de mantenimiento es un catastro detallado de estos elementos.

1.2.5. Principio 5: Gestión por procesos

Las actividades y recursos relacionados con la organización de mantenimiento se estructuran por procesos se alcanzan resultados más eficientes. Así mismo si a cada proceso establecido le aplicamos la metodología Planificar Ejecutar Controlar y Mejorar lograremos una gestión de mantenimiento de activos que cumpla con los objetivos trazados.

1.2.6. Principio 6: Enfoque del sistema en gestión de mantenimiento de activos

Contar con declaraciones exigibles por todo Sistema de Gestión (Misión, Visión, Política, Valores, Compromisos) acordes a su contexto operacional, tener Objetivos claros y medibles y establecer los Procesos necesarios para alcanzarlos, además de aplicar una Metodología de Gestión para estos Procesos y sus Interrelaciones, una

Estructura de Mantenimiento definida, clara y detallada además de un Liderazgo efectivo y el Compromiso de todo el Personal de la Organización de Mantenimiento permitirá Implantar un Sistema de Gestión de Mantenimiento efectivo para lograr los objetivos perseguidos, sean estos estratégicos, tácticos, operativos con el fin de obtener el óptimo desempeño de los activos para las funciones demandadas por sus clientes satisfaciendo así las expectativas y requerimientos de estos.

1.2.7. Principio 7: Mejora continua

Todo Sistema de Gestión de Mantenimiento de Activos establecido e implantado debe perfeccionarse continuamente y para ello será necesario utilizar todos los elementos de retroalimentación que proporciona una gestión de control del sistema vale decir el análisis de datos e información de sus procesos, estructura, registros, de su tratamiento de desviaciones, KPI's establecidos, oportunidades de mejora, estudios propios de la compañía, auditorías y otros que la organización de mantenimiento considere oportunos.

Por cuanto todo registro, información o datos que se capturen para fines de control deben ser procesados, analizados y estudiados detalladamente para poder identificar y determinar cómo utilizarlos de la mejor manera posible para mejorar el sistema de gestión establecido, caso contrario ningún perfeccionamiento del sistema será posible ya que tener documentación exigible y bien almacenada a fin solo de demostrar cumplimiento de requisitos de una norma no contribuye más que a fines administrativos para procesos de auditoría interna o externa.

La mejora continua se basa en el procesamiento de la información y su utilización adecuada a fin de perfeccionar lo que tenemos.

1.3. Norma Boliviana 12017

La presente norma NB 12017 se halla enfocada exclusivamente a la Gestión de Mantenimiento de Activos de cualquier naturaleza independientemente del contexto operacional de la compañía e independientemente de los tipos, actividades o estrategias de mantenimiento que se manejen haciéndola de esta manera útil tanto para

organizaciones que prestan servicios internos de mantenimiento para la propia compañía, como para organizaciones que prestan servicios externos de mantenimiento a otras compañías.

Esta norma busca brindar una nueva perspectiva para la administración del mantenimiento, el objetivo global es promover las buenas prácticas de gestión del mantenimiento con el propósito de permitir que la vida de los objetos de la organización sea conservada *más allá de su vida útil*.

Esta norma tiene como metodología base el ciclo PHVA: Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar, con un enfoque de procesos

La aplicación de la norma comprende la conversación y puede ser aplicada en la gestión de mantenimiento industrial, de parques, hospitales, de carreteras, zoológicos, vehículos, puentes, tanques, etc.

Los principales beneficios en su implementación son los siguientes:

- Fomentar la cultura de la Calidad
- Facilitar el cumplimiento de requisitos legales
- Reducir la renovación de activos o mantener los mismos dentro de un rango óptimo de funcionamiento
- Garantizar la confiabilidad en la prestación de los servicios de mantenimiento
- Disminuir quejas
- Demostrar el grado de conservación de activos para fines de valoración financiera

Para la elaboración de la presente norma se tuvieron que analizar en su momento diversos documentos relacionados con el campo técnico del mantenimiento como normativas de gestión existentes en el mundo incluyendo lo que en esa época fue la BSI - PAS 55:2008, ISO 9001, OSHAS 18001, ISO 19001, etc., para de esta manera estructurar una norma acorde a la realidad, necesidades, limitaciones y requerimientos de las organizaciones del país, pero sin dejar de lado la integración con cualquier otro documento normativo regional o internacional, vale decir que la presente norma puede

ser tranquilamente acoplada con cualquier Sistema de Gestión Integrado (Calidad, SySo, Medio Ambiente) o cualquier Sistema de Gestión de Activos como lo que viene siendo ISO 55001:201

Teniendo presente que los principios son las bases de donde nacen las normas y leyes, la norma NB 12017 se fundamenta en siete principios para la gestión de mantenimiento que son el marco de referencia para que la alta dirección de cada organización guíe a la misma, orientándola hacia la consecución de la mejora del desempeño de las actividades de conservación de activos.

1.4. Marco Conceptual

A continuación, se presentan los conceptos importantes que servirán de base para el desarrollo del proyecto que son:

1.4.1. Sistema de mantenimiento

Conjunto de elementos interrelacionados que tienen como propósito la preservación de los objetos, los entornos de trabajo y las instalaciones durante su ciclo de vida.

1.4.2. Gestión de mantenimiento

Acción de administrar el mantenimiento, a través de la planeación, la organización, la dirección, la coordinación y el control para su mejora continua.

1.4.3. Sistema de gestión de mantenimiento

Conjunto de elementos interrelacionados que tiene como propósito administrar el mantenimiento a través de la planeación, organización, dirección, coordinación y control para una óptima ejecución de las operaciones, de preservación de los objetos, instalaciones y entornos, durante su ciclo de vida.

1.4.4. Plan de mantenimiento

Conjunto de actividades establecidas por la gestión de mantenimiento con el objetivo de implementar un mantenimiento de calidad, eficiente y eficaz.

1.4.5. Vida Útil

Tiempo de vida de servicio o funcionamiento para el cual han sido concebidos los objetos instalaciones o entornos.

- ✓ **Alta dirección.** Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel.
- ✓ **Organización.** Persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.

1.5. Herramientas para elaborar el Sistema de Gestión de Mantenimiento

1.5.1. Ciclo de Deming

El ciclo PHVA es un ciclo dinámico que puede ser empleado dentro de los procesos de la Organización. Es una herramienta de simple aplicación y, cuando se utiliza adecuadamente, puede ayudar mucho en la realización de las actividades de manera organizada y eficaz.

Por lo tanto, adoptar la filosofía de ciclo PHVA proporciona una guía básica para la gestión de las actividades y los procesos, la estructura básica de un sistema, y es aplicable a cualquier organización.

A través del ciclo PHVA la empresa puede planificar:

- Establecer objetivos
- Define los métodos para alcanzar los objetivos
- Define los indicadores para verificar sus logros

De manera resumida, el ciclo PHVA se puede describir así:

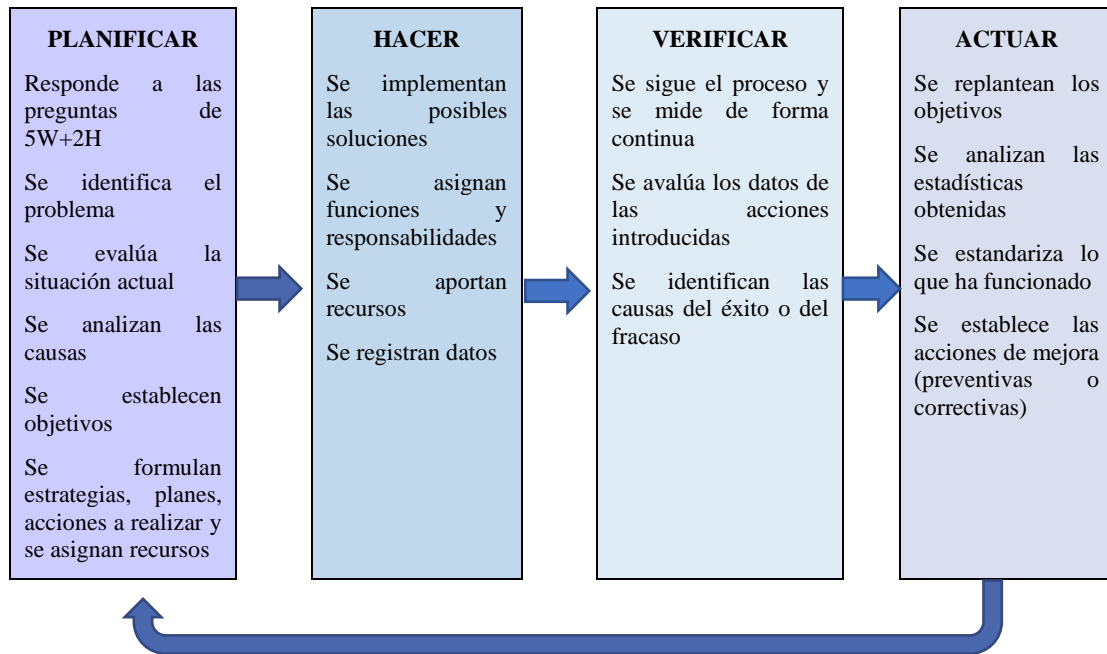
Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados, de conformidad con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

Hacer: Implementar procesos para alcanzar los objetivos.

Verificar: Realizar el seguimiento y medir los procesos y los productos en relación con las políticas, los objetivos y los requisitos, reportando los resultados alcanzados.

Actuar: Realizar acciones para promover la mejora del desempeño del (los) proceso(s). El ciclo PHVA significa actuar sobre el proceso, resolviendo continuamente las desviaciones a los resultados esperados.

Figura 1-1 Aplicación del ciclo de Deming en un sistema de Gestión



Fuente: <http://asesordecalidad.blogspot.com>

1.5.2. 5W + 2H

Las 5W es un método para cuestionar un problema específico, que tiene la ventaja de ser simple y rápido de usar.

Se plantea como objetivo tomar un problema o cuestión industrial y contestar a todas las preguntas identificadas 5 de ellas con la letra **W** y 2 con la letra **H**:

- Quién (Who)
- Qué (What)
- Cuándo (When)
- Dónde (Where)
- Por qué (Why)

- Cómo (How)
- Cuanto (How Much)

Gracias a este método, puede recopilar toda una serie de información que seguramente le permitirá aislar mejor su problema. Le permite identificar prioridades, priorizarlas y actuar rápidamente encontrando soluciones y propuestas apropiadas.



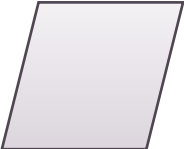
1.5.3. Diagrama de Flujo


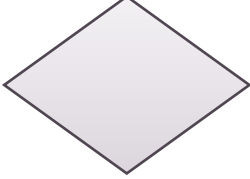
El diagrama de flujo o también diagrama de actividades es una manera de representar gráficamente un algoritmo o un proceso de alguna naturaleza, a través de una serie de pasos estructurados y vinculados que permiten su revisión como un todo.

Los diagramas de flujo son importantes porque nos facilita la manera de representar visualmente el flujo de datos por medio de un sistema de tratamiento de información, en este realizamos un análisis de los procesos o procedimientos que requerimos para realizar un programa o un objetivo

1.5.3.1. Simbología del Diagrama de Flujo

Cuadro I-1 Simbología de Diagrama de flujo

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio/Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción
	Entrada/Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida

	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base a los valores verdadero o falso

Fuente: <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

1.5.4. CheckList

Los listados de control, listados de chequeo, checklist u hojas de verificación, siendo formatos generados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Los datos principales de los checklist son los siguientes:

- Durante la realización de actividades en las que es muy importante que no se olvide ningún paso y deben hacerse las tareas con un orden establecido.
- Realizar inspecciones donde se deja constancia de cuáles han sido los puntos inspeccionados.
- Verificar o examinar artículos.
- Examinar o analizar la localización de los defectos. Verificando las causas de los defectos.
- Verificar y analizar las operaciones.

Recopilar datos para su futuro análisis.

1.5.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto también llamado “distribución ABC” o “ley del 80-20” es una teoría según la cual el 20% de las causas son responsables del 80% de los efectos. Es aplicable a diferentes campos y sectores, pero especialmente conocido como método de análisis en el mantenimiento industrial habiendo demostrado su autenticidad y veracidad con creces. Fue creado por Wilfredo Pareto, esta herramienta nos permite separar los problemas relevantes de aquellos que no tienen importancia.

El principio o regla de Pareto nos dice que para diversos casos, el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. No son cifras exactas, pues se considera un fundamento empírico observado por su precursor y confirmado posteriormente por otros expertos de diversas áreas de conocimiento.

Pasos para construir un diagrama de Pareto:

- ❖ **Determinar la situación problemática:** ¿Hay problema? ¿Cuál es?
- ❖ **Determina los problemas (causas o categorías):** en torno a la situación problemática, incluyendo el periodo de tiempo
- ❖ **Recolectar datos:** Hay una situación problemática presentandose y tiene las posibles causas que lo generan, pues entonces comienza a recolectar datos. Estos dependeran de la naturaleza del problema.
- ❖ **Ordenar de mayor a menor:** Ordenamos de mayor a menor las causas con base en los datos que recolectamos y su medida. Si es el número de veces que se presenta un evento será por cantidad, si es por costo de desperdicios según el tipo de producto, sera en unidades monetarias.
- ❖ **Realiza cálculos:** a partir de los datos ordenados, calculamos el acumulado, el porcentaje y el porcentaje acumulado .
- ❖ **Graficamos las causas:** el eje X lo destinamos a colocar las causas y usamos el eje Y izquierdo para la frecuencia de la causa.
- ❖ **Graficamos la curva acumulada:** el eje Y derecho es para el porcentaje acumulado, por lo tanto va desde 0 hasta 100%. Lo usamos para dibujar la curva acumulada

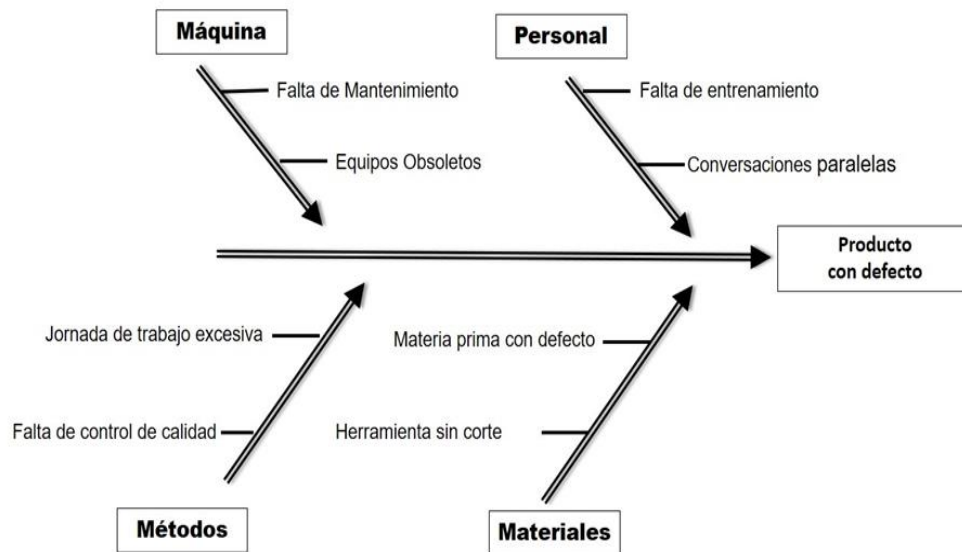
❖ Analizamos el diagrama

1.5.6. Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamada diagrama de causa-efecto, o diagrama espina de pescado, se utiliza para gestionar la calidad. Permite identificar las diferentes causas y efectos de una problemática.

El funcionamiento es sencillo: sólo tiene que enumerar todas las causas potenciales atribuibles al problema y clasificarlas según las diferentes categorías. En una máquina, por ejemplo, podemos crear las categorías: eléctrico, mecánico, hidráulico, automatismo, etc. y encontrar en cada categoría un conjunto de problemas que pueden suceder en esta máquina. Bastante visual, esta herramienta se utiliza especialmente para la gestión de riesgos (una actividad de gestión de proyecto) ya que permite anticipar todo tipo de dificultades que podrían tener consecuencias catastróficas para el negocio de su empresa.

Figura 1-2 Diagrama Ishikawa



Fuente: <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-ishikawa>

Para realizar el análisis de causas utilizando el diagrama de Ishikawa, basta con seguir algunos pasos:

- ❖ Define el problema (efecto) que se va a analizar.
- ❖ Dibuje una flecha horizontal apuntando hacia la derecha y escriba el problema dentro de un rectángulo ubicado en la punta de la flecha.
- ❖ Realice una brainstorming (tormenta de ideas) para levantar las posibles causas que puedan estar generando el problema. Para ello, procure responder a la siguiente pregunta: «¿Por qué esto está sucediendo?».
- ❖ Se dividen las causas identificadas en categorías, por ejemplo: máquina, mano de obra, método y materiales o de la forma que sea más coherente con el problema analizado y el contexto de su empresa.
- ❖ Luego de definir las sub-causas, es decir, los factores que llevaron aquella causa a suceder.

Es importante resaltar que, originalmente, se proponen 6 categorías por el método, que son: Máquina, Materiales, Mano de obra, Medio ambiente, Método y Medidas (los 6Ms). Sin embargo, no todos los procesos o problemas se utilizan de todos estos factores, así que es necesario evaluar cuáles de ellos están presentes o son importantes para la ejecución.

1.5.7. Análisis FMECA

El **FMECA** (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis - **AMFEC** en castellano: Análisis de Modos de Fallos, Efectos y su Criticidad), es una metodología para identificar y analizar todos los modos de fallos potenciales de las diferentes partes de un sistema, los efectos que estos fallos puedan tener en el sistema, cómo evitar los fallos y/o mitigar sus efectos en el sistema.

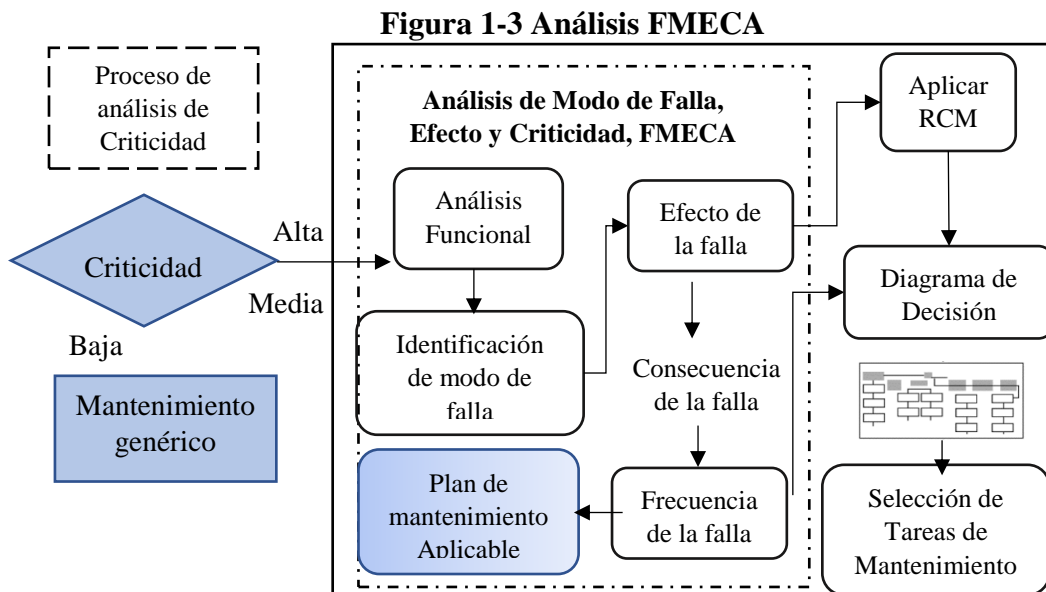
Por lo que esta estrategia documenta las acciones preventivas y la revisión del proceso, así como las acciones y las responsabilidades de las mismas.

Dicho de otro modo y simplificando, el FMECA es una técnica para identificar, priorizar y eliminar posibles fallas del sistema (a nivel de diseño o proceso).

El procedimiento para realizar el análisis FMECA es el siguiente:

- Desarrollar un mapa del proceso (Representación gráfica de las operaciones).

- Formar un equipo de trabajo, documentar el proceso, el producto, etc.
- Determinar los pasos críticos del proceso.
- Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
- Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=zygpdcrT9aQ&t=198s>

Figura 1-4 Aplicación del Análisis FMECA

Descrip. de la unidad bajo análisis				Descrip. del fallo					Efecto del fallo		Comentarios Adicionales
#	Tipo de Componente	Función	Modo de operación	Modo de Fallo	Causa de fallo o mecanismo que desencadena el fallo	Capacidad de detección del fallo	Tasa de fallo	Rango de Severidad	Efecto Propio	Efecto Producido en el Sistema	

Fuente: <https://www.leedeo.es/1/fmea/>

1.5.8. Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), como su nombre indica, es una metodología muy eficaz que se utiliza para identificar todas las posibles causas que puede provocar un fallo en el sistema utilizando relaciones de causa y efecto.

Después de identificar todas las causas posibles, se puede determinar el mejor método de estrategia de mantenimiento para eliminar los fallos.

La estrategia elegida debe garantizar el funcionamiento de los equipos y procesos asegurando la seguridad y la fiabilidad.

Los fallos pueden tener más de un modo de fallo, es decir, más de una forma que puede provocar efectos adversos similares en el sistema. Para el sistema global, estos modos de fallo pueden identificarse dividiendo el sistema en subpartes o subsistemas. Estas subpartes se siguen desglosando hasta que se identifica un modo de fallo.

❖ Categorización de la falla

Con el fin de proporcionar una visión rápida del impacto de cada efecto de falla definido en el RCM, se propone incluir junto al enunciado del efecto de falla, la categorización del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) correspondiente, este parámetro es función de la evaluación cualitativa de 3 criterios: severidad, detectabilidad y ocurrencia, se definieron estos criterios para realizar la evaluación.

El criterio de detectabilidad se puede observar en el Cuadro I-2.

Cuadro I-2 Criterio de detectabilidad (D) para la evaluación de los efectos de falla

Nivel	Criterio
4	No hay probabilidad de detectar causas de falla potenciales a tiempo, se puede llegar a falla potencial

3	Baja probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregir a tiempo
2	Mediana probabilidad de detectar causa de falla potenciales y corregir a tiempo
1	Causas de falla potencial fácilmente detectable y corregida durante su operación

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

Se definió el criterio severidad de una falla para evaluar, este criterio se puede observar en el Cuadro I-3.

Cuadro I-3 Criterio de severidad (S) para la evaluación de los efectos de falla

Nivel	Criterio
4	Efectos críticos en la seguridad o en el medio ambiente, pueden existir lesiones, muertes o efectos irreversibles en el medio ambiente.
3	Efecto importante en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas importantes por tiempo de paro y reparación.
2	Mediana probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregir a tiempo.
1	Causa de falla potencial fácilmente detectable y corregida durante la operación.

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

En el cuadro I-4 se observa el criterio definido para evaluar la ocurrencia.

Cuadro I-4 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla

Nivel	Criterio
4	Pueden ocurrir varias fallas al año (Tasa de fallas ≥ 1 fallas/año)
3	$0.3 < \text{Tasa de fallas} < 1$ (fallas/año)
2	0.1 Tasa de fallas ≤ 0.3 (fallas/año)
1	Tasa de fallas ≤ 0.1 (fallas/año)

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

Finalmente, el valor del NPR del efecto de falla será el producto de los niveles asignados para cada criterio: $NPR = SDO$.

Se asignó un criterio de semaforización para los efectos de falla con base en el valor del NPR, este criterio se observa en el Cuadro I-5

Cuadro I-5 Criterio de semaforización de acuerdo al valor NPR

Semaforización	Valor del NPR
Rojo	$NPR \geq 36$
Amarillo	$7 < NPR < 36$
Verde	$NPR \leq 7$

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

1.5.9. Manuales de Procedimientos

Los manuales de procedimientos especifican y detallan un proceso, los cuales conforman un conjunto ordenado de operaciones o actividades determinadas secuencialmente en relación con los responsables de la ejecución, que deben cumplir políticas y normas establecidas señalando la duración y el flujo de documentos.

El conjunto de elementos a considerar en los manuales de procedimiento es:

- Objetivo

Describe el propósito o resultado que se obtendrá del proceso o procedimiento.

- Justificación

Describe el porqué de la existencia e importancia del proceso y lo que pasaría si no se lleva a cabo.

- Alcance

Establece los límites que tendrá el proceso, estos se determinan a través de la identificación de los eventos de inicio y fin, así como de las etapas que incluye.


- Participantes

Los participantes son las personas, sistemas u otros procesos o procedimientos que realizan las actividades

- Responsabilidad

El responsable del proceso.

Figura 1-5 Manual de Procedimiento

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	
	Código: GP-PRI-001 Revisión: Primera Página: 1 de 7	
Proceso: GESTION DE PREVENCIÓN Subproceso: PREVENCIÓN DE RIESGOS DE INCENDIOS. Producto: CERTIFICADO DEFINITIVO DE INSTALACION CENTRALIZADA DE GLP		
OBJETIVO:	Verificar mediante inspección que los Sistemas Centralizados de GLP instalados, cumplan los requisitos técnicos de diseño y construcción de acuerdo con la legislación vigente.	
RESPONSABLE:	Jefe Zonal, Coordinador de Inspectores, Inspectores Técnicos.	
INVOLUCRADOS:	Jefatura Zonal, Coordinador de Inspectores, Inspectores Técnicos, Asistente Administrativo, Usuario Externo.	
FRECUENCIA:	Por requerimiento.	
TIEMPO PROMEDIO:	3 días a partir de la recepción de la documentación de soporte	
INDICADORES:	Nombre: % de solicitudes de inspección de certificado definitivo de GLP procesadas	
	Tipo de indicador: Eficacia	
	Periodicidad de seguimiento: Mensual	
	Cálculo: N° Solicitudes de inspección Cert. definitivo GLP atendidas en $t=3$ días x 100 N° de solicitudes de inspección Cert. Definitivo GLP presentadas	
ENTRADA:	Proveedor:	Usuario externo.
	Insumos:	1. Solicitud de inspección Definitivo de GLP 2. Certificado de Factibilidad de GLP 3. Pago del Certificado de Factibilidad de GLP 4. Certificado INEN de tanques semi y/o estacionarios de GLP 5. Certificado de conformidad con norma de tuberías, válvulas, accesorios y aporte soldadura según fabricante o certificador 6. Certificado de la empresa comercializadora de GLP actualizado 7. Impronta de los tanques de GLP 8. Certificado y actas del resultado de las pruebas de estanqueidad 9. Registro fotográfico cronográfico a color de la instalación centralizada de GLP 10. Informe de Prueba hidrostática de los tanques de GLP 11. Informe de Inspección en Obra de la instalación de GLP. 12. Calificación de soldadores según norma aplicable. 13. Estudio técnico de la instalación de pararrayos con cobertura a los tanques de GLP.
SALIDA:	Cliente:	Usuario externo.
	Producto:	Certificado Definitivo de Instalación Centralizada de Suministro de GLP
Elaborado por: DIRECCION PREVENCIÓN INCENDIOS Fecha: 17/09/2012	Revisado por: SEGUNDA COMANDANCIA Fecha:	Aprobado por: COMANDANCIA GENERAL Fecha:

Logo de la empresa

Título del manual de procedimientos

Objetivo del manual de procedimientos

Código del manual donde las primeras dos letras hace referencia al manual de procedimientos MP y las segundas al equipo ejemplo bomba sumergible BS

Responsabilidades del manual de procedimientos

Número de hoja del manual

Procedimiento a realizar

Fecha y nombres del que elaboro, reviso y aprobó el manual

Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14191607/manual-de-procedimiento-definitivo-glp>

1.6. Manual de Mantenimiento

El formato y contenido de cada manual dependerá de factores tales como tamaño de la empresa, el tipo de productos que elabora o servicios que brinda, los procedimientos de trabajo, equipos, instalaciones y tecnología de que se disponga y el nivel educativo-cultural de todo el personal.

El manual es un documento indispensable para cualquier tipo y tamaño de industria. Refleja la filosofía, política, organización, procedimientos de trabajo y control de esta área de la empresa.

En el manual de mantenimiento se indicará la Misión y Visión de la empresa, las políticas, y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse sólo los procedimientos que se aplican y las instrucciones de lenguaje afirmativo.

Periódicamente, se procederá a actualizar el Manual de Mantenimiento, eliminando las instrucciones para deberes y obligaciones que estén discontinuados e incorporando las instrucciones para las nuevas obligaciones.

La función de elaboración y actualización del manual queda bajo la responsabilidad del responsable del sistema de mantenimiento de la empresa con apoyo y la aprobación de la dirección.

Este manual debe:

- Definir y establecer el proceso operativo de mantenimiento dentro la organización en cuanto a su ejecución, coordinación y control;
- Contener documentos de implementación del manual administrativo;
- contener todo lo relativo a aspectos de coordinación y control operacional de trabajos de mantenimiento;
- Definir y establecer la aplicación de las hojas técnicas, carpetas, registros y todo otro documento técnico para el óptimo desempeño de las labores de mantenimiento;

- Contener la identificación y clasificación de los objetos, instalaciones y entornos como también los procedimientos operativos aplicables para cada uno de ellos;
- Contener la metodología de inspección rutinaria para cada elemento de mantenimiento
- Definir la interrelación de los cuatro elementos fundamentales;
- Definir como se realizará el llenado y verificación de datos de los documentos técnicos y
- Contener el manejo, control, mantenimiento y disposición de la información

Por último, dos recomendaciones:

- Solo con personal motivado y entrenado se logran en mantenimiento los objetivos de calidad, de eficiencia y eficacia fijados por cada empresa u organización; en consecuencia, las actividades de capacitación, entrenamiento y motivación deben tener un tratamiento prioritario en los respectivos manuales.
- No caer en el error de considerar a la confección del Manual de Gestión de Mantenimiento como un fin. Por el contrario, considerarlo solo como un medio para mejorar continuamente esta función en la empresa y hacerla cada día más competitiva.

1.7. Indicadores de Gestión

Para poder evaluar el estado del SGM, la organización debe implementar indicadores de mantenimiento y desempeño tanto para el proceso administrativo como para el proceso operativo.

Estos indicadores deben ser medibles y de fácil manejo e interpretación

Los tipos de indicadores adoptados, el objetivo y alcance, su método de aplicación, el rango de confiabilidad de respuesta y el control funcional de los mismos deben estar descritos mediante procedimientos y registros generados serán fuente

retroalimentación para el control de los procesos de mantenimiento como también para la revisión de la marcha del SGM por parte de la alta dirección.

1.8. Presupuesto de la inversión

En economía, un presupuesto se refiere a la cantidad de dinero que se necesita para hacer frente a cierto número de gastos necesarios para acometer un proyecto. De tal manera, se puede definir como una cifra anticipada que estima el coste que va a suponer la realización de dicho objetivo

CAPÍTULO II
MARCO METODOLOGICO

2.1. Tipos de investigación

Es de tipo *descriptivo*, porque el objetivo consiste en llegar a conocer la situación general en el que se encuentra el mantenimiento dentro de un departamento de producción y tratamiento de la empresa, identificando los diferentes procesos que interactúan, indicadores de gestión, planes de acción, procedimientos, cuantificación de metas, su direccionamiento estratégico entre otros.

A través de la descripción de las actividades realizadas, objetos, procesos y personas a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyen al conocimiento.

La metodología descriptiva es la siguiente:

2.1.1. Identificación y delimitación del problema

Es el primer paso de la investigación. Se trata del momento en el que se decide lo que se va a investigar.

2.1.2. Elaboración y construcción de los instrumentos

De acuerdo con lo que se pretende investigar, se deben seleccionar los instrumentos para la recogida de datos.

Esta fase del proceso debe realizarse con cierta anticipación, para asegurarse de que los instrumentos serán los adecuados para obtener la información deseada.

2.1.3. Observación y registro de datos

Momento crucial del proceso, debido a que implica estar atento a la realidad observada para poder tomar nota de la mayor cantidad de detalles posibles.

Lo ideal es que esta observación no altere las condiciones naturales en las que se da el fenómeno o la situación a estudiar.

2.1.4. Decodificación y categorización de la información

Los datos percibidos se transmiten en algún formato y se organizan según su importancia o su significado. De este modo, será más fácil procesar la información.

2.1.5. Análisis

Una vez que los datos han sido catalogados, será el momento de su interpretación y análisis con referencia al objeto de estudio.

Ese análisis no debe establecer relaciones causales, puesto que la naturaleza del método no lo permite.

2.1.6. Propuestas

Se sugiere los siguientes pasos de la investigación del objeto de estudio dado.

Con la información recabada, es normal que surjan nuevas preguntas y es aquí donde se propone la indagación en esas cuestiones.

2.2. Recolección de la información

En el estudio será necesario dividir la recolección de la información en fuentes primarias las cuales proporcionan información de primera mano y las fuentes secundarias de donde se obtienen algunos conceptos para ser aplicados a la empresa.

2.2.1. Fuentes Primarias

Para obtener la información primaria se tendrá que utilizar la técnica de observación directa de los procesos existentes dentro de la organización también se realizará las entrevistas a profundidad al personal del departamento de producción.

2.2.2. Fuentes Secundarias

La planeación del sistema de gestión de mantenimiento se utilizará como referencia la norma NB 12017, libros, artículos, proyectos de grado, textos de teorías entre otros.

Esta fuente secundaria servirá como base para el desarrollo práctico de la metodología y de esta manera elaborar los respectivos diagnósticos y planes de mejora.

CAPÍTULO III
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN
ACTUAL

3.1. Concepto de EPSA

Las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua y Alcantarillado Sanitario (**EPSA**) son persona jurídica que presta uno o más de los servicios de Agua potable y Alcantarillado sanitario.

Dentro de las disposiciones legales vigentes, las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua y Alcantarillado Sanitario (EPSA) en sus diferentes formas de constitución tienen determinados derechos y obligaciones.

Destacamos los siguientes:

3.1.1. Derechos de las EPSA

Cobrar tarifas de acuerdo a lo establecido por ley

- ✓ Cobrar por servicios prestados a los usuarios/as
- ✓ Suspender servicios
- ✓ Cobrar multas a los usuarios/as
- ✓ Obtener las servidumbres necesarias para el cumplimiento de sus objetivos
- ✓ Cuando no prospere la servidumbre, podrá solicitar la expropiación de las superficies que requiera

3.1.2. Obligaciones de las EPSA

- ✓ Garantizar la dotación de aguas en cantidad y calidad adecuadas conforme a la normativa vigente
- ✓ Garantizar la integridad física y la salud de sus habitantes mediante normas de diseño, construcción, buenas prácticas constructivas y operaciones de los sistemas de agua potable y alcantarillado
- ✓ Cumplir las normas ambientales
- ✓ Los titulares de contratos de Concesión deben presentar anualmente a la autoridad de regulación sus estados financieros y flujo de caja, evaluados por auditor externo Proporcionar información técnica, legal y administrativa de sus operaciones

- ✓ El incumplimiento reiterado de las obligaciones indicadas dará lugar a la revocatoria de la licencia de acuerdo al reglamento.

3.2. Ente Reguladora de EPSAS

3.2.1. Autoridad de fiscalización y control social de Agua Potable y Saneamiento básico (AAPS)

La autoridad de fiscalización y control social de agua potable y saneamiento básico AAPS cumple el rol trascendental del estado de proteger y garantizar para todos los bolivianos el uso del agua para la vida, al proteger y conservar este recurso mediante la fiscalización integral del agua y los recursos hídricos.

La AAPS en el marco de lo establecido en la ley No. 2066, de Prestación y utilización de servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario; la ley 2878, de promoción y apoyo al sector de riego y sus reglamentos; desarrolla sus tareas de control, supervisión, fiscalización y regulación de las Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario- EPSA, regula también las acciones en fuentes de agua, nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionan daños a los ecosistemas y disminución de caudales por explotación o sobreexplotación; además realiza el control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales industriales, mineras y otras que afecten fuentes de agua para el consumo humano.

Las competencias de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua y Saneamiento Básico, además de las establecidas en las normas legales sectoriales vigentes, en todo lo que no contravenga a la CPE y al Decreto Supremo No. 0071, son las siguientes:

- Otorgar, renovar, modificar, revocar o declarar caducidad de derechos de uso y aprovechamiento sobre fuentes de agua para consumo humano.
- Otorgar, renovar, modificar, revocar o declarar caducidad de derechos de prestación de servicios de agua potable y saneamiento básico.

- Asegurar el cumplimiento del derecho fundamentalísimo de acceso al agua y priorizar su uso para el consumo humano, seguridad alimentaria y conservación del medio ambiente, en el marco de sus competencias.
- Regular el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos para consumo humano y servicios de agua potable y saneamiento básico, respetando usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de organizaciones sociales, en el marco de la CPE.
- Precautelar, en el marco de la CPE y en coordinación con la Autoridad Ambiental Competente y el Servicio Nacional de Riego, que los titulares de derechos de uso y aprovechamiento de fuentes de agua actúen dentro de las políticas de conservación. Protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciares, subterránea, minerales, medicinales; evitando acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos, que ocasionan daños a los ecosistemas y disminución de caudales para el consumo humano.
- Imponer las servidumbres administrativas necesarias para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico.
- Regular a los prestadores del servicio en lo referente a planes de operación, mantenimiento, expansión, fortalecimiento del servicio, precios, tarifas y cuotas.
- Recomendar las tasas que deben cobrar los Gobiernos Municipales por los servicios de agua potable y/o saneamiento básico, cuando éstos sean prestadores en forma directa por la Municipalidad.
- Atender, resolver, intervenir y/o mediar en controversias y conflictos que afecten al uso de recursos hídricos para consumo humano, y servicios de agua potable y saneamiento básico.
- Proteger los derechos de usuarios de los servicios de agua potable y/o saneamiento básico.

3.3. Descripción de la Empresa

La Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija (COSAALT R.L.), es la EPSA responsable de la prestación de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario a la ciudad de Tarija.

COSAALT R.L. fundada el 22 de septiembre de 1986 y obtuvo su personería jurídica el 27 de noviembre del mismo año, mediante Resolución del Consejo Nacional de Cooperativas, pudiendo ampliar sus servicios a otros ámbitos territoriales y jurisdiccionales del Departamento.

La Superintendencia de Saneamiento Básico, mediante Resolución Administrativa S. A. N.º 55/99 en fecha 4 de diciembre de 1998, aprueba la regularización de la Concesión y el 16 de febrero del 2001 se suscribe el contrato de concesión entre la Ex-SISAB (actual AAPS) y COSAALT R.L., por 40 años.

La Cooperativa de Servicio de Agua y Alcantarillado Tarija (COSAALT R.L.) es encargada de garantizar el suministro de agua potable, así como la recolección y disposición de las aguas servidas dentro de los parámetros de calidad, eficiencia y economía.

Uno de sus principales objetivos es aumentar la cobertura de servicio de agua potable y alcantarillado sanitario, además de conservar y precautelar las fuentes de abastecimiento de agua potable.

3.3.1. Componentes Estratégicos

- **Visión de COSAALT R.L.**

“Ser una EPSA líder en el Sur de Bolivia, comprometida con la mejora continua y sustentable de su capital humano y de los recursos que administra, capaz de dotar de un servicio de agua potable y alcantarillado sanitario continuo, oportuno y de calidad a la ciudad de Tarija”.

- **Misión de COSAALT R.L.**

“Aplicar la filosofía cooperativista para servir a la colectividad en el abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, preservando la salud de la población y el medio ambiente”

- **Logo**

Figura 3-1 Logo COSAALT R.L.

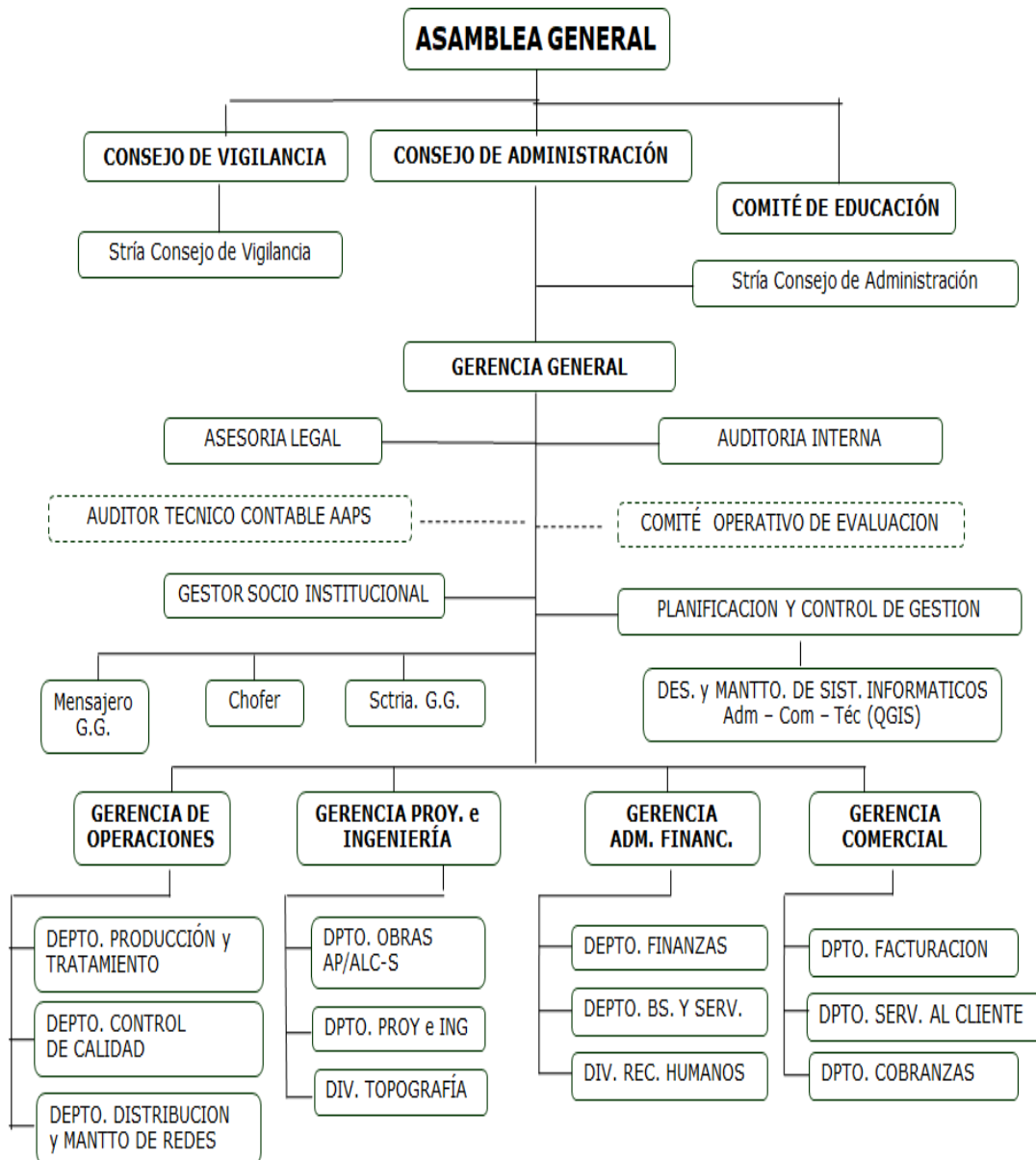


Fuente: COSAALT R.L.

3.3.2. Estructura de la empresa

La Cooperativa COSAALT R.L., ha establecido la siguiente estructura orgánica, conformada por los siguientes niveles, siendo la máxima instancia de decisión de la misma la Asamblea General de Socios (Usuarios) 1. Asamblea General de Socios (Usuarios) 2. Consejo de Administración. 3. Consejo de Vigilancia. 4. Comité de Educación 5. Nivel Ejecutivo

Figura 3-2 Organigrama COSAAL R.L.



Fuente: COSAALT R.L.

3.4. Departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L.

El departamento de Producción y Tratamiento tiene como función básica efectuar el control sistemático y ordenado del proceso de distribución de agua desde el Rincón La Vitoria, sistemas de captación-bombeo y planta de tratamiento, a objeto de optimizar la producción de agua potable y envié a la red de distribución.

Dentro de la división de mantenimiento de sistemas de agua potable se tiene como principal experiencia laboral el conocimiento de Circuitos eléctricos, electrónica analógica, sistemas eléctricos y mecánicos, conocimiento de bombas de agua y sistemas de bombeo, Resistencia de materiales.

Los encargados de mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable son de profesión ingenieros electromecánico y mecatrónico además de técnicos mecánicos y electricistas.

La jornada laboral consta de 8 horas diarias de lunes a viernes, además se tiene equipos de emergencia en caso de que ocurra un inconveniente fuera de la jornada laboral.

3.4.1. Componentes Estratégicos del Departamento de Producción y Tratamiento

- **Misión del Departamento de Producción y Tratamiento**

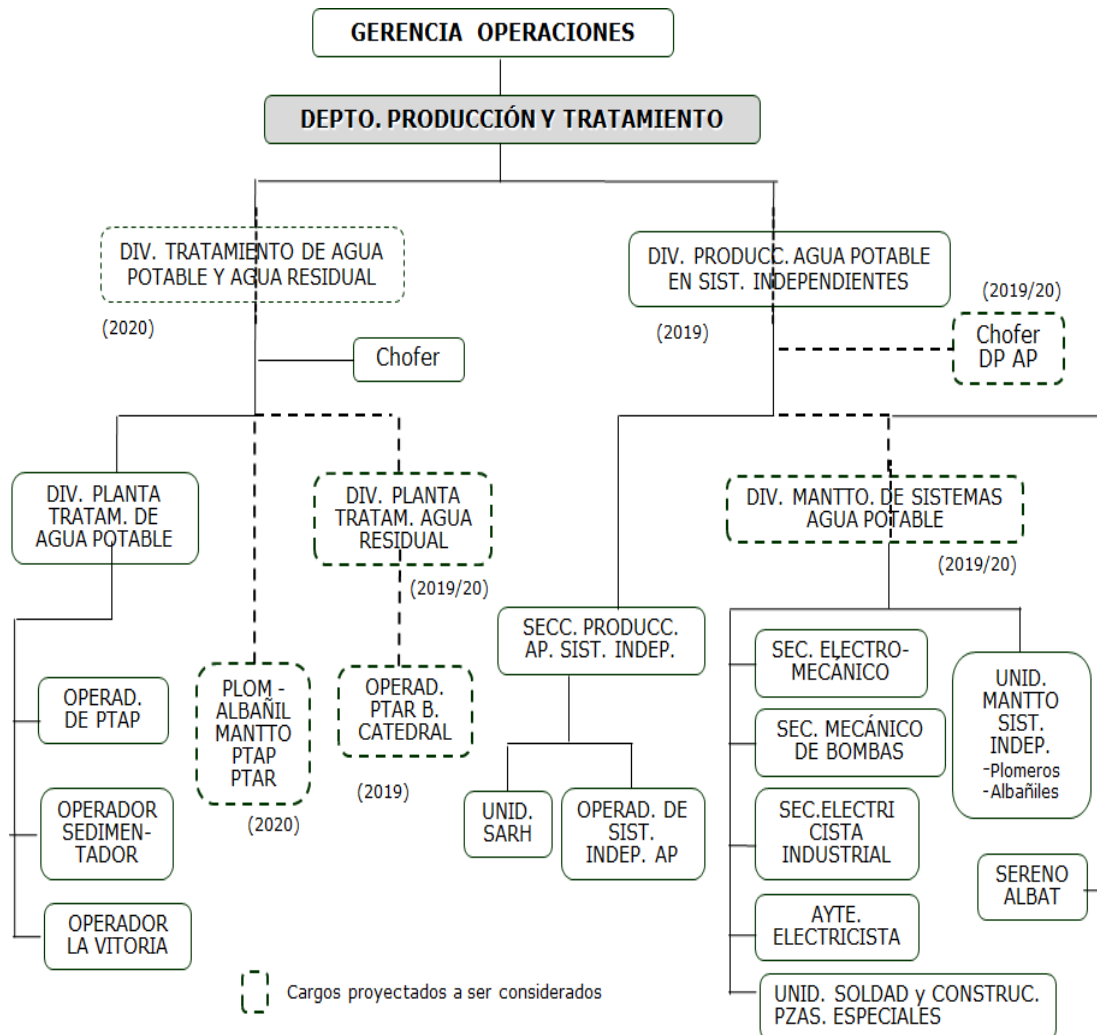
Garantizar, eficientemente el servicio de producción de agua, logrando la potabilización para dar cumplimiento a las normativas legales y, satisfacer las expectativas de los socios de la población de Tarija, con el propósito de mejorar la calidad de vida y la preservación de la salud.

- **Visión del Departamento de Producción y Tratamiento**

Ser un Departamento modelo convirtiéndose en un centro de producción de calidad de agua de un alto nivel técnico, que asegure un producto eficiente y confiable de agua potable para consumo humano protegiendo de esta manera la salud pública.

3.4.2. Estructura del Departamento de Producción y Tratamiento

Figura 3-3 Organigrama DEPTO. Producción y Tratamiento



Fuente: COSAALT R.L.

3.5. Descripción de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Tarija.

Se denomina fuentes de abastecimiento al cuerpo de agua, subterránea o superficial, desde la cual se toma el agua para suministro al sistema de distribución.

3.5.1. Fuente principal de la ciudad de Tarija

La fuente principal de abastecimiento de agua de la ciudad de Tarija es actualmente el río de la Vitoria que se encuentra aproximadamente a 12 Km al oeste de la ciudad con una elevación de 2200 m.s.n.m, entre las obras que comprende la captación principal se tiene: Una presa derivadora constituida por un vertedero frontal Creager que se dispone perpendicular al lecho del río.

Figura 3-4 Río Vitoria



Fuente: COSAALT R.L.

3.5.1.1. Aducción

Desde la toma superior (presa derivadora) ubicada en el Rincón de la Victoria, hasta Tabladita (tanque sedimentador), el agua fluye por gravedad a superficie libre, a través de un canal cubierto en toda su longitud. Esta obra se encuentra en buen estado de funcionamiento. La distancia total entre los dos puntos de referencia suma aproximadamente 13.500 m.

3.5.1.2. Planta de Tratamiento de Agua Potable Tabladita

El tratamiento del agua para el abastecimiento de la Ciudad de Tarija se lo realiza a través de la planta potabilizadora ubicada en la zona de Tabladita. A dicha planta el agua es conducida desde el tanque sedimentador ubicado a unos 1.095 m aguas arriba. Esta planta ha sido construida durante los años 1989-1990 y tiene una capacidad de 160 l/s. Es del tipo convencional y a la fecha se encuentra en buenas condiciones de

funcionamiento, siendo el único inconveniente su capacidad limitada respecto a las necesidades máximas.

De los tanques de regulación, el agua es transportada a los depósitos de La Loma de San Juan con una longitud de 3855 m. con tubería FF de diámetro 400 mm y tiene otra salida a la zona de tabladita con diámetro 250 mm y una longitud de 1840 m.

3.5.1.2.1. Descripción del Proceso de Tratamiento de Agua Potable

- **FLOCULACIÓN**

Este proceso de floculación, nos permite clarificar el agua cuando llega turbia mediante la utilización de *Sulfato de Aluminio* (para formar floculo grandes) el empleo de este reactivo químico se realiza mediante una dosificación adecuada que está en función de la turbiedad con la que llega el agua; al mismo tiempo para neutralizar el pH del agua se utiliza el Hidróxido de Calcio o cal apagada común mediante una dosificación adecuada y controlada.

Figura 3-5 Floculación



Fuente: COSAALT R.L.

- **SEDIMENTACIÓN**

Una vez que se ha realizado el proceso de la floculación el agua pasa por los sedimentadores, para *precipitar* las partículas pesadas formadas en el anterior proceso en estanques especiales destinados para este fin. En este proceso se logra separar las impurezas formadas producto de la turbiedad con el agua limpia

Figura 3-6 Sedimentación



Fuente: COSAALT R.L.

- **FILTRACIÓN**

Luego de pasar por el proceso de sedimentación el agua clarificada pasa a los filtros, estos filtros poseen una capa de grava, otra capa de arena fina y una tercera capa de antracita donde se retienen todas las partículas finas o gruesas que no han sido precipitadas en el proceso de sedimentación, al mismo tiempo la filtración ayuda a retener pequeños microorganismos.

Figura 3-7 Filtración



Fuente: COSAALT R.L.

- **DESINFECCIÓN**

El agua limpia filtrada, pasa por la caseta de cloración donde mediante un dosificador controlado se agrega al agua una solución de Hipoclorito de sodio (cloro) o Gas Cloro para la desinfección y purificación del agua, esta cantidad de cloro adicionado al agua debe estar dosificado de tal manera que cumpla con las normas internacionales, según estas normas el cloro residual tiene un rango desde 0,1 hasta 1,5 mg/lt.

- **ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN**

El agua tratada y libre de impurezas es almacenada en tanques de almacenamiento para luego ser distribuido a la población, haciendo un control diario y estricto de la calidad tanto en el orden fisicoquímico como en el bacteriológico

Figura 3-8 Tanque de Almacenamiento de Agua Potable

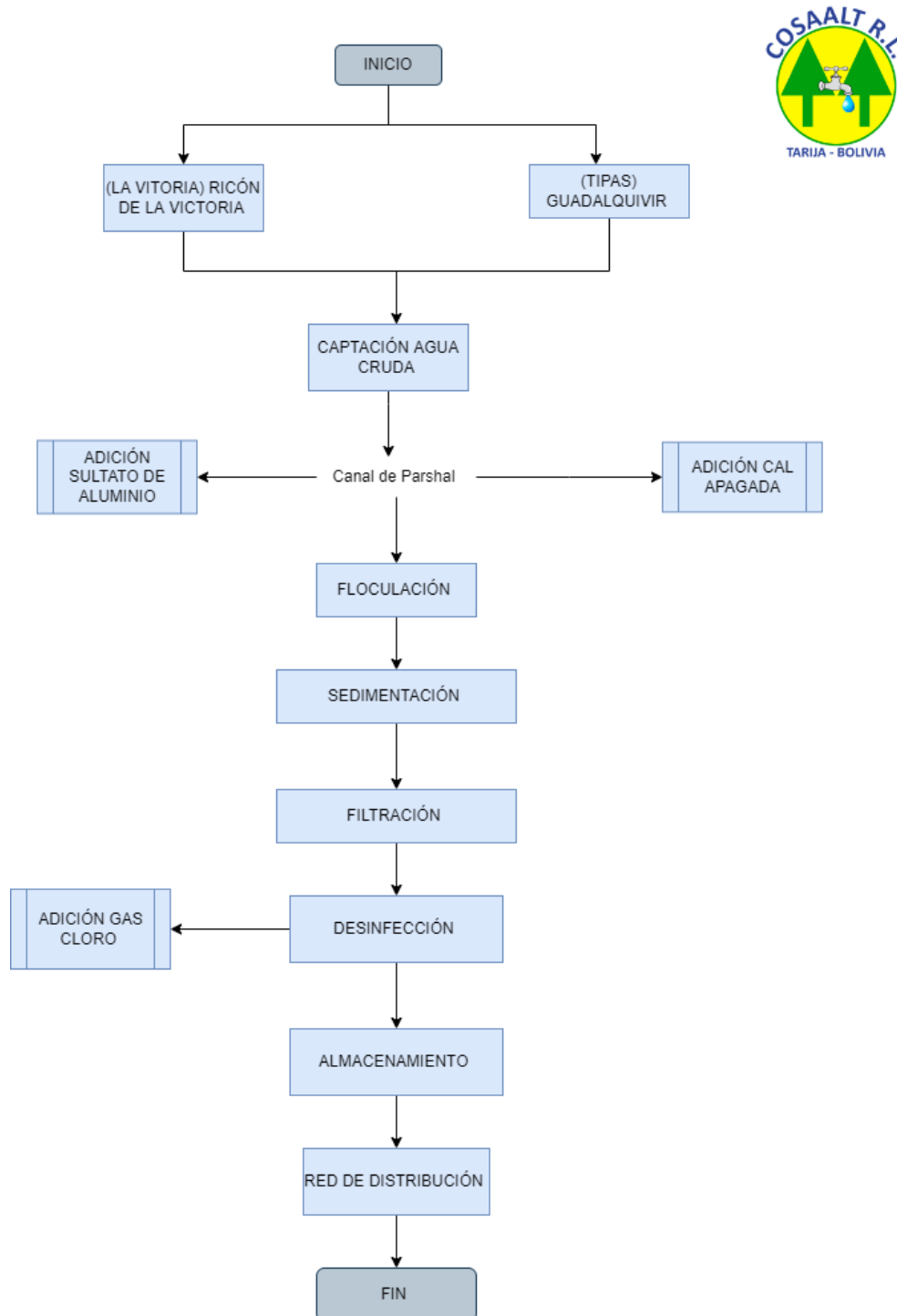


Fuente: COSAALT R.L.

3.5.1.2.2. Flujograma del Proceso de tratamiento de agua potable

En la figura N° II-7 se muestra el flujograma del proceso de tratamiento de agua potable.

Figura 3-9 Flujoograma del proceso de tratamiento de agua potable



Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

3.5.2. Bombeo del río Guadalquivir

Las características más importantes son:

Esta estación se ubica en el Angosto de Aranjuez, sitio desde el cual se bombea las aguas del Río Guadalquivir hasta la planta de tratamiento existente en Tabladita.

La captación de las aguas del Río Guadalquivir es directa. Se tiene un pequeño canal de aproximación, un depósito desarenador, sedimentador y un cárcamo de bombeo.

El proyecto está orientado única y exclusivamente para el bombeo en la época seca, o sea, cuando el río tiene aguas mínimas (agosto-noviembre).

Cuadro III-1 Características del Sistema de Bombeo Río Guadalquivir

Altura de bombeo (manométrico)	98 m
Diámetro de la tubería de impulsión	300 mm
Tipo de tubería	FFD
Longitud de la tubería	1.650 m
Número de bombas	2
Potencia de las bombas (2)	150 HP c/u
Caudal de bombeo (total)	80 l/s
Caudal por bomba	40 l/s

Fuente: COSAALT R.L.

3.5.3. Galería Filtrante del Rio de Erquis

Geográficamente la Galería Filtrante de captación de las aguas subsuperficiales se localiza a los 64° 44' de Longitud Oeste y 21° 30' de Latitud Sur, a una altura media de

1,916 m.s.n.m. Ubicándose a una distancia de 4 Km de la ciudad de Tarija sobre el río de Erquis, llegándose con una carretera asfaltada hasta el sitio de captación.

La Galería Filtrante comprende las obras de captación de la fuente de agua, caudal que luego de ser captado deberá ser bombeado por dos bombas centrífugas de 100 HP hasta el tanque de almacenamiento y regulación de las Barrancas para el Sistema Central, y con una bomba de 25 Hp hacia el tanque almacenamiento y regulación de El Paraíso, para el sistema del barrio del mismo nombre.

La distribución del agua tiene la dinámica del sistema de distribución existente, puesto que, de los tanques de almacenamiento y regulación, se conectará a los sistemas de distribución existentes.

Figura 3-10 Galería Filtrante del Rio de Erquis



Fuente: COSAALT R.L.

3.5.4. Sistemas independientes de Bombeo

Los sistemas de bombeo independiente (pozos profundos) que se hallan ubicados en su mayoría en la *zona Norte de la ciudad de Tarija* donde por las condiciones topográficas no es posible llegar con el agua por gravedad y/o vienen a *compensar el descenso del caudal* proveniente del Rincón de la Vitoria.

3.5.4.1. Pozos Profundos

Los pozos de agua subterránea son la principal fuente de suministro de agua para el consumo doméstico e industrial. Actualmente se considera que la durabilidad de una perforación de pozos de agua podría ser de aproximadamente 20 a 40 años.

Son perforaciones mecánicas verticales, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 4 a 8 pulgadas) revestidos de tubería metálica. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción (electrobombas).

En un pozo profundo se debe tener control del espejo de agua de la bomba, el abatimiento del espejo estático hasta el espejo dinámico de un pozo no se alcanza sino hasta que se establezca el equilibrio hidráulico entre la capacidad de bombeo del equipo instalado y la capacidad de producción del pozo. El espejo dinámico o abatido se predetermina, normalmente, en el aforo del pozo, pero es muy importante seguir inspeccionando la profundidad del nivel dinámico para la protección de su propio equipo.

La forma de controlar el espejo de agua se realiza mediante una sonda eléctrica, compuesta por una batería, un timbre, amperímetro y dos hilos de corriente que se encargan de cerrar el circuito al hacer contacto con el espejo de agua.

En un sistema de bombeo es necesario llevar un informe diario de operación, este formulario es de manera sencilla que no implique problemas para el operador común y que se pueda estudiar fácil y rápidamente sobre todo para sistemas bastos.

- **Condiciones Iniciales**

Para la buena operación de un pozo se debe tener disponibles condiciones Iniciales Un esquema completo de sus instalaciones y conexiones de sus componentes, para este aspecto se sugiere dividir en tres sectores:

- **Sector Pozo.** -Este consta de la caseta de protección, bomba, motor, filtros, válvula de retención vertical, entubados y Electroodos.

- **Sector Hidráulica.** – Este sector consta de principalmente en válvula de retención, válvula compuerta, válvula ventosa, tubería, desagüe, manómetro, macromedidor, etc.)
- **Sector Eléctrico.** – Consta de tablero o panel de conexiones eléctricas, sistema de seguridad y pararrayos.

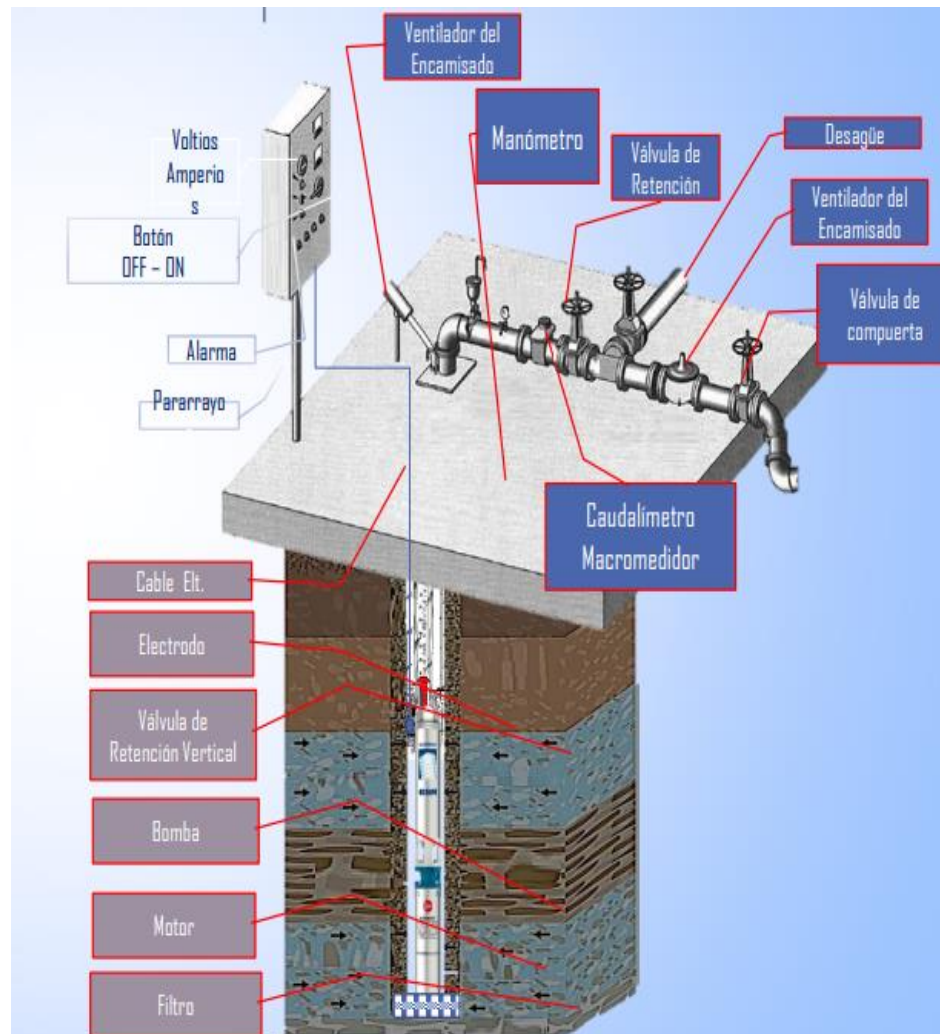
Cuadro III-2 Sectores de pozos profundos

Sector físico del pozo- Caseta	Sector Hidráulico	Sector Panel/ Tablero Eléctrico
		
Caseta de Protección	Elementos Hidráulicos	Elementos Eléctricos

Fuente: COSAALT R.L.

En la figura II-8 se muestra un esquema de instalaciones y conexiones de pozos profundos, observando los elementos que componen los diferentes sectores de un pozo es decir el sector físico, el sector hidráulico y el sector panel/ tableros eléctricos.

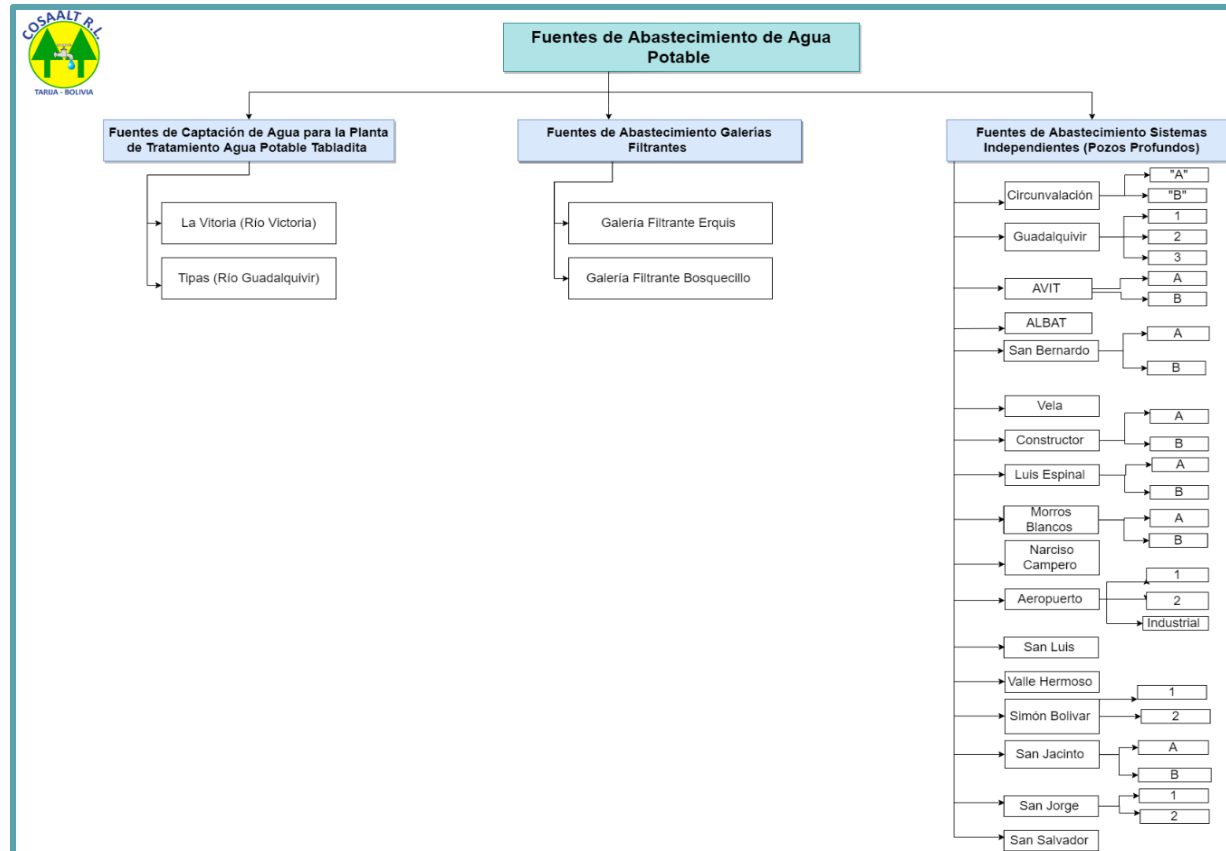
Figura 3-11 Esquema de instalaciones y conexiones de Pozos



Fuente: AAPS con datos de COSAALT R.L.

Para una mejor comprensión de los sistemas de agua potable a cargo del departamento de producción y tratamiento de COSAALT R.L. se detallará las fuentes de abastecimiento de agua potable en la figura III-10.

Figura 3-12 Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Para mayor información de los sistemas de bombeo y su ubicación ver el ANEXO 1.

3.6. Descripción de accesorios y componentes utilizados en los sistemas de bombeo de agua potable

3.6.1. Panel o Tablero Eléctrico



Los tableros eléctricos prácticamente son armazones metálicos que se utilizan para proteger a todos los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico, ya sea desde un circuito básico hasta los componentes de uno más complejo.

3.6.1.1. Principales componentes del panel o tablero eléctrico

Los componentes eléctricos y/o electrónicos se utilizan en los tableros para poder crear circuitos que son capaces de manejar los motores de las bombas.

En la tabla III-3 se observará los principales componentes del panel o tablero eléctrico utilizados para el correcto funcionamiento de electrobombas sumergibles y bombas centrifugas.

Cuadro III-3 Principales componentes del panel o tablero eléctrico

Componente	Imagen	Descripción
Arrancador suave		Un arrancador suave es un dispositivo electrónico que permite controlar el arranque y parada de motores trifásicos de inducción, ayudando a proteger el motor y contribuyendo al ahorro de energía.
Contactador		El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. Se utiliza para activar circuitos de potencia grandes.

<p>Relé Térmico</p>		<p>Dispositivo diseñado para proteger a un motor eléctrico frente a sobrecargas o calentamientos, su función es tanto detener el sistema como testarlo en busca de problemas.</p>
<p>Reloj programador trifásico</p>		<p>Es un dispositivo que nos permite programar el arranque el motor, siendo una pieza clave para el automatismo.</p>
<p>Interruptor termomagnético</p>		<p>La función a cumplir por este, es la de un interruptor manual, es un interruptor automático que se activa gracias a los cortocircuitos y también por sobre corrientes. Se encargan de supervisar corto circuito y sobre corrientes.</p>
<p>Indicadores y pulsadores</p>		<p>Sirven para ayudar a los operadores para activar o desactivar partes de los procesos, los indicadores se utilizan para tener una retroalimentación de las variables y punto importantes ya sea si están funcionando correctamente o existe algún problema.</p>
<p>Botones</p>		<p>Podemos encontrar de diferentes tamaños, colores y formas, pero su función principal es la de activar o desactivar actuadores como lo son bombas hidráulicas, motores.</p>

<p>Paros de emergencia</p>	 <p>A yellow rectangular emergency stop button with a red circular button in the center. The word 'EMERGENCY' is printed in black on the yellow background.</p>	<p>Este botón prácticamente solo tiene una función y por ende todos los botones de paro son parecidos en cuanto a su construcción física. Este solo tiene una función y es la de parar completamente cualquier tipo de proceso.</p>
<p>Selectores</p>	 <p>Two black selector switches. The one on the left has a black knob, and the one on the right has a green knob.</p>	<p>Estos más que ser botones son perillas que pueden tener varias posiciones y cada una de estas puede representar diferentes partes una posición se utiliza para hacer el ciclo de manera manual, con otra posición lo hacemos de forma automática</p>
<p>Pilotos</p>	 <p>Three pilot lights: one green, one red, and one yellow.</p>	<p>Son indicativos para saber en qué parte del proceso estamos, para saber si las variables controladas están en los valores adecuados</p>
<p>Diferenciales</p>	 <p>A white differential circuit breaker (RKN) with a red test button and a red handle. It has technical specifications and a CE mark printed on it.</p>	<p>Se encarga de monitorear la corriente de entrada contra la de salida y cuando este detecta una ligera caída se dispara ya que esto indica que en alguna parte se está fugando. Estas fugas pueden ser peligrosas ya que una persona podría morir electrocutada</p>

Termistores		<p>Son practicante sensores de temperatura que son colocados en las bobinas de los motores para monitorear los cambios que se puedan presentar, cuando estas bobinas alcanzan cierto grado de calor el termidor se dispara para proteger.</p>
Relé falta de Fase		<p>Es un dispositivo de protección muy utilizado en sistemas trifásicos. Su función es la de monitorear las líneas de alimentación trifásicas (L1 L2 L3 o R S T y Neutro) para detectar una desconexión o caída de tensión en alguna de ellas y señalar tal condición. La falta de alguna de las fases de alimentación es una condición de riesgo en la alimentación de cualquier tipo de cargas, especialmente de motores</p>
Borneras de conexión		<p>También se les conocen como clemas y son prácticamente son conectores eléctricos que aprisionan el cable a través de un tornillo, estas borneras se utilizan principalmente cuando los cables van a salir del tablero hacia un componente externo como puede ser un motor o cualquier actuador</p>

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>



con datos de COSAALT R.L.

3.6.1.2. Elementos del panel o tablero eléctrico

Los elementos del panel o tablero eléctrico son utilizados para resguardar los componentes eléctricos y que estos no se dañen.

En la tabla III-4 se muestra los elementos con los que cuentan los tableros eléctricos utilizados para resguardar los componentes eléctricos para un correcto funcionamiento de electrobombas sumergibles y bombas centrifugas.

Cuadro III-4 Elementos del panel de control o tablero eléctrico

Elemento	Imagen	Descripción
Gabinete		<p>Parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, es de metal.</p>
Rieles mecánicos		<p>Estos rieles sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema.</p>
Barras colectoras		<p>Estas barras son de un material conductor y se utilizan para suministrar la corriente eléctrica a los componentes del tablero, por lo regular se utilizan cuando se necesita de una gran cantidad de energía</p>
Canaletas		<p>Son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro.</p>

Cables		Se utilizan para realizar los circuitos entre los componentes eléctricos
--------	---	--

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>

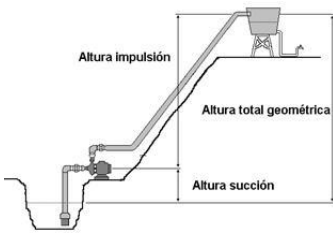

con datos de COSAALT R.L.






3.6.2. Elementos Hidráulicos para sistemas de bombeo de agua potable

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.



En la tabla III-5 se mostrará se muestra los elementos hidráulicos con los que debe contar un sistema o estación de bombeo para una toma de agua.

Cuadro III-5 Elementos hidráulicos para sistemas de bombeo

Elemento	Imagen	Descripción
Tubería de succión e impulsión		<p>Estas deben dimensionarse en función del caudal y longitud, para velocidades máx. de 1,5 m/seg. y mínimas pérdidas de carga. Las tuberías no deben ser soportadas por la bomba. Los diámetros de las bombas no indican el diámetro de las cañerías, estas siempre deben ser calculadas. Lo recomendable es usar cañerías de diámetro mayor a los de la bomba.</p>
		<p>Para el equipo de cloración en los sistemas de bombeo de agua potable se utiliza una bomba dosificadora de cloro que se encuentra en la caseta, y a través de</p>

Equipo de cloración		<p>una manguera especial para el transporte de cloro se conecta con una válvula de inyección que va conectada directamente a la tubería. Se debe cumplir con la norma NB 512, en el cual los niveles de cloro residual deben ir de 0,2 a 1,5.</p>
Válvula de retención vertical		<p>Se utiliza en tubería de pozos profundos para impedir que la electrobomba sumergible trabaje en vacío</p>
Válvula de retención		<p>También llamadas antirretorno estas cierran completamente el paso de un fluido en circulación al mismo tiempo que permiten el fluido libre en el lado contrario, en sistemas de bombeo se utilizan para impedir que la bomba trabaje en vacío.</p>
Válvula compuerta		<p>Se emplean para caudales rectilíneos o con una pequeña restricción de paso del fluido. Abren o cierran, al igual que lo hacen las válvulas de bola, y se emplean en abastecimiento de agua.</p>
Válvula ventosa		<p>Son dispositivos básicos para realizar el control de la presencia aire en las conducciones.</p>

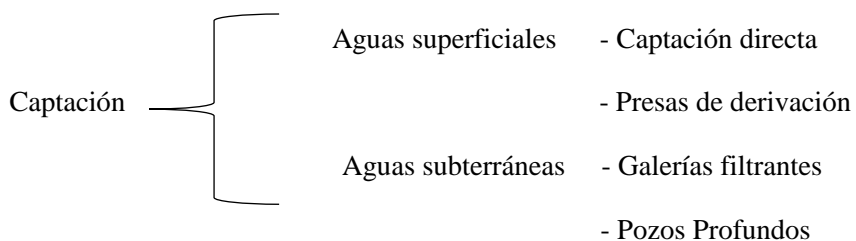
<p>Válvula de pie/ golpe de ariete</p>		<p>Funcionan de forma similar a la válvula de retención tipo bola, pero en uno de sus extremos es abierto permitiendo que el líquido fluya hacia adentro, sin embargo, se cierra rápidamente si el flujo cambia de dirección intentado salir de la línea, la válvula de pie cuenta con una pantalla "coloquialmente conocida como malla" que le sirve para evitar residuos dentro de la línea, dichos residuos deben ser retirados regularmente para evitar obstrucciones en la línea</p>
<p>Accesorios (codos, niples, cuplas, unión universal, te, bridas, etc.)</p>		<p>Los accesorios se utilizan para realizar las conexiones en los sistemas de bombeo</p>
<p>Tubos FG para instalación de bombas sumergibles</p>		<p>Estos tubos de 6m de alto se utilizan para alcanzar la profundidad de la electrobomba sumergible y permiten el paso de agua.</p>
<p>Tubería</p>		<p>La tubería permite que el agua sea impulsada a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red principal.</p>
<p>Tubería de sonda</p>		<p>Esta tubería de 3/4" que ayuda en el monitoreo de los pozos a través de los niveles estático y dinámico.</p>

Manómetro		Es un instrumento que nos permite medir la presión del fluido en circuitos cerrados.
Macromedidor		Son dispositivos que sirven para medir tanto el flujo (caudal) instantáneo de agua que circula a través de una tubería, como el total acumulado de agua que ha fluido durante un tiempo determinado. No contienen partes móviles o mecánicas que se desgasten o atasquen, no ofrecen restricción al paso del agua y las partes en contacto con el agua están aprobadas y certificadas para su uso en agua potable.

Fuente: <https://www.benoit.cl/Bombas2.htm> con datos de COSAALT R.L.

3.6.3. Equipos de bombeo

Los equipos de bombeo son utilizados para el abastecimiento de agua potable el cual pueden ser captadas de la siguiente manera:



En el cuadro III-6 se muestra cuáles son los equipos de bombeo utilizados por el departamento de producción de tratamiento de COSAALT R.L. para el abastecimiento de agua potable.

Cuadro III-6 Equipos de bombeo

Equipo	Imagen	Descripción
Bomba centrífuga		<p>Una bomba centrífuga es aquella que contiene uno o más impulsores giratorios que generan el movimiento de un fluido, principalmente debido a la acción de una fuerza centrífuga. La bomba rotatoria es la que contiene impulsores giratorios que forzan el líquido a través del desplazamiento positivo</p>
Motor		<p>Si a un generador de corriente alterna, en lugar de aplicarle energía mecánica a la flecha, se aplica un voltaje alterno a sus terminales, funciona como un motor cuya velocidad angular es siempre constante, independientemente de la carga que se le aplique. Un motor de este tipo recibe el nombre de motor síncrono.</p>
Bomba sumergible		<p>Una bomba sumergible funciona empujando, en lugar de extraer, líquido durante el proceso de bombeo. Esto es extremadamente eficiente porque la bomba utiliza la cabeza de líquido en la que está sumergida para funcionar y no se gasta energía en introducir el líquido en la bomba. Un efecto positivo de la bomba sumergida es que el motor se enfría con el líquido que lo rodea, evitando el sobrecalentamiento.</p>
Motor sumergible		<p>El motor sumergible es una parte fundamental de una bomba de agua sumergible. El motor sumergible es el encargado de mover los rodetes de la bomba sumergible para que ésta pueda succionar el agua que tiene a su alrededor e impulsarla verticalmente para poder salvar una altura.</p>

Fuente:

https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2_sistemas_de_agua_potable-1a_parte.pdf con datos de COSAALT R.L.

3.7. Descripción detallada del proceso de mantenimiento

3.7.1. Descripción del proceso de mantenimiento de tableros eléctricos

El proceso de mantenimiento a tableros eléctricos se describirá a continuación:

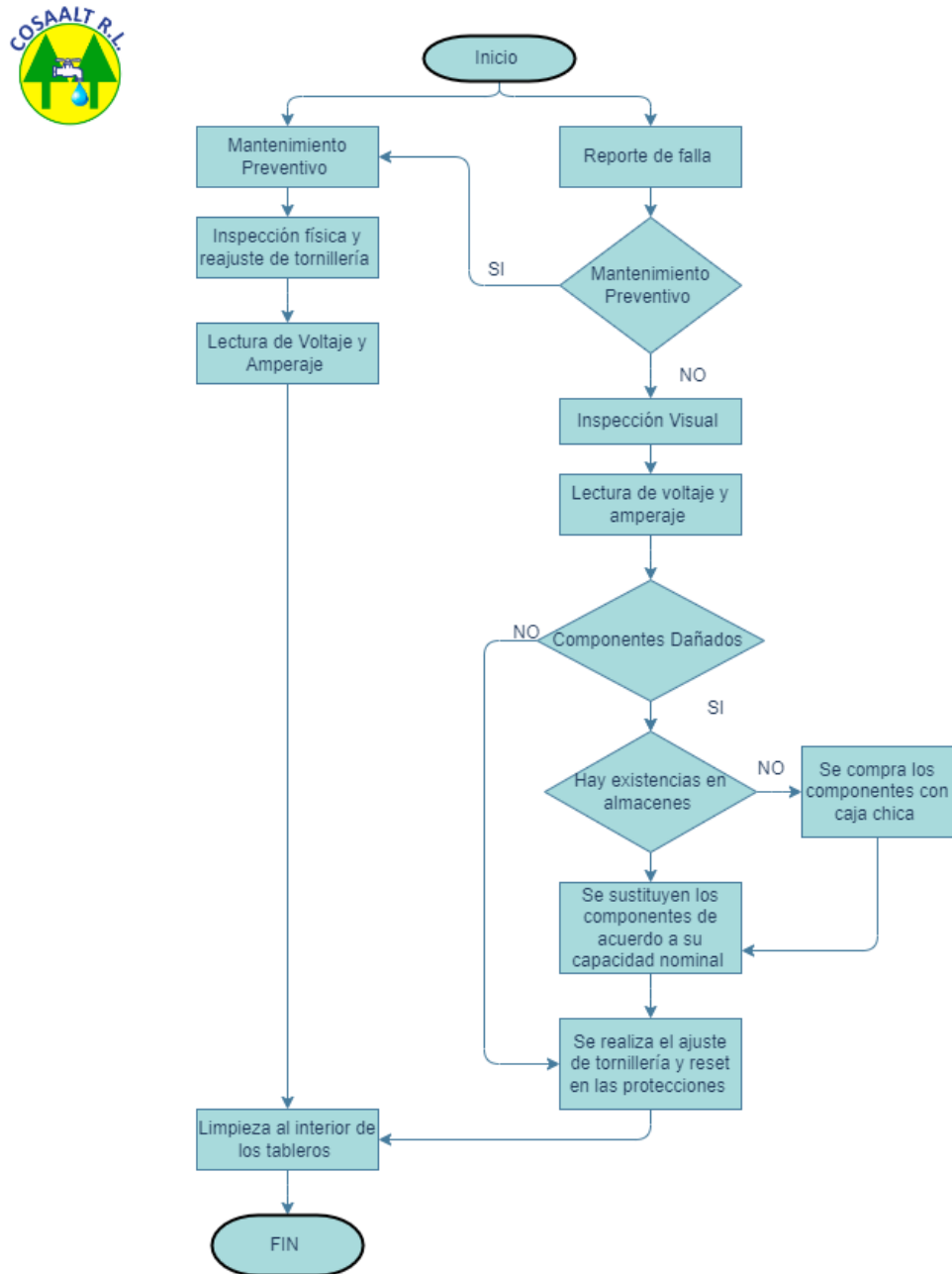
- **Reporte de falla:** El operador del sistema de bombeo de agua potable realiza el reporte de falla al jefe de departamento de producción y tratamiento.

El personal de mantenimiento se dirige al sistema de bombeo y verifica si la falla es producida en el tablero eléctrico o en el equipo de bombeo.

- **Mantenimiento Preventivo:** El equipo de mantenimiento verifica si el sistema está en mantenimiento preventivo o caso contrario cuando fue su último mantenimiento.
- **Inspección física y reajuste de tornillería:** El equipo de mantenimiento realiza una inspección física en el sistema y reajuste de tornillería del tablero eléctrico.
- **Inspección visual:** El equipo de mantenimiento realiza una inspección visual donde se podrá verificar si algún componente está dañado.
- **Lectura de voltaje y amperaje:** Para verificar que ningún componente está dañado se procede a medir el voltaje, amperaje y continuidad en los componentes del tablero eléctrico.
- **Componentes dañados:** Si ningún componente está dañado se procede a realizar el reajuste a tornillería, en cambio si algún componente si está dañado se procede a sustituirlo.
- **Hay existencia del componente en almacenes:** Si hay existencia del componente en almacenes se procede a sustituirlo caso contrario se procede a solicitar al jefe de departamento de producción y tratamiento caja chica para comprar el componente y sustituirlo.
- **Limpieza al interior de los tableros:** Una vez que se verifica que se solucionó la falla se procede a limpiar el tablero con una aspiradora para sacar el polvo acumulado.

En la figura III-11 se muestra la descripción del proceso de mantenimiento que se realiza a los tableros eléctricos.

Figura 3-13 Descripción del Proceso de mantenimiento de tableros eléctricos



Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

3.7.2. Descripción del proceso de mantenimiento de equipos de bombeo

El proceso de mantenimiento a equipos de bombeo se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador del sistema de bombeo de agua potable realiza el reporte de falla al jefe de departamento de producción y tratamiento.
- **Coordinación entre el jefe de producción y la división de mantenimiento:** El jefe del departamento de producción y tratamiento coordina con la división de mantenimiento, el personal que procederá a verificar la falla.
- **Verificación de la falla:** El personal de mantenimiento se dirige al sistema de bombeo y verifica si la falla es producida en el tablero eléctrico o en el equipo de bombeo.

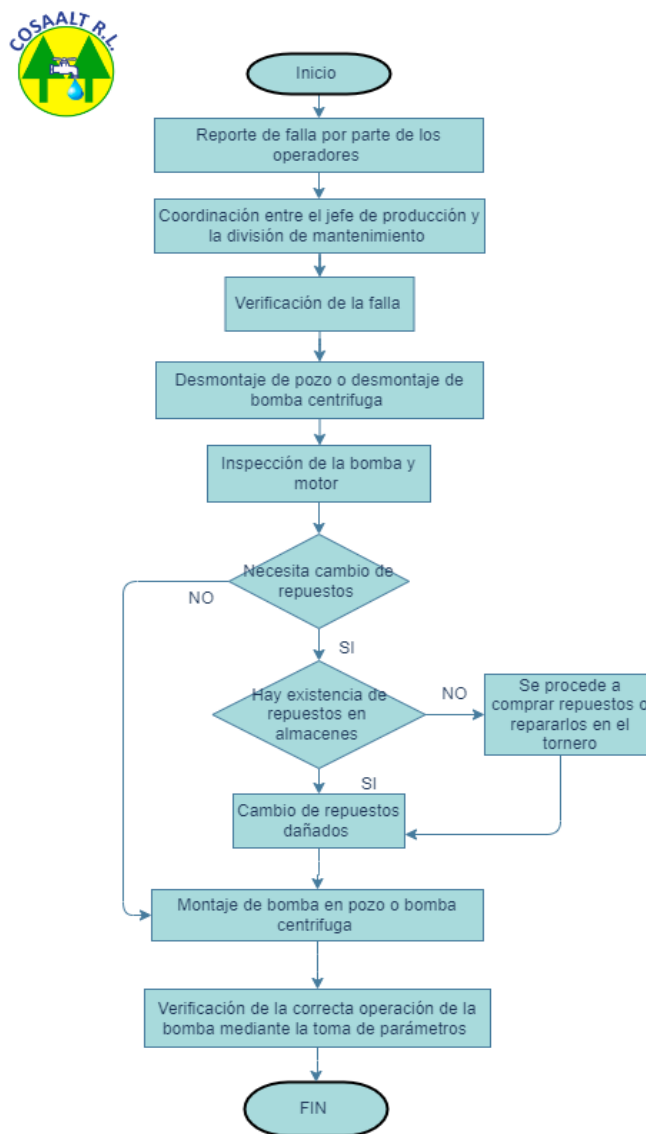
Una vez que el personal de mantenimiento verifica que la falla es producida por el equipo de bombeo procede a tomar la decisión si realizar la intervención o programarla para el siguiente día, esto depende si tienen los recursos necesarios para realizar la intervención ese día.

- **Desmontaje de pozo o desmontaje de bomba centrífuga:** Una vez que se programó la intervención se procede a realizar el desmontaje del pozo o de la bomba centrífuga.
- **Inspección de la bomba y del motor:** Una vez que se desmonto se procede a verificar en el caso de la bomba centrífuga si existe daños en el impulsor, en el caracol y motor, en el caso del pozo se verifica el daño que tiene la bomba sumergible o el motor sumergible.
- **Necesita cambios de repuestos:** En el caso que no necesite repuestos se procede al montaje del pozo o de la bomba centrífuga y en caso que si se necesiten repuestos se verifica si hay existencias en almacenes o se procede a reparar o fabricar los repuestos en el torno.
- **Cambio de repuestos dañados por nuevos o reparados:** Una vez que se tienen los repuestos se proceden a cambiarlos para después realizar el montaje
- **Montaje de pozo o bomba centrífuga:** Una vez que se tiene lo necesario para el montaje se procede a realizar el montaje del pozo o de la bomba centrífuga.

- **Verificación de la correcta operación de la bomba mediante la toma de parámetros:** En el caso del pozo se procede a medir nivel estático, dinámico y caudal de bombeo, en el caso de bomba centrífuga se mide altura de descarga y caudal de bombeo.

En la figura III-12 se muestra la descripción del proceso de mantenimiento a equipos de bombeo.

Figura 3-14 Descripción del Proceso de mantenimiento a equipos de bombeo



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

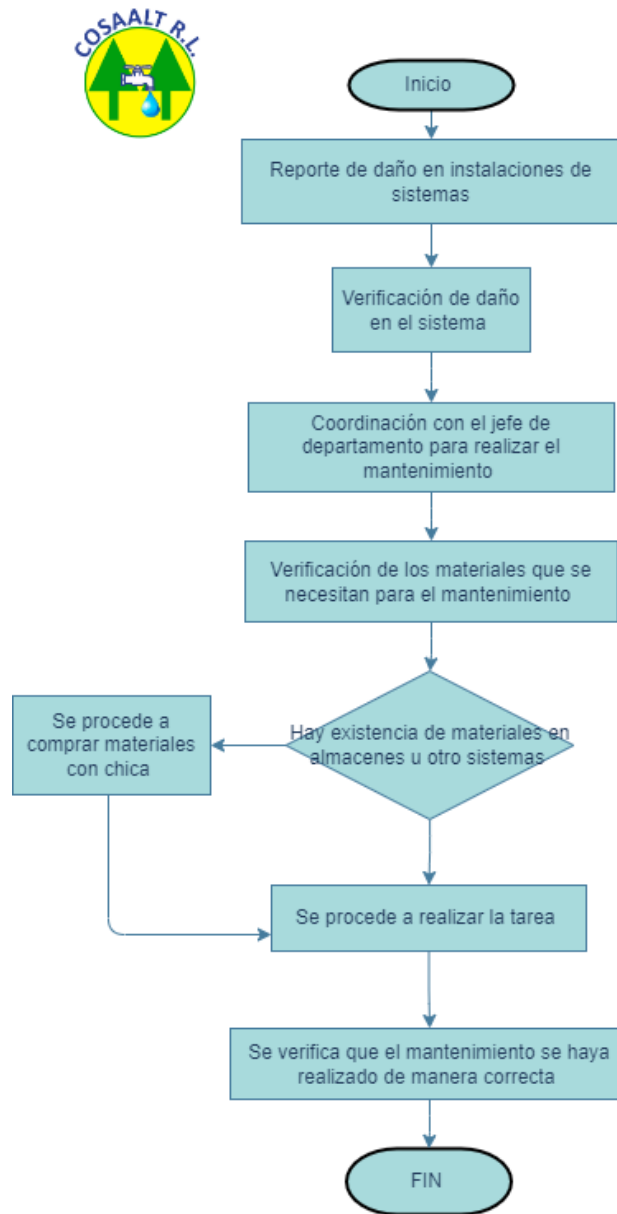
3.7.3. Descripción del proceso de mantenimiento de instalaciones de los sistemas de bombeo de agua potable

El proceso de mantenimiento a instalaciones se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador del sistema de bombeo de agua potable realiza el reporte de falla al jefe de departamento de producción y tratamiento.
- **Verificación del daño en el sistema:** El personal a cargo de mantenimiento se traslada al sistema de bombeo de agua potable para verificar el daño en las instalaciones.
- **Coordinación con el jefe del departamento para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe del departamento de producción y tratamiento para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Verificación de los materiales que se necesitan para el mantenimiento:** Una vez que se programó el trabajo el personal a cargo de mantenimiento procede a verificar los materiales que son necesarios para llevar a cabo el trabajo.
- **Verificación de existencias de materiales en almacenes u otros sistemas:** Se procede a verificar si hay existencias de los materiales en almacenes o en otro sistema de bombeo, caso contrario se procede a solicitar al jefe del departamento de producción y tratamiento caja chica para la compra de los materiales necesarios.
- **Se procede a realizar la tarea:** Una vez que se tienen los materiales necesarios se procede a realizar el trabajo de mantenimiento a instalaciones.
- **Se verifica que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe del departamento de producción y tratamiento verifica que el trabajo se realizó de manera correcta de acuerdo a indicaciones.

En la Figura III-13 se muestra cómo se realiza el mantenimiento de instalaciones de los sistemas de agua potable de COSAALT R.L.

Figura 3-15 Descripción del Proceso de mantenimiento de instalaciones

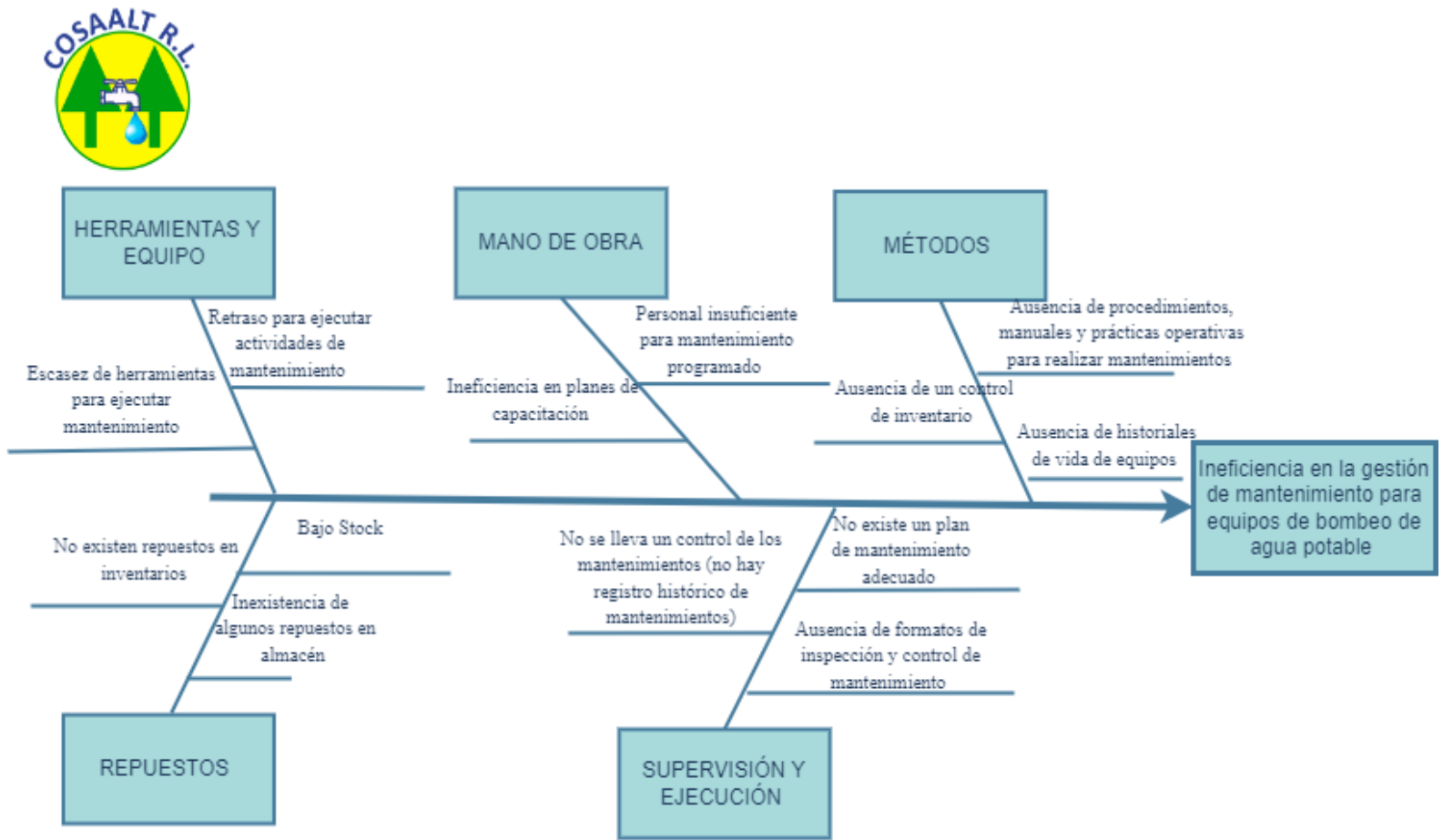


Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

3.8. Identificación de Causas potenciales a problemas de mantenimiento

En la figura III-14 se puede observar cuáles son las principales causas de una ineficiente gestión de mantenimiento y cuáles son los efectos que provocan, para posteriormente buscar soluciones a esas causas y mejorar la gestión de mantenimiento.

Figura 3-16 Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

3.9. Identificación de actividades Críticas en el proceso de mantenimiento mediante el Diagrama de Pareto

3.9.1. Identificación de Actividades críticas en equipos de bombeo

Se procederá a identificar cuáles son aquellas actividades críticas que proporcionan mayor inconveniente en los equipos de bombeo para así tomar acciones correctivas que permitan reducir fallas en líneas críticas, además de reorganizar el equipo humano.

Es importante destacar que la empresa no lleva un registro de fallas con que pueda manejar un orden exacto de las misma, por lo tanto, este diagrama fue elaborado con datos aproximados generados por los trabajadores y basados en su experiencia dentro de la empresa, tomando en cuenta el análisis de actividades críticas anualmente.

En el cuadro III-7 se muestra el análisis de modo de fallo en equipos de bombeo.

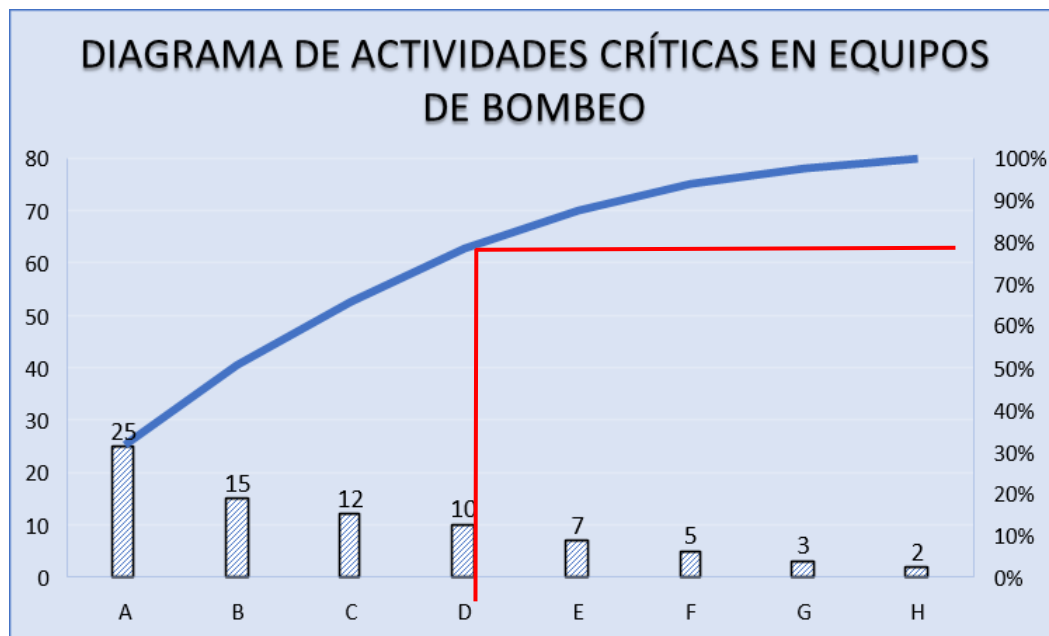
Cuadro III-7 Identificación actividades críticas equipos de bombeo

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO				
Factor	Actividades Críticas	Frecuencia	% Acumulado	Acumulado
A	Inspección y control de actividades de mantenimiento	25	31,6	31,6
B	Inexistencia de repuestos en almacén	15	19,0	50,6
C	Inexistencia de programa de mantenimiento	12	15,2	65,8
D	Inexistencia de especificaciones técnicas de equipos de bombeo	10	12,7	78,5
E	Inexistencia de historial de fallo en equipos	7	8,9	87,3
F	Ausencia de inventario	5	6,3	93,7
G	Ausencia de capacitaciones	3	3,8	97,5
H	Inadecuada evaluación del trabajo	2	2,5	100,0
	Total	79	100,0	

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

En la figura III-15 se muestra el diagrama de Pareto de las actividades críticas en el mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable en COSAALT R.L.

Figura 3-17 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas en Equipos de Bombeo



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

En el diagrama de Pareto anterior puede observarse como dos tipos de actividades comprenden el 50,6 % de las actividades críticas dentro de mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable: Inspección y control de actividades de mantenimiento (31,6%) e Inexistencia de repuestos en almacén (19,0%).

3.9.1.1. Identificación de actividades críticas en bombas centrífugas

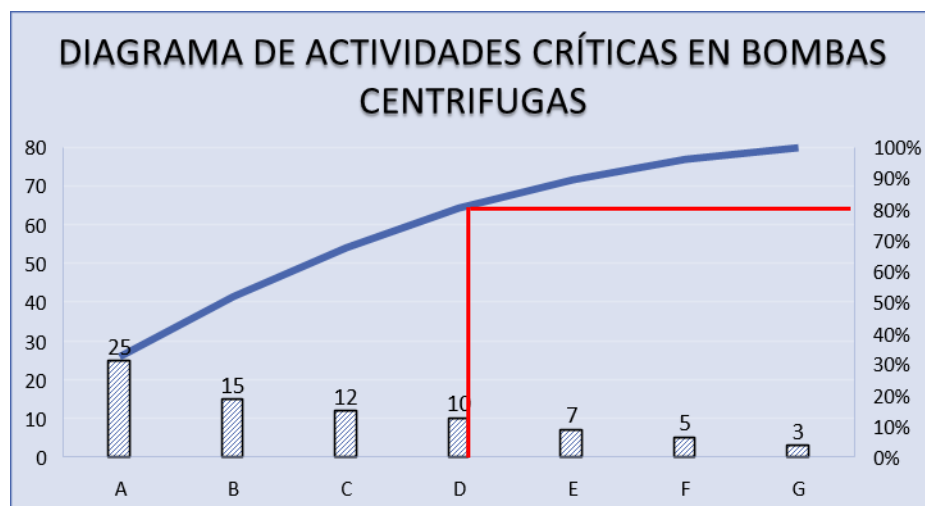
En el cuadro III-8 se muestra el análisis de modo de fallo en bombas centrífugas permitiendo observar cuáles son sus actividades críticas.

Cuadro III-8 Identificación de actividades críticas en bombas centrífugas

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO				
Factor	Actividades Críticas	Frecuencia	% Acumulado	Acumulado
A	Cavitación	18	21,2	21,2
B	Rodamientos Gastados	16	18,8	40,0
C	Fuga (ajuste de pita grafitada)	14	16,5	56,5
D	Desalineado	13	15,3	71,8
E	Vibración	10	11,8	83,5
F	Eje desalineado	8	9,4	92,9
G	Pérdida de cebado	6	7,1	100,0
	Total	85	100,0	

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

En la figura III-16 se muestra el diagrama de Pareto de las actividades críticas en bombas centrífugas.

Figura 3-18 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas de Bombas Centrífugas

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

En el diagrama de Pareto anterior puede observarse como tres tipos de actividades comprenden el 56,5 % de las actividades críticas dentro de fallas en bombas centrífugas: Cavitación (21,2%), Rodamientos Gastados (18,8%) y fuga (ajuste de pita grafitada) (16,5%).

3.9.1.2. Identificación de actividades críticas en bombas sumergibles

En el cuadro III-9 se muestra el análisis de modo de fallo en bombas centrífugas permitiendo observar cuáles son sus actividades críticas.

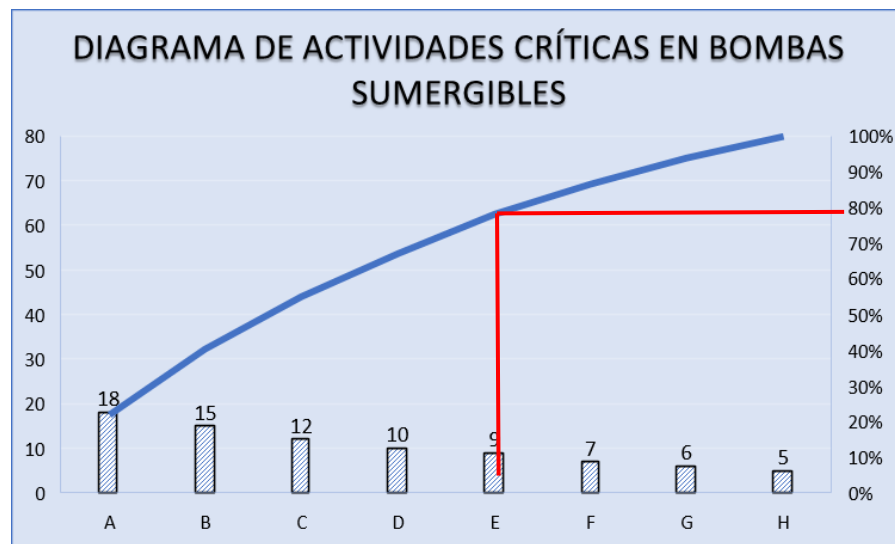
Cuadro III-9 Identificación de actividades críticas en bombas sumergibles

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO				
Factor	Actividades Críticas	Frecuencia	% Acumulado	Acumulado
A	Daño en los impulsores	18	22,0	22,0
B	Sobrecarga	15	18,3	40,2
C	Bomba con aire	12	14,6	54,9
D	Eje dañado	10	12,2	67,1
E	Voltaje bajo	9	11,0	78,0
F	Bomba bloqueada con abrasivos (arena)	7	8,5	86,6
G	Golpe de ariete	6	7,3	93,9
H	Conexiones flojas	5	6,1	100,0
	Total	82	100,0	

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

En la figura III-17 se muestra el diagrama de Pareto de las actividades críticas en bombas sumergibles.

Figura 3-19 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas en Bombas Sumergibles



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

En el diagrama de Pareto anterior puede observarse cuatro tipos de actividades comprenden el 67,1 % de las actividades críticas dentro de fallas en bombas centrífugas: Daños en impulsores (21,2%), Sobrecarga (18,3%), Bomba con aire (14,6) y eje dañado (12,2%).

3.10. Identificación de actividades Críticas en el proceso de mantenimiento mediante la Matriz de Criticidad

Esta matriz nos permitirá saber si las fallas son críticas (que requieren intervención inmediata), medianamente críticas o no son críticas, pero requieren seguimiento, para los cálculos en este asumiremos que el costo de mantenimiento es 1.

3.10.1. Identificación de Actividades críticas mediante Matriz de Criticidad en equipos de bombeo

Es importante destacar que la empresa no lleva un registro de fallas con que pueda manejar un orden exacto de las misma, por lo tanto, esta matriz fue elaborado con datos aproximados generados por los trabajadores y basados en su experiencia dentro de la empresa.

Cuadro III-10 Identificación actividades críticas para matriz de criticidad Equipos de bombeo

Fallas	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costo Mtt.	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad	Criticidad Equipos Bombeo
Inspección y control de actividades de mantenimiento (ICM)	25	9	4	1	10	47	1100	Alta
Inexistencia de repuestos en almacén (IRA)	15	9	3	1	7	35	525	Alta
Inexistencia de programa de mantenimiento (IPM)	12	8	3	1	7	32	384	Alta
Inexistencia de especificaciones técnicas de equipos de bombeo (IEE)	10	5	2	1	5	16	160	Mediana
Inexistencia de historial de fallo en equipos (IHF)	7	4	3	1	7	20	140	Mediana
Ausencia de inventario (AI)	5	3	2	1	5	12	60	Mediana
Ausencia de capacitaciones (AC)	3	3	2	1	4	11	33	Baja
Inadecuada evaluación del trabajo (IET)	2	2	1	1	3	6	12	Baja

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

En la matriz de Criticidad anterior puede observarse como dos tipos de actividades críticas en los equipos de bombeo son Inspección y Control de mantenimiento, Inexistencia de repuestos en almacén e Inexistencia de Programa de Mantenimiento, por lo cual se aplicará estrategias necesarias para poder tratar estas actividades críticas.

3.10.2. Identificación de actividades críticas mediante matriz de Criticidad en bombas centrifugas

En el cuadro III-11 se muestra la identificación de actividades críticas en bombas centrifugas.

Cuadro III-11 Identificación de actividades críticas para matriz de criticidad en bombas centrifugas

Fallas	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costo Mtt.	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad	Criticidad Bombas Centrifugas
Cavitación (C)	18	10	4	1	10	51	846	Alta
Rodamientos Gastados (RG)	16	9	3	1	5	35	560	Alta
Fuga (ajuste de pita grafitada) (F)	14	6	3	1	4	32	448	Alta
Desalineado (D)	13	6	2	1	3	16	208	Mediana

Vibración (V)	10	3	3	1	3	20	200	Mediana
Eje desalineado (ED)	8	2	2	1	2	12	96	Mediana
Pérdida de cebado (PC)	6	1	2	1	1	11	66	Baja

Fuente: Elaboración Propia con Datos de COSAALT R.L

En la matriz de Criticidad anterior puede observarse como dos tipos de actividades críticas en Bombas Centrifugas son Cavitación, Rodamientos gastados y Fuga (ajuste de pita grafitada) y se aplicara estrategias para reducir la frecuencia de estas actividades.

3.10.3. Identificación de actividades críticas mediante matriz de Criticidad en bombas Sumergibles

En el cuadro III-12 se muestra la identificación de actividades críticas en bombas Sumergibles.

Cuadro III-12 Identificación de actividades críticas para matriz de Criticidad en Bombas Sumergibles

Fallas	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costo Mtt.	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad	Criticidad Bombas Sumergibles
Daño en los impulsores (DI)	18	10	4	1	10	51	918	Alta
Sobrecarga (S)	15	10	4	1	5	45	675	Alta
Bomba con aire (BA)	12	8	3	1	3	28	336	Alta
Eje dañado (ED)	10	6	3	1	3	22	220	Mediana
Voltaje bajo (VB)	9	3	3	1	2	12	108	Mediana
Bomba bloqueada con abrasivos (arena) (BB)	7	3	1	1	2	7	49	Baja
Golpe de ariete (GA)	6	2	1	1	1	4	24	Baja
Conexiones flojas (CF)	5	1	1	1	1	3	15	Baja

Fuente: Elaboración Propia

En la matriz de Criticidad anterior puede observarse como las actividades críticas en Bombas Sumergibles son: Daño en Impulsores, Sobrecarga y Bomba con aire.

3.11. Diagnóstico de evaluación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en base a NTC ISO 9001

Para diagnosticar el estado de la información documentada en la empresa, primero se deben establecer los requisitos enunciados en los capítulos del 4 al 10 de la norma NTC ISO 9001:2015. En el cuadro III-13 se presenta la información documentada con la que un sistema de gestión debe contar, para el proceso de mantenimiento de acuerdo a los capítulos de la norma, esto nos va permitir realizar el diagnóstico de lo que se tiene y lo que hace falta para dar cumplimiento a la norma.

Cuadro III-13 Requisitos de la información documentada según NTC ISO 9001:2015

Requisitos NTC ISO 9001:2015 Información documentada necesaria		Requisitos NTC ISO 9001:2015 Información documentada necesaria
4	Contexto de la organización	
4.1	Compresión de la organización y su contexto	Identificación de requisitos de las partes interesadas, Alcance los procesos, mapa de procesos, interacción entre procesos
4.2	Compresión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	
4.3	Determinación del alcance del sistema de gestión	
4.4	Sistema de gestión y sus procesos	
5	Liderazgo	
5.1	Liderazgo y Compromiso	Documentados los objetivos y política de la empresa. Definidos los perfiles de cargo, establecer roles y responsabilidades.
5.2	Política	
5.3	Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	
6	Planificación	
6.1	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	

6.2	Objetivos de mantenimiento y planificación para lograrlos	Plan del proceso de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos, identificación de riesgos y oportunidades
6.3	Planificación de los cambios	
7	Apoyo	
7.1	Recursos	Registros de calibración de equipos. Registros de actualización y mantenimiento de software utilizado. Perfiles de cargo con las responsabilidades definidas, certificaciones laborales, registro de logros alcanzados
7.2	Competencia	
7.3	Toma de conciencia	
7.4	Comunicación	
7.5	Información documentada	
8	Operación	
8.1	Planificación y control operacional	Contratos y cotizaciones, fichas técnicas de repuestos, información de control de cambios realizados a las cotizaciones, cronogramas de actividades de los proyectos de mantenimiento, resultado de revisiones, planos aprobados, procedimientos de mantenimiento de equipos, registros de liberación de repuestos, registro de no conformidades
8.2	Requisitos para los repuestos	
8.3	Desarrollo de procesos	
8.4	Control de los procesos	
8.5	Producción y provisión del servicio	
8.6	Liberación de los productos y servicios	
8.7	Control de las salidas no conformes	
9	Evaluación del Desempeño	
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	Encuestas, informes de auditoría, indicadores del proceso. evaluaciones de desempeño de personal
9.2	Auditoria interna	
9.3	Revisión por la dirección	
10	Mejora continua	
10.1	Generalidades	Formato de respuesta a no conformidades
10.2	No conformidad y acción correctiva	
10.3	Mejora continua	

Fuente: NTC ISO 9001

Una vez identificada la información documentada en que según la norma NTC ISO 9001:2015 debe estar presente en el sistema de gestión, se procede identificar cuales numerales son aplicables o se encuentran completos dentro del proceso de mantenimiento de la empresa. En el cuadro III-14 se presenta la información documentada con la que el proceso de mantenimiento debe cumplir de acuerdo con la aplicabilidad de los requisitos de los capítulos de la norma NTC ISO 9001:2015.

Cuadro III-14 Requisitos de la información documentada para el proceso de mantenimiento según NTC ISO 9001:2015

Capitulo	Aplica	Completa	Incompleta	Que hace falta
4	Contexto de la organización			
4.1	SI	×		N/A
4.2	SI		×	N/A
4.3	SI		×	Caracterización del proceso de mantenimiento donde se determine el alcance de este de acuerdo al sistema de gestión.
4.4	SI		×	Falta un mapa de procesos, la interacción entre el proceso de mantenimiento con los otros procesos y las entradas y salidas pertinentes a este. No se manejan los riesgos y oportunidades, no hay sistema de seguimiento y medición.
5	Liderazgo			
5.1	SI	×		N/A

5.2	Política	SI		✘	Se debe definir una política que se relacione con el contexto de la organización y los objetivos del sistema de gestión.
5.3	Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	SI	✘		N/A
6	Planificación				
6.1	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	SI		✘	Plan del proceso de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos, identificación de riesgos y oportunidades
6.2	Objetivos y planificación para lograrlos	SI		✘	Definir el objetivo del proceso de mantenimiento y el plan del desarrollo
6.3	Planificación de los cambios	SI		✘	No se cuenta con plan de los cambios en el sistema de gestión.
7	Apoyo				
7.1	Recursos	SI		✘	No se cuentan con indicadores de gestión para el proceso de mantenimiento que permitan evaluar la eficacia del proceso.
7.2	Competencia	SI	✘		N/A
7.3	Toma de conciencia	SI		✘	No se cuenta con la política definida ni los objetivos del sistema de gestión.
7.4	Comunicación	SI	✘		N/A
7.5	Información documentada	SI		✘	Falta información documentada del

					proceso de mantenimiento
8	Operación				
8.1	Planificación y control operacional	SI		×	Falta registros de control para la aceptación o devolución de repuestos, procedimientos estandarizados para la ejecución del mantenimiento.
8.2.	Requisitos para repuestos	SI	×		N/A
8.3	Desarrollo de procesos	SI		×	Procedimientos en del proceso de mantenimiento para planificar las acciones a tomar
8.4	Control de los procesos	SI		×	Faltan aplicar controles como registros o evidencias fotográficas que permitan verificar que las actividades de mantenimiento se realizaron de manera adecuada.
8.5	Producción y provisión del servicio	SI		×	Faltan sistemas de seguimiento
8.6	Liberación de los productos y servicios	NO		×	N/A
8.7	Control de las salidas no conformes	SI	×		N/A
9	Evaluación del Desempeño				
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	SI		×	Creación de indicadores de proceso son algunas herramientas para el apoyo del seguimiento

					del proceso de mantenimiento
9.2	Auditoria interna	SI		✘	No se cuenta con programas de auditorias
9.3	Revisión por la dirección	SI	✘		N/A
10	Mejora Continúa				
10.1	Generalidades	SI		✘	Formato de respuesta a no conformidades, plan de acción para la mejora continua
10.2	No conformidad y acción correctiva				
10.3	Mejora continua				

Fuente: NTC ISO 9001

Una vez identificada la información documentada tanto obligatoria como la que se ha determinado como necesaria de acuerdo a los requisitos de la norma NTC ISO 9001:2015 para el proceso de mantenimiento, se procedió a verificar con cual de esta información la empresa de servicios COSAALT R.L. cuenta actualmente a través de una lista de chequeo y de acuerdo al alcance del proyecto. Esto con el fin de estructurar toda aquella información documentada que es requisito dentro de la norma y que el proceso de mantenimiento no la ha establecido para su eficacia y lograr una mejora continua.

En el Cuadro III-15 se presenta una lista de chequeo del estado de la información documentación de acuerdo a las actividades que se realizan en el proceso de mantenimiento.

Cuadro III-15 Lista de chequeo procesos de mantenimiento

Documentación	PHVA	Nivel de la documentación	Aplica		Estado		
			Si	No	Completo	Parcial	No existe
Procedimientos para realización de actividades en el	H		✘				✘

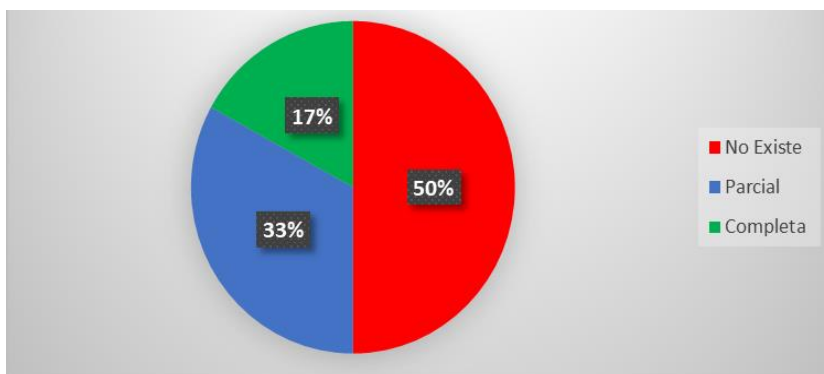
proceso de mantenimiento							
Perfiles de cargo de los puestos de trabajo en el proceso de mantenimiento	P		×		×		
Mapa de procesos	P		×				×
Interacción del proceso de mantenimiento	P		×			×	
Identificación de riesgos y oportunidades	P		×			×	
Caracterización del proceso de mantenimiento	P		×				×
Formatos necesarios para la eficacia del proceso de mantenimiento	V		×				×
Contratos y cotizaciones de servicio prestado a clientes (requerimiento de cliente)	V			×			
Certificados de calibración de equipos	H		×		×		
Hojas de vida y capacitaciones de personal	H		×			×	
Procedimiento de devolución de repuestos no conformes	H		×			×	
Informes de auditoria	V		×				×
Acciones correctivas o de mejora	A		×				×

Fuente: NTC ISO 9001

En la figura III-18 se observa que la empresa únicamente cuenta con un 17% de información documentada requerida (“completa”), y que el 83% restante está dividida

en incompleta o no esta creada en la organización, esta falta de información es la que lleva a que el sistema de gestión de mantenimiento evidencie una falta de control en la actividades que se realizan, que no se puedan detectar fallas, no se identifican riesgos y oportunidades, se generan reproceso y hasta que surjan inconformidades con la prestación del servicio.

Figura 3-20 Estado de la Información documentada de acuerdo a la NTC ISO 9001



Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L. y NTC ISO 9001

3.12. Diagnóstico de evaluación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en base a NB 12017

Para diagnosticar el estado de la información documentada en la empresa, primero se deben establecer los requisitos enunciados en los capítulos del 6 al 8 de la NB 12017. En el cuadro III-16 se presenta la información documentada con la que un sistema de gestión de mantenimiento debe contar.

Cuadro III-16 Requisitos Información documentada según NB 12017

Requisitos NB 12017 Información documentada necesaria		Requisitos NB 12017 Información documentada necesaria
6	Requisitos del SGM	
6.1	Compresión de la organización y su contexto	Documentos relacionados a la empresa, donde se pueda observar los cargos, roles y responsabilidades definidos.
6.2	Alta dirección	

6.3	Planeación	Establecer, implementar y mantener los manuales actualizado, en el cual se pueda observar el plan de mantenimiento de acuerdo a objetivos planteados.
6.4	Recursos Humanos	Sistema documentado de calificación, competencia, experiencia y capacitación.
6.5	Cliente	
6.6	Prestación de Servicios	
6.7	Ejecución	Proceso operativo de mantenimiento, fichas técnicas de repuestos, información de control de cambios realizados, cronogramas de actividades de los proyectos de mantenimiento, resultado de revisiones, planos aprobados, procedimientos de mantenimiento de equipos, registros de liberación de repuestos, registro de no conformidades, para el óptimo desempeño de las labores de mantenimiento.
7	Control y Retroalimentación	
7.1	Control de Operaciones	Control Operacional y retroalimentación, el cual debe estar documentado a través de procedimientos y registros.
7.2	Incidentes, No conformidades, acciones correctivas y preventivas	Formato de no conformidades y de acciones correctivas y preventivas
7.3	Indicadores	Medibles y de fácil manejo e interpretación
7.4	Auditorías Internas	Encuestas, informes de auditoría, indicadores del proceso. evaluaciones de desempeño de personal
8	Mejora continua	
8.1.	Generalidades	La eficacia del SGM debe mejorarse continuamente
8.2.	Mejora continua	

Fuente: NB 12017

Una vez identificada la información documentada en que según la norma NB 12017 debe estar presente en el sistema de gestión de mantenimiento, se procede identificar cuales numerales son aplicables o se encuentran completos dentro del proceso de mantenimiento de la empresa. En el cuadro III-17 se presenta la información

documentada con la que el proceso de mantenimiento debe cumplir de acuerdo con la aplicabilidad de los requisitos de los capítulos de la norma NB 12017.

Cuadro III-17 Requisitos de la información documentada para el sistema de gestión de mantenimiento según NB 12017

Capítulo	Aplica	Completa	Incompleta	Que hace falta	
6	Requisitos SGM				
6.1.	Requisitos Generales	SI	×		N/A
6.2.	Requisitos de la Alta dirección	SI		×	Se debe definir una política que se relacione con el contexto de la organización y los objetivos del sistema de gestión.
6.3.	Requisitos de la Planeación	SI		×	Plan del proceso de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos, identificación de riesgos y oportunidades
6.4	Requisitos de lo recursos humanos	SI		×	Se debe contar con documentación de calificación, competencia, experiencia y capacitación del personal.
6.5.	Requisitos del cliente	SI	×		N/A
6.6.	Requisitos de la prestación de servicios	NO		×	N/A
6.7.	Requisitos de la ejecución	SI		×	No se cuenta con el manual de mantenimiento donde se detalla el proceso operativo del mantenimiento y todo documento técnico para

					el óptimo desempeño de las labores de mantenimiento.
7	Control y Retroalimentación				
7.1	Control de operaciones	SI		✘	Falta registros de control para la aceptación o devolución de repuestos, procedimientos estandarizados para la ejecución del mantenimiento.
7.2.	Incidentes, No conformidades, acciones correctivas y preventivas	SI		✘	Se debe establecer, implementar y mantener continuamente los procedimientos para analizar y registrar incidentes, no conformidades y acciones preventivas y correctivas.
7.3	Indicadores	SI		✘	Se debe evaluar el estado del SGM a través de los indicadores de gestión
7.4	Auditorías Internas	SI		✘	No se cuenta con programas de auditorias
8	Mejora Continúa				
8.1.	Generalidades	SI		✘	Formato de respuesta a no conformidades, plan de acción para la mejora continua
8.2.	Mejora continua				

Fuente: NB 12017

Una vez identificada la información documentada tanto obligatoria como la que se ha determinado como necesaria de acuerdo a los requisitos de la norma NB 12017 para el sistema de gestión de mantenimiento, se procedió a verificar con cual de esta información la empresa de servicios COSAALT R.L. cuenta actualmente a través de una lista de chequeo y de acuerdo al alcance del proyecto. Esto con el fin de estructurar toda aquella información documentada que es requisito dentro de la norma y que el

proceso de mantenimiento no la ha establecido para su eficacia y lograr una mejora continua.

En el Cuadro III-18 se presenta una lista de chequeo del estado de la información documentación de acuerdo al sistema de gestión de mantenimiento.

Cuadro III-18 Lista de chequeo de sistema de gestión de mantenimiento

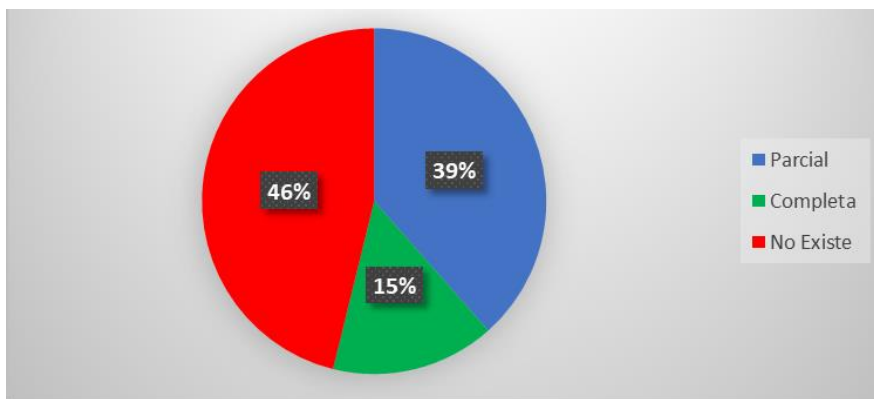
Documentación	PHVA	Nivel de la documentación	Aplica		Estado		
			Si	No	Completo	Parcial	No existe
Manual de procedimientos	H		✗				✗
Manuales de funciones	P		✗		✗		
Hojas técnicas, carpetas y registros de mantenimiento	P		✗				✗
Interacción del proceso de mantenimiento	P		✗			✗	
Mantenimiento y mejora continua de un sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional e higiene	P		✗			✗	
Caracterización del proceso de mantenimiento	P		✗				✗
Formatos necesarios para la eficacia del proceso de mantenimiento	V		✗				✗
Contratos y cotizaciones de servicio prestado a clientes (requerimiento de cliente)	V			✗			
Certificados de calibración de equipos	H		✗		✗		

Metodología de Inspección rutinaria o programa de mantenimiento	H		×			×	
Hojas de vida y capacitaciones de personal	H		×			×	
Procedimiento de devolución de repuestos no conformes	H		×			×	
Informes de auditoria	V		×				×
Acciones correctivas o de mejora	A		×				×

Fuente: NB 12017

En la figura III-19 se observa que la empresa únicamente cuenta con un 15% de información documentada requerida (“completa”), y que el 85% restante está dividida en incompleta o no esta creada en la organización, esta falta de información es la que lleva a que el sistema de gestión de mantenimiento evidencie una falta de control en la actividades que se realizan, que no se puedan detectar fallas, no se identifican riesgos y oportunidades, se generan reproceso y hasta que surjan inconformidades con la prestación del servicio.

Figura 3-21 Estado de la Información documentada del SGM en COSAALT R.L. en base a NB 12017



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L. y NB 1201

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE

MANTENIMIENTO

4.1. Introducción

En la fase de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento es muy importante para resultado favorable en la implementación y mejora del SGM. Esta fase nos permite definir la estructura del Sistema de Gestión de Mantenimiento de acuerdo con los requisitos que establece la norma NB 12017 también basándonos en los principios de la gestión de la calidad, el enfoque basado en procesos, el ciclo PHVA y el pensamiento basado en riesgos.

Las actividades que se realizarán durante el diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento permiten establecer la política de mantenimiento, los objetivos de mantenimiento que deben ser coherentes con la política, los riesgos y oportunidades que se deben tomar en cuenta y los indicadores para el seguimiento y medición.

La información documentada que se genere está en función del proceso de mantenimiento y con el fin de demostrar planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora continua del Sistema de Gestión de Mantenimiento para el departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L.

Es importante que para la etapa de diseño del SGM la alta dirección debe estar completamente involucrada y comprometida, es por esta razón que se conformará un comité de mantenimiento que debe asegurar que se desarrolla eficazmente el diseño de Sistema de Gestión de Mantenimiento y verificar su posterior implementación, mantenimiento y mejora, también se conformará el equipo de mantenimiento que se encargará de elaborar el diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

4.2. Comisión de Mantenimiento

La NB 12017 establece que la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al Sistema de Gestión de Mantenimiento ya no se utiliza el término “representante de la dirección”, sino que se deben asignar roles, responsabilidades, así como autoridades en la organización, es por eso que miembros de la alta dirección forman parte de la comisión de mantenimiento para seguir de manera directa el proceso del Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

La estructura de la comisión de mantenimiento es de carácter transitorio y tendrá bajo su responsabilidad el Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento y está conformado por miembros de la alta dirección los cuales son:

- Gerente General
- Jefe del Departamento de Producción y Tratamiento
- Coordinador del SGM

Las responsabilidades de la comisión de mantenimiento son las siguientes:

- Aportar con conocimiento acerca del proceso de producción y administración de la organización mediante una inducción minuciosa y detallada.
- Identificar todos los procesos que actúan en el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa a través de un diagrama de flujo.
- Identificar los riesgos y oportunidades asociados.
- Apoyar en la determinación de los indicadores de desempeño con apoyo de la información.
- Elaborar y verificar la información documentada necesaria para el Sistema de Gestión de Mantenimiento, esto lo realizará cada jefe de proceso.
- Realizar las auditorías internas para verificar el cumplimiento de los requisitos del Sistema de Gestión de Mantenimiento según el procedimiento de auditorías internas.

4.3. Sistema de Gestión de Mantenimiento

En los siguientes apartados del presente capítulo se describen las actividades realizadas y métodos utilizados durante la etapa de Diseño de Gestión de Mantenimiento para equipos de bombeo e instalaciones del departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L. y se explica cómo la empresa cumple con los requisitos que establece la NB 12017.

En el presente proyecto hace referencia a la información documentada que se elaboró para el Sistema de Gestión de Mantenimiento para equipos de bombeo e instalaciones

del departamento de Producción y Tratamiento, tomando como principal referencia al **MANUAL DE MANTENIMIENTO (PI-SGM-MAN-01)** (VER ANEXO 2)

4.4. Sección 4 Contexto de la Organización

4.4.1. Temas internos y externos relevantes al SGM

Se determinaron cuales temas internos y externos que son relevantes al SGM y que pueden afectar los resultados, desempeño del SGM del departamento de producción y tratamiento de COSAALT R.L., el cual se muestra en la Tabla IV-1.

Cuadro IV-1 Temas internos y externos relevantes para el SGM

Temas internos	Situación financiera de COSAALT
	Capacitación del personal
	Falta de conciencia de los trabajadores
	Intromisión del sindicato en aspectos administrativos
	Gestión de almacenes
	Formatos de control e inspección de mantenimiento
Temas externos	Esclarecimiento de responsabilidades en la prestación del servicio
	Precios y disposición de repuestos
	Uso ineficiente del agua.

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

4.4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

El siguiente paso para el diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento es la de establecer la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas pertinentes al sistema de gestión de mantenimiento, entendiendo como parte interesada “Persona u organización que puede afectar, verse afectada o percibirse como afectada por una decisión o actividad”.

La organización determina y conoce las necesidades de sus socios y trabajadores, pero estos no son los únicos ya que se debe tomar en cuenta como la norma indica, las

necesidades expectativas de todas las partes interesadas, estas que pueden ser internas o externas a la organización, como se observa en la figura IV-1.

Figura 4- 1 Partes Interesadas



Fuente: Políticas Sistema de Gestión Integrado:

<https://sgiseo.wordpress.com/politicas-del-sgi/>

Una forma para identificar cuáles son las partes interesadas es recabar información del jefe del departamento de producción y tratamiento y de la alta dirección ya que ellos con el conocimiento y la experiencia en el rubro es una buena fuente de información primaria para determinar las más importantes y con la información secundaria se identificará las demás.

Se clasificó a las partes interesadas externas e internas y sus requisitos pertinentes al Sistema de Gestión de Mantenimiento como se muestra en el cuadro IV-2, juntamente con el análisis se determinaron los riesgos y expectativas que pueden generar cada una de ellas (**VER ANEXO 3 METODOLOGÍA PARA EVALUAR RIESGOS Y EXPECTATIVAS**).

Cuadro IV-2 Partes Interesadas Internas y Externas a la Organización

Parte Interesada	Requisitos	Control
Personal Interno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dotación de implementos de seguridad ➤ Capacitaciones ➤ Implementación de la propuesta y mejora 	Mediante indicadores de gestión
Asociado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mayores ingresos ➤ Preservación de los recursos ➤ Servicio Continúo 	Mediante indicadores de gestión y auditorías internas
Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pago de Impuestos a tiempo ➤ Servicio Continúo ➤ Preservación de recursos 	Mediante el formato control de documentos
Proveedores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pedidos con Anticipación ➤ Especificaciones técnicas bien establecidas ➤ Fidelidad por parte de la empresa 	Mediante el formato control de documentos

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

La clasificación que se realizó para determinar el manejo que se tendrá con cada una de las partes interesadas se muestra en el cuadro IV-2, por un lado, se clasifico la parte interesada de acuerdo a la capacidad que tiene para afectar el SGM como muestra el Cuadro IV-3 y por otro lado para determinar la influencia que tiene la misma parte interesada sobre el SGM como muestra el Cuadro IV-4, se tomó las siguientes consideraciones:

Impacto en el SGM: Capacidad de efectuar cambios al planeamiento o ejecución del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

Influencia en el SGM: Involucramiento Activo de la parte interesada en el Sistema de Gestión de Mantenimiento.

✓ 1 es muy bajo en Impactar/Influenciar al SGM

- ✓ 2 es bajo en Impactar/Influenciar al SGM
- ✓ 3 es medio en Impactar/Influenciar al SGM
- ✓ 4 es alto en Impactar/Influenciar al SGM
- ✓ 5 es muy alto en Impactar/Influenciar al SGM

Cuadro IV-3 Impacto de las partes Interesadas al SGM

Parte Interesada	Impacto	¿Por qué?
Personal Interno	3	Tiene impacto debido a que ellos ponen en funcionamiento a la empresa
Asociado	5	Tiene alto impacto debido a que sus decisiones son determinantes para la administración de la organización.
Gobierno	1	Tiene bajo impacto en el SGM ya que sus requisitos son anuales
Proveedores	2	Esta parte interesada está ligada constantemente a la empresa.

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-4 Influencia de las partes Interesadas al SGM

Parte Interesada	Influencia	¿Por qué?
Personal Interno	3	Ya que ellos apoyan a que se ejecute el SGM.
Asociado	5	Muy alta participación en la ejecución del SGM, sus decisiones son determinantes para la dirección de la empresa.
Gobierno	1	Debido a que tiene involucramiento bajo en el SGM
Proveedores	5	El involucramiento de esta parte interesada es alto en el SGM debido a su constante participación en el funcionamiento de la empresa

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

4.4.3. Determinación del alcance del Sistema de Gestión de Mantenimiento

Una vez definido el contexto de la organización y las partes interesadas, se procede a definir alcance del Sistema de Gestión de Mantenimiento, el mismo que se encuentra descrito en el “*Manual de Mantenimiento (VER ANEXO 2)*” y es el siguiente:

El Sistema de Gestión de Mantenimiento aplica para todos los equipos de bombeo e instalaciones de agua potable relativos al:

Departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L.

4.5. Sección 5 Liderazgo

4.5.1. Liderazgo y compromiso

La alta dirección es la comisión directiva de la COOPERATIVA DE SERVICIOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO SANITARIO COSAALT R.L, la cual demuestra su compromiso de apoyar el SGM y de mejorar continuamente su eficacia:

- a) Definiendo, estableciendo, implementando y manteniendo una política de mantenimiento.
- b) Designando mínimamente un representante de la dirección y aprobando la creación de un equipo o comisión de gestión de mantenimiento.

NOTA 1 El o los representantes(s) designado(s), deben asegurar que los requisitos administrativos y operativos se establezcan, implementen, mantengan y mejoren continuamente además de informar del desempeño del SGM a la alta dirección para su revisión y como base para la implementación de cambios para su mejora.

- c) Suministrando los recursos de acuerdo a sus posibilidades de la cooperativa para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGM y el desempeño energético resultante.
- d) Identificando el alcance y los límites a ser cubiertos por el SGM.
- e) Comunicando la importancia de la gestión de mantenimiento dentro de la organización.
- f) Asegurando que se establecen los objetivos y metas.

- g) Asegurando que los Indicadores de mantenimiento son apropiados para la organización.
- h) Asegurando que los resultados se miden y se informa de ellos a intervalos determinados.
- i) Llevando a cabo las revisiones por la dirección

4.5.2. Política de Mantenimiento

La política de mantenimiento del departamento de Producción y Tratamiento de la Empresa COSAALT R.L. Debe proporcionar un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de mantenimiento.

La política de mantenimiento es la siguiente:

Nuestra cooperativa COSAALT R.L provee de los servicios de agua potable y alcantarillado a la ciudad de Tarija, de conformidad con el compromiso del desarrollo y el crecimiento sustentable de nuestra ciudad queremos cumplir con nuestra responsabilidad de respetar en forma local y global con el medio ambiente y la sociedad, utilizando los recursos de forma eficiente y eficaz para mejorar nuestro desempeño de mantenimiento con la implementación y mejora continua del Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM) acorde a la NB 12017:2013. Al hacerlo nos comprometemos a:

Seguir adelante hasta implementar con éxito el sistema de gestión de mantenimiento.

Abrirnos a las iniciativas e ideas que el personal pueda aportar al SGM.

Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo oportuno de los sistemas y equipos de bombeo, comprometiéndonos a brindar soluciones eficientes a nuestros socios conforme a los requisitos establecidos de manera que superen sus expectativas y mejore el servicio.

Esforzarnos por mejorar nuestra gestión de almacenes permitiendo así desarrollar de mejor manera las labores de mantenimiento.

Expandir nuestra conciencia sobre el mantenimiento de equipos y comunicar nuestros objetivos de mantenimiento a todo el personal. Revisar los documentos, las metas y los objetivos periódicamente.

Garantizar que la información y los recursos necesarios para alcanzar los objetivos estén disponibles.

Esperando que todos los integrantes de la cooperativa apoyen este compromiso, cada uno desde su función contribuyendo a mejorar nuestro desempeño en mantenimiento de equipos de bombeo.

.....
Lic. José Luis Patiño

GERENTE GENERAL DE COSAALT

La política de mantenimiento está disponible y se encuentra como información documentada para las partes interesadas pertinentes en el **(ANEXO 2 Manual de mantenimiento)**

La política de la calidad debe ser comunicada, entendida y aplicada dentro de la organización.

4.5.3. Roles, Responsabilidades y Autoridades dentro de la organización

Se la definición y comunicación de las funciones, responsabilidades, autoridades o atribuciones y su interacción dentro de la organización.

Con el fin de evidenciar lo mencionando anteriormente, se presenta el organigrama del Departamento de Producción y Tratamiento (**VER Figura N° III-1 Organigrama DEPTO. Producción y Tratamiento**) y la descripción de las actividades y las responsabilidades de cada uno del personal el cual está respaldado con el Manual de funciones (**Ver ANEXO 4**), donde se define la dependencia jerárquica de cada puesto de trabajo, el personal a su cargo, las competencias que debe tener y las funciones que debe cumplir.

4.6. Planificación

4.6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades

Pueden presentarse riesgos diferentes orígenes que pueden condicionar el normal desarrollo de las actividades. Por lo que es importante tener conocimiento, para llevar adelante una gestión positiva de los mismos que asegure la estabilidad del Sistema de Gestión de Mantenimiento. Para el tratamiento eficaz de los riesgos es preciso una adecuada identificación, su evaluación y valoración para finalmente adoptar las decisiones que permitan su eliminación, la reducción de su impacto o su aceptación caso de ser imposibles cualquiera de las otras dos alternativas.

No todos los procesos del Sistema de Gestión de Mantenimiento tienen el mismo nivel de riesgo y las mismas oportunidades, estos riesgos son identificados para cada uno de los procesos en el documento *Caracterización de procesos (VER ANEXO 6)*

4.6.2. Objetivos de Mantenimiento y planificación para lograrlos

La empresa establece los objetivos de mantenimiento para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el Sistema de Gestión de Mantenimiento coherentes con la política y medibles, siendo a continuación el resumen de los objetivos acorde a la política de mantenimiento previamente planteada.

El comité de mantenimiento es responsable para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento con evaluaciones anuales para ver el seguimiento y compromiso con un Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017.

En el cuadro IV-5 se observa los objetivos del sistema de gestión de mantenimiento con sus respectivos indicadores.

Cuadro IV-5 Objetivos de Mantenimiento

No	Objetivos de Mantenimiento	Indicador	Unidad	Fórmula de Cálculo	Frecuencia a Análisis	Meta	Responsable
1	Cumplir con los objetivos de mantenimiento establecidos	Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de mantenimiento	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de objetivos cumplidos}}{n^{\circ} \text{ de objetivos propuestas}} * 100\%$	Anual	>80%	Jefe del Departamento de Producción y Tratamiento
2	Llevar a cabo las acciones de mejora planificadas	Porcentaje de cumplimiento de las acciones de mejora planificadas	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ acciones de mejora implementadas}}{n^{\circ} \text{ acciones de mejora planificadas}} * 100\%$	Semestral	>80%	Jefe del Departamento de Producción y Tratamiento
3	Cumplir con los requisitos de la Norma NB 12017	Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de la norma	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de requisitos cumplidos}}{n^{\circ} \text{ de requisitos de la norma}} * 100\%$	Anual	>95%	Equipo de Mantenimiento
4	Realizar seguimiento a las percepciones de los socios	Porcentaje de quejas por socio	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de quejas un cliente}}{n^{\circ} \text{ de quejas totales}} * 100\%$	Trimestral	Mínimo 30%	Jefe de Mantenimiento
5	Asegurar que los proveedores externos sean los adecuados para la empresa	Porcentaje de cumplimiento	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de requisitos cumplidos}}{n^{\circ} \text{ de requisitos establecidos}} * 100\%$	Semestral	Mínimo 90%	Equipo de mantenimiento

6	Cumplir los requisitos de los socios y las partes interesadas	Porcentaje de directrices seleccionadas	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de directrices en la política}}{n^{\circ} \text{ total de directrices}} * 100\%$	Anual	Mínimo 60%	Gerente de Operaciones
7	Capacitar a los encargados de mantenimiento en cuanto a un enfoque de mantenimiento	Porcentaje de capacitaciones	Porcentaje [%]	$\frac{n^{\circ} \text{ de capacitaciones cumplidas}}{n^{\circ} \text{ de capacitaciones establecidas}} * 100\%$	Anual	Mínimo 60%	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento
8	Mejorar el seguimiento a tareas de mantenimiento realizadas	Tasa de Planificación	Porcentaje [%]	$\frac{\text{Hrs previstas para OT Planifica y Term}}{\text{Total de Hrs disponibles}} * 100\%$	Anual	Mejorar su desempeño en 30%.	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento
9	Mejorar el tiempo de OT de programas	Tasa de realización	Porcentaje [%]	$\frac{\text{Hrs previstas para OT Planifica y Term}}{\text{Hrs previstas para OT planificadas}} * 100\%$	Anual	Reducir su tiempo de realización en un 10%	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento
10	Analizar el estado de equipos de bombeo	Razón del valor de la nueva condición y costo de mantenimiento	Número	$\frac{\text{Costo de Mantenimiento}}{\text{Valor del activo en nuevas condiciones}}$	Anual	Reducir el costo de mantenimiento en equipos	Encargado Unidad Electromecánica

11	Analizar el costo del personal al realizar tareas de mantenimiento de equipos de bombeo	Costo de personal	Porcentaje [%]	$\frac{\text{Costo del Personal}}{\text{Costo total del mantenimiento}} * 100\%$	Trimestral	Reducir costos del personal al realizar tareas de mantenimiento en un 5%.	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento
12	Reducir el número de fallas en equipos de bombeo, a través de la detección de fallas del mantenimiento preventivo	Número de paradas que causan el corte del servicio	Número	La suma de paradas que ocurren durante un periodo dado	Mensual	Reducir el número de paradas en equipos de bombeo en un 20 %	Encargado Unidad Electromecánica
13	Reducir el número de reclamos de usuarios por paradas de equipos de bombeo	Numero de reclamos por paradas en equipos de bombeo	Número	La suma de reclamos de los usuarios durante un periodo dado por parada en equipo de bombeo	Mensual	Reducción de un 20 % del número de reclamos de usuarios por paradas en equipos de bombeo	Encargado Unidad Electromecánica

14	Cuanto más alto sea el indicador, más fiable es el equipo	Indicador de Confiabilidad	Número	$\frac{\text{Tiempo total funcion.} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Trimestral	Aumentar la tasa de confiabilidad en equipos de bombeo	Encargado unidad Electromecánica
15	Nos permite estimar la cantidad de tiempo que un determinado equipo ha estado parado, y lo que se debe hacer para evitar que vuelva a suceder	Indicador de rendimiento	Número	$\frac{\text{Tiempo total funcion.} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Trimestral	Reducir el indicador	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento

Fuente: Elaboración Propia y COSAALT R.L.

4.6.3. Planificación a los cambios

Los cambios en el Sistema de Gestión de Mantenimiento se realizarán de manera planificada tomando en cuenta el contexto de la organización y los requisitos de las partes interesadas pertinentes, lo que se debe considerar:

- El propósito de los cambios y sus consecuencias potenciales
- La integridad del Sistema de Gestión de Mantenimiento
- La disponibilidad de recursos
- La designación o resignación de responsabilidades y autoridades.

4.7. Sección 7 Recursos

Para que el Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la NB 12017 de la empresa “COSAALT R.L. para el departamento de producción y tratamiento” se toma en cuenta los diferentes recursos necesarios para el SGM como apoyo a los recursos disponibles, como la competencia, la forma de comunicación y la información documentada.

4.7.1. Provisión de Recursos

4.7.1.1. Generalidades

La empresa COSAALT R.L, considerará: Todas aquellas capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes.

La empresa COSAALT R.L. tiene las capacidades necesarias para poder cumplir con todos los requerimientos de la NB 12017, con un plan de capacitación anual para realizar la verificación de las capacidades y competencias de cada uno de los factores humanos dentro de la misma.

- COSAALT R.L. considera a su personal como el recurso más importante para el logro de buenos resultados de gestión y la consecución de objetivos. Esto hace necesaria la disposición y participación de recursos humanos calificados con la competencia técnica necesaria para llevar a cabo los procesos y las actividades inherentes.

- En cuanto a las limitaciones actualmente no se cuenta con un programa de mantenimiento para los equipos de bombeo de agua potable, registro de mantenimientos realizados, fichas técnicas de equipos para organizar la mano de obra, ni reducir los tiempos improductivos que se generan en el proceso de mantenimiento, lo que impide la mejora continua de la empresa.

Los recursos que la empresa tiene presupuestado a disposición son los siguientes:

- Insumos para el tratamiento de agua potable.
- Infraestructura y almacenamiento para insumos y materiales
- Sistema de transporte óptimo para emergencias en los sistemas de abastecimiento de agua potable
- Maquinaria, herramientas y equipo para los trabajos de mantenimiento.

Estos recursos son determinados por la empresa para establecer, implementar, mantener y mejorar de forma continua el Sistema de Gestión de Mantenimiento.

4.7.1.2. Personas

Para cumplir con el requisito de apoyo acerca del personal del Diseño del sistema de Gestión de Mantenimiento, la alta dirección asignó a personas miembros de la organización con el conocimiento adecuado para llevar a cabo la tarea encomendada, no obstante, es necesario determinar y proporcionar a las personas necesarias para la posterior implementación del sistema que cumplan con los objetivos planteados.

En la empresa es indispensable contar con colaboradores que generen valor agregado a la empresa y que sean competentes en cada una de sus actividades designadas, además para cumplir con los objetivos de mantenimiento, la organización tiene claro que debe tener lineamientos de cada puesto para contar con personal idóneo y garantizar así una armonía entre trabajadores, la gerencia y los socios.

Es necesario que cada uno de los funcionarios que hacen parte de la organización tenga total conocimiento y entendimiento de sus funciones y responsabilidades sin importar la periodicidad de estas y por tal razón el detalle de cada actividad con su nivel de autoridad y grado de responsabilidad se especifican en el **Manual de Funciones (VER**

ANEXO 4), donde se establecen las jerarquías en base al organigrama y las funciones de cada puesto de trabajo, también la competencia que establece la norma en cuanto a nivel de educación, formación, experiencia y capacitaciones. Para ese efecto, se aplican los siguientes documentos:

- a) Manual de Funciones.
- b) Ficha del personal.
- c) Evaluación de desempeño.

Como complemento a lo dicho anteriormente, desde la gerencia y con el apoyo del jefe de producción que se encuentran a cargo del área operativa y administrativa respectivamente se comprometen y aseguran la vinculación de nuevos funcionarios bajos los mínimos requisitos para ocupar un puesto en la empresa, los conocimientos técnicos, experiencia, actitudes y aptitudes indispensables para ser parte de la organización.

4.7.1.3. Infraestructura

Dentro de la infraestructura se considera la instalación física de la empresa, equipos de bombeo de agua potable, equipos de protección y mantener la seguridad de los trabajadores. Se debe mantener la infraestructura en su integridad para lo cual se ha elaborado el formato *Mantenimiento de preventivo para instalaciones y seguridad industrial (VER ANEXO 7)* que evidencia las actividades de mantenimiento a instalaciones que deben ser realizadas por los operadores encargados de cada sistema de bombeo de agua potable y el equipo de protección personal que deben tener los trabajadores de acuerdo al mantenimiento que realicen, la empresa vela por los trabajadores.

Un ambiente adecuado para realizar las actividades cotidianas incluye factores sociales, psicológicos y físicos que deben ser tomados en cuenta dentro de la organización para el buen desempeño de los trabajadores, es por eso que la alta dirección de la empresa mantiene buenas relaciones laborales entre todos sus trabajadores y proporciona el ambiente necesario y adecuado a las necesidades de los operadores.

En lo que respecta al ambiente en el cual se desarrollan las actividades de la empresa se dispone del espacio necesario para el tipo de trabajo que realizan los obreros. Siendo estos lugares de trabajo delimitadas mediante la señalización correspondiente para cada grupo de trabajo y en cada sección.

La dirección está comprometida en la correcta aplicación del Diseño del Presente Sistema de Gestión de Mantenimiento para posteriormente lograr la implementación, mantenimiento y mejora. Por lo que se definen e implementan aquellos factores físicos y humanos del entorno del trabajo necesarios para lograr la conformidad de los mantenimientos.

El procedimiento para mantenimiento a infraestructura es el siguiente:

- Mantener los sistemas de bombeo en buenas condiciones.
- Realizar un monitoreo para verificar que las herramientas de trabajo estén limpias.
- Realizar un control constante para mantener los sistemas de bombeo en óptimas condiciones.
- Realizar la limpieza correspondiente en el sistema de bombeo

4.7.1.4. Recursos Seguimiento y Medición

La organización debe determinar y proporcionar en sus procesos los recursos necesarios para asegurar la validez y fiabilidad de los resultados, cuando se realice el seguimiento y la medición para verificar la conformidad de su servicio brindado.

Para el caso del proceso de mantenimiento se consideran medidas, estos equipos de medición son la balanza, vernier, caudalímetros, dataloger, sensores de presión que están calibrados por IBMETRO y se encuentran ubicados en un ambiente adecuado y exclusivo para ese fin considerando la vida útil de cada uno.

La calibración de los equipos de medición se debe realizar cada seis meses dos veces al año, para garantizar un servicio de calidad a los socios de la cooperativa.

4.7.2. Competencia

El personal de la organización que realiza trabajos que afectan a la conformidad con los requisitos del servicio, son competentes con base en el nivel de educación, formación, habilidades y experiencia que están estipuladas en el manual de funciones de la organización.

Para lograr lo anterior la empresa toma acciones pertinentes para la detección de las necesidades de competencia, toma de conciencia y formación, es por esto que se han definido los parámetros para cada uno de los puestos de trabajo en el *Manual de funciones (VER ANEXO 4)*. Y en función a las competencias se definen acciones necesarias. Si dentro de las acciones se determina que es necesario llevar a cabo una o más de una capacitación se debe actuar y evidenciar mediante el formato **Capacitaciones (VER ANEXO 13.1)** para el cual se debe conservar los registros necesarios para la verificación de asistencia y entendimiento del personal como también el nivel de enseñanza y aceptación del capacitador.

4.7.3. Toma de Conciencia

Es indispensable para la organización que cada uno de sus colaboradores tenga plena consciencia y claridad de la importancia que tienen sus funciones dentro de la organización y el valor agregado que dan estas al producto que ofrece la empresa.

La toma de conciencia en la empresa se la realiza a través de la capacitación, comunicación de la política y recomendaciones para el uso del manual de funciones.

Además, es necesario generar sentido de pertenencia por la empresa ya que esto garantiza que las actividades se realicen con mayor calidad y compromiso por parte de los trabajadores. Lo anterior se logra con la interiorización de aspectos como:

- El direccionamiento estratégico
- Los objetivos y política de mantenimiento, así como comunicación.
- Las responsabilidades de cada cargo en la aplicación de los procedimientos
- La documentación respectiva de cada cargo

- La aplicación de la Política de Mantenimiento en cada uno de los cargos y sitios de trabajo
- La importancia de satisfacer las necesidades de los socios y cumplir los requisitos legales y reglamentarios.

También es importante realizar evaluaciones al personal con el fin de conocer el nivel de compromiso que se siente por la empresa al igual que el grado de conciencia que se tiene sobre la importancia de su cargo en la organización para así tomar las medidas

4.7.4. Comunicación

COSAALT establecerá, implementará y actualizará un procedimiento que permita la comunicación externa e interna. En el caso de la comunicación interna se definió un buzón por el cual toda persona que trabaje para COSAALT pueda hacer comentarios o sugerencias para mejorar el desempeño del mantenimiento en equipos de bombeo, a la vez también se puedan realizar comentarios y sugerencias referentes al sistema entre los diferentes niveles de la organización. Así también COSAALT estableció los mecanismos para comunicar externamente, su Política, SGM y desempeño de los cuales fueron clasificados en función de las partes interesadas a la vez de establecer los mecanismos para la recepción de la documentación, el registro y la respuesta a comunicaciones relevantes.

En el siguiente cuadro IV-4 se muestra la matriz de comunicación.

Cuadro IV-6 Matriz de Comunicación

Mensaje	Emisor	Medio	Frecuencia	Receptor
¿Qué comunica?	¿Quién comunica?	¿Cómo se comunica?	¿Cuándo se comunica?	¿A quién se comunica?

Fuente: Elaboración en base al numeral 7.4 de la Norma NB/ISO 9001:2015

En base a la matriz de comunicación presentada se procede a realizar un cuadro donde se podrá apreciar cómo se realizará la comunicación del sistema de gestión de mantenimiento a las partes interesadas.

Cuadro IV-7 Comunicación

		INFORMACIÓN A COMUNICAR		
		Política de Mantenimiento	Desempeño en Mantenimiento	Desempeño del SGM
PARTES INTERESADAS	Trabajadores	Folleto/hoja	SI	SI
	Socios	Folleto/hoja	SI	NO
	Curiosos	Folleto/hoja	SI	NO
	Gobierno municipal	Folletos, letreros y/o circulares	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado
	Gobierno Departamental	Folletos, letreros y/o circulares	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado
	IBMETRO, PTB	Folletos, letreros y/o circulares	SI	SI
	Gobierno Nacional	Folletos, letreros y/o circulares	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado	Canales previamente establecidos cuando sea solicitado

Fuente: Elaboración propia y COSAALT R.L.

4.7.4.1. Metodología para la documentación

- *Comunicación interna*

La comunicación interna tiene la finalidad de mantener al personal permanentemente actualizado de la evolución del sistema de gestión ofreciéndole información sobre el estado de avance de los objetivos que se desarrollan mediante programas de mejora, nuevos requisitos legales de aplicación, últimas publicaciones con comentarios de tipo mantenimiento sobre la organización, planes de formación, resultados de la última auditoría interna y revisión por Dirección, y otras disposiciones de conveniencia para el buen trabajo en materia energética del personal de la organización. El Responsable de Mantenimiento es el encargado de activar estas vías de comunicación de manera

que siempre esté a disposición del personal la última actualización de la comunicación dada.

La vía de comunicación en sentido jerárquico ascendente parte de cualquier nivel de la organización hasta la Dirección General. Se realiza a través de canales como:

- Buzones de sugerencias
- Correos electrónico
- Fax

El Responsable de Mantenimiento recoge y analiza cuantas consideraciones por parte del personal se realicen. Esta metodología de comunicación permite informar a la alta Dirección de las correspondientes quejas o sugerencias y, en base a ello, establecer nuevos objetivos de mejora y tomar medidas eficaces para la optimización de la gestión de la eficiencia de mantenimientos de los mantenimientos en la organización.

- *Comunicación externa*

Las comunicaciones con el exterior se llevan a cabo a través de:

- E-mails
- Conferencias o jornadas de puertas abiertas
- Publicaciones anuales
- Campañas de entrega de folletos divulgativos entre la población

Se distinguen dos tipos de comunicación externa: una orientada al público, en la que el empleado de la organización informa de manera general sobre los resultados del desempeño del sistema de gestión de mantenimiento, y otra en la que se atienden posibles quejas o sugerencias de personal ajeno a la organización tras su visita a las instalaciones o bien consultas de la Administración competente. Es importante destacar que la divulgación externa de la política de mantenimiento de la organización y sus datos relativos al desempeño no es obligada por la norma. El procedimiento habitual es responder a las comunicaciones relevantes, pero si entre las solicitudes de

información se demandan datos cuya divulgación no es conveniente para la organización ésta se reserva el derecho de propiedad. De esta manera, se responde siempre por educación, pero solo se comunica información si se desea realmente hacerlo. El formato de redacción es libre, pero las comunicaciones se realizan siempre en papel con logotipo, nombre de la Empresa, dirección del Centro y sello identificativo impreso.

En el ANEXO 13.2 observa el formato de registro para comunicación interna, externa y el registro de quejas y sugerencias.

4.7.5. Información Documentada

El departamento de producción y tratamiento involucrado en el alcance del SGM mantienen información documentada como medio para asegurar que los productos proporcionados cumplan con los requisitos especificados, la información documentada del Sistema de Gestión de la Mantenimiento incluye:

- **Manual de Mantenimiento:** El cual esta detallado en el ANEXO 2.
- **Manual de Procedimientos:** Los manuales de procedimientos de las actividades de mantenimiento a equipos de bombeo de agua potable se detallan en el ANEXO 8.1.
- **Instructivos:** Los instructivos son detallados en el ANEXO 8.2.
- **Manual de Funciones:** El manual de funciones del departamento de producción y tratamiento con la evaluación de desempeño se detallan en el ANEXO 4.
- **Registros:** Los registros necesarios para que el sistema de gestión de mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable se desarrolle de buena manera se detalla en el ANEXO 10, de acuerdo a la norma NB 12017 la empresa debe contar con registros físicos y digitales, por esta razón se creó una base de datos en Access donde el encargado de mantenimiento registrara los datos de equipos de equipos de bombeo, en el ANEXO 5 se detalla el manual de operación de la base de datos en Access.

- **Programa de Mantenimiento:** El programa de mantenimiento a equipos de bombeo, de tableros eléctricos, de monitoreo de pozos se detalla en el ANEXO 11.
- **Mantenimiento Correctivo:** Los mantenimientos correctivos a equipos de bombeo, transformadores, válvulas se detallan en el ANEXO 11.
- **Repuestos Utilizados:** Los repuestos necesarios para la realización del mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de bombeo se detallan en el ANEXO 11.


Estos son necesarios para definir los conocimientos de la organización y cumplir con los requisitos que establece la NB 12017.

Para la creación, actualización y control de la información documentada de la organización se ha elaborado el procedimiento *Control de documentos SGM (VER ANEXO 9)*.

En la información documentada es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:


- El llenado del encabezado que se muestra en la figura IV-2, que es importante y necesario para identificar toda información documentada del Sistema de Gestión de Mantenimiento.
- La caratula de la información documentada excepto los registros como se observa en la figura IV-3.
- La codificación que se utiliza para especificar la información documentada que se muestra en la figura IV-4.
- El contenido de los procedimientos
- La revisión, aprobación, distribución y emisión.
- Los sellos que se muestran en la figura IV-5 que permiten identificar si la información documentada es una copia controlada se encuentra obsoleto o es externo.

Figura 4-2 Encabezado de la Información

	MANUAL	Versión:
		Fecha de emisión:
	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Código: PI-SGM-MAN-01
		Página: _ de _

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-3 Carátula de la Información

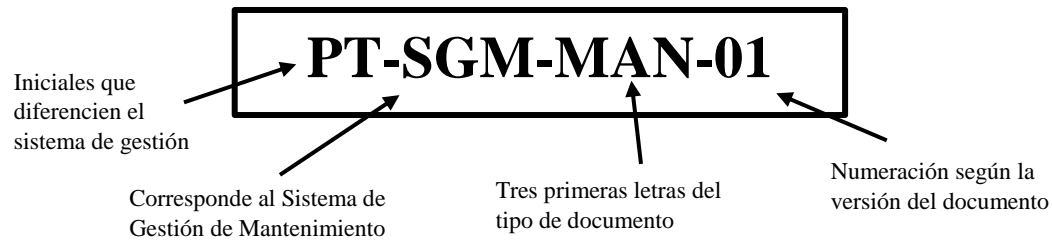
	MANUAL	Versión:
		Fecha de emisión:
	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Código: PI-SGM-MAN-01
		Página: 1 de 22

CÓDIGO

NOMBRE DE LA INFORMACIÓN

	ELABORO	REVISO	AUTORIZO
CARGO			
FECHA			
NOMBRE			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4- 4 Codificación de la Información

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-5 Sello de la Información

Copia Controlada	Obsoleto	Externo
<i>Copia Controlada</i>	<i>Obsoleto</i>	<i>Externo</i>

Fuente: Elaboración Propia

4.8. Sección 8 Operación

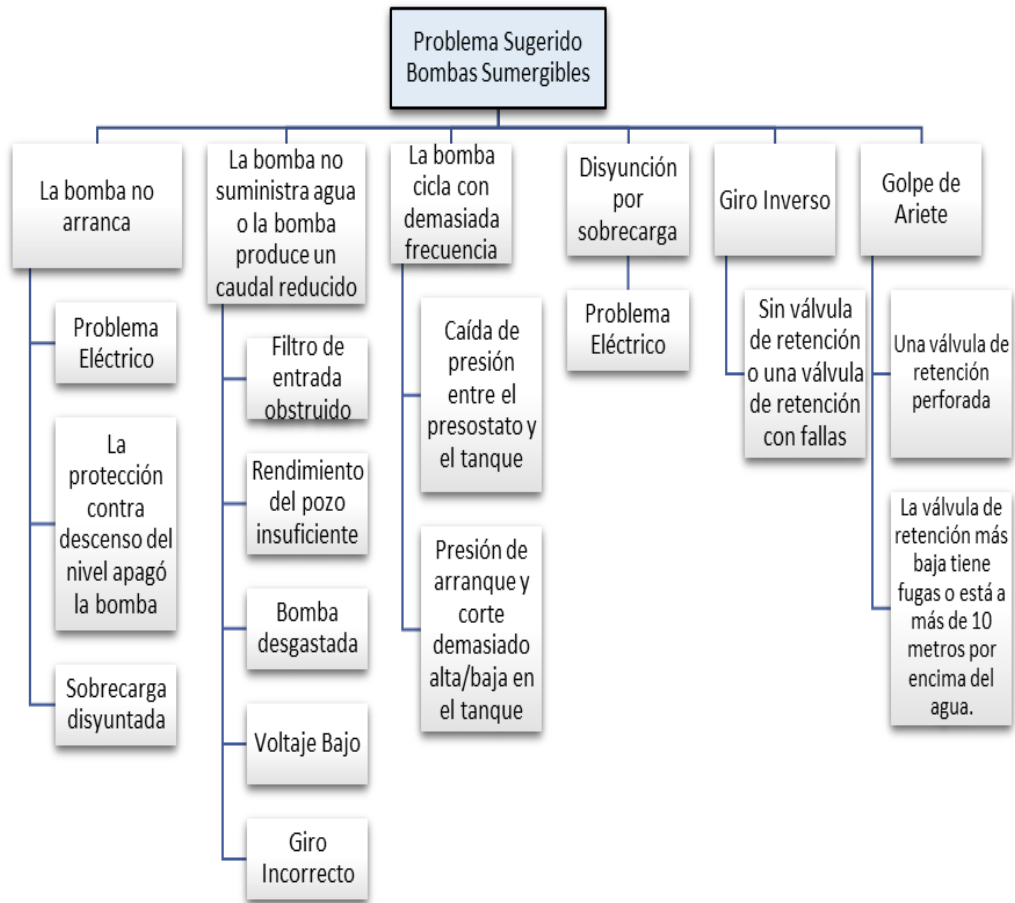
4.8.1. Planificación Operacional

El Departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L. planifica estrategias de cumplimiento de los lineamientos del SGM que garanticen la correcta ejecución de las actividades correspondiente al servicio brindado por la empresa, esto con el fin de garantizar altos estándares de calidad que se traducen en la satisfacción de los requerimientos y necesidad de los socios.

Para realizar la planificación de los procesos de mantenimiento primero se debe tener en cuenta los problemas sugeridos, su causa probable y su acción correctiva durante la operación de los equipos de bombeo de agua potable

En la figura IV-6 se observa los problemas sugeridos durante la operación de las bombas sumergibles.

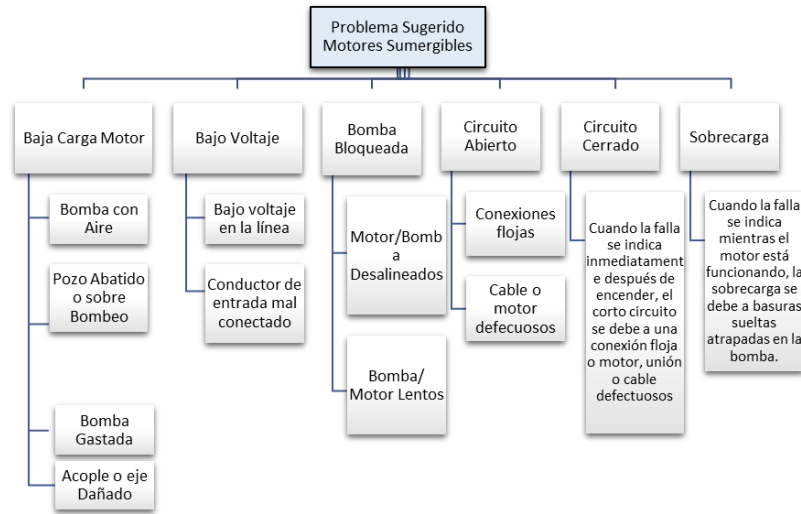
Figura 4-6 Problemas sugeridos Bombas Sumergibles



Fuente: Elaboración Propia con Datos de COSAALT R.L.

En la figura IV-7 se observa los problemas sugeridos durante la operación de motores sumergibles.

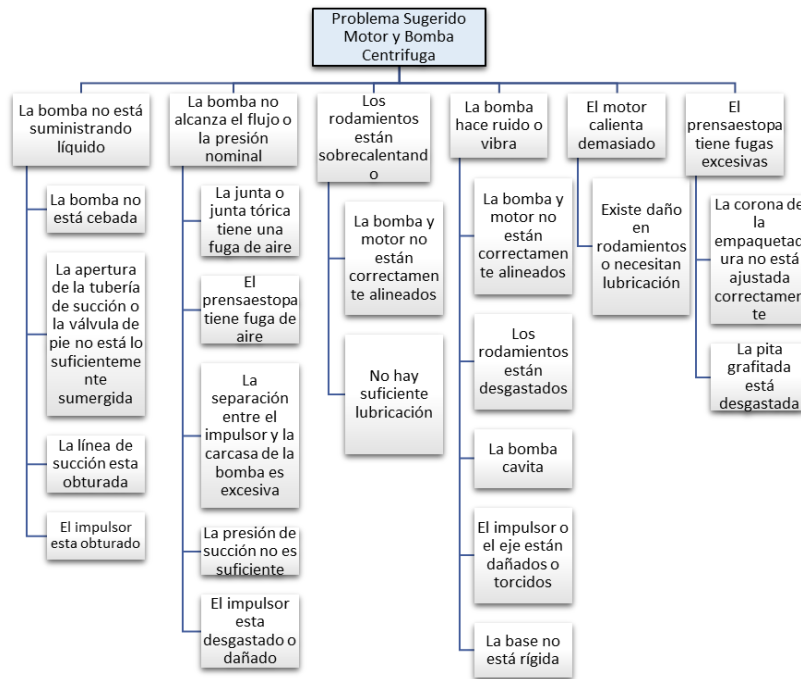
Figura 4-7 Problemas sugeridos Motores Sumergibles



Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT R.L.

En la figura IV-8 se observa los problemas sugeridos durante la operación Motor y Bomba Centrifugas

Figura 4-8 Problemas sugeridos Motor y Bomba Centrifuga



Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Para la realización del programa de mantenimiento es necesario tener en cuenta los problemas sugeridos, su causa probable como se muestra en la figura IV-6, IV-7 y IV-8 y su acción correctiva durante la operación de los equipos de bombeo de agua potable, para mayores detalles de los problemas de mantenimiento sugeridos revisar el *ANEXO II* Datos relativos al mantenimiento.

4.8.1.1. Análisis estadístico mediante el programa SPSS

El programa SPSS nos permite realizar un análisis estadístico completo, utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas con data compleja, además permite realizar el análisis a más de dos variables como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación (1)

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

Donde la variable dependiente es Y, y las variables independientes X_1 , X_2 , X_3 , X_4 .

De acuerdo a los datos recolectados en el mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable de COSAALT R.L. se tendrán las siguientes variables.

Y= Número de Mantenimientos

X_1 = Horas de funcionamiento

X_2 = Número de trabajadores

X_3 = Costo de Horas extras

X_4 = Costo de materiales

De donde se entiende que el número de mantenimientos depende de las horas de funcionamiento. Número de trabajadores, costo de horas extras y costo de materiales.

- Datos históricos de mantenimientos

Para realizar la planificación de mantenimientos se debe realizar un análisis estadístico de los datos históricos de mantenimientos realizados por la empresa.

El cuadro IV-9 contiene los datos históricos anuales de mantenimiento a bombas centrífugas de 100 HP.

Cuadro IV-8 Datos históricos mantenimiento bombas centrífugas 100 HP

Año	Horas funcionamiento	Número de mantenimientos	Número de trabajadores	Costo de horas extras (Bs)	Costo en Materiales
2014	3,500	12	4	11,600.00	11,500.00
2015	3,800	17	4	13,200.00	17,500.00
2016	4,026	18	3	14,175.00	18,900.00
2017	5,600	13	4	11,375.00	8,900.00
2018	3,500	12	6	12,600.00	10,300.00
2019	4,700	18	6	14,500.00	17.600.00
2020	5,600	15	6	9,843.00	13.500.00
2021	5,800	17	7	13,015.00	15,600.00

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Una vez que se tiene los datos históricos se procede a realizar los análisis estadísticos en el programa SPSS dando los siguientes resultados.

Cuadro IV-9 Resumen Modelo SPSS Bomba Centrífuga 100 HP

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,973 ^a	,947	,875	348,68243

- a. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Número de Trabajadores, Costo de horas extras, Número de Mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS y datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-10 ANOVA SPSS Bomba Centrífuga 100 HP

ANOVA ^a						
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	6465353,199	4	1616338,300	13,295	,030 ^b
	Residual	364738,301	3	121579,434		
	Total	6830091,500	7			

a. Variable dependiente: Horas de Funcionamiento

b. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Número de Trabajadores, Costo de horas extras, Número de Mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS y datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-11 Coeficientes SPSS Bomba Centrífuga 100 HP

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		Intervalo de confianza de 95,0% para B		
		B	Error típ.	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	1601,339	1459,417		1,097	,353	-3043,178	6245,856
	Número de Mantenimientos	931,162	159,267	2,456	5,847	,010	424,304	1438,020
	Número de Trabajadores	96,193	99,962	,138	,962	,407	-221,930	414,317
	Costo de horas extras	-,325	,117	-,508	-2,774	,069	-,697	,048
	Costo de materiales	-,537	,116	-2,032	-4,642	,019	-,906	-,169

a. Variable dependiente: Horas de Funcionamiento

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

De acuerdo a los datos obtenidos en el programa SPSS que se muestra en los cuadros IV-9, IV-10, IV-11 se tiene los siguientes los resultados:

$$Y = 1601,339 + 931,162X_1 + 96,193X_2 - 0,325X_3 - 0,537X_4$$

De donde se entiende que a mayores horas de funcionamiento de las bombas de 100 HP hay más mantenimientos, con más trabajadores se tiene mayores mantenimientos, con menores costos de horas extras hay menos mantenimientos y con menos costos de materiales hay menos mantenimientos.

El cuadro IV-12 contiene los datos históricos anuales de mantenimiento a bombas centrífugas de 150 HP.

Cuadro IV-12 Datos históricos mantenimientos bombas centrífugas 150 HP

AÑO	Horas Funcionamiento	Número de Mantenimientos	Número de trabajadores	Costo de horas extras (Bs)	Costo de Materiales
2016	3,360	10	5	10,937.00	14,800.00
2017	3,000	7	5	7,656.00	10,600.00
2018	4,500	5	6	7,875.00	9,000.00
2019	5,200	5	6	9,187.50	8,800.00
2020	3,500	10	8	12,000.00	15,700.00
2021	5,500	7	8	14,700.00	18,600.00

Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-13 Resumen Modelo SPSS Bomba Centrífuga 150 HP

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,964 ^a	,930	,837	,73054

a. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Costo de horas extras, Horas de Funcionamiento, Número de Trabajadores

Fuente: Elaboración Propia con el programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-14 ANOVA SPSS Bomba Centrífuga 150 HP

ANOVA ^a						
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	21,274	4	5,318	9,965	,044 ^b
	Residual	1,601	3	,534		
	Total	22,875	7			

a. Variable dependiente: Número de Mantenimientos

b. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Costo de horas extras, Horas de Funcionamiento, Número de Trabajadores

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-15 Coeficientes SPSS Bomba Centrífuga 150 HP

Coeficientes ^a							
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	-3,913	2,705		,244	-12,522	4,696
	Horas de Funcionamiento	-,001	,000	-,352	,136	-,002	,000
	Número de Trabajadores	1,026	,358	,606	,064	-,113	2,164
	Costo de horas extras	,001	,000	1,053	,011	,000	,001
	Costo de materiales	-2,766E-005	,000	-,040	,853	,000	,000

a. Variable dependiente: Número de Mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia con el programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

De acuerdo a los datos obtenidos en el programa SPSS que se muestra en los cuadros IV-13, IV-14, IV-15 se tiene los siguientes los resultados:

$$Y = -3,913 - 0.001X_1 + 1,026X_2 + 0,001X_3 - (2,2766E - 005)X_4$$

De los datos obtenidos se entiende que a menos horas de funcionamiento de las bombas de 150 HP hay menores mantenimientos, con menos trabajadores se menores mayores mantenimientos, con mayores costos de horas extras hay mayores mantenimientos y con menos costos de materiales hay menos mantenimientos.

El cuadro IV-16 contiene los datos históricos anuales de mantenimiento a pozos.

Cuadro IV-16 Datos históricos mantenimientos a pozos

AÑO	Horas Funcionamiento	Número de Mantenimientos	Número de trabajadores	Costo de horas extras (Bs)	Costo en Materiales
2014	7,500	6	3	5,300.00	32,500.00
2015	6,000	9	3	9,600.00	52,800.00
2016	5,500	6	4	4,600.00	45,700.00
2017	7,600	10	5	8,700.00	65,200.00
2018	7,200	11	4	5,660.00	75,300.00
2019	8,000	7	5	5,100.00	63,800.00
2020	6,300	6	6	5,300.00	50,500.00
2021	9,800	12	6	9,500.00	88,500.00

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT R.L.

Una vez que se tiene los datos históricos se procede a realizar los análisis estadísticos en el programa SPSS dando los siguientes resultados.

Cuadro IV-17 Resumen Modelo SPSS Bombas Sumergibles**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,970 ^a	,942	,864	,90122

a. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Costo de horas extras, Número de Trabajadores, Horas de Funcionamiento

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-18 ANOVA SPSS Bombas Sumergibles**ANOVA^a**

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	39,438	4	9,860	12,140	,034 ^b
1 Residual	2,437	3	,812		
Total	41,875	7			

a. Variable dependiente: Número de Mantenimientos

b. Variables predictoras: (Constante), Costo de materiales, Costo de horas extras, Número de Trabajadores, Horas de Funcionamiento

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

Cuadro IV-19 Coeficientes SPSS Bombas Sumergibles

Coeficientes ^a							
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
(Constante)	1,401	2,047		,684	,543	-5,115	7,917
Horas de Funcionamiento	5,772E-005	,000	,032	,166	,879	-,001	,001
Número de Trabajadores	-,687	,366	-,336	-1,879	,157	-1,850	,477
Costo de horas extras	,530	,000	,297	1,785	,172	,000	,001
Costo de materiales	,720	,000	,898	3,993	,028	,000	,000

a. Variable dependiente: Número de Mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia con programa SPSS con datos de COSAALT R.L.

De acuerdo a los datos obtenidos en el programa SPSS que se muestra en los cuadros IV-17, IV-18, IV-19 se tiene los siguientes los resultados:

$$Y = 1,401 + (5,77E - 005X_1) - 0,687X_2 + 0,530X_3 + 0,720X_4$$

De donde se entiende que a mayores horas de funcionamiento de las bombas sumergibles hay más mantenimientos, con menos trabajadores se realizan menores mantenimientos, con mayores costos de horas extras hay mayores mantenimientos y con mayores costos de materiales hay mayores mantenimientos.

- **Programa de mantenimiento.** Para realizar la planificación de los mantenimientos a equipos de bombeo se debe tomar en cuenta los recursos disponibles con los que cuenta la empresa, también se debe determinar el stock mínimo de repuestos necesarios para realizar los mantenimientos, de igual manera el procedimiento y manejo de inventario ayudará a la organización para controlar las salidas de almacén y evitar la pérdida de algún material, estos

repuestos son descritos en el *ANEXO II* donde se describen los materiales necesarios para la realización de mantenimientos preventivos tanto para las bombas sumergibles como para las bombas centrifugas.

- Una herramienta importante para realizar el programa de mantenimiento preventivo es el análisis AMFE, con el cual se podrá observar las actividades críticas en el mantenimiento de equipos de bombeo de agua potable y las acciones a tomar.

4.8.1.2. Análisis AMFE

Para realizar el programa de mantenimiento preventivo se utilizará una herramienta para su realización el análisis AMFE (Análisis de Modos, Fallas, Efectos y Criticidad).

- **Sistema de Bombeo con Pozo**

Como primer paso se tomará en cuenta los componentes del sistema de bombeo de pozo de agua potable y se determinara cuál es su función para posteriormente determinar su modo de fallo, cuáles son sus causas y efectos del fallo, que medidas correctivas se puede tomar, para después medir el criterio de detectabilidad, severidad y ocurrencia para así determinar el valor de NPR de falla.

Cuadro IV-20 Análisis AMFE Sistema de Bombeo con Pozo

Componente	Función	Modo Fallo	Efecto	Causa	Acciones a tomar	ID	IS	IO	NPR	Juicio
Transformador	Permite variar el voltaje o la intensidad, mantenimiento la frecuencia y potencia.	Falla en el devanado	Falla dieléctrica	Corto circuito	-Realizar la limpieza del equipo	3	3	3	27	Fallo medio
			Falla térmica	Se deteriora con el tiempo y la fuerza física se pierde	-Revisar que no exista fugas de aceite en válvulas, radiadores y cordones de soldadura -Revisar el estado de pintura del transformador					
			Falla mecánica	Movimientos y vibraciones	-Revisar si produce vibraciones -Realizar el ajuste de boquillas y terminales mecánicas -Purificar y filtrar el aceite dieléctrico					
Caseta	Resguardar tablero eléctrico y bomba dosificadora				Realizar revisión periódica por parte de los operadores	2	3	1	6	Fallo bajo
Tablero eléctrico	Encargados de proteger los componentes de mando y control, además concentran los dispositivos de conexión, protección que	La bomba no arranca	Los térmicos saltan	Algo causa corto circuito, un componente está dañado	-Limpiar terminales de entrada y salida del interruptor y arrancador, posteriormente reajustar	3	3	4	36	Fallo alto
				Componentes insuficientes para soportar el consumo	-Humedecer con solvente dieléctrico, no utilizar medios abrasivos -Dejarlo libre de polvo					

	permitan que la instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones		Fuga eléctrica	Consumo anormal	-Reemplazar componentes en caso de estar dañados					
Tren de descarga	Encargado de hacer llegar el agua a tanque de almacenamiento o directamente a la red	Fuga de agua	Falla de sellos y cojinetes de tubería	Deformación térmica El diseño del sello	-Realizar la limpieza y pintado de tubería de descarga, con anticorrosivo -Cambio de empaquetaduras -Inspeccionar el equipo de cloración	2	2	2	8	Fallo medio
Válvulas	Son las principales protecciones en los trenes de descarga; con sus aplicaciones se evitan derrames innecesarios y/o reparaciones provocados por rompimiento de las tuberías de la red.	Derrames			-Revisión de cierre y apertura -Sustitución de empaque -Limpieza del cuerpo de válvulas	2	3	2	12	Fallo medio
Motor	Transforma la energía cinética en energía centrífuga y por último en energía de presión, lo que	Bajo caudal	Baja carga del motor	Bomba con aire Sobre Bombeo o pozo abatido Bomba gastada	Esperar a que el pozo recupere y controlar el tiempo de recuperación del pozo, verificando que el pozo no perdió eficiencia.	4	3	4	48	Fallo alto

	eleva el agua hacia afuera del pozo.			Acoplamiento o eje dañado	Si el problema no se corrige revisar la bomba y motor					
				Succión o rejilla bloqueada						
Bomba	Se introduce dentro del líquido, generalmente agua, empujándolo hacia la superficie		La bomba no suministra agua o la bomba produce un caudal reducido	Filtro de entrada obstruido	recupere y controlar el tiempo de recuperación del pozo, verificando que el pozo no perdió eficiencia o que la bomba es muy grande para la capacidad del pozo.	4	3	4	48	Fallo alto
				Rendimiento del pozo ineficiente	Si el problema no se corrige revisar la bomba y motor					
				Bomba gastada						
				Bajo Voltaje						

Fuente: Elaboración Propia con Datos COSAALT R.L.

- Sistema de Bombeo con Bomba Centrífuga

Como primer paso se tomará en cuenta los componentes del sistema de bombeo con bomba centrífuga de agua potable y se determinara cuál es su función para posteriormente determinar su modo de fallo, cuáles son sus causas y efectos del fallo, que medidas correctivas se puede tomar, para después medir el criterio de detectabilidad, severidad y ocurrencia para así determinar el valor de NPR de falla.

Cuadro IV-21 Análisis AMFE Sistema de Bombeo con Bomba Centrífuga

Componente	Función	Modo Fallo	Efecto	Causa	Medidas Correctivas	ID	IS	IO	NPR	Juicio
Transformador	Permite variar el voltaje o la intensidad, mantenimiento la frecuencia y potencia.	Fallo en el devanado	-Falla dieléctrica	Corto circuito	-Realizar la limpieza del equipo	3	3	3	27	Fallo medio
			-Falla térmica	Se deteriora con el tiempo y la fuerza física se pierde	-Revisar que no exista fugas de aceite en válvulas, radiadores y cordones de soldadura -Revisar el estado de pintura del transformador					
			-Falla mecánica	Movimientos y vibraciones	-Revisar si produce vibraciones -Realizar el ajuste de boquillas y terminales mecánicas -Purificar y filtrar el aceite dieléctrico					
Caseta	Resguardar tablero eléctrico y bomba dosificadora				Realizar revisión periódica por parte de los operadores	2	3	1	6	Fallo bajo
Tablero eléctrico	Encargados de proteger los componentes de mando y control, además	La bomba no arranca	Los térmicos saltan	Algo causa corto circuito, un componente está dañado	-Limpiar terminales de entrada y salida del interruptor y arrancador, posteriormente reajustar	3	3	4	36	Fallo alto

	concentran los dispositivos de conexión, protección que permitan que la instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones			Componentes insuficientes para soportar el consumo	-Humedecer con solvente dieléctrico, no utilizar medios abrasivos -Dejarlo libre de polvo					
			Fuga eléctrica	Consumo anormal	-Reemplazar componentes en caso de estar dañados					
Tren de descarga	Encargado de hacer llegar el agua a tanque de almacenamiento o directamente a la red	Fuga de agua	Falla de sellos y cojinetes de tubería	Deformación térmica El diseño del sello	-Realizar la limpieza y pintado de tubería de descarga, con anticorrosivo -Cambio de empaquetaduras -Inspeccionar el equipo de cloración	2	2	2	8	Fallo medio
Válvulas	Son las principales protecciones en los trenes de descarga: con sus aplicaciones se evitan derrames innecesarios y/o reparaciones provocados por rompimiento de las tuberías de la red.	Derrames			-Revisión de cierre y apertura -Sustitución de empaque -Limpieza del cuerpo de válvulas	2	3	2	12	Fallo medio
Motor	Transforma la energía cinética en energía centrifuga y por último en	Ruido Excesivo	Vibración Calentamiento	-Daño o falta de lubricación	-Engrasar motores y en caso de que se encuentren dañados reemplazarlos	3	3	4	36	Fallo alto

	energía de presión, lo que eleva el agua hacia afuera del pozo.		Alto Amperaje	en rodamientos -Bomba-motor desalineados	-Realizar el alineamiento de motor-bomba					
Bomba	Convierte la energía con la que es accionada, en este caso mecánica, en energía hidráulica	Ruido y vibración	Vibración excesiva	-Daño en el prensaestopa	-Cambiar la pita grafitada	3	3	4	36	Fallo alto
			Ruido fuerte	-falta o aceite quemado	- Realizar la medición de aceite y en caso que sea necesario su cambio					
			Calentamiento	-Bomba-motor desalineada	-Alinear la bomba-motor					
			Bajo Caudal	-Desajuste de tuercas por vibración -Cavitación	-realizar el reajuste de tuercas					

Fuente: Elaboración Propia con Datos de COSAALT R.L.

Una vez que se realizó el análisis AMFE se procede a realizar el programa de mantenimiento, en el ANEXO 11 se muestra el programa de mantenimiento que esta descrito a continuación:

- **Programa de mantenimiento anual de equipos de bombeo:** Se especifican las actividades tanto para las bombas centrifugas de 150 HP y las de 100 HP, como son cambio de aceite cada 3 meses, medición de aceite dos veces a la semana, cambio de pita grafitada cada dos meses, limpieza de filtros cada 15 días, limpieza de cárcamos y el mantenimiento a transformadores una vez al año.
- **Programa de mantenimiento monitoreo de pozos:** Se realizará el monitoreo de los pozos cada tres meses donde se verificará los parámetros como caudal, nivel estático, nivel dinámico.

- **Programa de mantenimiento tableros eléctricos:** Se realizará el cronograma de mantenimiento preventivo a tableros eléctricos el cual se realizará una vez al año, de acuerdo a la ubicación del sistema.
- **Programa de mantenimiento a planta de tratamiento de agua potable**
Tabladita: En instalaciones se recomienda una vez al año pintado a instalaciones, cada cinco años reemplazo a maderas en floculadores, una vez al año mantenimiento a tableros, bomba centrífuga y agitadores, dos veces al año limpieza profunda a floculadores y sedimentadores previa inspección visual, cada 15 días lavado de filtros y sedimentadores, cada 15 días cortado de pasto, dos veces al año limpieza al tanque de almacenamiento de agua potable, una vez al año limpieza de tanques de preparación de reactivos (sulfato de aluminio, óxido de calcio, hipoclorito de calcio.)

4.8.2. Control de No conformes

Las salidas no conformes con los requisitos deben ser identificadas y controladas para prevenir su uso no intencionado, para tal efecto COSAALT R.L. se asegura que las acciones correctivas y las acciones preventivas sean apropiadas para la magnitud de los problemas reales o potenciales encontrados y a las consecuencias en el desempeño mediante la verificación de la efectividad de las acciones tomadas, lo cual se describe en el **ANEXO 12** el procedimiento a aplicar.

Tomando en cuenta la Norma ISO 9000 se entiende:

- No Conformidad: Incumplimiento requisito
- Requisito: Necesidad o Expectativa establecida generalmente implícita u obligada

De acuerdo a estos conceptos se entiende como no conformidad cuando no se cumple con las expectativas de la organización de acuerdo al sistema de gestión

En el cuadro IV-21 se observa los pasos para atender una no conformidad.

Cuadro IV-22 Hallazgos y no Conformidades

Pasos para atender una NC	% de Importancia
Identificación de la NC	10
Descripción de la NC	20
Análisis de la Causa	60
Acciones	10

Fuente: Elaboración Propia con datos ISO 9000

4.9. Sección 9 Evaluación de desempeño

4.9.1. Generalidades

COSAALT R.L. durante la implementación y operación se realizará con base en la planificación y los planes de acción establecidos.

4.9.2. Competencia, formación y toma de conciencia

El seguimiento y medición es muy importante ya que permite obtener resultados que serán utilizados en la revisión por la dirección de esa manera el equipo de mantenimiento ha determinado los procesos que necesitan seguimiento y medición. Los métodos a aplicar para realizar el seguimiento, medición, análisis y evaluación además de la frecuencia de seguimiento y medición de cada objetivo e indicador de proceso, cuando se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y medición. El desempeño y eficacia del sistema de gestión de mantenimiento se evalúa por medio de los indicadores de procesos identificados en las fichas individuales de cada uno de ellos, donde se mantiene la información documentada como evidencia de los resultados.

Para que los trabajadores se desempeñen de mejor manera es necesario realizar talleres de capacitación para lo cual se establece los *talleres de capacitación* como se describe en el *ANEXO 13.1 y Formato de Registro de Capacitación ANEXO 13.2*

4.10. Auditoría Interna

Para verificar la conformidad de los procesos y eficacia del sistema de gestión del mantenimiento, la organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados mediante el formato *Auditoría Interna (ANEXO 14)*.

Cuando se realiza el control del sistema de gestión de mantenimiento pueden encontrarse hallazgos clasificados con no conformidad mayor, no conformidad menor, observación u oportunidad de mejora, el equipo debe entrega a más tardar al día siguiente hábil el registro de hallazgo. La entrega del registro de hallazgo en caso de fortalezas encontradas es opcional.

La clasificación de los hallazgos es como sigue:

Cuadro IV-23 Hallazgos y no Conformidades

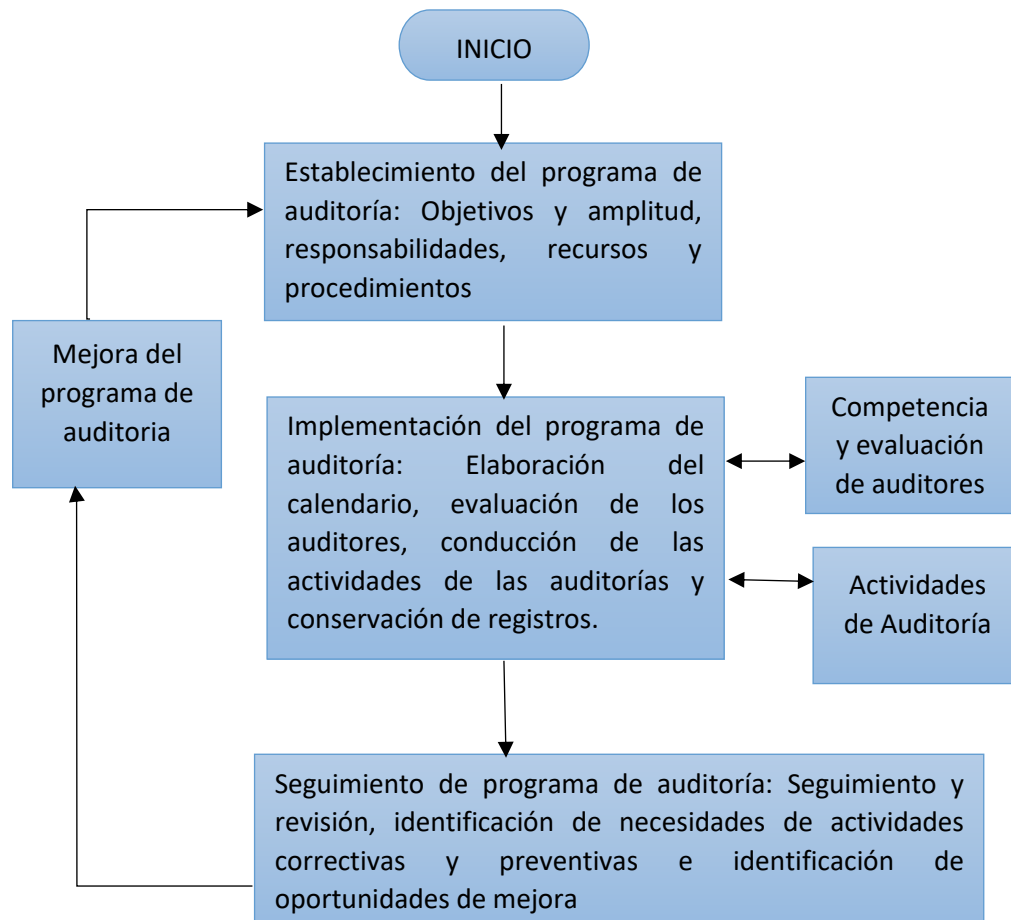
Hallazgo	Detalle
Fortaleza	<ul style="list-style-type: none"> Situación que debe ser conocida por toda la organización por ser algo EXTRAORDINARIO.
Oportunidad de mejora	<ul style="list-style-type: none"> Situación que está bien, pero pudiera estar mejor.
Observación	<ul style="list-style-type: none"> Situación que, de seguir así, ocasionaría un incumplimiento al SGM
No conformidad menor	<ul style="list-style-type: none"> Incumplimiento menor o parcial a un requisito.
No conformidad mayor	<ul style="list-style-type: none"> Incumplimiento total a un requisito. No mejora en el desempeño energético ni tendencia hacia lograr la mejora.

Fuente: Elaboración Propia y COSAALT R.L.

En el caso de haber hallazgos clasificados con no conformidad mayor, no conformidad menor, observación u oportunidad de mejora, el equipo auditor entrega a más tardar al día siguiente hábil el registro de hallazgo. La entrega del registro de hallazgo en caso de fortalezas encontradas es opcional.

En la figura 4-9 se muestra el procedimiento de Auditoría Interna donde se podrá verificar el cumplimiento del ciclo de Deming buscando la mejora continua del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

Figura 4-9 Diagrama de flujo Procedimiento Auditoría Interna



Fuente: Elaboración Propia

4.11. Sección 10 Mejora

4.11.1. Generalidades

Entre las oportunidades de mejora que pueden surgir y deben ser consideradas por la organización están los siguientes:

- Mejorar la dotación de agua potable para cumplir con los requisitos tomando en cuenta las necesidades y expectativas de los socios y cambios con el contexto de la organización.

- Corregir, prevenir, o reducir los efectos no deseados para lo cual se debe realizar la evaluación de riesgos y oportunidades.
- Mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de mantenimiento.

4.11.2. Mejora Continua

La organización debe mejorar continuamente su sistema de gestión del mantenimiento y debe revisar anualmente la convivencia, adecuación y eficacia del mismo mediante una auditoria interna y posterior análisis de los resultados en la revisión por la dirección identificando las necesidades u oportunidades que se deben considerar como parte de la mejora continua de la organización.

CAPÍTULO V

PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA DE

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

5.1. Introducción

Se realizó la evaluación económica para futura implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017 dentro del departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L. que se dedica a la dotación del servicio de agua Potable, en base a la certificación del sello de IBNORCA.

Para eso se utilizó la evaluación de proyectos que mide objetivamente ciertas magnitudes cuantitativas resultantes del estudio del presente proyecto de grado, y dan origen a operaciones matemáticas que permiten obtener diferentes coeficientes de evaluación, por ende, el uso de herramientas y técnicas de evaluación para la empresa COSAALT R.L. que se presenta en los siguientes puntos del capítulo.

5.2. Inversión

Para la ejecución del proyecto de grado en base a un Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017 se identificaron los siguientes tipos de inversión a realizar que son: capacitaciones, salarios, documentación y equipo, que se ve a continuación.

5.2.1. Inversión en Capacitaciones

La inversión en capacitaciones se refiere al monto destinado a la capacitación del personal en los temas referidos al Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017, la realización Manual de Mantenimiento Preventivo y Seguridad Industrial, Control de residuos y el proceso de Auditoría interna.

Además, se debe tomar en cuenta para la capacitación el tiempo invertido de los trabajadores que requerirán el proceso de capacitación en un tiempo de dentro del periodo de trabajo siendo de 5 horas a la semana por dos semanas y el pago a la persona que llevara a cabo las capacitaciones.

Cada uno de los temas mencionados son necesarios para la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento y una futura certificación, la inversión a realizar se detalla a continuación:

Cuadro V-1 Inversión en Capacitación en el Sistema de Gestión de Mantenimiento NB 12017

(Expresado en bolivianos)

N°	Número de Personas	Cargos	Costo por persona según el cargo			Costo total de la Capacitación en Bs.	Costo total por Cargo	Área de la empresa
			Costo por hora invertida	Costo por horas invertidas	Costo por la instrucción y material			
			Bs/hora	Bs/persona	Bs/persona			
1	1	Gerente General	Bs. 109.4	Bs. 1,094.0	Bs. 150.00	Bs. 1,244.00	Bs. 1,244.0	Gerencia General
2	2	Consejeros	Bs. 50.5	Bs. 505.0	Bs. 150.00	Bs. 655.00	Bs. 1,310.0	Consejeros
3	1	Gerente de Operaciones	Bs. 62.5	Bs. 625.0	Bs. 150.00	Bs. 775.00	Bs. 775.00	Gerencia de Técnica
4	1	Jefe de Departamento de Producción y Tratamiento	Bs. 53.1	Bs. 531.0	Bs. 150.00	Bs. 681.00	Bs. 681.00	Gerencia de Técnica
5	7	Operadores de Sistemas Independientes	Bs. 37.5	Bs. 375.0	Bs. 150.00	Bs. 525.00	Bs. 3,675.0	Gerencia de Técnica

6	7	Unidad Electromecánica	Bs. 46.8	Bs. 468.0	Bs. 150.00	Bs. 618.00	Bs. 4,326.0	Gerencia de Técnica
7	5	Operadores PTAP	Bs. 37.5	Bs. 375.0	Bs. 150.00	Bs. 525.00	Bs. 3,675.0	Gerencia de Técnica
8	1	Encargado PTAP	Bs. 37.5	Bs. 375.0	Bs. 150.00	Bs. 525.00	Bs. 525.0	Gerencia de Técnica
Total	25	TOTAL, DE CAPACITACIÓN (Bs.)					Bs 16,211.00	

Fuente: Elaboración Propia con datos de COSAALT, gestión 2021

Como se observa en el cuadro anterior se presentó a detalle cada uno de los costos y que trabajador llevara a cabo cada una de las capacitaciones, además de considerar el costo invertido por el tiempo de capacitación en el horario de trabajo.

En las capacitaciones se puede ver que se debe invertir en su totalidad Bs 16,211.00 para que se lleve a cabo la implementación del Sistema de Gestión de la Mantenimiento bajo la norma NB 12017.

5.2.2. Inversión de Salarios

La inversión realizada en salarios se refiere al monto destinado para un nuevo integrante de la empresa, el cual tendría entre una de sus principales responsabilidades, implementar, mantener y mejorar el sistema de gestión de mantenimiento, el valor estimado es de 3,000 Bs al mes. La inversión a realizar se ve a continuación en el Cuadro V-2.

Cuadro V-2 Inversión en Salarios para el Sistema de Gestión de Mantenimiento

(Expresado en bolivianos)

N°	Cargo	Cantidad de Personas	Costo Salario por mes	Costo Salario Anual
1	Supervisor de Mantenimiento	1	Bs 3,000.00	Bs 36,000.00
Costo total en Salarios (Bs)				Bs. 36,000.00




Fuente: Elaboración propia con datos COSAALT R.L., gestión 2021


La inversión en salarios se considera el pago anual del nuevo cargo en un valor total de 36,000.00 Bs para llevar a cabo el Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017.

5.2.3. Inversión en Documentación y Equipo

La inversión realizada en documentos y equipamiento se refiere al monto destinado a la elaboración de la documentación requerida por las normas internacionales, así como los documentos a utilizar durante las capacitaciones, por otra parte se considera el monto invertido en la adquisición de equipamiento necesario para dar cumplimiento a los requisitos relacionados al Sistema de Gestión Mantenimiento, como a la Seguridad Industrial, la inversión a realizar se detalla a continuación.

Cuadro V-3 Inversión en Equipos
(Expresado en bolivianos)

INVERSIÓN EN EQUIPO					
N°	Imagen	Detalle	Cantidad	Costo por Unidad	Costo Total
1		Reloj Comparador: que permitirá realizar adecuadamente la alineación bomba-motor	1	2,000.00	2,000.0
2		Señalización Seguridad Industrial	5	500.00	2,500.0
3		Caudalímetro Ultrasónico	1	10,000.0	10,000.0

4		Extintores de 8 (kg) con recargas anuales	5	246.00	1,230.0
COSTO TOTAL					Bs. 15,730.00

Fuente: Elaboración propia con empresas proveedoras como “ElectroTarija”, “Multiherramientas”, “Tornería Albornoz”

Cuadro V-4 Inversión en Documentación (Expresado en bolivianos)

Documentación para el diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento				
N°	Tipo de Documentación	Cantidad de horas	Costo por Hora	Costo total de la documentación
1	Diagnostico	20	Bs 10.00	Bs 200.00
2	Definición de las partes Interesadas	25	Bs 10.00	Bs 250.00
3	Realización manual de procedimientos y funciones	30	Bs 10.00	Bs 300.00
4	Manual de Mantenimiento y Seguridad Industrial	60	Bs 10.00	Bs 600.00
5	Manual del Sistema de Gestión de Mantenimiento	170	Bs 10.00	Bs 1,700.00
6	Tablas de conformidades y No Conformidades	20	Bs 10.00	Bs 2,000.00
TOTAL		325		Bs. 3,250.00

Fuente: Elaboración Propia con base a gastos propios, gestión 2021.

Considerando los cuadros anteriores para la identificación del total de inversión de documentación 3,250.00 de equipo 15,730.00 Bs que son necesarios para la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento.

5.2.4. Inversión Total

La inversión total para llevar a cabo el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa COSAALT R.L. se puede observar a continuación.

Cuadro V-5 Inversión Total
(Expresado en bolivianos)

N°	Detalle	Costo
1	Capacitaciones	Bs 16,211.00
2	Salario	Bs 36,000.00
3	Documentación	Bs. 3,250.00
4	Equipo	Bs 15,730.00
INVERSIÓN TOTAL		Bs 71,191.00

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la inversión total es de Bs. 71,191.00 la cual contempla las actividades a realizar para una implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento bajo la norma NB 12017 para los equipos de bombeo de agua potable del Departamento de Producción y Tratamiento.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Las principales conclusiones son:

- El control en las inspecciones de los equipos de bombeo de agua potable es deficiente esto debido a que no se cuenta con guías de inspección, lo que no permite hacer un seguimiento correcto para predecir fallas en los equipos o cuando estos necesitan una reparación.
- El departamento de producción y tratamiento no cuenta con una base de datos sobre el historial de equipos de bombeo, historial de falla, ni mantenimientos realizados, por esta razón se diseñó formularios que permitan tener un mejor control de las actividades de mantenimiento realizadas.
- Se realizó programas de mantenimiento, con la finalidad de permitir un mejor control y prolongar la vida útil de los equipos de bombeo de agua potable, en el cual se puede apreciar cada cuantas de horas de funcionamiento se debe realizar un mantenimiento preventivo, con base a esta planificación se tendrá en stock los repuestos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento.
- Se plantearon Indicadores de Gestión que permitan medir el desempeño de las actividades de mantenimiento realizadas, midiendo la eficiencia de los mantenimientos realizados a equipos de bombeo de agua potable, mejorando así el servicio de agua potable.
- Las evidencias digitales como fotos y videos sirven como un soporte valido de información documentada y en conjunto con los registros ayudaran a mejorar la eficacia del proceso de mantenimiento, evitando reprocesos y disminuyendo las reclamaciones o inconformidades de servicio prestado.
- Se desarrollo un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de bombeo de agua potable. Priorizando los equipos críticos mediante la planificación de actividades, diseño de documentos técnicos para el correcto funcionamiento del programa de mantenimiento preventivo, estos documentos son registros técnicos de seguimiento y recopilación de información para tomar acciones futuras del funcionamiento adecuado, además aplicando índices de

gestión se determinó un tablero de control periódico donde se determina la actividad programada para cada equipo, las condiciones actuales del departamento de producción y tratamiento de COSAALT R.L. para garantizar, proveer un servicio de calidad y un adecuado funcionamiento de sus equipos gracias a la implantación del programa de mantenimiento que permite medir, evaluar y tomar acciones correctivas y preventivas.

- COSAALT R.L. cuenta con un POA para la compra de materiales necesarios para los mantenimientos preventivos y correctivos a equipos de bombeo de agua potable, con la implementación de los registros de mantenimientos que se propone en el SGM se podrá pronosticar que materiales y en que cantidad se deberá incorporar al POA.
- Se elaboro el manual de procedimientos de las actividades de mantenimiento a equipos de bombeo de agua potable permitiendo así estandarizar los procesos de mantenimiento y facilitar la contratación a nuevos trabajadores conjuntamente con el manual de funciones.
- Se elaboro una base se datos en el programa ACCESS que ayudara a los trabajadores a tener un mejor control de la información documentada en digital de acuerdo a los requerimientos de la NB 12017, estos registros en digital contienen la misma información que los registros físicos propuestos.
- Para la implementación del SGM se requiere una inversión total de Bs. 71,191.00, esta inversión contempla los costos de capacitación al personal, compra de equipamiento, costo en documentación necesaria para el sistema de gestión de mantenimiento.

6.2.Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa implementar el Sistema de Gestión de Mantenimiento propuesto en el presente trabajo donde se determinen los objetivos, las políticas y de más requisitos que exige la norma para la organización, permitiendo así detectar fallas prematuras en equipos de bombeo, además de prolongar la vida útil de los equipos y mejorar el servicio de agua potable.
- Se recomienda considerar los procedimientos, formatos, fichas técnicas y programas de mantenimiento, expuestos en el presente trabajo debido a que permitirán realizar inspecciones adecuadas además de contar con un historial de equipos de bombeo, historial de fallas y mantenimientos realizados.
- Una vez implementado el sistema de gestión de mantenimiento en la organización se recomienda planear auditorías internas en todos los procesos con el fin de realizar un diagnóstico general, esto ayudará a la construcción de los objetivos del sistema de gestión, además permitirá evidenciar fortalezas y debilidades que se tiene dentro de la empresa.
- Se recomienda implementar y mejorar la gestión de almacenes debido a que esta área es de suma importancia al realizar trabajos de mantenimiento en equipos de bombeo e instalaciones, sin embargo, presenta deficiencias que deben ser atendidas para que no perjudiquen al sistema de gestión de mantenimiento propuesto.
- Se recomienda utilizar un reloj comparador para la alineación motor-bomba debido a que permitirá trabajar de manera más efectiva y evitar fallos en las bombas centrífugas, la compra del reloj comparador esta dentro del presupuesto del SGM debido a que es importante para optimizar los mantenimientos en bombas centrífugas.

- Se sugiere implementar un control de cambios en la documentación con el fin de mantener la información documentada actualizada, y de igual manera permitirá tener un mayor control de las copias no autorizadas tanto digitales como físicas.
- Se sugiere comenzar a realizar el registro de datos históricos tanto físicos como digitales ya que permitirá desarrollar indicadores de gestión con el fin de evaluar actividades dentro de los procesos de mantenimiento facilitando así la toma de decisiones.
- Se recomienda realizar evaluaciones mediante los indicadores de gestión planteados en este proyecto, como también evaluaciones periódicas de cumplimiento de uso de EPP, recarga de extintores, mantenimiento y verificación de stock de repuestos.
- Se recomienda a la alta dirección compromiso y seguimiento con implementación total del Plan de mantenimiento y seguridad industrial, planteado en el presente proyecto, para lograr una mejora continua y obtener resultados esperados como también aumentando la vida útil de los equipos de bombeo y tener un ambiente seguro en la empresa.
- Se sugiere mejorar ambientes de trabajo aplicando el orden y limpieza, concientizando a todo el personal ser responsable de sus puestos de trabajo, uso adecuado de EPP y además tener jornadas de informativas respecto a mantenimiento y seguridad industrial.