UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Presentado por
Hoyer Rodríguez, Rafael Eduardo

Para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Goncalves Rodríguez, María José

Caracas, julio 2014

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Presentado por
Hoyer Rodríguez, Rafael Eduardo

Para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Goncalves Rodríguez, María José

Caracas, julio 2014

ACEPTACIÓN DEL ASESOR

A través de la presente hago constar que he leído el Trabajo Especial de Grado, presentado por el ciudadano **RAFAEL EDUARDO HOYER RODRÍGUEZ**, titular de la cédula de identidad número **V-15.178.688** para optar al grado de **ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**, cuyo título es "**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE**"; y manifiesto que cumple con los requisitos exigidos por la dirección General de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello; y que, por lo tanto, lo considero apto para ser evaluado por el jurado que se decida designar para tal fin.

En la ciudad de Caracas, a los dieciocho (18) días del mes de julio de 2014.

Atentamente.

María José Goncalves Rodríguez

Asesor

MECANING
INGENIERIA DE APLICACIONES MECANICAS C.A.

Av. Principal de Los Chorros,
Quinta Güinima No. 70, Urbanización Los Chorros.
F: +58 212-519.58.31 M: +58 412-622.05.82
www.mecaning.com / info@mecaning.com

Señores:

Universidad Católica Andrés Bello

Por medio de la presente hacemos constar que el ciudadano, **RAFAEL EDUARDO HOYER RODRÍGUEZ**, titular de la cédula de identidad **V-15.178.688**, ha sido autorizado para manejar, divulgar y mencionar información relacionada con nuestra empresa para el desarrollo de su **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO** que lleva por título, **"DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE"**.

En la ciudad de Caracas, a los veinticinco (25) días del mes de julio de 2014

Atentamente

MECANING
INGENIERIA DE APLICACIONES MECANICAS C.A.

Helgar Alí Quintero García

V-17.286.568

DEDICATORIA

Este trabajo especial de grado es dedicado especialmente a Andreina, quién ha sido el motor que me ha impulsado para lograr las metas planteadas, su ejemplo de constancia, perseverancia y lucha incesante me ha guiado a lo largo del camino y me ha enseñado que “debemos caernos para levantarnos”. No hubiese sido posible sin su apoyo, comprensión y enseñanzas. También está dedicado al bebe que está en su vientre, aun siendo tan pequeño nos ha enseñado el poder que yace en cada uno de nosotros.

A mi abuelo, quien desde pequeño me enseño los valores que hoy me han convertido en la persona que soy, mis habilidades han sido desarrolladas gracias a él.

A mi familia, amigos y compañeros que me han apoyado en los momentos más difíciles.

A Dios y a La Virgen, por ser guías espirituales presentes en cada uno de los caminos que me he propuesto recorrer, gracias por enseñarme, gracias por llenarme de bendiciones.

AGRADECIMIENTOS

A Andreina y a nuestro bebe, por acompañarme siempre y apoyarme en todas las decisiones. Soy una mejor persona gracias a ustedes.

A mi abuelo, quien estuvo conmigo y fue un modelo a seguir.

A Dios y a La Virgen por protegernos y acompañarnos a lo largo del camino, nos han llenado de bendiciones, de momentos difíciles y de alegrías.

A mi familia por apoyarme en las decisiones tomadas y enseñarme los valores que hoy me han convertido en la persona que soy.

A la Profesora María José por su paciencia y apoyo durante la ejecución de éste trabajo.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

PROYECTO TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Autor: Rafael Eduardo Hoyer Rodríguez
Asesor: María José Goncalves Rodríguez
Año: 2014

RESUMEN

La Gestión de Mantenimiento tiene como principales objetivos, planificar, organizar, dirigir y controlar los procesos de mantenimiento para brindar soluciones, por otro lado, las organizaciones empresariales desarrollan actividades en sectores cada día más complejos y competitivos, motivos por los cales la gestión de mantenimiento se ha convertido en un factor de importancia para lograr la productividad y diferenciación dentro del mercado. Mecaning Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, C.A. (MECANING) es una empresa de servicios en el área de ingeniería y su objetivo es garantizar la disponibilidad y optimo desempeño de los equipos atendidos, en virtud de lo anterior se ha desarrollado un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable para mejorar el desempeño y disponibilidad de los equipos instalados en estos, a la vez que se garantice el logro de objetivos que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes, interesados *(stakeholders)* y de la propia organización. Las técnicas de entrevistas y observación directa fueron empleadas para la recolección de datos.

Palabras Clave: Gestión de Mantenimiento, Gestión de Proyecto, Competitividad, Planificación, Calidad, *Stakeholders*.

Línea de Trabajo: Planificación y Control de Tiempo en Proyectos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA **V**

AGRADECIMIENTOS **VI**

RESUMEN **VII**

ÍNDICE GENERAL **VIII**

ÍNDICE DE FIGURAS **XI**

ÍNDICE DE TABLAS **XII**

ÍNDICE DE ECUACIONES **XIII**

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS **XIV**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA **3**

1.1 Planteamiento del Problema **3**

1.2 Objetivos de la Investigación **5**

1.3 Justificación del Proyecto **6**

1.4 Alcance de la Investigación **7**

1.4 Limitaciones de la Investigación **7**

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL **8**

2.1 Antecedentes **9**

2.2 Fundamentos Teóricos de la Investigación **14**

2.2.1 Gerencia de Proyectos **14**

2.2.2 Gerencia de Mantenimiento **23**

2.3 Tipos de Mantenimiento **24**

2.4 Modelos de Gestión de Mantenimiento **27**

2.5 Herramientas de la Gestión de Mantenimiento **33**

2.6 Metodologías de Mejora Continua **40**

2.7 Bases Legales **44**

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO **47**

3.1 Definición del Alcance de la Investigación **48**

3.2 Diseño de la Investigación **49**

3.3 Definición de Variables **51**

3.4 Operacionalización de las Variables **52**
3.5 Selección de la Muestra **52**
3.6 Unidad de Análisis **60**
3.7 Población y Muestra **61**
3.8 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos **62**
3.9 Consideraciones Éticas **65**
CAPÍTULO IV. MARCO ORGANIZACIONAL **68**
4.1 Objetivos y Fines **69**
4.2 Misión **70**
4.3 Visión **70**
4.4 Valores **70**
4.5 Estructura Organizacional **71**
CAPÍTULO V. PLAN DE MANTENIMIENTO **72**
5.1 Describir las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno de los equipos presentes. **72**
5.1.1 Bombas **74**
5.1.2 Clasificación y Tipos de Bombas **74**
5.1.3 Motores **77**
5.1.4 Válvulas de Control **77**
5.1.5 Tableros Eléctricos **78**
5.1.6 Instrumentos de Medición **79**
5.1.7 Tanques de Almacenamiento **80**
5.2 Analizar las recomendaciones y directrices establecidas por el Gobierno Nacional, a través de sus entes oficiales y la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y la normativa legal vigente en cuanto a las instalaciones industriales de bombeo de agua potable que deben ser consideradas en el diseño del plan de mantenimiento. **81**
5.3 Analizar los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los **90**

cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para considerarlos en el diseño del plan de mantenimiento.

5.4 Identificar las variables internas y externas que pudiesen impactar el rendimiento y/o continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para establecer los posibles escenarios que deben ser tomados en cuenta en el desarrollo del plan de mantenimiento. **96**

5.5 Proponer un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, que asegure la continuidad operativa y los niveles de calidad en los servicios prestados. **116**

CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL PROYECTO **141**

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **146**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **154**

ANEXOS **162**

ANEXO A. Matriz de Observación Directa **163**

ANEXO B. Modelo de Encuesta **166**

ANEXO C. Validación del Instrumento **168**

ANEXO D. Plano de Planta Sala de Bombas Típica **175**

ANEXO E. Simulación Sala de Bombas Típica **176**

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mantenimiento Productivo Total	**29**
2	Diagrama de Bowtie	**31**
3	Diagrama de ISHIKAWA	**34**
4	Diagrama de Pareto	**34**
5	Diagrama de Afinidad	**35**
6	Diagrama de relaciones	**36**
7	Diagrama de Árbol	**36**
8	Diagrama Matricial	**37**
9	Diagrama de Proceso de Decisión	**38**
10	Diagrama de Flechas	**38**
11	Matriz de Inspección Basada en Riesgos	**39**
12	Círculo de Deming	**41**
13	Estructura Organizacional MECANING	**71**
14	Esquema General-Sistema de Bombeo	**73**
15	Tipos de Bombas	**75**
16	Partes de una Bomba	**76**
17	Tipos de Válvulas	**78**
18	Proceso para Identificación de Requisitos Legales	**89**
19	Matriz FODA	**98**
20	Cinco Fuerzas de Porter	**102**
21	Cadena de Valor de Michael Porter	**104**
22	Factores Operacionales que Determina la Confiabilidad	**114**

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	Decretos Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela	**45**
2	Normas COVENIN	**46**
3	Operacionalización de Variables Objetivo Específico 1	**53**
4	Operacionalización de Variables Objetivo Específico 2	**56**
5	Operacionalización de Variables Objetivo Específico 3	**57**
6	Operacionalización de Variables Objetivo Específico 4	**58**
7	Operacionalización de Variables Objetivo Específico 1	**59**
8	Valores Organizacionales	**70**
9	Comparación entre Proyectos y Gestión de Mantenimiento	**116**
10	Objetivos de la Gestión de Proyectos Vs. Objetivos de la Gestión de Mantenimiento	**119**
11	Resultados de la Observación Directa	**121**
12	Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo – Rutinas Semanales (52 Semanas)	**134**
13	Formato de Lista de Verificación	**138**
14	Orden de Trabajo	**140**

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN		PÁGINA
1	Tiempo medio entre fallas	**111**
2	Tiempo medio entre reparación	**111**
3	Tiempo medio para la falla	**111**
4	Disponibilidad de equipos	**111**
5	Costo de mantenimiento por facturación	**112**
6	Costo de mantenimiento por Valor de reposición	**112**

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

A.M.E.F.: Análisis de Modos y Efectos de Fallas

CIV: Colegio de Ingenieros de Venezuela

CPM: *Critical Method Path*

CT: Cuerpo Técnico

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales

EDT/*WBS*: Estructura Desagregada de Trabajo/*Work Breakdown Structure*

GMAO: Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador

ISO: *International Organization for Standardization*

JIPM: *Japan Institute of Plant Maintenance*

KJ*: Kawakita Jiro*

MCC: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

MCM: Mantenimiento de Clase Mundial

MECANING: Mecaning Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, C.A.

MP: Mantenimiento Preventivo

PDCP: *Process Decision Program Chart*

PDVSA: Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima

PMBOK: *Project Management Book of Knowledge*

PMI: *Project Management Institute*

RBM: *Risk Based Maintenance*

RCM: *Reliability Centered Maintenance*

RRHH: Recursos Humanos

SP: Sistema Productivo

TEG: Trabajo Especial de Grado

TPM: *Total Productive Maintenance*

UCAB: Universidad Católica Andrés Bello

UCV: Universidad Central de Venezuela

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la gerencia de proyectos es la ejecución exitosa de los mismos, entendiéndose ésta como el desarrollo de sub-tareas que al ser completadas en su totalidad permitirán la entrega del producto deseado en función de las variables de tiempo, costo y calidad establecidas originalmente. En este sentido, se puede observar que la definición del alcance de un proyecto juega un papel fundamental, debido a que una conceptualización errada de éste, resultará en el logro de un producto distinto al requerido y/o necesitado.

La gestión del mantenimiento tiene como principales objetivos: planificar, organizar, dirigir y controlar los procesos de mantenimiento para brindar soluciones a los problemas establecidos, satisfaciendo las necesidades específicas de forma eficiente y eficaz. Las organizaciones empresariales se encuentran desarrollando actividades en sectores cada día más complejos y competitivos, por lo cual se hace cada vez más importante el desarrollo de sistemas y planes de gestión que permitan la ejecución de procesos más efectivos, cuyo resultado final repercuta en una ventaja competitiva. El presente Trabajo Especial de Grado ha generado un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para instalaciones de bombeo de agua potable, a través del cual, MECANING se impulsará el logro de resultados que estén alineados con los objetivos declarados por la empresa, es decir asociados los lineamientos estratégicos declarados por la organización. Para el desarrollo del modelo se empleó el enfoque propuesto por el *PMBOK 2013*, en función de las variables, alcance, tiempo y costo.

Este trabajo especial de grado está estructurado de la siguiente forma:

El Capítulo I reúne los aspectos relacionados con el problema de investigación, resaltando el planteamiento y formulación del problema, objetivo general y objetivos específicos, justificación de la investigación, su alcance y limitaciones. A continuación se presenta el Capítulo II el cual comprende el marco teórico de la investigación, en el cual se hace referencia a los antecedentes, fundamentos teóricos de gerencia de proyectos y el área de aplicación, haciendo especial énfasis en proyectos de gestión de mantenimiento, así como también en las bases legales asociadas a estos sistemas.

El Capítulo III reúne los aspectos metodológicos de la investigación, a saber: tipo de investigación, diseño de la misma, unidad de análisis, población, muestra, técnicas de recolección de datos y fases de la investigación. Así mismo también, se destacan los procedimientos para alcanzar los objetivos, su operacionalización y las consideraciones éticas. Posteriormente se presenta el Capítulo IV, el cual está enfocado en describir el marco organizacional de MECANING, por tanto se desarrolla la estructura organizacional de la empresa, y cómo ha sido su evolución a lo largo de la historia. Se citan la misión, visión y valores corporativos, además del mercado de la organización.

En el Capítulo V se desarrollan los objetivos planteados por la investigación. Se realiza el análisis de los conceptos, métodos, modelos y herramientas de gestión, así como también, la información obtenida a partir de los instrumentos de recolección de datos que fueron aplicados, lo cual permitió el diseño del plan de mantenimiento. A Continuación se presenta El Capítulo VI, en el cual se hace una evaluación del proyecto, es decir, una autoevaluación de los objetivos alcanzados, así como, un análisis de las lecciones aprendidas durante el proceso de investigación.

En el Capítulo VII se exponen las conclusiones y recomendaciones relacionadas con la investigación, y posteriormente se detallan las referencias bibliográficas y anexos asociados con el presente trabajo especial de grado.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

A partir del siglo XIX el concepto de mantenimiento ha ido evolucionando en forma progresiva, pasando por diferentes etapas, a través de las cuales se pueden establecer diversos enfoques a lo largo del tiempo (García, 2010a). Según González (2009), a partir de la evolución del mantenimiento durante el siglo XX se ha convenido en establecer tres grandes etapas, definidas como: primera, segunda y tercera generación. En la primera etapa el mantenimiento y reparación de los equipos era desarrollado por los propios operarios. La segunda tuvo lugar con el desarrollo de los procesos industriales, lo cual generó un mayor grado de complejidad, razón por la cual, las tareas de reparación y mantenimiento se incrementaron, en este momento se conforman los primeros departamentos de mantenimiento. Posteriormente los departamentos se enfocaron en prevenir las fallas antes de suceder, es así como comienza a emplearse el concepto de fiabilidad y es cuando se evoluciona hacia la tercera generación.

1.1 Planteamiento del Problema

Las diferentes técnicas de mantenimiento han evolucionado a lo largo de la historia, observándose como referente para esta, las necesidades generadas por el desarrollo de los distintos procesos industriales, de forma tal que, las características de los equipos presentes y los procesos que tienen lugar en estos sectores son los principales indicadores al momento de establecer el modelo de mantenimiento a utilizar. En los últimos años, las normas y regulaciones aplicadas a los sectores industriales han obligado a las empresas a realizar modificaciones en sus departamentos de mantenimiento y a la implantación de una estrategia de mantenimiento.

Canales, Pacheco y Sarno (2006) proponen que el éxito limitado de las iniciativas para la mejora de las gestiones de mantenimiento, se debe a la falta de integración entre los procesos, tecnología y el recurso humano de la organización. La evolución efectiva y prolongada de cualquier gestión de mantenimiento, sin importar el sector industrial al que pertenece, debe estar enfocada en un mapa de procesos o modelo de gestión de mantenimiento, cuyo enfoque y fundamento esté relacionado con las características particulares de la organización.

Los motivos expuestos anteriormente, sirvieron de base para el desarrollo del presente trabajo especial de grado, el cual se enfocó en desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, que integrará las buenas prácticas propuestas por el *Project Management Institute (2013)* para el desarrollo de proyectos*,* los aspectos resaltados previamente y los lineamientos estratégicos de la empresa.

El plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable permitirá, coordinar, dirigir y ejecutar las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo que son ejecutadas por la gerencia de mantenimiento de MECANING, otorgando control sobre las variables que se encuentran involucradas en las operaciones, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento y disponibilidad de los equipos presentes en las mismas, generándose así, un beneficio para los clientes y la propia empresa, así como también, un estándar en la operación y un factor diferenciador ante los actuales competidores.

Durante el desarrollo de la investigación se generaron interrogantes, que sirvieron de base y fundamento para el diseño del plan de mantenimiento, estas fueron: ¿qué se debe considerar en un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable? y ¿cuáles son las variables y parámetros involucrados en la operación de los sistemas industriales de bombeo de agua potable que deben considerarse en la elaboración del plan de mantenimiento?

De igual forma, se establecieron preguntas asociadas a los objetivos específicos del trabajo de investigación, siendo estas: ¿cuáles son los fundamentos teóricos y conceptuales en los cuales se enmarca un plan de mantenimiento?, ¿cómo están conformadas las instalaciones industriales de bombeo de agua potable?, ¿cuáles son las normativas legales que rigen el funcionamiento de este tipo de sistemas?, ¿cuáles son las variables internas/externas presentes en la operación de estos sistemas que deben ser considerad para el diseño de un plan de mantenimiento?, Y por último ¿cuáles son las rutinas/actividades que conforman un plan de mantenimiento y cómo elaborarlo?

1.2 Objetivos de la Investigación

- **Objetivo General**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, que asegure la continuidad operativa y satisfaga las necesidades de los clientes, interesados (s*takeholders)* y de la propia organización.

- **Objetivos Específicos**

1. Describir las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno de los equipos presentes.
2. Analizar las recomendaciones y directrices establecidas por el Gobierno Nacional, a través de sus entes oficiales y la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y la normativa legal vigente en cuanto a las instalaciones industriales de bombeo de agua potable que deben ser consideradas en el diseño del plan de mantenimiento.

3. Analizar los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para considerarlos en el diseño del plan de mantenimiento.
4. Identificar las variables internas y externas que pudiesen impactar el rendimiento y/o continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para establecer los posibles escenarios que deben ser tomados en cuenta en el desarrollo del plan de mantenimiento.
5. Proponer un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, que asegure la continuidad operativa y los niveles de calidad en los servicios prestados.

1.3 Justificación del Proyecto

Como parte del proceso de mejora continua y adaptación a los cambios tecnológicos, a las nuevas tendencias y metodologías empleadas en la gestión de mantenimiento, se hizo necesario el diseño de un plan de mantenimiento preventivo que logró la integración entre los procesos de planificación, diseño organizacional, funcional y su equipamiento, en instalaciones industriales para el bombeo de agua potable, actividad primaria ofrecida por MECANING.

Lo anterior permitió el desarrollo de un modelo de gestión capaz de integrar y distribuir los distintos recursos asociados a los servicios ofrecidos, evitándose así, el exceso o deficiencia de recursos dispuestos para el desarrollo de las tareas planificadas, así como también, el desarrollo de acciones específicas en función de las actividades contempladas por el plan de mantenimiento. De esta forma, se lograron construir las bases para la implantación de mejores prácticas en el área de mantenimiento dentro de la organización, otorgando una ventaja competitiva, necesaria para el posicionamiento de la organización en el mercado local de servicios de mantenimiento.

Asimismo, MECANING requería implementar mecanismos de gestión que contribuyeran con un mejor desempeño y optimización de los recursos destinados a la operación y prestación de servicios. En definitiva, se logró el diseño de un instrumento basado en la ejecución de procesos, de forma tal que al ejecutarlos se obtengan los resultados que permitan satisfacer las necesidades de los clientes, interesados (*stakeholders),* superando así, las expectativas de la organización.

1.4 Alcance de la Investigación

El presente trabajo de investigación se encuentra delimitado geográficamente en el territorio y fronteras de La República Bolivariana de Venezuela, como proyecto de la empresa MECANING, empresa que presta servicios en el país, que ha otorgado la aprobación para el suministro y manejo de la información necesaria para el diseño del plan de mantenimiento. El plan de mantenimiento, es un plan de mantenimiento preventivo y está enfocado en instalaciones industriales de bombeo de agua potable, por lo tanto, cubre las necesidades generales de dichos sistemas.

1.5 Limitaciones de la Investigación

El presente trabajo de investigación estuvo enfocado en el diseño del plan de mantenimiento, por lo tanto, no es parte de su alcance la ejecución del mismo. Por estos motivos no es posible analizar su impacto dentro de la organización ni de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable. Adicionalmente, las instalaciones industriales analizadas se encuentran ubicadas en la ciudad de Caracas, capital de La República Bolivariana de Venezuela. Por otro lado, el plan de mantenimiento fue desarrollado en función de las necesidades generales de este tipo de sistemas, razón por la cual, no se consideraron casos particulares con necesidades específicas. Por último, la normativa vigente analizada fue la recomendada por los institutos, entes nacionales y locales que regulan este tipo de instalaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En los momentos en los cuales la disponibilidad de recursos económicos se hace crítica, la forma en la cual las empresas toman decisiones que permitan prolongar la disponibilidad de recursos a lo largo de esta crisis, se convierte en un aspecto fundamental. En este sentido, cada empresa prepara detallados planes de acción para cada una de las áreas estratégicas que la conforman, tales como: área administrativa, financiera, mercadeo, operativa, entre otras. En la mayoría de los casos se desarrollan acciones enfocadas en optimizar los procesos de mantenimiento con la finalidad de otorgar mayor eficiencia en el manejo de los equipos y sistemas, lo cual permitirá aumentar la capacidad operativa, la disponibilidad y confiabilidad de sus procesos y sistemas.

Los planes de mantenimiento están orientados al manejo y distribución de recursos de forma eficiente, para lo cual se plantean el logro de objetivos establecidos durante el desarrollo del alcance. Sin embargo, un plan de mantenimiento planificado de forma inadecuada puede establecer criterios que lejos de beneficiar pueden generar impactos negativos en cuanto las variables de tiempo y costo. En este sentido, establecer un plan de mantenimiento acorde a las circunstancias, derivado de la aplicación de las mejores prácticas, desarrollo de criterios teóricos y últimas tecnologías en la gestión de mantenimiento permitirá prolongar los periodos de funcionamiento eficiente de las instalaciones, mejorar el proceso productivo, garantizar la rentabilidad y optimizar el manejo de los recursos disponibles.

Para iniciar el diseño del plan de mantenimiento, es conveniente emplear los conceptos y teorías de la Gerencia de Proyectos, profundizando en aquellos términos y definiciones asociadas al área en investigación, trabajos desarrollados previamente que guarden relación con el enfoque presentado, herramientas y técnicas propias del área de estudio. A continuación se presentan los antecedentes, teorías y conceptos que apoyan y fundamentan la investigación.

2.1 Antecedentes

Trabajos de Grado de Maestría para optar al título de Magíster Scientiarum en Gerencia de Proyectos, Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

A. Rivas (2006). Modelo Teórico de un sistema de Gestión de Mantenimiento basado en los principios de la Gerencia de Proyectos.

El objetivo general de este trabajo de grado es desarrollar un modelo teórico de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos, el alcance del mismo es exploratorio y tiene un enfoque cuantitativo. La investigación fue fundamentada a través de la información obtenida en el campo, es del tipo no experimental, transaccional y aplicación práctica. Para el desarrollo de la investigación fueron seleccionadas empresas de producción que dependen de activos físicos como elementos productivos y las empresas que se dedican a prestar servicios de mantenimiento como función medular. El estudio fue aplicado en todos los ámbitos de la gestión de mantenimiento, con la intención de identificar elementos importantes que inciden en ésta, así como también las nuevas tendencias y modelos de gestión de mantenimiento para establecer los componentes que debe poseer un modelo de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos. El trabajo de investigación desarrollado proporciona información importante sobre las variables que deben ser consideradas en el desarrollo de planes de mantenimiento, así como las metodologías que son aplicadas en el desarrollo de los mismos.

Palabras Clave: Modelo, Gestión, Mantenimiento, Gerencia de Proyectos

Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

A. Acuña (2005). Diseño de un Modelo de Gestión para el Departamento de Contratación de la Gerencia de Mantenimiento de la Refinería de Puerto La Cruz.

Este trabajo tiene como objetivo general el diseño de un modelo para la gestión del Departamento de Contratación de la Gerencia de Mantenimiento de la Refinería de Puerto La Cruz utilizando fundamentos teóricos de la gerencia de proyectos. Como punto de partida la investigación realizó un diagnóstico de los puntos débiles del proceso que en este se ejecuta con la intención de establecer los elementos principales que debían conformar una óptima gestión. Una vez definidos, se procedió con el diseño del plan, considerando la corrección de fallas y debilidades y reforzar aquellos aspectos positivos. El proyecto posee requerimientos técnicos específicos y no fue considerada la implantación del modelo en el departamento. El enfoque utilizado para el análisis de los factores internos y externos de la organización sirvió de guía para la observación de las variables internas y externas que pueden impactar en el diseño del plan de mantenimiento.

Palabras Clave: Proyecto, Contratación, Procesos, Diseño.

B. Ambrosetti (2007). Diseño de un Plan de Calidad para la Instalación de un Establecimiento de Salud Ambulatoria. Nivel de Atención II.

Esta investigación tiene como objetivo general la elaboración de un plan de calidad para la instalación de un establecimiento de salud ambulatoria. Su principal aporte es el recurso físico de acción para la solución de los problemas de organización y planificación de los servicios de infraestructura de los establecimientos de salud. Los procedimientos se fundamentan en los

lineamientos del *Project Management Institute (PMI)* específicamente en los procesos de planificación de la calidad, a su vez se plantean las fases de investigación, conceptualización, diseño y desarrollo. El enfoque utilizado por esta investigación para el desarrollo de la estructura desagregada del trabajo sirvió de guía para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

Palabras Clave: Plan, Calidad, Requisitos, Planificación de la Calidad.

Artículos Técnicos:

A. Canales y otros (2006). Modelo Gerencial de Mantenimiento – Fundamento Filosófico.

En este documento se expone que la simple adopción e inversión de recursos humanos, materiales y financieros en sistemas computarizados de mantenimiento o sistemas de planificación de recursos empresariales no es suficiente para mejorar el rendimiento de los activos, por el contrario es importante contar un sistema de gestión capaz de identificar oportunidades de mejora a través de las cuales se puedan diseñar planes específicos para cada uno de los factores que impactan el rendimiento de estos activos. Las metodologías y herramientas descritas en el trabajo de investigación brindaron un enfoque global sobre los procesos, el personal involucrado en la ejecución y desarrollo de los mismos y las tecnologías empleadas para el desarrollo de un plan de mantenimiento que permita obtener el mayor rendimiento de los equipos.

Palabras Clave: Mantenimiento Clase Mundial, Optimización, Rendimiento, Procesos, Tecnología, Gestión de Mantenimiento.

B. Duarte (2006). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Usando Métodos de Simulación del Ciclo de Vida.

En este documento se exponen las circunstancias actuales que deben enfrentar las empresas latinoamericanas para optimizar el desempeño de las mismas en materia de gestión de mantenimiento a través de metodologías y procesos que permitan enfocar los esfuerzos de la organización en función de optimizar las estrategias de mantenimiento. El análisis sistémico empleado por esta metodología para asegurar el correcto desempeño de los activos involucrados en los procesos de producción industrial sirvió de base para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Análisis Weibull.

Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad Central de Venezuela (UCV).

A. Báez, y Caraballo (2004). Desarrollo de un Plan de Mantenimiento para una Industria Textil Basado en Mantenimiento Productivo Total Utilizando un Sistema Computarizado.

Este trabajo tiene como propósito desarrollar un nuevo plan de mantenimiento para el sistema productivo, basado en Mantenimiento Productivo Total (TPM) con la intención de mejorar la antigua gestión de mantenimiento y hacerla más eficiente. Fue empleada la herramienta computarizada MP2 para administrar la información de forma óptima, programar eficazmente las tareas y reducir notablemente las paradas no programadas. El desarrollo del marco conceptual, así como también los distintos indicadores de gestión indicados sirvieron de base para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Palabras Clave: TPM, Mantenimiento, Productividad, Efectividad Global, MP2.

Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui.

A. Mundarain (2009). Diseño de un Programa de Mantenimiento Basado en Condición, Enfocado en la Mejora de la Efectividad de los Activos Rotativos.

El presente trabajo tiene la finalidad de diseñar un programa de mantenimiento basado en condición, enfocado en mejorar la efectividad de los activos rotativos críticos de la planta Supermetanol, C.A. El objetivo principal fue disminuir las horas de paradas no programadas, elevar la productividad del sistema y disminuir los costos asociados al mantenimiento. Como paso inicial para la investigación se realizó el diagnóstico y recopilación de información técnica, determinación de los equipos críticos en la operación, análisis de modos y efectos de falla y por último la selección de herramientas, procedimientos de inspección, frecuencia de inspección, actividades, entre otras. Siendo los cuerpos de impulsión (bombas) equipos rotativos, esta investigación brindo directrices sobre el uso de la metodología de análisis de modos y efectos de falla al momento de diseñar planes y rutinas de mantenimiento.

Palabras Clave: Criticidad, Modos y Efectos de Falla, Metodología.

B. Tillero (2009). Elaboración de un Plan de Mantenimiento Basado en la Filosofía Actual que más se Adapte al Taladro de Servicios a Pozos H-643.

Este trabajo tiene como propósito elaborar un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios a pozas H-643. Para el desarrollo de la investigación se realizó como primer paso la identificación del contexto bajo el cual se encuentra operando el equipo,

posteriormente se realizó la recolección y recopilación de información, evaluación y selección de la filosofía de mantenimiento que proporcionaba la mayor satisfacción de las necesidades establecidas por la superintendencia de mantenimiento y como paso final la elaboración del plan. El análisis de las distintas metodologías de mantenimiento sirvió de base para el desarrollo del marco conceptual que permitió el diseño del plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

Palabras Clave: Criticidad, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Mantenimiento Productivo Total, Mantenimiento Clase Mundial.

2.2 Fundamentos Teóricos de la Investigación

Los fundamentos teóricos forman la base de una investigación, sobre estos se desarrollan las teorías y enfoques teóricos que permitirán el desarrollo de la investigación ubicándola dentro de los patrones y estándares reconocidos mundialmente que han sido establecidos por los desarrollos sociales y científicos. La presente investigación se fundamenta en el desarrollo de las teorías y mejores prácticas establecidas en los principios de la gerencia de proyectos. A través de estos se pretende establecer un plan de mantenimiento que permita la gestión del mantenimiento basándose en una estructura proyectizada. Para ello, se deben considerar a su vez las mejores prácticas y modelos de mantenimiento existentes. Por estas razones, se destacan las siguientes bases teóricas y modelos.

2.2.1 Gerencia de Proyectos

La Gerencia de proyectos es definida por el *Project Management Institute (PMI, 2013)* como la aplicación de conocimientos, habilidades herramientas y técnicas a las actividades definidas en el proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. En este sentido, es necesario realizar las siguientes consideraciones:

- Identificar los requisitos del proyecto, lo cual se basa en establecer todas las consideraciones, restricciones y necesidades que deben ser consideradas para la realización del proyecto.

- Equilibrar las restricciones contrapuestas, esto hace referencia a la forma en la cual serán resueltos (cuando aparezcan) los conflictos de intereses relacionados con el tiempo, costo, calidad, riesgo, alcance, entre otras.

- Abordar las necesidades, inquietudes y expectativas de todas las áreas que se ven impactadas por la ejecución del proyecto (Stakeholders).

Siendo la gerencia de proyectos la encargada de realizar la administración, organización y gestión de recursos para lograr que un proyecto sea culminado con base en las consideraciones de tiempo, costo y alcance establecidas al comienzo del mismo, resulta conveniente definir la palabra proyecto.

A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK, 2013) define proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 5), es decir que, un proyecto puede ser considerado como un conjunto de actividades y tareas planificadas, ejecutadas y controladas que tienen un objetivo definido que debe ser realizado dentro de ciertas especificaciones (alcance, tiempo, costo), tienen recursos limitados (dinero, equipos, personal), tiene fechas definidas de inicio y fin y se manejan dentro de una organización (formal o informal) temporal.

Lo anterior implica que los proyectos tienen recursos limitados, su fecha de inicio y culminación está definida y deben lograr el objetivo para el cual fueron diseñados basándose en las especificaciones de tiempo, costo y alcance.

Existen diversas formas de clasificar a los proyectos, tomando en consideración las variables involucradas, tipos de organizaciones y ámbito en el cual se desarrollan. La siguiente clasificación se enfoca en el impacto que pueden producir dentro de la organización, con base en los lineamientos estratégicos y objetivos establecidos, siendo esta:

- **Proyectos estratégicos:** son aquellos que se encuentran enmarcados por los lineamientos estratégicos de la organización y que permitirán desarrollar infraestructura, nuevos recursos, tecnologías y patentes con la intención de lograr los objetivos descritos por la organización para obtener una mejor posición en el mercado, mayores beneficios, entre otros.

- **Proyectos tácticos:** son aquellos que sirven para enlazar las políticas directivas con las operativas y que están enfocados en lograr un uso eficiente de los recursos.

- **Proyectos operativos:** son aquellos que están orientados a la solución de los problemas operativos, por ejemplo: sustitución o modernización de equipos, plantas o procesos.

En función del impacto sobre las funciones operativas y la estructura de la organización se logra clasificar a los proyectos de la siguiente forma:

- **Proyectos de innovación:** son aquellos destinados a generar una novedad, un nuevo proceso, un nuevo producto, un nuevo servicio.

- **Proyectos de optimización:** enfocados en realizar modificaciones al proceso, servicio y/o producto con la intención de mejorarlo, lo cual implica un cambio.

Lo descrito anteriormente permite afirmar que la planificación de la organización influye en el desarrollo de proyectos, debido a que éstas establecen prioridades, distribución de recursos, estrategias, políticas financieras, entre otras directrices. Por tal motivo, la planificación de la organización establece los criterios para dirigir los financiamientos y dar apoyo a las distintas clasificaciones de proyectos (mejoras internas, mercado, infraestructura).

El *PMI (2013)* establece que los proyectos y la dirección de proyectos se llevan a cabo en un ambiente más amplio que el proyecto mismo. En el ciclo de vida del proyecto se definen las etapas que conectarán el inicio del proyecto con la culminación del mismo, al dividir el ciclo de vida del proyecto, en fases secuenciales que pueden o no estar superpuestas se facilita la gestión de recursos y un mayor control hasta alcanzar el entregable definido, estableciendo responsabilidades relacionadas con involucrados, trabajo realizado y producto o entregable esperado en cada fase del mismo.

De esta forma se establecen cuatro etapas:

- **Inicio:** etapa desarrollada por la alta gerencia con la finalidad de establecer las necesidades, restricciones, requerimientos, metas y cantidad de recursos disponibles para la ejecución del proyecto. El entregable de esta etapa consta en el desarrollo del acta de constitución del proyecto y la selección y nombramiento del gerente del proyecto.

- **Organización y preparación:** durante esta etapa será seleccionada la estructura organizacional que mejor se adapte a las necesidades, se establecerán los productos, tareas y recursos. Los entregables de esta etapa estarán definidos por la conformación del equipo de proyectos y el plan del mismo.

- **Ejecución del trabajo:** consta del desarrollo del plan diseñado previamente y el entregable será el producto, servicio o resultado esperado.

- **Cierre:** la etapa está relacionada con el cierre o culminación de las actividades administrativas, el cierre de los contratos establecidos, almacenamiento y documentación de la información levantada y lecciones aprendidas. El entregable de esta etapa está definido por la culminación y cierre de las actividades planteadas.

La norma para la dirección de proyectos establecida por el *PMI (2013)*, documenta la información necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, supervisar y controlar y cerrar un proyecto individual. En ella se identifican todos los procesos de la gerencia de proyectos que han sido considerados como buenas prácticas en los proyectos, la mayor parte del tiempo. Adicionalmente, establece que la gerencia de proyectos, a través de la modalidad de consulta e investigaciones, reconoce la necesidad de manejar un cuerpo básico de procesos o áreas de conocimiento, requerido para ejecutar los proyectos agrupados de la siguiente forma:

- **Gerencia de la Integración:** estos procesos están diseñados para establecer que los elementos del proyecto se encuentran coordinados y poseen una estructura que los une para garantizar que los esfuerzos y los recursos son utilizados de forma eficiente. Está integrada por los siguientes procesos:
  - Desarrollo del acto de constitución del proyecto
  - Desarrollo del plan de la gerencia de proyectos
  - Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto
  - Monitorear y controlar el trabajo del proyecto
  - Realizar el control integrado de cambios
  - Cerrar el proyecto o la fase

- **Gerencia del alcance:** agrupa los procesos de la gerencia de proyectos necesarios para garantizar que el proyecto fue definido a través de todo el trabajo necesario para culminarlo con éxito. Estas áreas incluyen los siguientes procesos:
  - Plan para la gestión del alcance
  - Recopilación de requisitos
  - Definición del alcance
  - Crear la estructura del desglose del trabajo (EDT/*WBS*)
  - Validar el alcance
  - Controlar el alcance

- **Gerencia del Tiempo:** en ella se encuentran agrupados los procesos necesarios para logar que el proyecto y las actividades se realicen en el tiempo establecido. Estos son:
  - Plan de gestión del cronograma
  - Definición de las actividades
  - Secuenciación de las actividades
  - Estimación de los recursos de las actividades
  - Estimación de la duración de las actividades
  - Desarrollar el cronograma
  - Controlar el cronograma

- **Gerencia del Costo:** agrupa los procesos para garantizar que el proyecto se está ejecutando dentro del presupuesto establecido, estos son::
  - Plan de gestión de costo
  - Estimación de costos
  - Determinación del presupuesto
  - Controlar los costos

- **Gerencia de la Calidad:** en esta gerencia se agrupan los procesos que garantizan el alcance de las necesidades que fueron planteadas para el desarrollo del proyecto, los procesos asociados son:
  - Plan de gestión de la calidad
  - Realizar el aseguramiento de la calidad
  - Realizar el control de la calidad

- **Gerencia de Recursos Humanos:** se gestionan los procesos necesarios para adquirir, desarrollar, adiestrar e integrar al equipo de proyectos, así como también el uso eficiente de las personas que lo conforman. Los procesos están establecidos por:
  - Desarrollo del plan de recursos humanos
  - Adquirir el equipo de proyectos
  - Desarrollar el equipo de proyectos
  - Gestionar el equipo de proyectos

- **Gerencia de Comunicaciones:** en ésta se incluyen los procesos necesarios para definir, diseñar y ejecutar las formas y medios para garantizar una comunicación oportuna y apropiada, los procesos asociados son:
  - Planificar la gestión de las comunicaciones
  - Manejar las comunicaciones
  - Controlar las comunicaciones

- **Gerencia de Riesgos:** se basa en los procesos necesarios para determinar, analizar, evaluar y medir la probabilidad y el impacto de los riesgos asociados a la ejecución del proyecto, los procesos que se encuentran en esta gerencia son:
  - Planificación de la gestión de riesgos
  - Identificación de los riesgos
  - Realización del análisis cualitativo de los riesgos

- Realización del análisis cuantitativo de los riesgos
- Planificación de la respuesta de los riesgos
- Control de los riesgos

- **Gerencia de Adquisiciones:** los procesos incluidos en esta gerencia establecen las condiciones necesarias para la adquisición de recursos, herramientas, equipos, productos y servicios que serán utilizados para el desarrollo del proyecto, los procesos son:
  - Planificación de las adquisiciones
  - Efectuar las adquisiciones
  - Controlar las adquisiciones
  - Cierre de las adquisiciones

- **Gerencia de los interesados (*stakeholders*):** los procesos incluidos en esta gerencia establecen las condiciones necesarias para identificar y gestionar las actividades relacionadas con las personas, grupos u organizaciones que pudieran impactar o ser impactadas por el proyecto, los procesos son:
  - Identificar a los interesados
  - Plan de gestión de los interesados
  - Manejar el compromiso de los interesados
  - Controlar el compromiso de los interesados

El *PMBOK (2013)* agrupa diez (10) áreas de conocimiento, representando estas un conjunto de definiciones, términos y actividades que desarrollan un campo profesional, un campo profesional de gerencia o un área de especialización. Por lo general estas diez áreas de conocimiento son utilizadas por la mayoría de los proyectos, la mayor parte de las veces, sin embargo, el equipo de proyectos deberá decidir cuales áreas de conocimiento emplear en el desarrollo de su proyecto específico. Las áreas de conocimiento son:

- **Gestión de la Integración del Proyecto:** en ella se encuentran agrupados todos los procesos que permitirán identificar, definir, unificar, combinar y coordinar las actividades y procesos de la gerencia de proyectos dentro de los grupos de procesos de la gerencia de proyectos.

- **Gestión del alcance del Proyecto:** en ella se agrupan todos los procesos necesarios para garantizar que se logren los objetivos sólo con el trabajo necesario y suficiente.

- **Gestión del tiempo del Proyecto:** esta área de conocimiento está conformada por todos aquellos procesos para administrar el desarrollo y culminación del proyecto en el tiempo establecido.

- **Gestión de la calidad del Proyecto:** incluye los procesos y actividades para definir las responsabilidades, objetivos y políticas en materia de calidad para garantizar que las necesidades establecidas para el desarrollo del proyecto se han abarcado en su totalidad.

- **Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto:** esta área de conocimiento agrupa todos los procesos relacionados con la adquisición, desarrollo y capacitación del personal necesario para el desarrollo del proyecto, de igual forma busca que los recursos sean manejados de forma eficiente.

- **Gestión de las comunicaciones del Proyecto:** se incluyen los procesos requeridos para generar, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y establecer el tratamiento final de la información producida en el proyecto para que ésta sea oportuna y adecuada.

- **Gestión de riesgos del Proyecto:** se basa en los procesos necesarios para identificar, planificar y controlar los riesgos asociados al proyecto, así como también, los procesos necesarios para realizar el seguimiento y control de los mismos.

- **Gestión de las adquisiciones del Proyecto:** está conformada por aquellos procesos que son necesarios para regular la compra y procura de los equipos, herramientas y servicios que deben ser adquiridos para la realización del proyecto.

- **Gestión de los Interesados del Proyecto:** en ésta se encuentran incluidos todos los procesos necesarios para identificar y desarrollar estrategias para el manejo efectivo del compromiso de los interesados en las decisiones, entender sus necesidades y expectativas y manejar los conflictos.

2.2.2 Gerencia de Mantenimiento

El mantenimiento es definido como, el desarrollo de un conjunto de técnicas y normas que están enfocadas en la conservación de las máquinas, equipos e instalaciones industriales para proporcionar un mayor rendimiento de estos a través del tiempo.

A lo largo de los años la gestión de mantenimiento se ha visto modificada por el desarrollo tecnológico; en un inicio éste era visto como una actividad correctiva que era necesaria para solucionar y corregir las fallas que se presentaban en las instalaciones, equipos y maquinas industriales, razón por las cuales, la mayor parte de las veces estas actividades eran ejecutadas por los operarios. A través del desarrollo de los sistemas industriales se hizo necesaria la organización de departamentos de mantenimiento capaces de encargarse de la prevención de las fallas y garantizar una mayor disponibilidad de los equipos, máquinas y sistemas encargados.

A través del desarrollo de nuevas técnicas, y formación continua del personal designado a las áreas de mantenimiento, se ha ido incrementado el campo de acción y tareas desarrolladas por el personal adscrito a estos departamentos, enfocando sus acciones a realizar actividades de mantenimiento preventivo, predictivo, proactivo, utilización de recursos tecnológicos y el mantenimiento basado en confiabilidad.

La gestión de mantenimiento debe ser capaz maximizar los beneficios aportados a la organización, y algunas de las formas de realizar esto, es desarrollando prácticas innovadoras, económicas, confiables y seguras. La frecuencia de las rutinas de mantenimiento deben establecerse, en primer lugar, por las condiciones mínimas asociadas a las características y propiedades del equipo, lo cual viene definido por el fabricante; el tiempo de uso o lapso de funcionamiento durante el cual el equipo permanece en operación, las condiciones de operación, es decir, las consideraciones de esfuerzo, deformación, desgaste, fatiga, pérdida de material y condiciones medio ambientales presentes.

2.3 Tipos de Mantenimiento

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) establece que el mantenimiento no es más que el conjunto de acciones que permiten conservar y restablecer un sistemas productivo (SP) a un estado tal que pueda cumplir un servicio determinado, siendo los sistemas productivos aquellos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a las distintas acciones de mantenimiento, en función de lo anterior COVENIN establece la siguiente clasificación de los distintos tipos de mantenimiento que se pueden aplicar a los SP:

- **Mantenimiento Rutinario:** es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de las SP y su objetivo es alargar y mantener la vida útil de dichas SP evitando su desgaste.

- **Mantenimiento Programado:** toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por el fabricante, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las actividades incorporadas en un calendario anual.

- **Mantenimiento por Avería o Reparación:** se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser "programada" pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

- **Mantenimiento Correctivo:** comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación.

Este tipo de actividades son ejecutadas por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada para que su ataque evite paradas injustificadas.

- **Mantenimiento Circunstancial:** este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo, ya que por su intermedio se ejecutan actividades de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna. Se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior, se atienden averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla su función. Y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo.

- **Mantenimiento Preventivo:** el estudio de fallas de un SP deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los SP mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

El *Maintenance Engineering Handbook (2013)*, agrupa las mejores prácticas y directrices para la ejecución de todas las tareas relacionadas con el mantenimiento de equipos y sistemas. Estableciendo la siguiente clasificación de los tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento correctivo:** es el ejecutado con la finalidad de corregir la falla originada, éste puede ser clasificado como: mantenimiento planificado, a través del cual se tiene una estimación previa de la ocurrencia de una falla y se realiza la gestión de recursos humanos, técnico y materiales para ejecutar la acción correctiva. Mantenimiento no planificado, en el cual se presenta de forma imprevista una falla que debe ser corregida de forma inmediata.

- **Mantenimiento predictivo:** este mantenimiento está basado en el conocimiento, evaluación y análisis de las variables de operación y funcionamiento del equipo; estas variables permitirán determinar las necesidades de mantenimiento.

- **Mantenimiento preventivo:** se basa en la confiabilidad de los equipos y es ejecutado de forma periódica y continúa con la finalidad de prevenir la ocurrencia de fallas.

2.4 Modelos de Gestión de Mantenimiento

Garcia (2006), establece que un modelo de mantenimiento debe poseer las siguientes características: debe establecer metas claras y precisas, se debe incluir a todo el personal de la organización como gestores del proceso de mantenimiento, debe estar enfocado en la funcionalidad de la organización, debe estar enmarcado a lo largo de todas las áreas de la empresa, debe orientarse a la evolución y mejora continua de sus procesos y debe basarse en actividades sistemáticas y establecer prioridades para asegurar la confiabilidad. En este sentido, la gestión de mantenimiento cuenta con los siguientes modelos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:** También conocido por su nombre en inglés *Reliability Centered Maintenance (RCM)* es un proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operaciones. Consiste en analizar las funciones de los activos, determinar cuáles son sus posibles fallas y detectar los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar las consecuencias. El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene como objetivo principal reducir el número, frecuencia y contenido de las reparaciones generales de los sistemas, aumentando la disponibilidad de los equipos y reduciendo el costo asociado a las actividades de mantenimiento.

- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reserva:** Este modelo de gestión no es más que extensión del RCM, en el cual se analizan las funciones, impacto, beneficio y costo/riesgo como indicadores en la toma de decisiones para la ejecución de las actividades, haciendo una clasificación de los activos en críticos y no críticos; siendo estos últimos (activos no críticos) los sujetos a la aplicación de este modelo. Este modelo tiene su origen en un plan de mantenimiento existente, a partir del cual se ha generado información histórica y documentación sobre las fallas de los equipos y lecciones aprendidas durante la ejecución del modelo de gestión. Lo anterior permite que se pueda establecer un ciclo de mejora continua en el cual se optimizan las actividades de mantenimiento, frecuencia, entre otras.

- **Mantenimiento Productivo Total:** El mantenimiento productivo total no es un modelo sino una filosofía mediante la cual se intenta involucrar a todos los trabajadores de una organización en las labores de mantenimiento, ya que, dichas actividades no son exclusivas del personal de servicios y/o mantenimiento. El objetivo de esta filosofía, es que aquellas labores de mantenimiento menor que no requieren de un nivel especial de

conocimiento o habilidad puedan ser realizadas por cualquier persona. En esta filosofía se establecen niveles de mantenimiento, los cuales son ejecutados de forma jerárquica, clasificados según el nivel de conocimiento requerido, criticidad y exigencia de la falla. La figura 1 muestra una descripción de lo mencionado anteriormente.

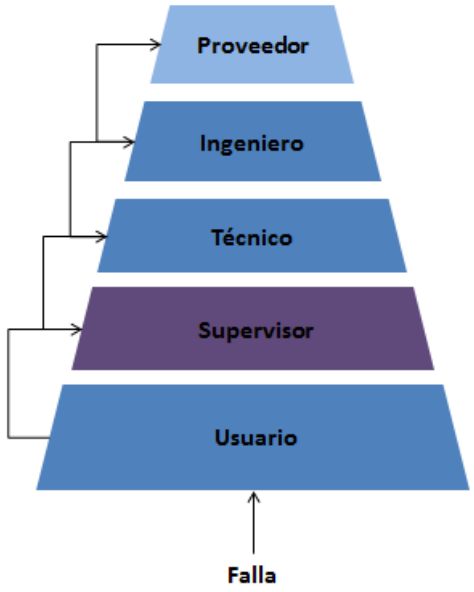


Figura 1. *Mantenimiento Productivo Total.*

- **Mantenimiento basado en costos:** El mantenimiento basado en el negocio se fundamenta en incrementar el retorno sobre los activos fijos y por consiguiente aumentar la rentabilidad del mismo. Al igual que en los modelos que se describieron con anterioridad, se consideran todas las herramientas para la gestión de mantenimiento y se aplican los criterios de gestión de costos, lo que contribuirá a identificar las actividades con sus respectivos costos y sus impulsores y permitirá administrar según el valor agregado y el rendimiento del esfuerzo implicado.

- **Mantenimiento basado en el riesgo:** El mantenimiento basado en riesgo (RBM) es una técnica cuantitativa de análisis basado en la economía, para lo cual establece un valor relativa de las distintas tareas de mantenimiento y sirve como herramienta de mejora continua. Se determinan las oportunidaes de mejora incremental eliminando las tareas de bajo valor y se introducen actividades enfocadas en los aspectos de alto riesgo comercial. El RBM evalua el riesgo comercial y analiza los costos y benefcios de las medidas ejecutadas con la intención de mitigar los fallos.

  El riesgo es definido como la probabilidad de falla y las consecuencias que ésta puede generar, la evaluación del nivel de riesgo se realiza midiendo la frecuencia de falla de cada equipo como una función directa de los mecanismos de daño que puedan ocasionar, así como también, el cálculo de las consecuencias económicas en términos de daños al personal, a la instalación, al medio ambiente y a las perdidas de producción que se puedan generar.

  La compañía petrolera Shell ha contribuido enormemente desde los años 90 en el mejoramiento de los diagramas Bowtie, cuya aplicación es de gran utilidad en el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento basodo en riesgo. Este diagrama representa de forma gráfica la relación entre un riesgo, sus causas y consecuencias y las barreras que han sido implementadas para reducir la probabilidad de ocurrencio o mitigar sus consecuencias. En la figura 2 se observa un ejemplo de este tipo de diagramas.

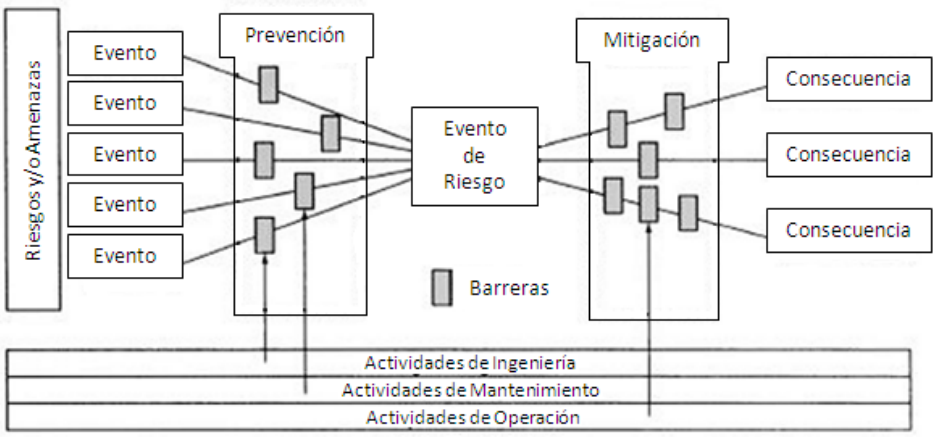


Figura 2. *Diagrama Bowtie.*

- **Mantenimiento de Clase Mundial:** La ola de cambios organizacionales requiere de la ejecución de un plan que comprenda que un plan de calidad debe ser incluido en el departamento de mantenimiento, esto de acuerdo a lo expuesto por Levitt (2005). Adicionalmente, obtener una calidad consistente en la organización esta relacionada directamente con el desarrollo del departamento de mantenimiento. La competitividad y supervivencia de las organizaciones en los mercados mundiales depende en gran parte en cómo alta gerencia visualiza la gestión de manenimiento. Un mantenimiento de clase mundial es capaza de mejorar la habilidad de la organización en el desarrollo y oferta de productos y servicios.

- **Gerencia de Activos:** Para los autores, Campbell, J., Jardine, A., y McGlynn, J. (2011) el modelo de gestión de matenimiento consiste en hacer muchas cosas de la forma correcta, lo cual puede verse reflejado cuando el desempeño de una organización se corresponde al proyectado inicialmente y ademas los equipos allí presentes operan de la forma correcta cuando éstos son requeridos. Adicionalmente, el costo de operación se mantiene según el presupesto acordado con una inversión rasonable, lo cual establece una alta calidad de servicio.

Mas que nada, una gerencia de activos de alta excelencia consiste en balancear el desempeño, el riesgo y el costo para alcanzar optimas soluciones. Por consiguiente el objetivo principal es un desempeño excepcional.

A finales de los años 70 y principio de los años 80 muchas organizaciones habian desarrollado una aproximación sistematica para mantener una planificación y control de su gestión, sin embargo, esta fue abandonada con los cambios generados en los mercados globales y una mayor armonia de la economia. Hoy, se debe recomenzar y reconstruir las capacidades más básicas en gerencia de mantenimiento antes de comprobar el valor agregado que se genera con un gestión de mantenimiento confiable y óptima.

Para Campbell y otros (2011) existen tres objetivos fundamentales en los cuales se debe orientar la gerencia de activos para garantizar un camino hacia la excelencia en gestión de mantenimiento, estos son:

- Estrategia: primero se debe trazar un plan en el cual se defina el destino de la organización, debemos tener una visión de cómo queremos que sea la gestión de mantenimiento, cuestionar sobre que se quiere de la organización, la disponibilidad, la estructura de costo del mantenimiento, la cantidad de trabajo planificado en comparación con el trabajo reactivo no planificado y el ambiente de trabajo. De esta forma se puede visualizar el trabajo a desarrollar para alcanzar lo planteado.

- Táctica: se requiere un sistema de administración del trabajo y de materiales para controlar el proceso de mantenimiento.

- Mejora continua: se debe comprometer en adaptar las mejores prácticas para la organización, propuestas desde adentro o fuera de la organización, en las cuaes se involucre a toda la fuerza de trabajo y la experiencia de expertos. El mejoramiento continuo requiere de diligencia y constistencia, así como tambien, de metodos de trabajos, una gerencia fuerte y trabajo duro.

2.5 Herramientas de la Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento hace uso de herramientas modernas para el análisis, caracterización y establecimiento de los modos de fallas de los equipos con la finalidad de establecer acciones correctivas enfocadas en disminuir el impacto de las mismas, de esta forma, como consecuencia de esto, se logrará aumentar la disponibilidad y eficacia siendo éstos objetivos fundamentales de las actividades de mantenimiento. Estas herramientas son:

- **Diagrama *Ishikawa*:** también conocido como diagrama causa-efecto o espina de pescado, creado por el profesor japonés Kaoru Ishikawa, es una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro, detallado y de fácil visualización, de las diversas causas que pueden generar un determinado efecto o problema. Este diagrama relaciona un efecto con las posibles causas que lo producen y es aplicado cuando se desean conocer las raíces de un determinado problema. En la figura 3 se visualiza el diagrama de *Ishikawa* (diagrama causa-efecto).

- **Análisis de Modos y Efectos de Fallas (A.M.EF.):** esta herramienta ofrece un método analítico para determinar los fallos potenciales y las causas asociadas a estos, ya que brinda información sobre los modos en los cuales los componentes de un sistema pueden fallar, el impacto que será generado y la frecuencia con la cual se presentarán. De esta forma es

posible clasificar las fallas en orden de importancia y enfocar las actividades de mantenimiento.

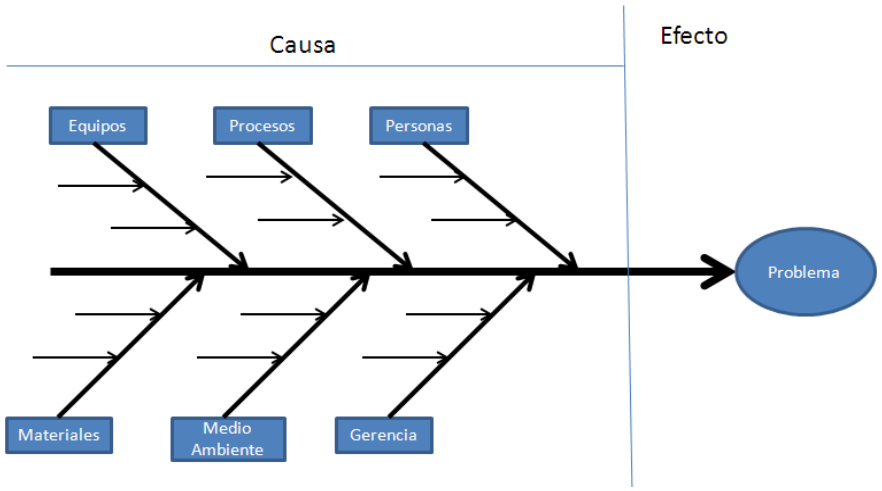


Figura 3. *Diagrama de ISHIKAWA.*

- **Diagrama de Pareto:** también conocido como regla del 80/20, esta herramienta fue desarrollada por Wilfredo Pareto y establece que a pesar que un efecto es producido por varias causas, una parte importante del efecto, aproximadamente 80%, puede ser asociado a pocas causas, alrededor del 20% generalmente. Su objetivo es poner en evidencia aquellas causas que más contribuyen en darle solución al problema. En la figura 4 se muestra un diagrama de Pareto para un caso hipotético.

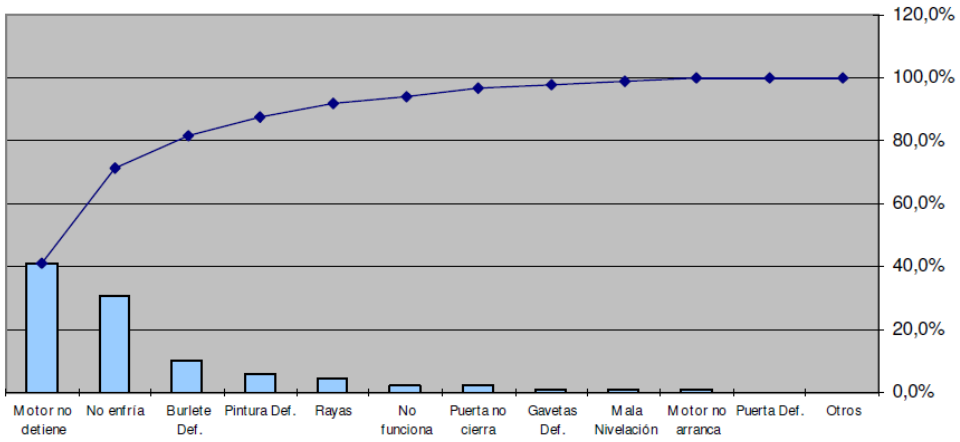


Figura 4. *Diagrama de Pareto.*

- **Diagrama de afinidad:** conocido también como el método KJ debido a las iniciales de su creador *Kawakita Jiro*. Es una herramienta de caracterización en la cual se reúnen hechos, opiniones e ideas que se encuentran en un estado de desorganización. El Diagrama de Afinidad ayuda a agrupar aquellos elementos que están relacionados de forma natural y como resultado, cada grupo se une alrededor de un tema o concepto clave. La figura Nº5 muestra un diagrama de afinidad realizado para un caso hipotético.

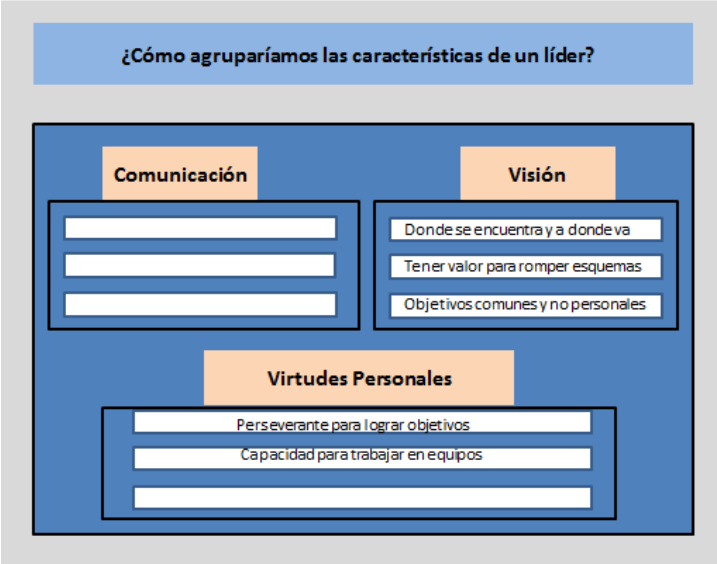


Figura 5. *Diagrama de Afinidad.*

- **Diagrama de relaciones (DR):** este diagrama es una representación gráfica de las posibles relaciones causa-efecto que existen entre los distintos factores y un determinado acontecimiento. Se utiliza en la exploración e identificación de las relaciones causales existentes entre dichos factores. En la figura 6 se muestra un ejemplo sobre los diagramas de relaciones.

- **Diagrama de árbol (DA):** es una herramienta gráfica que permite identificar las partes necesarias cuyo desarrollo permitirá lograr el objetivo planteado. No es más que descomponer una meta u objetivo en actividades que se

puedan lograr. Su forma recuerda al organigrama funcional de una empresa. En la figura 7 se muestra un diagrama de árbol como ejemplo.

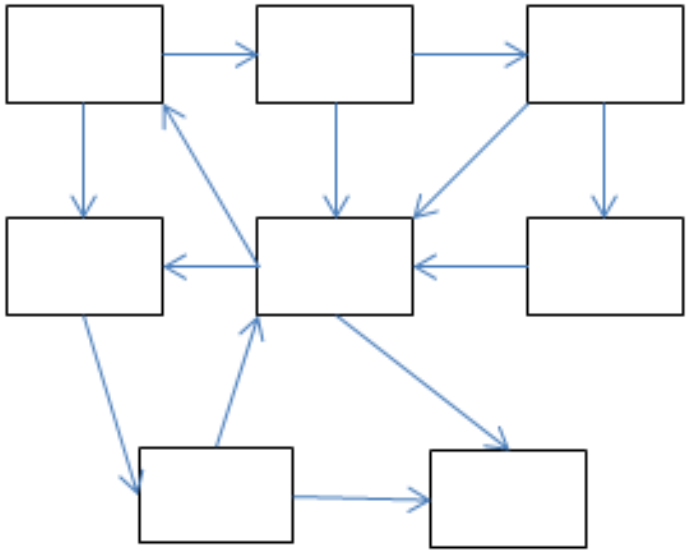


Figura 6. *Diagrama de relaciones.*

- **Matrices de priorización (MP):** consiste en una herramienta gráfica conformada por filas y columnas que permiten priorizar alternativas con la intención de dar solución a un problema planteado, en función de los criterios que afectan a dichas alternativas.

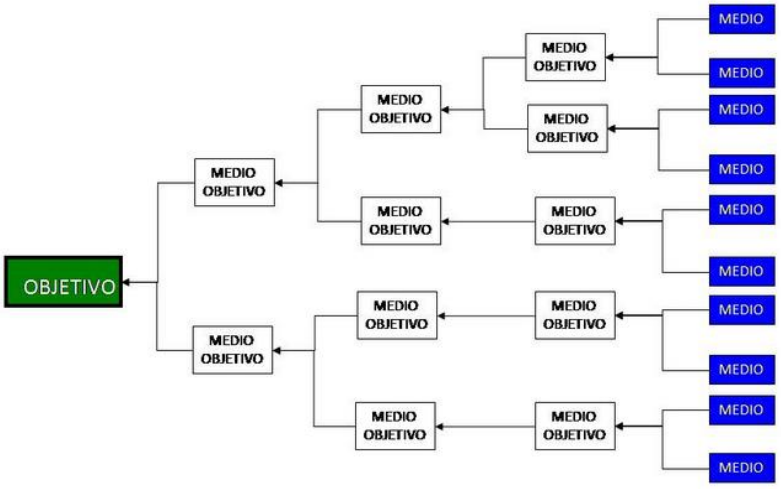


Figura 7. *Diagrama de Árbol.*

- **Diagrama matricial (DM):** el diagrama matricial es una representación gráfica de las relaciones existentes entre diferentes tipos de factores y la intensidad de las mismas en términos cualitativos. Entre sus ventajas podemos encontrar que permiten identificar los factores principales y más relevantes del tema en estudio, adicionalmente el diagrama matricial permite hacer una presentación precisa y concisa de gran información sobre situaciones complejas. En la figura 8 se presenta un ejemplo sobre el diagrama matricial.

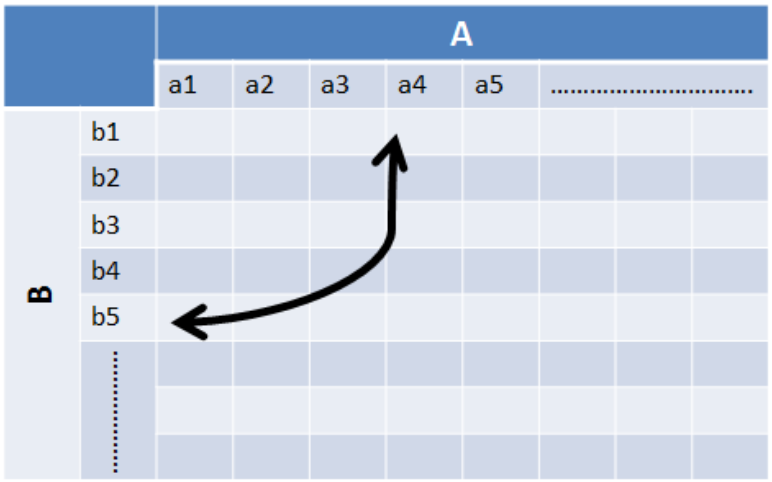


Figura 8. *Diagrama Matricial.*

- **Diagrama de proceso de decisión:** también conocido como *Process Decision Program Chart (PDCP)* es una herramienta que permite analizar las fases que se deben desarrollar para lograr un objetivo, identificando potenciales contingencias no deseadas lo que permite establecer medidas de corrección para las contingencias determinadas previamente. El diagrama de proceso de decisión muestra el grado de complejidad en el alcance de un proyecto u objetivo permitiendo visualizar posibles dificultades, facilitando de esta forma la planificación y elaboración de medidas correctivas. La figura 9 muestra un ejemplo del diagrama de proceso de decisión.

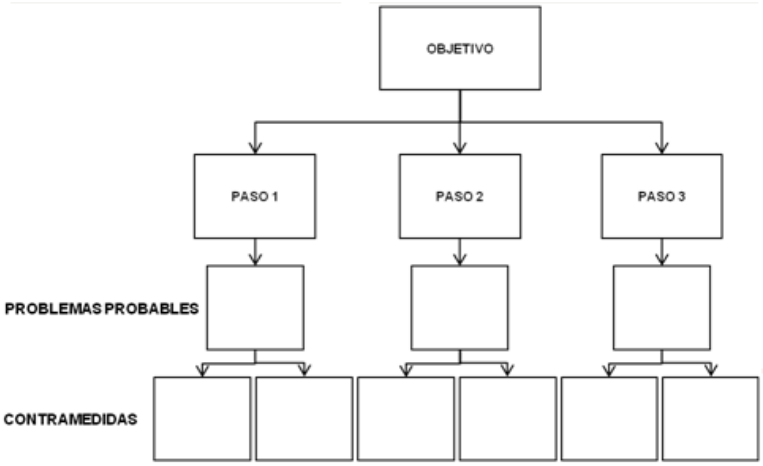


Figura 9. *Diagrama de Proceso de Decisión.*

- **Diagrama de flechas (DF):** el diagrama de flechas también es conocido como actividad diagrama de red, diagrama de red, red de actividades, diagrama de nodo o método de la ruta crítica (*critical method path - CPM*); esta herramienta se fundamenta en la metodología del camino crítico, siendo una simplificación de la herramienta de planificación, conocida por su nombre en inglés, *Program Evaluation and Review Technique*, desarrollada por la marina de los Estados Unidos. Su objetivo principal fue facilitar la planificación y programación de proyectos de gran magnitud. El diagrama de flechas indica el orden en el cual deben ser ejecutadas las actividades de un proyecto, permitiendo planificar y controlar su desarrollo, identificando de esta forma las actividades que lo componen, así como también, su ruta crítica, mediante una representación de red. En la figura 10 se muestra un ejemplo del diagrama de flechas.

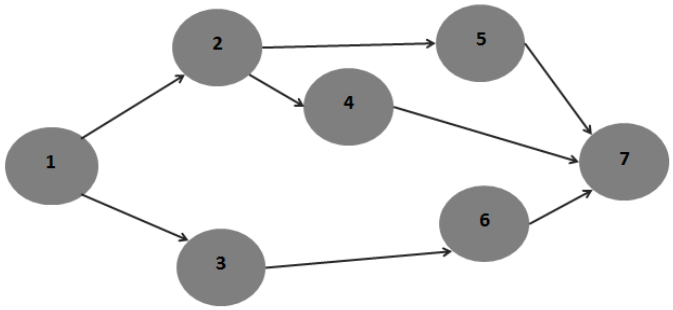


Figura 10. *Diagrama de Flechas.*

- **Inspección basada en riesgos (I.B.R.):** tiene su fundamento en las normas API RP580 (2002) y API RP581 (2008), *Risk Based Inspection* y *Base Resource Document* respectivamente. Consiste en evaluar el riesgo de cada uno de los equipos que forman parte de la instalación, siguiendo las etapas que se muestran a continuación:
  - Evaluación de consecuencias: mediante la estimación de costos asociados a los daños al medio ambiente, salud de los trabajadores, equipos, pérdidas de producción, entre otros.
  - Evaluación de la probabilidad de fallo (veces/año): identifica los posibles mecanismos de fallo, tales como: corrosión, fatiga mecánica, fragilización, daños externos, entre otros; determinando la probabilidad genérica de fallo y aplicando los factores de corrección que tengan en cuenta las particularidades de las instalaciones como lo son: características de proceso, sistemas de control disponibles, sistemas de gestión implantados, factores externos, entre otros.
  - Evaluación de riesgo: mediante la matriz de riesgo.

En la figura 11 se puede observar una matriz de inspección basada en riesgo mediante la cual se resume la aplicación del método descrito previamente.

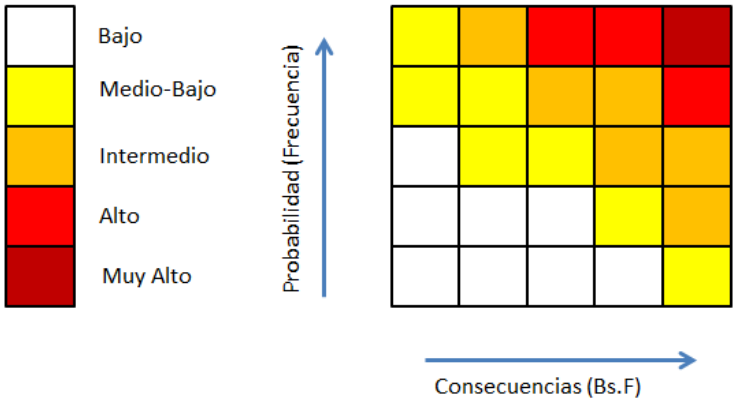


Figura 11. *Matriz de Inspección Basada en Riesgos.*

- **Teoría de las restricciones (TR):** esta técnica fue desarrollada a principios de los años 80 por el Dr. Eliyahu Goldratt y fue creada para dar solución al problema de optimización de la producción. Se fundamenta en que toda organización es creada para lograr una meta. Básicamente consiste en determinar los puntos más débiles en los cuales se forman los cuellos de botella de la organización, es decir, ubicar las restricciones de capacidad, solventarlas, mejorar la productividad y por ende la ganancia de la empresa. Para el autor existen tres tipos de restricciones a saber:
  - Restricciones físicas: cuando se puede relacionar a la restricción con un factor tangible del proceso de producción.
  - Restricciones de mercado: cuando el impedimento está relacionado con la demanda de los productos o servicios.
  - Restricciones de políticas: cuando la compañía ha adoptado prácticas, procedimientos, estímulos o formas de operación que son contrarios a su productividad o conducen a resultados distintos a los esperados.

2.6 Metodologías de Mejora Continua

La mejora continua se ha convertido en una necesidad de las organizaciones y en particular de los departamentos de mantenimiento, debido al impacto que ésta tiene sobre la competitividad. Por estas razones la gestión de mantenimiento se enfoca y apoya en las metodologías o herramientas de mejoramiento continuo, siendo algunas de éstas las presentadas a continuación:

- **Círculo de Deming:** También conocido como círculo PDCA, es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos. Este ciclo es empleado para implementar y lograr de una forma sistemática la solución de los problemas. Entre los resultados esperados de la implantación de este ciclo, tenemos, dotar a las organizaciones de una mejora integral de la competitividad, de productos y servicios, mejorando la calidad,

disminuyendo los costos, optimizando la productividad, aumenta la rentabilidad, entre otros. Tal como fue mencionado previamente, este ciclo está compuesto por cuatro actividades, definidas como: planificar (*plan*), desarrollar (*do*), chequear y ajustar (*check*) y actuar (*act*). La figura 12 muestra un ejemplo del círculo de Deming.

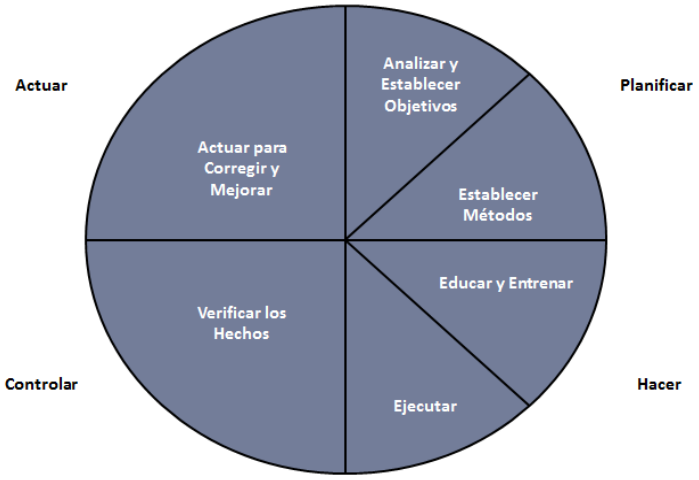


Figura 12. *Círculo de Deming.*

- ***Just in Time*:** Ju, D (1985) establece que esta filosofía se fundamenta en la eliminación total del desperdicio, y significa hacer sólo la necesario, cuando esto se necesite y en la cantidad requerida. Desarrollada por Toyota con el propósito de eliminar el desperdicio en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Su objetivo es brindar una satisfacción total a los clientes a la vez que se minimiza el costo total.

  Rivas (2006) propone que esta filosofía aplicada a la gestión de mantenimiento debe permitir una reducción en el nivel de inventarios, tiempos de ejecución de las actividades, sustitución de herramientas, reparación de fallas, entre otros. Lo cual se debe reflejar en una mejora de la confiabilidad de los equipos.

- **Metodología *KAISEN*:** Esta metodología, cuyos términos en japonés significan *Kai,* cambio y *Sen*, mejora. Se enfoca en integrar a todas las estructuras de la organización en las labores de mantenimiento e innovación. Su objetivo principal es involucrar a los empleados en la cultura de mejora continua, pero principalmente a los operarios por ser los conocedores de sus puestos de trabajo. Adicionalmente esta metodología busca reducir los costos de la organización, a través, de la eliminación del desperdicio en los niveles de producción; un mejoramiento continua, gradual y ordenado; generar nuevas ideas y conceptos y probarlos, en caso que no funcionen, intentar otro o algo diferente y por último realizar cambios con resultados significativos y a bajo costo. Esta metodología se fundamenta en los siguientes mandamientos, *Kaisen*:
  - El desperdicio (*muda* en japonés), para eliminarlo es preciso ensuciarse las manos.
  - Las mejoras graduales hechas continuamente no son una ruptura puntual.
  - Todo el personal debe estar involucrado.
  - Se fundamenta en una estrategia económica.
  - Tiene aplicación en cualquier ámbito.
  - Se apoya en una gestión visual, en la cual los procesos, valores, problemas y resultados sean visibles para toda la organización.
  - Está orientada a los procesos.
  - Otorga prioridad a las persona, el esfuerzo por mejorar debe generarse en una nueva ideología y estilo de trabajo.
  - Aprender haciendo, es su lema principal.

- **Cinco S:** Esta herramienta se basa en la mejora y fortalecimiento de la moral del equipo de trabajo, debido a que es considerada una metodología lógica-práctica, en la cual se considera el mantenimiento y limpieza del puesto de trabajo, materiales, máquinas y herramientas, estableciendo una orientación hacia la productividad. Su principal objetivo es mantener y

conservar las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo. Las cinco fases que componen a esta metodología se describen a continuación:

- *SEIRI* (Organización): consiste en organizar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y desprenderse de éstos últimos.
- *SEITON* (Orden): consiste en establecer el modo en el cual deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que se puedan ubicar rápida y fácilmente, utilizarlos y reponerlos.
- *SEISO* (Limpieza): consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentren siempre en perfecto estado de salud.
- *SEIKETSU* (Control visual): consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
- *SHITSUKE* (Disciplina y hábito): consiste en trabajar permanentemente en conformidad a las normas establecidas.

- **Seis Sigma:** Seis Sigma es una estrategia de mejora continua que busca identificar las causas de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos del negocio, enfocándose en aquellos factores que son críticos para el cliente. Se fundamenta en la aplicación de métodos estadísticos, en los cuales se utilizan herramientas de la calidad y análisis matemático, ya sea para diseñar productos y procesos o para mejorar los ya existentes. Requiere que se optimicen las salidas del proceso, a través, de un enfoque en los procesos y entradas involucradas.

  La meta seis sigma es lograr que los procesos tengan una calidad de seis sigma, es decir, cuantificar 3.4 defectos por millón de oportunidades, en otras palabras, hacerlo bien el 99.9997% de las veces. Esta metodología tiene sus fundamentos en los siguientes principios:

- Enfoque genuino en el cliente: las mejoras de esta metodología se evalúan en función de los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.
- Dirección basada en datos y hechos: se deben establecer las variables a medir, lo que permitirá realizar la recolección y análisis de datos. De esta forma los problemas pueden ser definidos, analizados evaluados y resueltos de forma efectiva y permanente.
- Los procesos se encuentran dónde está la acción: esta metodología se concentra en los procesos, y de esta forma se pueden lograr ventajas competitivas para la empresa.
- Dirección proactiva: está relacionada con la adopción de hábitos para la definición y revisión de las metas, establecer prioridades, enfocar los esfuerzos en la prevención de los problemas y cuestionar la forma en la cual se están realizando las cosas.
- Colaboración sin barreras: se debe prestar atención en eliminar las barreras que limitan el trabajo en equipo por parte de los miembros de la organización, estableciendo de esta forma una mejor comunicación.
- Busque la perfección: la meta debe ser lograr que cada día la calidad sea perfecta, sin embrago, se deben aceptar y manejar algunos reveces.

2.7 Bases Legales

Las leyes y reglamentaciones forman parte del contexto bajo el cual opera la organización, ya que, son estas las guías a tomar en consideración (en materia legal) al momento de planificar la ejecución de actividades de mantenimiento.

A su vez, estas normas y reglamentos están asociados, por lo general, al acceso de información, derechos de propiedad, a la fiscalización, derechos y deberes, trámites administrativos, los indicadores de calidad y a la protección del medio ambiente. En este sentido, la presente investigación está regulada por las disposiciones de la Constitución de La República Bolivariana de Venezuela y las regulaciones nacionales visualizadas en la tabla 1 y 2 presentadas a continuación.

Tabla 1. *Decretos Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela.*

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA	
Gaceta Oficial No. 4.044	Normas para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones
Gaceta Oficial No. 4.418	Norma sobre el Control de la Contaminación generada por Ruido
Gaceta Oficial No. 5.833	Ley Orgánica del Ambiente
Gaceta Oficial No. 6.076	Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y las Trabajadoras
Gaceta Oficial No. 35.206	Normas sobre movimientos de Tierra y Conservación Ambiental.
Gaceta Oficial No. 37.600	Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social.
Gaceta Oficial No. 38.236	Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT)
Gaceta Oficial No. 38.595	Ley de Aguas
Gaceta Oficial No. 39.913	Ley Penal del Ambiente

Tabla 2. *Normas COVENIN.*

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN)	
COVENIN 200:1999	Código Eléctrico Nacional.
COVENIN 253:1999	Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos.
COVENIN 643-91	Bombas Hidráulicas Centrifugas Métodos de Ensayos.
COVENIN 810-1991	Características de los medios de escape en edificaciones según el tipo de ocupación.
COVENIN 823-4:2000	Sistema de Protección Contra Incendios. Parte 4: Edificaciones Comerciales.
COVENIN 1330:1997	Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua sin Medio de Impulsión Propio. Requisitos.
COVENIN 1331:1997	Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua con Medio de Impulsión Propio. Requisitos.
COVENIN 2250:2000	Ventilación de los Lugares de Trabajo.
COVENIN 2500-93	Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria.
COVENIN 3049-93	Mantenimiento. Edificaciones.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo contempla el conjunto de procedimientos lógicos y técnicos operacionales que se siguieron en las distintas etapas de la investigación. Su finalidad es poner de manifiesto el conjunto de procedimientos aplicados, con el propósito de permitir el análisis de los supuestos del estudio y de reconstruir los datos desde los principios teóricos operacionales.

Según Asti (1984) “el marco metodológico es la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real” (p. 27).

Tamayo (2004), expone que en todas las investigaciones es de suma importancia que los hechos y relaciones que se establecen, los resultados obtenidos o nuevos conocimientos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad.

Asimismo, Rivas (2006), propone una estructura sistematizada que orienta el desarrollo de una investigación a través de la cual se logra un conocimiento profundo de las variables que intervienen o influyen en determinado fenómeno o situación, donde se proponen respuestas a las inquietudes que son planteadas en el problema caso de estudio, definiendo de esta forma los lineamientos a seguir de forma lógica, organizada y secuencial.

La metodología constituye la médula del plan; se refiere a la descripción de las unidades de análisis, o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis (Bernal, 2006).

A continuación se presenta el marco metodológico que sustentó el desarrollo de este trabajo especial de grado:

3.1. Definición del Alcance de la Investigación

Como se detalló en páginas precedentes, el propósito de esta investigación se centró en diseñar un plan de mantenimiento para instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

Estos temas de estudio han sido abordados con anterioridad por diversos autores y tesistas. Por ello, esta investigación se enmarcó en el concepto que caracteriza a un estudio de tipo descriptivo, como lo define Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2006)

En los estudios descriptivos, el propósito del investigador consiste en describir situaciones, eventos y hechos. Se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a que se refieren. Asimismo, pueden ofrecer la posibilidad de predicciones o relaciones aunque sean poco elaboradas.

Tamayo (2004) definen los estudios descriptivos como aquellos que miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. Asimismo, buscan especificar las propiedades importantes de personas, comunidades o grupos que sean sometidos a análisis. En una investigación descriptiva se selecciona una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así lograr lo que se estudia.

En esta investigación se estudiaron y especificaron los fundamentos teóricos y conceptuales de los planes de mantenimiento de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, así como sus componentes y accesorios. Se analizaron las recomendaciones de la norma COVENIN para el mantenimiento de las mismas, y se identificaron las variables internas y externas que impactan la calidad de servicio.

3.2. Diseño de la Investigación

De acuerdo a la naturaleza de los datos que debieron ser recolectados para llevar a cabo esta investigación, se puede decir que, el tipo de diseño del presente trabajo especial de grado corresponde a la categoría de investigación no experimental (Hernández y otros, 2006).

“Los estudios no experimentales se realizan sin manipular deliberadamente variables. En estos se observan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos” (Ibid., p. 267).

Esta investigación se centró en evaluar el estado de diversas instalaciones industriales de bombeo de agua potable para definir así un plan de mantenimiento para las mismas. En tal sentido, se consultaron a expertos en el área de operaciones, gestión y planificación, a los fabricantes de bombas de agua potable objeto de estudio; así como a especialistas en mantenimiento, para posteriormente analizar sus criterios y tomarlos como insumos para el diseño del plan de mantenimiento a proponer.

De acuerdo a la dimensión temporal, este proyecto también se clasifica como investigación transaccional o transversal, ya que en ellas se recolectarán los datos en un solo momento, en un tiempo único (Ibid.).

El diseño de un plan de mantenimiento para instalaciones industriales de bombeo de agua potable contempló las herramientas y técnicas que se manejan en la gerencia de proyectos. A través de las cuales se logra la mejora en la gestión de las actividades inherentes al plan, sobre la base de los requisitos del cliente interno, externo y demás interesados. Para ello, se realizó un diagnóstico, se recopiló información y se observaron directamente las actividades de desarrollo.

A continuación se presentan las cuatro fases que integraron la investigación:

- **Fase 1:** recopilación y documentación de la información y escenario bajo el cual se encuentran operando las instalaciones de bombeo de agua potable: se recabó información sobre la organización, cultura organizacional y su gestión de mantenimiento. Esta fase se logró a través de la aplicación de entrevistas a distintos expertos para conocer cómo se lleva a cabo la gestión de mantenimiento, así como también técnicas, metodologías, filosofías y herramientas aplicadas en éste.

  Esta fase comprendió la compilación de información técnica, de metodologías aplicadas y filosofías relacionadas con los sistemas industriales, expresada en los documentos técnicos establecidos por los fabricantes, especificaciones técnicas propuestas por las organizaciones que agrupan el conocimiento, entre otras.

- **Fase 2:** revisión de metodologías para la gestión de mantenimiento y estrategias y herramientas descritas por el *PMI*. Se consideró la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (*PMBOK*), tomando como aspectos fundamentales aquellos procesos del grupo de procesos de planificación, siendo estos:
  - Gestión de la Integración del Proyecto
  - Gestión del Alcance del Proyecto
  - Gestión del Tiempo del Proyecto
  - Gestión del Costo del Proyecto
  - Gestión de la Calidad del Proyecto
  - Gestión de los Recursos Humanas del Proyecto
  - Gestión del Riesgo del Proyecto
  - Gestión de los Interesados del Proyecto

Se realizó un análisis de las herramientas, técnicas y metodologías para la gestión eficiente del mantenimiento.

- **Fase 3:** evaluación y adaptación de las teorías, técnicas y metodologías para la gestión del mantenimiento con las herramientas propuestas por el PMI, para el desarrollo del plan de mantenimiento.

  Se emplearon los resultados obtenidos durante la fase 1 y 2, descritas previamente, para la definición de las variables, selección de metodologías y herramientas apropiadas, identificación y estructuración de los hitos, desarrollo de las actividades y planes, así como la adaptación del plan de mantenimiento conforme a las mejores prácticas propuestas por el *PMI*.

- **Fase 4:** análisis y aplicación: se estudió y evaluó el plan de mantenimiento propuesto sobre la base de las mejores prácticas y lineamientos establecidos por el *PMBOK*.

3.3. Definición de Variables

Del objetivo general se definieron las variables que fueron objeto de estudio en esta investigación, el plan de mantenimiento preventivo a diseñar para lograr la continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable y la satisfacción de las necesidades de los clientes internos, los *stakeholders* y la propia organización.

Como se describió anteriormente, se entiende por plan de mantenimiento preventivo aquel que está enfocado en la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

El objetivo fundamental del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc.

Cabe destacar que, el mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento.

3.4. Operacionalización de las Variables

Luego de haber definido las variables, se procedió a realizar la definición operacional, a través de los indicadores y las dimensiones establecidas. Las tablas 3, 4, 5, 6 y 7 contienen la información relacionada con dicha operacionalización.

3.5. Selección de la Muestra

Las unidades de observación que fueron seleccionadas corresponden al tipo de muestra no probabilística. “Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal y un poco arbitrario. Aun así, éstas se utilizan en muchas investigaciones y a partir de ellas se hacen inferencias sobre la población” (Hernández y otros, 2006, p.326).

Según estos autores, la selección de los sujetos depende, en este caso, de la decisión del investigador o grupos de investigadores. “La ventaja de una muestra no probabilística es su utilidad para un determinado diseño de estudio, que no requiere tanto de una representatividad de elementos de la población, sino una cuidadosa y controlada selección de sujetos” (Ibíd., p. 327).

Tabla 3. *Operacionalización de Variables Objetivo Específico 1.*

Objetivo específico: 1. Describir las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno de los equipos presentes.					
Variable	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem**	**Instrumento**	**Fuente**
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	Bombas de suministro de agua	▪ Tipos, usos y componentes	▪ ¿Cuáles son los tipos de bombas de bombeo de agua potable, sus usos y aplicaciones en los sistemas de agua?	Análisis documental + Cuestionario/ Entrevista	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING + Evaluación de proyectos desarrollados para los clientes de MECANING
	Reglamentos aplicables y datos clave requeridos para la inspección sanitaria	▪ Reglamentos especificados ▪ Estado de las instalaciones de bombeo (casetas de pozos y de las bombas)	▪ ¿Qué aspectos de seguridad, protección, infraestructura, condiciones climáticas… se debe considerar en el mantenimiento de las instalaciones? ○ ¿La seguridad es adecuada? ○ ¿El edificio y el equipo están protegidos contra inundaciones? ○ ¿Cuáles son las condiciones de la estructura del edificio? ○ ¿La calefacción, ventilación y alumbrado son adecuados? ○ ¿El equipo puede recibir mantenimiento y trasladarse fuera del edificio? ○ ¿El local está ordenado y limpio? ○ ¿La estación de bombeo también se usa para almacenamiento? ○ ¿El equipo de seguridad es adecuado?		

Variable	Dimensión	Indicador	Ítem	Instrumento	Fuente
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	Riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad en las instalaciones	▪ Estación y equipo de bombeo ▪ Accesorios y sistemas de energía de reserva	▪ ¿Cuáles son las condiciones que deben tener las estaciones y equipos de bombeo? ▪ ¿Qué aspectos de seguridad deben considerarse en dichas instalaciones? ○ ¿Cuántas bombas hay (incluidas las reservas), de qué tipo y dónde están? ○ ¿La capacidad real de la estación de bombeo es adecuada para satisfacer la demanda? ○ ¿Cuándo y cómo se determina la capacidad de la bomba? ○ ¿Cuál es la condición del equipo? ○ ¿Se usan los tipos correctos de lubricante? ○ ¿La frecuencia y cantidad de lubricación son adecuadas? ○ ¿Los sistemas de bombeo se equipan con: ¿válvulas de retención? ¿válvulas de aislamiento? ¿manómetros?... ○ ¿Existen conexiones cruzadas? ○ Los sistemas de control del motor: ¿Están diseñados adecuadamente y son confiables?	Análisis documental + Cuestionario/ Entrevista	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING + Evaluación de proyectos desarrollados para los clientes de MECANING

Variable	Dimensión	Indicador	Ítem	Instrumento	Fuente
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	Riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad en las instalaciones	▪ Estación y equipo de bombeo ▪ Accesorios y sistemas de energía de reserva	○ Hay alarmas en caso de fallas? ○ ¿El equipo rotatorio y eléctrico tiene protectores?	Análisis documental + Cuestionario/ Entrevista	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING + Evaluación de proyectos desarrollados para los clientes de MECANING
	Riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad asociados con los procedimientos y prácticas	▪ Manejo, operación y mantenimiento de las instalaciones de bombeo	▪ ¿El número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo? ▪ ¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo? ▪ ¿Los procedimientos estandarizados de operación están disponibles por escrito? ¿Se siguen? ▪ ¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?		

Tabla 4. *Operacionalización de Variables Objetivo Específico 2.*

Objetivo específico: 2. Analizar las recomendaciones y directrices establecidas por el Gobierno Nacional, a través de sus entes oficiales y la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y la normativa legal vigente en cuanto a las instalaciones industriales de bombeo de agua potable que deben ser consideradas en el diseño del plan de mantenimiento.					
Variable	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem**	**Instrumento**	**Fuente**
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	Recomendacio-nes y directrices COVENIN y Leyes Vigentes	▪ Requisitos y acciones mínimas que deben considerarse en el proyecto	▪ ¿Cuáles son los requisitos y acciones mínimas que deben contemplarse en el diseño y funcionamiento de instalaciones industriales de bombeo de agua potable?	Análisis documental	Leyes y Reglamentos vigentes Norma COVENIN respectiva

Tabla 5. *Operacionalización de Variables Objetivo Específico 3.*

Objetivo específico: 3. Analizar los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para considerarlos en el diseño del plan de mantenimiento.					
Variable	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem**	**Instrumento**	**Fuente**
Fundamentos teóricos y conceptuales de un plan de mantenimiento preventivo	Componentes	▪ Elementos	▪ ¿Cuáles son los elementos que caracterizan y que debe contemplar los planes de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable?	Análisis documental + Cuestionario /Entrevista	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Expertos en el área de mantenimiento preventivo + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING
	Criticidad	▪ Frecuencia de fallas ▪ Impacto en la producción	▪ ¿Cuál es la frecuencia de las fallas en la operación por deficiencias en los planes de mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo de agua potable?		
	Fallas	▪ Función ▪ Falla funcional ▪ Modo de falla ▪ Efecto de falla ▪ Actividad o tarea de mantenimiento	▪ ¿Cuáles son las principales fallas que se observan en la operación de estas instalaciones? ▪ ¿Cómo corregir estas fallas a través del plan de mantenimiento preventivo.		
	Costo/Beneficio	▪ Costo total anual del plan de mantenimiento ▪ Beneficios en operación	▪ ¿Cuál es el beneficio de implementar un plan de mantenimiento preventivo? ▪ ¿Cuál es el costo estimado de un plan de mantenimiento Vs. el costo de asumir la contingencia o falla en la operación?		

Tabla 6. *Operacionalización de Variables Objetivo Específico 4.*

Objetivo específico: 4. Identificar las variables internas y externas que pudiesen impactar el rendimiento y/o continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para establecer los posibles escenarios que deben ser considerados en el desarrollo del plan de mantenimiento.					
Variable	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem**	**Instrumento**	**Fuente**
Variables internas y externas que impactan la continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable	Factores elementales	▪ Disponibilidad y fiabilidad de materia prima, mano de obra directa y medios de producción	▪ ¿Cuáles son las variables internas que influyen o impactan la continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable? ▪ ¿Cómo manejar estas variables para que no se vea afectada la operatividad del sistema?	Análisis documental + Cuestionario/ Entrevista	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING + Clientes de MECANING
	Factores dispositivos	▪ Dirección de la empresa (gerencia)			
	Factores instrumenta-les	▪ Panificación y organización			
	Factor País (contexto del país)	▪ Ambiente Político y Marco Legal (inseguridad jurídica y social)	▪ ¿Cómo han influido las variables del contexto del país en la actividad empresarial de MECANING? ▪ ¿Cómo han influido las variables del contexto del país en la actividad empresarial de los clientes externos y *stakeholders* de MECANING?		
		▪ Ambiente Económico (inflación, devaluación, acceso a divisas, escases de maquinarias y repuestos)			
		▪ Ambiente Cultural (idioma, educación, valores)			
		▪ Infraestructura (legal y técnica)			

Tabla 7. *Operacionalización de Variables Objetivo Específico 5.*

Objetivo específico: 5. Proponer un plan de mantenimiento para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, que asegure la continuidad operativa y los niveles de calidad en los servicios prestados.					
Variable	**Dimensión**	**Indicador**	**Ítem**	**Instrumento**	**Fuente**
Plan de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	▪ Desarrollo y descripción del plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable a ejecutar por MECANING	▪ ¿El plan de mantenimiento contempla cada una de las etapas o fases que establece el cuerpo de conocimiento? o Consideraciones generales o Planificación estratégica y Plan de Mantenimiento o Calendario de actividades (indica la frecuencia con que se realizan los trabajos) o Lista de Revisión (Check List), revisiones diarias al iniciar y finalizar operaciones o Seguimiento de mantenimiento que permite evaluar el progreso del programa de manera integral o Historial o bitácora de mantenimiento que registra todo el proceso de mantenimiento.	Análisis documental + observación	Bibliografía actualizada referente al tema en estudio + Departamento de Planificación y Mantenimiento de MECANING + Evaluación de proyectos desarrollados para los clientes de MECANING

Las personas que proporcionaron información relacionada con el área de operaciones, gestión y planificación de instalaciones industriales de bombeo de agua potable; fabricación de bombas de agua potable y mantenimiento preventivo en general se seleccionaron con base en lo que Hernández y otros (2006) define como muestra de experto.

En ciertas investigaciones se requiere de la opinión de los expertos sobre un tema. Por lo general, se emplean en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas o para generar materia prima para cuestionarios.

De igual manera, con relación a los miembros de la organización caso de estudio, MECANING, se empleó una muestra de sujetos tipo, “también utilizadas en estudios exploratorios y en investigaciones de tipo cualitativo, donde el objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, y no la cantidad y estandarización” (Ibíd., p. 328).

3.6. Unidad de Análisis

Hernández y otros (2006) indican que para seleccionar la muestra, se debe definir la unidad de análisis. “El 'quiénes van a ser medidos', depende de precisar claramente el problema a investigar y los objetivos de la investigación” (p. 204).

La unidad de análisis es aquella donde se busca la información y su naturaleza dependerá de los objetivos de la investigación. La unidad de análisis de esta investigación estuvo representada por la gerencia de mantenimiento de la empresa MECANING Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, C.A.

3.7. Población y Muestra

Para Tamayo (2004), una población está determinada por las características que la definen, por lo tanto, el conjunto de elementos que posean esta característica recibirán el nombre de población. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual estudia y da origen a los datos de la investigación.

Selltiz, Writesman, y Cook (1980), define la palabra población como el conjunto de todas las cosas que coinciden en una serie de especificaciones.

En la presente investigación la población estuvo comprendida por todos los clientes externos de la empresa MECANING Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, C.A., con quienes se mantuvo la relación comercial mientras se desarrollaba la investigación.

Asimismo, Ander Egg (1971), establece que la muestra es el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en la totalidad de una población, universo o colectivo, partiendo de la observación de una fracción de la población considerada.

En este orden de ideas, la muestra de la investigación también estuvo contituida por todos los proyectos desarrollados por la Gerencia de Mantenimiento, de MECANING. Se incluyeron todos los proyectos por tratarse de un volumen finito y manejable que cumplián con las características definidas en la población.

3.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de los datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma, y puede efectuarse desde la simple ficha bibliográfica, observación, entrevista, cuestionarios o encuestas y aun mediante ejecución de investigaciones para este fin (Tamayo, 2004, p. 98).

(Balestrini, 2001, p. 128), explica que se debe señalar y precisar, de manera clara y desde la perspectiva metodológica, cuáles son aquellos métodos instrumentales y técnicas de recolección de información, considerando las particularidades y límites de cada uno de estos, más apropiados, atendiendo a las interrogantes planteadas en la investigación y a las características del hecho estudiado, que en su conjunto permitirán obtener y recopilar los datos que se están buscando.

Para alcanzar los objetivos específicos de esta investigación fue necesario utilizar un instrumento de recolección de datos como la técnica de la entrevista, herramienta fundamental para abordar a las distintas muestras determinadas: expertos en operaciones, gestión y planificación de instalaciones industriales de bombeo de agua potable, los fabricantes de las bombas de agua, así como especialistas en mantenimiento.

Sabino (1992) define a la entrevista como una forma específica de interacción social en la que el investigador se sitúa frente al investigado y le formula preguntas a partir de cuyas respuestas habrá de surgir los datos de interés.

Asimismo, la entrevista desarrollada fue de carácter no estructurada, “aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas” (Ander Egg, citado en Sabino, 1992, p. 141).

Dentro de esta clasificación, se tomó como modelo a la entrevista por pauta. Definida como “aquellas ya algo más formalizadas, que se guían por una lista de interés, que se irán explorando en el transcurso de la entrevista. Aplicando este modelo, el entrevistador maneja cierto grado de espontaneidad en las preguntas” (Sabino, 1992, p. 142).

Esta consulta o entrevista se le efectuó a un grupo de expertos seleccionados en función de la comprobada experiencia adquirida a lo largo de su carrera profesional, desempeñando cargos en el área de operaciones, gestión y mantenimiento, de instalaciones industriales, en las cuales se encuentran instalados sistemas de bombeo de agua; tal y como se ha descrito en páginas precedentes. Los profesionales entrevistados fueron:

- Tony Toro. Trabaja para El Centro San Ignacio, en la Gerencia de Operaciones (Caracas).
- Rafael Peñaranda. Labora en la Gerencia de Operaciones del Centro San Ignacio, como Coordinador de Mantenimiento.
- Luis Flores. Gerente de Mantenimiento del Centro Comercial El Recreo (Caracas).
- Freddy Duarte. Coordinador de equipos y sistemas en la Gerencia de Mantenimiento del Centro Comercial El Recreo.
- Yickson Ramírez. Labora en la Coordinación de Operaciones de la Ciudad Comercial Plaza Mayor, en Guarenas (Estado Miranda).
- Leonardo Jiménez. Trabaja en el departamento de Mantenimiento del Club Camurí Grande (Estado Vargas).
- Dolys Pérez. Jefa de Servicios Generales de Coca-Cola FEMSA Venezuela (Caracas).
- Jesús Bustillos. Jefe de Mantenimiento Técnico del Centro Sambil Paraguaná.

A su vez, se empleó a la observación como técnica de investigación para identificar y estructurar los hitos en la aplicación de los planes de mantenimiento de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

La observación se convierte en una técnica de investigación científica en la medida en que sirve a un objetivo ya formulado de la investigación, es planificada sistemáticamente, es controlada metódicamente y relacionada con proposiciones más generales; en vez de ser presentada como una serie de curiosidades interesantes; y está sujeta a la comprobación, validez y fiabilidad (Selltiz y otros 1980).

Tuvo lugar una observación directa, ya que ésta permite al investigador observar y recoger los datos de interés para el estudio mediante su propia observación Tamayo (2004).

Con la finalidad de aplicar el instrumento de observación, se seleccionaron tres instalaciones industriales de bombeo de agua potable, de distintos sectores. A saber, servicios de salud hospitalaria, servicios de *retail* y embotelladora de productos.

Por razones de confidencialidad, se denominaron a cada una de estas empresas con las primeras letras del abecedario:

- Empresa A: servicios de salud hospitalaria
- Empresa B: servicios de *retail*
- Empresa C: embotelladora

En la observación directa se procedió a validar las variables establecidas al inicio del trabajo, sus indicadores y dimensiones.

Adicionalmente se realizaron anotaciones libres, sobre el tipo de negocio y observaciones en general, que pudieran enriquecer el estudio de investigación a la hora de relacionar todos los datos.

3.9. Consideraciones Éticas

Además de las consideraciones realizadas para la definición del alcance y objetivos del presente trabajo especial de grado, relacionadas con la confidencialidad de la información suministrada por la empresa, las consideraciones éticas planteadas por el *Project Management Institute (PMI)* y el Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV) también son respetadas. De acuerdo con el *PMI*, a través de su código de ética, se describen las expectativas, ideales y el comportamiento esperado de los profesionales dedicados a la gerencia de proyectos. A su vez éste código tiene como propósito infundir confianza en el ámbito de la dirección de proyectos y ayudar a las personas a ser mejores profesionales, para lo cual se ha establecido el siguiente marco:

- Los profesionales de la gerencia de proyectos deben comprometerse con lo siguiente:
  - Actuar de manera correcta y honorable.
  - Fijar un alto nivel de exigencia, en todos los aspectos de la vida: en el trabajo, en el hogar y al servicio de nuestra profesión.
  - Aceptar la responsabilidad de las acciones.
  - Practicar la justicia y la honestidad.
  - Alentar a los profesionales a actuar de forma ética.

- A quién está dirigido a:
  - Todos los Miembros del *PMI*
  - Personas que no son miembros del *PMI* pero que cumplen con uno o más de los siguientes criterios:
    - No son miembros pero poseen una certificación del *PMI*.
    - No son miembros pero envían solicitud para iniciar un proceso de certificación del *PMI.*
    - No son miembros pero colaboran con el *PMI* en carácter de voluntarios.

- Comportamiento Profesional:
  - Revelar completa y oportunamente cualquier conflicto profesional.
  - Respetar y proteger apropiadamente los derechos intelectuales de otros; revelar y reconocer apropiadamente las contribuciones profesionales, intelectuales y de investigación de otros.
  - Procurar mejorar sus capacidades, habilidades y conocimientos profesionales, y dar a conocer sus calificaciones profesionales de forma sincera y certera.

- Relaciones con clientes y empleados:
  - Suministrar a los empleados y clientes información honesta, imparcial y completa concerniente a sus calificaciones, servicios profesionales y de preparación de estimados y resultados esperados.
  - Honrar y mantener la confidencialidad y privacidad de la identidad de los clientes , de la información de trabajo, tareas asignadas y otro tipo de información adquirida durante el curso de la relación profesional, a menos que el cliente le conceda permiso o que el mantenimiento de la confidencialidad sea un acto no ético, ilegal e ilícito.

- No tomar ventajas personales, comerciales o financieras de la información confidencial y privada adquirida durante el curso de sus relaciones profesionales.

- Relaciones con la ciudadanía y la comunidad:
  - Honrar y respetar toda obligación legal y ética, incluyendo leyes, reglas y costumbres de la comunidad y nación en la cual ellos funcionan, trabajan o conducen a sus actividades profesionales.

De forma similar, el CIV establece su propio código de ética profesional, en el cual se consideran los siguientes valores, como compatible con el digno ejercicio de la profesión para un miembro del Colegio de Ingenieros de Venezuela, estos son: virtud, legalidad, conocimiento, seriedad, dispensa, reputación, intereses, justicia, entre otros.

CAPÍTULO IV. MARCO ORGANIZACIONAL

Mecaning Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, C.A., (MECANING) es una empresa de capital nacional, constituida por un grupo de ingenieros venezolanos cuyo objetivo principal es ofrecer servicios en el área de ingeniería mecánica a los sectores industriales del país. Entre las principales actividades desarrolladas por la empresa se encuentran las de mantenimiento a los sistemas de bombeo de agua potable de los sectores industriales. Los servicios ofrecidos por la empresa en esta área abarcan el desarrollo de rutinas de mantenimiento: preventivo, predictivo y correctivo a los sistema hidráulicos, cuyo objetivo fundamental es garantizar la disponibilidad de los sistemas y el óptimo desempeño de los mismos.

Las actividades de mantenimiento son realizadas por el personal técnico con base en las consideraciones y criterios del personal de ingeniería, quienes mantienen como soporte para éstas las experiencias previas, el juicio de expertos y en algunas circunstancias, las especificaciones técnicas establecidas por los manuales de operación y funcionamiento de los equipos.

Debido a que el objetivo de MECANING es ofrecer servicios basados en la calidad, el profesionalismo y las nuevas tendencias en el área, se ha visto en la necesidad de desarrollar una estrategia de mantenimiento preventivo que permita satisfacer los requerimientos de sus clientes y estandarizar las estrategias y planes operacionales.

MECANING cuenta con un departamento de mantenimiento, equipo de ingenieros y técnicos comprometidos y capaces de asumir nuevos retos en pro del desarrollo de nuevas actividades, estrategias y metodologías que permitan lograr los objetivos establecidos por la misma, el óptimo desempeño de las instalaciones industriales a las que prestan servicio, para minimizar los costos inherentes al desarrollo de las actividades y otorgar un factor diferenciador a la estructura de la organización.

Este capítulo permite contextualizar a la organización MECANING Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas, en el ámbito de la investigación. El desarrollo de esta empresa surge por la iniciativa de un grupo de profesionales, que deseaban ofrecer servicios integrales en el área de Ingeniería Mecánica. MECANING ofrece servicios en las áreas de hidráulica, neumática, aire acondicionado, ventilación mecánica, protección contra incendio, electricidad de control y potencia, instrumentación y automatización de sistemas.

Asimismo, esta organización cuenta con el respaldo de reconocidos fabricantes nacionales e internacionales destacados por el desarrollo de productos de alta calidad, funcionabilidad y confiabilidad. Las alianzas estratégicas realizadas en esta materia le han permitido a MECANING, la oferta y comercialización de soluciones integrales enfocadas en las necesidades del mercado.

La organización está enfocada en el desarrollo de estrategias y planes de gestión, que le han brindado la posibilidad de ocupar una posición en el mercado nacional, dado el desarrollo sostenido de sus actividades.

4.1. Objetivos y Fines

- Desarrollar operaciones en el área de la ingeniería mecánica con alta calidad, profesionalismo y eficiencia, permitiendo el posicionamiento de la empresa en el mercado regional ocupado por la Gran Caracas.
- Incrementar el valor económico de las acciones de la empresa y generar beneficios para su gente permitiendo el crecimiento continuo y sostenido a lo largo del tiempo de operación.

4.2. Misión

“Satisfacer las necesidades de nuestros clientes en materia de ingeniería mecánica (sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos, sistemas de acondicionamiento del aire, sistemas de ventilación forzada, sistemas de protección contra incendios y sistemas eléctricos), asesoría y proyectos a lo largo del territorio conformado por la Gran Caracas, generando valor para la empresa, su gente y el medio ambiente”.

4.3. Visión

“Ser reconocida como una empresa de capital nacional orientada a la oferta de servicios de asesoría, mantenimiento, diseño y ejecución de proyectos y comercialización de productos con características de alta calidad, eficiencia y confiabilidad en el área de la Ingeniería Mecánica, para satisfacer las necesidades de los clientes ubicados en la zona conformada por la Gran Caracas. Por esto nos enfocamos en la selección, desarrollo y capacitación de profesionales de alto nivel generando beneficios para la empresa, su gente y el entorno”.

4.4. Valores:

Los valores organizacionales de la empresa MECANING se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. *Valores Organizacionales.*

Profesionalismo	**Ética**	**Responsabilidad**
Puntualidad	**Compromiso**	**Respeto**
Comunicación	**Honestidad**	**Confianza**
Eficiencia	**Calidad**	**Mejora continua**

4.5. Estructura Organizacional

MECANING Ingeniería de Aplicaciones Mecánicas posee una estructura funcional, a través de la cual pueden atender los requerimientos del mercado. A continuación en la Figura 13 se muestra la estructura organizacional de la empresa.

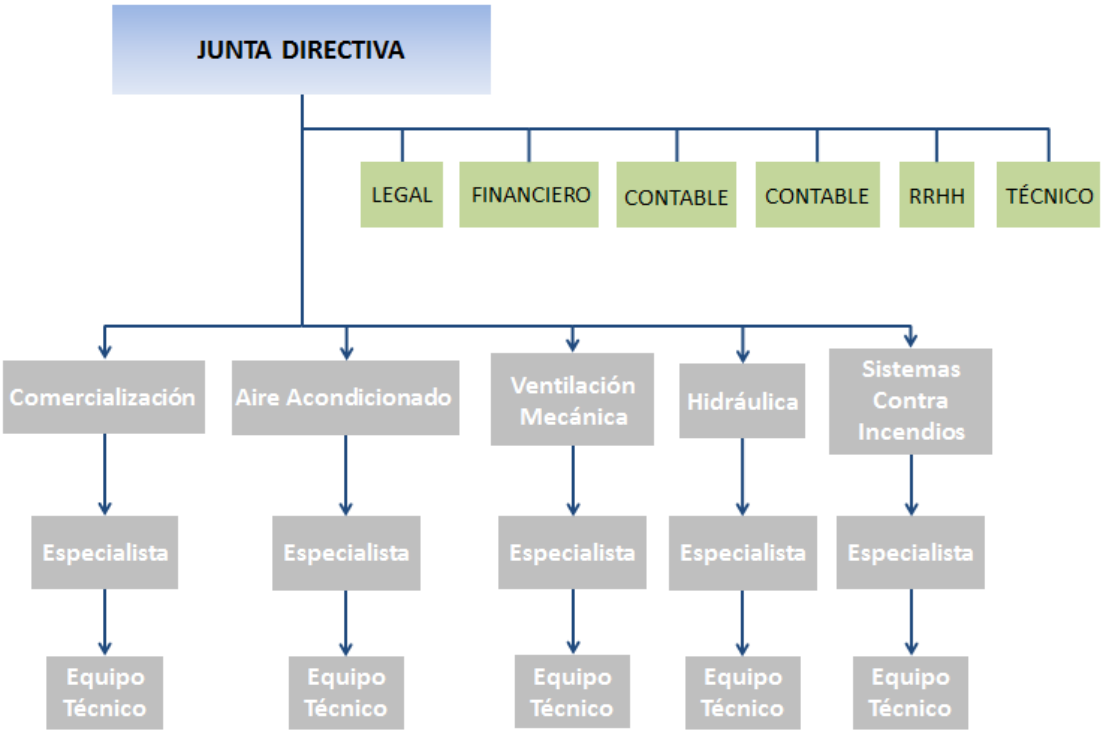


Figura 13. *Estructura Organizacional de MECANING.*

Las funciones específicas de cada departamento están enmarcadas en las actividades que se listan a continuación:

- Ingeniería conceptual, básica y de detalle de proyectos.
- Gestión de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Comercialización de equipos, repuestos y accesorios.
- Selección y dimensionamiento de sistemas y/o equipos.
- Ingeniería de reemplazo (mejoras y modernización)
- Asesoría técnica: inspección, evaluación, análisis y diagnóstico

CAPÍTULO V. PLAN DE MANTENIMIENTO

En el presente capítulo nos enfocaremos en dar respuesta a los objetivos específicos que fueron planteados y especificados en el Capítulo I de la investigación, se realiza la descripción de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, sus componentes y accesorios. A su vez, serán analizados los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo, de igual forma, se examina las recomendaciones y directrices establecidas por los entes reguladores locales en cuanto a instalaciones industriales de bombeo de agua potable. Posteriormente se identifican las variables internas y externas que se encuentran asociadas a los planes de mantenimiento, además se analiza la información recabada a través de los instrumentos de recolección y por último se desarrolla el plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable en el cual se integrarán las consideraciones analizadas anteriormente.

5.1. Objetivo Específico: 1. Describir las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno de los equipos presentes.

Un sistema industrial de bombeo de agua potable no es más que la disposicion de un conjunto de elementos, equipos, dispositivos y accesorios eléctricos, electrónicos y mecánicos agrupados entre si para lograr el transporte y distribución de agua potable. Los sistemas de bombeo comprenden la tubería y demás accesorios, necesarios para impulsar el fluido desde un punto hacia otro.

De forma general, un sistema de bombeo está conformado por los siguientes elementos:

- Cuerpo de impulsión, conjunto bomba-motor.
- Tanques o recipientes para el almacenamiento.
- Tableros eléctricos para el control de la operación.
- Equipos e instrumentos de instrumentación.
- Válvulas y tuberías.

En la figura 14 se muestra un esquema general de los sistemas de bombeo de agua potable. Adicionalemente en el anexo D y E se muestra un plano y un esquema general de este tipo de sistemas.

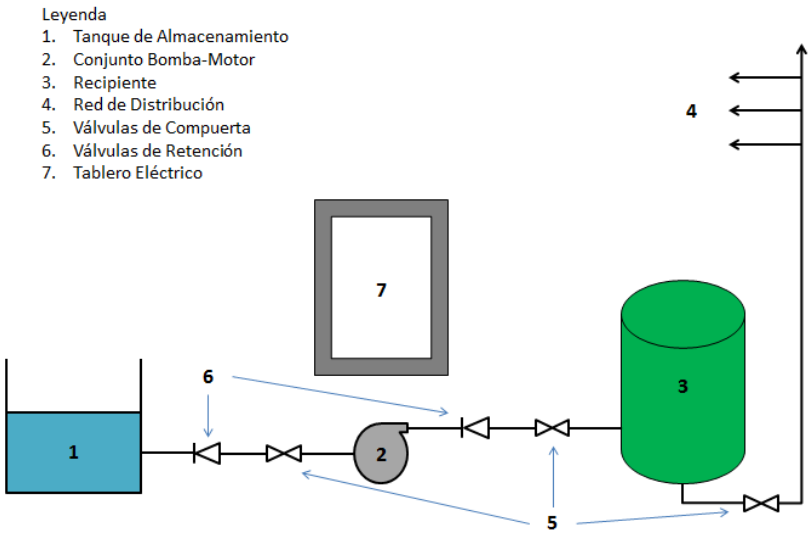


Figura 14. *Esquema General-Sistema de Bombeo.*

De forma similar, el departamento de mantenimiento de MECANING, propone que todo sistema de bombeo debe estar conformado, independientemente de su aplicación, por: cuerpo de impulsión o conjunto bomba-motor, tanques de almacenamiento, tuberías, válvulas, conexiones, instrumentos y tableros eléctricos para el control y suministro de la potencia requerida por los sistemas. Una vez identificados los sistemas de bombeo, se deben presentar las siguientes definiciones:

5.1.1 Bombas

Las bombas son dispositivos mecánicos cuyo objetivo fundamental es suministrar energía a un fluido, esta energía es necesaria para que el mismo pueda vencer las pérdidas por fricción, perdidas de carga (perdidas estáticas) y la diferencia de altura (perdidas dinámicas) existente entre dos o más puntos, lo cual permitirá el flujo del fluido hasta alcanzar el punto deseado. Al ser dispositivos mecánicos requieren de elementos adicionales para lograr su accionamiento, es decir, su movimiento giratorio, por lo general estos elementos pueden ser: motores, eléctricos, motores diesel u cualquier otro que permita su operación; transformando la energía cinética en energía rotatoria que será suministrada al fluido, como resultado final se logrará una aumento en la presión y el movimiento del fluido.

5.1.2 Clasificación y Tipos de Bombas

Las bombas pueden ser clasificadas de la siguiente forma (la figura 15 muestra algunos ejemplos de estas):

- Bombas Dinámicas: son aquellas que permiten el incremento de presión de un fluido, a través del aumento de la energía cinética, proporcionado por el efecto centrífugo que provocan los álabes del rodete, posteriormente esta energía es transformada y aprovechada por el fluido como un aumento de presión. Ejemplo de estas bombas son:
  - Bombas axiales o centrífugas
  - Bombas mixtas
  - Bombas radiales

- Bombas de desplazamiento: estas bombas operan de forma volumétrica, es decir, desplazan un determinado volumen de fluido por unidad de tiempo, independientemente de la presión. Ejemplos de este tipo de bombas son:

- Bombas reciprocantes de pisto, embolo o diafragma.
- Rotatorias, de rotor simple o rotor multiple.

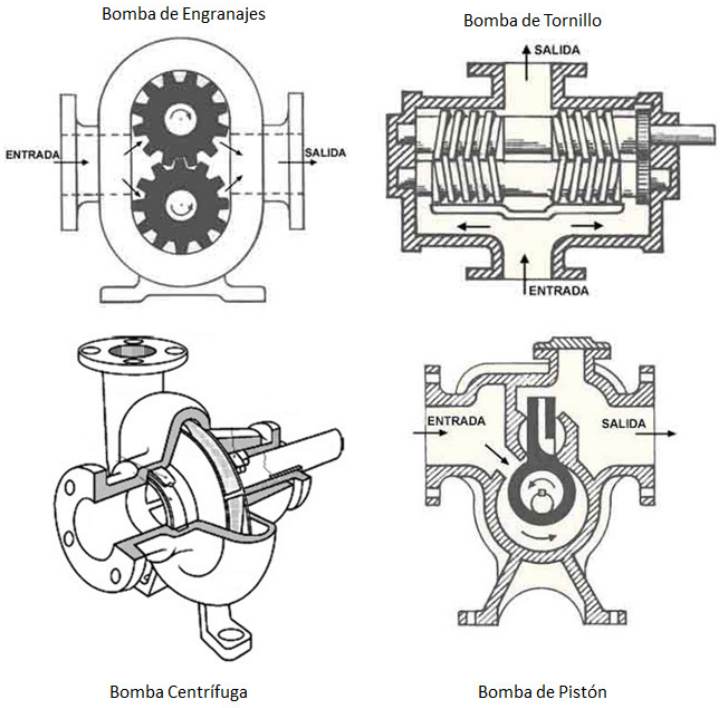


Figura 15. *Tipos de Bombas.*

Fundamentalmente las bombas poseen las siguientes partes y componentes (en la figura 16 se muestran algunas de estas partes):

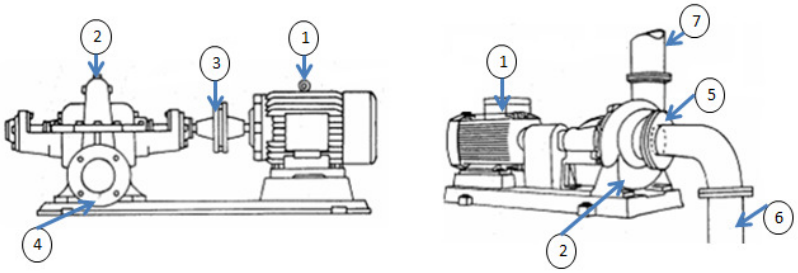
- **Rodamientos:** también conocidos como cojinetes, son elementos mecánicos diseñados para permitir el giro del impulsor y su alineación dentro del cuerpo de la bomba, de igual forma soportan las cargas axiales y radiales que se generan durante la operación.

- **Eje:** llamados en algunas oportunidades como flechas, son elementos mecánicos a los cuales esta acoplado el impulsor de la bomba, están son la conexión entre el elemento mecánico (bomba) y el dispositivo para el accionamiento (motor), es decir, es el elemento encargado de la transmisión de potencia para lograr el accionamiento del equipo mecánico.

- **Impulsor:** también conocido por el nombre de rodete, está acoplado al eje, posee alabes que han sido diseñados en función del fluido que pasará por estos y de las características particulares del sistema de bombeo, presión y caudal.

- **Carcasa:** es la cubierta externa que envuelve al impulsor y por consiguiente al fluido que pasa por este, y es fabricada con materiales apropiados para las condiciones medio ambientales y de operación.

- **Sellos mecánicos:** son elementos instalados entre la carcasa, eje e impulsor, su función es prevenir que el agua contenida dentro del cuerpo de la bomba (carcasa) logre filtrarse a las partes móviles, tales como, los rodamientos y alcance los dispositivos de accionamiento, tales como, los motores eléctricos. Como se puede apreciar juegan un papel fundamental, ya que en caso de fallar, podría generarse una pérdida de eficiencia en el equipo e incluso un daño total al motor al cual está acoplada la bomba.



Leyenda

1. Motor
2. Bomba
3. Eje
4. Brida de Succión
5. Brida de Descarga
6. Tubería de Succión
7. Tubería de Descarga

Figura 16. *Partes de una Bombas.*

5.1.3 Motores

Un motor es un maquina cuya función principal es producir energía, convierte la energía eléctrica, química o calórica en energía capaz de producir un trabajo mecánico, existen distintos tipos de motores, sin embargo, los más comunes son:

- **Motores de combustión interna o externa:** son aquellos en los cuales se aprovecha la energía proveniente de la combustión, transformando así, la energía térmica producto de la reacción química en energía mecánica capaz de producir el movimiento de la bomba. La identificación, interna o externa, está referida al sitio en el cual se produce la combustión.

- **Motores eléctricos:** tal como su nombre lo menciona, aprovechan la energía eléctrica para generar un movimiento giratorio (energía cinética) que posteriormente en transmitida a la bomba y a partir de allí se logra su accionamiento. Estos funcionan, mediante los principios de la inducción electromagnética.

5.1.4 Válvulas de Control

Las válvulas son una parte muy importante del diseño de sistemas de bombeo, sus funciones principales son el seccionamiento, regulación y balanceo, control y mantenimiento del propio sistema y de los equipos instalados en estos, entre algunas de las actividades desempeñadas por estos equipos mecánicos tenemos: evitar el desplazamiento del fluido en sentido contrario al deseado, regular la presión interna en el sistema de bombeo para evitar el daño y posible colapso de alguno de los equipos y accesorios instalados, expulsar el aire que se puede alojar dentro del sistema de bombeo, permitir realizar labores de mantenimiento en los instrumentos y equipos que forman parte del sistemas, entre otros. En la figura 17 se muestran algunos ejemplos de estos equipos.

Entre algunos de los tipos de válvulas existentes se encuentran:

- Válvula de compuerta.
- Válvula mariposa.
- Válvulas esféricas y cónicas.
- Válvula de globo y aguja.
- Válvulas de retención, "*check*".
- Válvulas de membrana.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Válvulas limitadoras de presión.
- Válvulas de entrada y salida de aire.

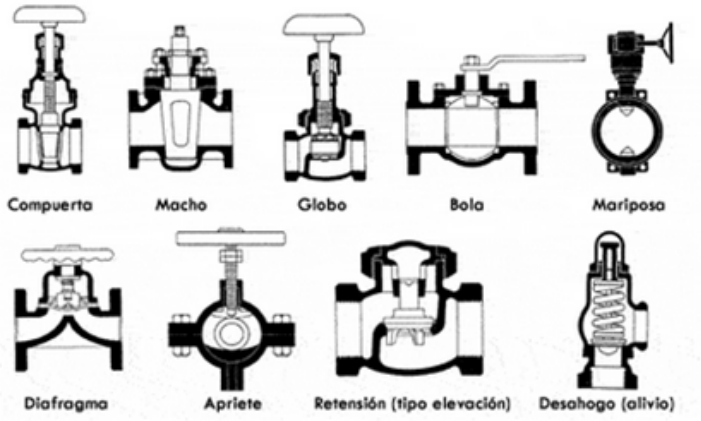


Figura 17. *Tipos de Válvulas.*

5.1.5 Tableros Eléctricos

Los tableros eléctricos, no son más que gabinetes acondicionados de forma apropiada en los cuales se almacena e instalan los elementos eléctricos y electrónicos que permitirán el suministro de potencia (alimentación eléctrica), así como también, el accionamiento y control de la operación de los sistemas de bombeo. Dentro de los tableros eléctricos se ubican los elementos eléctricos de control, tales como: relés de sobrecarga, relés de protección de operación en vacío, relés de alternación, relés de nivel, relés temporizadores, supervisores de

voltaje, contactores electromagnéticos, arrancadores, interruptores industriales, magnetotérmicos, fusibles, trasformadores, entre otros; a su vez, en éste también se dispone de los circuitos eléctricos de alimentación de potencia y demás elementos necesarios para la operación segura de los sistemas de bombeo.

5.1.6 Instrumentos de Medición

La operación de los sistemas de bombeo es controlada a través de los instrumentos de medición, estos son los elementos encargados de transmitir la información proveniente de la operación de los equipos hasta el circuito de control ubicado en los tableros eléctricos, con la finalidad de generar las acciones necesarias, activación o desactivación de bombas, y garantizar así la disponibilidad del sistema. Entre los elementos empleados se tiene:

- **Elementos de medición de presión:** llamados comúnmente como presostatos, son elementos electromecánicos que funcionan de forma similar a un *"switch on-off"*, es decir, poseen dos posiciones, abierto o cerrado. La posición "abierto" está relacionada con el valor de presión máximo, al cual el sistema no deberá accionarse, la segunda posición indica al sistema que debe accionarse debido a que la presión a alcanzado su nivel mínimo. Al alcanzar la posición "abierto" o "cerrado" se genera continuidad o discontinuidad de la señal eléctrica de control que gobierna el accionamiento de las bombas que forman parte del sistema.

- **Manómetros:** el más empleado en el sector industrial es el de *Bourdon* cuando no se requiere de una precisión alta en la medición. El fluido entra en un tubo que tiene forma de signo de interrogación "*?*" y la presión genera en éste un estiramiento; esta deformación es transmitida a una aguja que se mueve alrededor de una esfera graduada previamente, generándose así, la medida de presión.

Para la medida más precisa, y sobre todo, para obtener una señal eléctrica que permita procesar el valor de la presión, hay una amplia variedad de transductores. Su principio de funcionamiento, básicamente consiste, en transformar la medida de presión en una medida eléctrica, al producirse cambios de las propiedades eléctricas del material empleado para la medición.

Aún en instalaciones sencillas deben disponerse de algunos manómetros, normalmente próximos a las bombas y en los depósitos presurizados. Esto permite comprobar el funcionamiento de la instalación.

- **Medidor de caudal:** para la medición del caudal son empleados los tubos de *Pitot* y todos los sistemas de medición de velocidad, aunque se suelen utilizar sistemas específicos para la medida en la tubería.

5.1.7 Tanques de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento o depósitos, no son más que grandes contenedores en los cuales se almacena el fluido, en éste caso, agua potable, estos elementos pueden ser fabricados en diversos materiales, tales como: concreto, plásticos reforzados, metal, entre otros. Las tanques de almacenamiento pueden ser del tipo atmosféricos, es decir, abiertos a la atmosfera o presurizados, de igual forma, pueden ser subterráneos (debajo del nivel del suelo) o aéreos (por encima del nivel del suelo). De igual forma estos pueden ser fabricados de forma horizontal o vertical; las consideraciones del tipo de material empleado para la fabricación, disposición (subterráneo o aéreo), tipo (atmosférico o presurizado) y su forma (vertical u horizontal) dependerá de las necesidades del propio sistema. Algunas de las funciones de estos son:

- Almacenar y garantizar la capacidad de abastecimiento del fluido.
- Asegurar el suministro de fluido en caso de averías.

- Mantener la presión.
- Simplificar el control y reducir el tamaño de la instalación de bombeo.

5.2. Objetivo Específico: 2. Analizar las recomendaciones y directrices establecidas por el Gobierno Nacional, a través de sus entes oficiales y la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y la normativa legal vigente en cuanto a las instalaciones industriales de bombeo de agua potable que deben ser consideradas en el diseño del plan de mantenimiento.

Los requisitos legales, son las exigencias que a nivel jurídico regulan los deberes y derechos que deben cumplir las organizaciones en materia de seguridad, salud ocupacional e higiene. Básicamente las organizaciones deben lidiar con dos requisitos legales, a saber:

- Los requisitos de carácter legal: enmarcados dentro de la Constitución de La República Bolivariana de Venezuela, las leyes orgánicas y ordinarias, los decretos, resoluciones municipales, entre otras.
- Los requisitos contractuales de carácter normativo: establecidos por las normas, procedimientos internos de la organización y los convenios entre las partes interesadas.

Adicionalmente las organizaciones pueden suscribir otro tipo de requisitos, entre los cuales se tiene:

- Condiciones contractuales: acuerdos en materia de seguridad ocupacional (servicios médicos/ambulancias) suscritos con el cliente durante el proceso de contratación.
- Acuerdos con los empleados.

- Acuerdos con las partes interesadas
- Acuerdos con autoridades de salud, por ejemplo, convenio con centros hospitalarios para la disposición final de desechos de salud.
- Directrices no reglamentarias.

La importancia de los procesos para la adopción de las normativas o regulaciones, está enfocada en dar cumplimiento a la legislación local existe, la prevención de sanciones o multas por el incumplimiento de las disposiciones legales y brindar coherencia con los lineamientos estratégicos de la organización.

En Venezuela, la representación máxima de los principios, deberes, derechos y garantías que se encuentran consagrados en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. En ella se define la estructura jurídico política que adopta la nación y su organización, a su vez, se establece la conformación de un estado democrático y social de derecho y justicia en función de promover el bienestar e igualdad de oportunidades para todos los venezolanos. En este sentido, todo plan de mantenimiento debe estar enmarcado y regulado por las disposiciones que ésta establece. En función del territorio y espacios territoriales, derechos civiles, derechos sociales, culturales y educativos, derechos económicos, derechos ambientales, entre otros.

En este mismo sentido, La Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social tiene como objetivo crear un Sistema de Seguridad Social, establecer y regular sus funciones, organización, funcionamiento y financiamiento, la gestión y la forma en la cual se hará efectivo el derecho a la seguridad social por parte de las personas sujetas a su ámbito de aplicación. Se entiende a la seguridad social como un sistema integrado por un conjunto de sistemas y regímenes prestacionales, complementarios e interdependientes, destinadas a atender las contingencias que pudiesen generarse. De esta forma se garantizan los derechos civiles, sociales, económicos, culturales y educativos expuestos en la Constitución, ejemplo de estas contingencias son:

- Atención integral en caso de enfermedades catastróficas
- Atención y protección en caso de maternidad y paternidad
- Pensión por vejez, sobrevivencia y discapacidad.
- Indemnización por pérdida involuntaria del empleo.
- Prestaciones en dinero por discapacidad temporal debido a enfermedades, accidentes, maternidad y paternidad, entre otras.

Por otro lado, La Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, busca promover la implementación de un régimen de seguridad y salud en el trabajo, abarcando la salud de los trabajadores, la prevención de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo, la atención, rehabilitación y reinserción de los trabajadores, así como también, las prestaciones que darán lugar en caso de daños que pudiesen generar las enfermedades ocupacionales y accidentes del trabajo. Esta ley asume la supervisión del cumplimiento de las condiciones de seguridad, salud y bienestar para promover un ambiente de trabajo adecuado propicio para el ejercicio de las facultades físicas y mentales de los trabajadores, garantizando una vez más los derechos expuestos en La Constitución de La República Bolivariana de Venezuela, los objetivos de la Ley son:

- Establecer las Instituciones, normas y lineamientos de las políticas, y los organismos y entes que permitan garantizar a los trabajadores las condiciones de seguridad, salud y bienestar en el ambiente de trabajo.
- Regular los derechos y deberes de los trabajadores, y de los empleadores en cuanto a la seguridad, salud y ambiente.
- Cumplir lo dispuesto en la Constitución de La República Bolivariana de Venezuela y el Régimen Prestacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Establecer las sanciones por el incumplimiento de la normativa.
- Regular la responsabilidad del empleador.

A través de La Ley Orgánica del Trabajo, Los Trabajadores y Trabajadoras; se busca asegurar los derechos al trabajo y el deber de trabajar de las personas de acuerdo a sus capacidades y aptitudes, incluyendo a las personas con discapacidad. A su vez, se garantizan los derechos de igualdad de género y se otorgan facultades administrativas y judiciales para la velar por el correcto proceder en materia laboral.

Se puede apreciar la existencia de un marco regulatorio bien definido en función de garantizar el cumplimiento de los derechos y deberes de las personas, empresas y población general, así como también, establecer las disposiciones para controlar y supervisar el cumplimiento de las regulaciones establecidas por los entes estatales, a nivel, nacional, regional y municipal.

Adicionalmente, en Venezuela, la Gaceta Oficial No. 4.044 establece las normas y directrices para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Esta normativa fue desarrollada por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y el Ministerio de Desarrollo Urbano. Su alcance es controlar y vigilar la construcción, reforma total o parcial de las instalaciones tanto públicas como privadas, así como también, establecer las normas sanitarias para proyecto, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las instalaciones destinadas a usos: residenciales, comerciales, industriales, deportivo, recreacionales, turísticos. Su objetivo es lograr el desarrollo de actividades que estén alineadas con las regulaciones sanitarias para el resguardo de la salud pública, tal como es exigido por las leyes y reglamentos expuestos previamente.

Es evidente que las mejoras en las condiciones funcionales de los equipos inciden directamente en la seguridad de las instalaciones, y por consiguiente, en la disminución de los riesgos laborales.

En materia de salud, las disposiciones decretadas a través de la Gaceta Oficial No. 36.395 establecen las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, cuya intención es proporcionar los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como también, la regulación que asegure su cumplimiento. Siendo su ámbito de aplicación, cualquier ente público o privado destinado al abastecimiento de agua.

Así como las condiciones funcionales de los equipos pueden impactar directamente sobre la seguridad de las instalaciones, un funcionamiento óptimo también permite disminuir los niveles de vibraciones y ruidos, así como también disminuir las fugas de fluidos hacia el medio ambiente; brindando una mejora en el impacto medio ambiental y de las condiciones de trabajo relacionadas con la seguridad y salud laboral.

En este sentido la Ley Penal del Ambiente y la Ley Orgánica del Ambiente promulgadas en Venezuela en el año 1992 y 2006 respectivamente, tienen como objetivos realizar la tipificación de los delitos asociados a los hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, y establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, defensa y mejoramiento del mismo, así como también, establecer las sanciones penales correspondientes, así como las medidas para restitución o reparación en caso de generarse alguna acción violatorio de lo dispuesto en sus párrafos.

A su vez, la Gaceta Oficial No. 35.206 y 4.418 establecen las normas para regular y controlar la contaminación generada por ruido, realizando la clasificación de las zonas en función de su uso, tales como:

- Zona I: sectores residenciales, con parcelas unifamiliares, hospitales y escuelas no ubicados cercanos a vías de alto tráfico vehicular ni aeropuertos.
- Zona II: sectores residenciales con viviendas multifamiliares o apareadas, con comercios que no estén cercanos a vías de alto tráfico vehicular ni aeropuertos.
- Zona III: sectores residenciales, comerciales y pequeñas industrias en coexistencia con residencias, escuelas y hospitales ubicados cerca de vías de alto tráfico vehicular.
- Zona IV: sectores comerciales, industriales en los cuales no deberían estar ubicadas viviendas, escuelas o centros asistenciales.
- Zona V: sectores que bordean autopistas y aeropuertos.

De igual forma, La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) es el organismo encargado de desarrollar los estándares, normativas y lineamientos bajos los cuales serán desarrolladas las actividades, procedimientos, productos, equipos, entre otros., en el país. Este organismo tiene como intención, establecer los estándares de calidad (mínimos) que garantizarán el correcto desempeño de los sistemas industriales, en este caso, las normas que serán analizadas, serán aquellas relacionadas con el área de la investigación. La normativa relacionada con el área de gestión de mantenimiento es:

- COVENIN 200:1999: esta normativa sirve de marco regulatorio para todas las instalaciones eléctricas, sus objetivos fundamentales son, proteger a las personas e instalaciones de los peligros asociados al uso de la electricidad, establecer disposiciones mínimas de seguridad y mantenimiento; y servir de manual de buenas prácticas para el diseño seguro de las instalaciones eléctricas. Es de vital importancia en el desarrollo de un plan de mantenimiento de instalaciones de bombeo de agua potable, ya que implícitamente se encuentran asociados sistemas eléctricos a dichas instalaciones.

- COVENIN 253:1999: esta normativa establece los lineamientos que se deben seguir para la identificación y codificación que deben poseer todas las tuberías que conduzcan fluidos, de forma tal, de garantizar la seguridad durante la operación y mantenimiento de las mismas. Establece los lineamientos a cumplir en relación al color, tipo de letra y símbolos que deben emplearse en las tuberías en función del fluido que estas transportan. Lo anterior permitirá una rápida identificación del sentido de flujo y del fluido asociado a cada tramo de tubería y sistemas de tuberías.

- COVENIN 643-91: en esta norma se exponen los procedimientos que deberán ser empleados para determinar el caudal, velocidad de rotación, potencia y rendimiento de las bombas centrifugas, así como, la prueba hidrostática y operación continua de bombas acopladas a motores de combustión interna. Lo anterior con la intención de garantizar las propiedades características de los equipos que serán empleados en los sistemas de bombeo.

- COVENIN 810-98: en esta norma se establecen los requisitos que deben ser cumplidos en función de garantizar condiciones seguras para el desalojo de instalaciones en caso de emergencias, tanto en edificaciones nuevas como en construidas.

- COVENIN 823:2000: en este código se exponen las condiciones mínimas de protección contra incendios que deben disponerse en edificaciones, residenciales, comerciales e industriales, con la intención de protegerlas en caso de incendio. Se exponen las condiciones mínimas de los sistemas de extinción y detección.

- COVENIN 1330 y 1331:1997: ambas normas establecen las características mínimas que deben tener los sistemas de protección contra incendios, sin impulsión propia y con impulsión propia, en éstas se establecen las

características que deben poseer los materiales empleados para la fabricación de tuberías, bombas, gabinetes, mangueras, válvulas, entre otras., así como las dimensiones y previsiones que deben considerarse durante la operación de estos sistemas.

- COVENIN 2250:2000: este código establece los requisitos para el diseño, operación, mantenimiento y evaluación de los sistemas de ventilación de los lugares de trabajo, establece las características que debe posee el aire en función del tipo de aplicación. Está enfocada en preservar las condiciones seguras de los lugares de trabajo en función de evitar cualquier tipo de atmosfera nociva para la salud del personal que trabajara en ellas, garantizando así la salud de las personas y la operación segura de los sistemas.

- COVENIN 2500-93: en esta norma se describe un procedimiento para realizar el análisis y evaluación de la gestión de mantenimiento en empresas de producción, se considera la organización de la empresa, organización del departamento de mantenimiento, la planificación, programación y control de las actividades, así como también, la competencia del personal adscrito al departamento de mantenimiento.

- COVENIN 3049-93: en esta norma se establece el marco conceptual empleado en la gestión de mantenimiento con la intención de unificar los criterios y principios empleados por esta para su operación y está orientada hacia aquellos sistemas que requieran de la ejecución de tareas de mantenimiento.

MECANING como organización se ha enfocado en prestar servicios de ingeniería, adecuados y oportunos, que cumplan con los requisitos legales, de sus clientes y demás interesados que se ven afectados por las actividades que lleva acabo la organización, estos deben estar fundamentados en:

- El compromiso de la organización, el mejoramiento continuo y la gestión de los recursos.
- El control de los riesgos laborales, promoviendo condiciones de trabajo que preserven la salud e integridad de su personal y demás colaboradores.
- La prevención del consumo de alcohol, tabaco y otras drogas.
- La protección del entorno, la prevención de la contaminación ambiental y de daños a la propiedad.
- Los principios y prácticas de responsabilidad social, al entorno en el cual se desenvuelve.

La figura 18 muestra el proceso desarrollado para facilitar la identificación de los requisitos legales asociados al área de mantenimiento de la empresa MECANING.

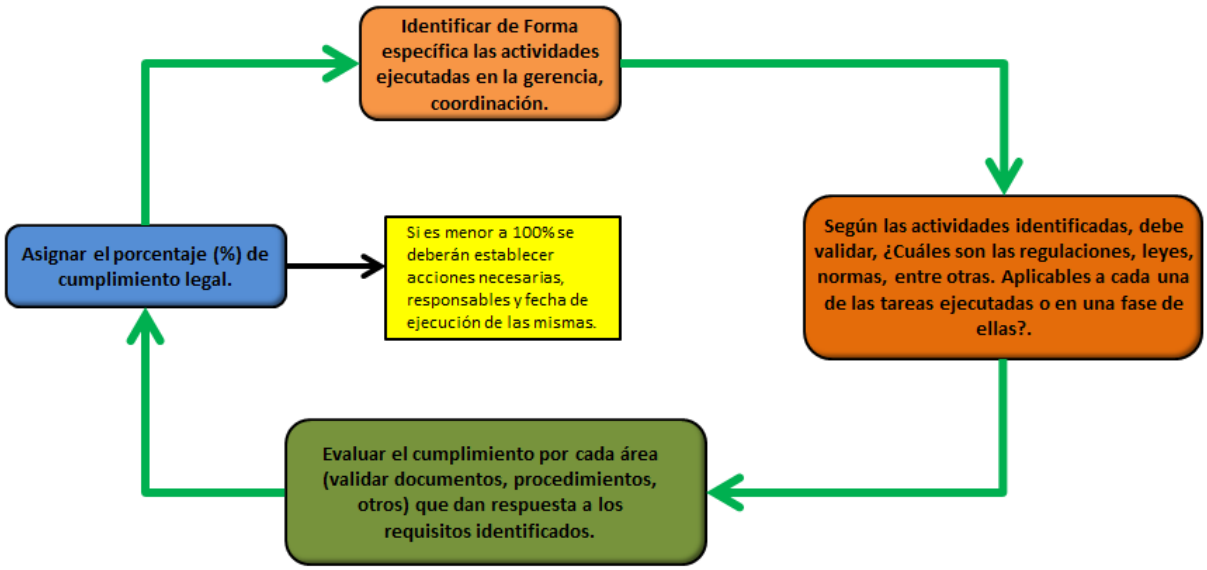


Figura 18. *Proceso para Identificación de Requisitos Legales.*

Adicionalmente, la actualización de los requisitos legales debe ser llevada a cabo al menos una vez al año o cuando ocurra un cambio en la legislación local vigente. La comunicación y divulgación de los requisitos legales y otros contractuales, asociados a las actividades ejecutadas por MECANING, debe ser realizada por la persona responsable de esta función dentro de la gerencia de mantenimiento, y podrá ser designada por el gerente del área.

Duarte (comunicación personal, 28 de noviembre de 2013), establece que los sistemas de bombeo de agua potable y las instalaciones en las cuales estos se encuentran deben cumplir con las regulaciones locales que rigen y ordenan el funcionamiento de estos espacios. Estos se encuentran ubicados en áreas restringidas al público en general y se encuentran señalizados en función de las normas y codigos vigentes. De forma similar, Jiménez (comunicación personal, 2 de marzo de 2014) establece que las instalaciones de bombeo de agua potable están reguladas por los códigos, normas y estándares nacionales. Por lo cual las condiciones de iluminación, identificación, señalización, ventilación, factores de ruido, vibración, accesibilidad, entre otros, estan establecidos en ellas. En líneas generales, todos los sistemas industriales de bombeo de agua potable deberán cumplir con estas regulaciones y deberán garantizarse todas las condiciones de seguridad personal y medio ambiental.

5.3. Objetivo Específico: 3. Analizar los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para considerarlos en el diseño del plan de mantenimiento.

La evolución del mantenimiento ha sido impulsada por los desarrollos tecnológicos que han estado orientados a la producción en serie y al aumento de la productividad. Lo que ha generado que haya dejado de ser vista como una actividad supeditada a la producción, para convertirse en un actor protagónico, a través, de la aplicación de metodologías y herramientas que lo convierten en una función trascendente cuyo objetivo es producir un bien real, que se traduzca en un aumento de la capacidad para producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Se ha observado que el mantenimiento produce un impacto directamente sobre:

- Los costos de producción.
- La calidad del producto o servicio ofrecido.
- La capacidad operacional.
- La capacidad de respuesta que tiene la empresa como ente organizado.
- La seguridad e higiene industrial.
- La calidad de vida del personal.
- La imagen empresarial.
- La seguridad medioambiental.

En la medida que los requerimientos de confiabilidad, disponibilidad, bajo costo y alta calidad de productos se hizo imperante para asegurar la permanencia de las empresas surgieron las técnicas de mantenimiento, preventivo, predictivo, correctivo, así como el mejorativo, consideradas por muchos autores como tipos de mantenimiento.

El mantenimiento juega un papel fundamental en las finanzas de la organización. Por un lado, se encuentran los costos directos, tales como la mano de obra, sub-contratos, repuestos, materiales, capacitación y los gastos de administración (todos estos son los que figuran en el presupuesto de mantenimiento); sin embargo, no son los únicos asociados a éste, también se encuentran los costos indirectos relacionados con las actividades de mantenimiento en general, actividades de apoyo y aquellos costos ocultos, que se generan por una inadecuada gestión del mantenimiento. Entre ellos se encuentran los derivados de pérdidas de producción, mala calidad de productos o servicios, demoras en entregas, costos de capital por exceso de productos o servicios, disminución de la vida útil de los equipos e instalaciones, entre otros.

Al igual que un iceberg, los costos indirectos u ocultos se ubican, por lo general, en el orden de cinco a diez veces mayor que los costos directos o visibles, de allí la importancia que se deriva del mantenimiento como eslabón de la cadena de valor. Son estos factores los grandes impulsores de los modelos, herramientas y

metodologías relacionadas con la gestión del mantenimiento, que pretenden hacer más eficiente el proceso para lograr una mejora en la efectividad organizacional.

Rivas (2006) propone que la gestión de mantenimiento hace uso de herramientas modernas para analizar, caracterizar y establecer los modos de falla de los equipos y como consecuencia disminuir el impacto que estas generan, aumentando la disponibilidad y eficacia, razones fundamentales de la existencia de las actividades de mantenimiento.

Se entiende que el mantenimiento no solo consiste en efectuar una serie de actividades rutinarias para reparar o mantener los equipos operando, sino también, adoptar de técnicas, herramientas y modelos que permitan maximizar el uso de los activos físicos, considerando la relación costo/beneficio, la calidad y el riesgo asociado a la operación de los equipos y sistemas, logrando así un aumento en los tiempos de operación confiable, es decir, sin fallas y minimizando el tiempo de paradas para la ejecución de acciones correctivas. De forma similar (García, 2010b) menciona que la tipificación del mantenimiento presenta inconvenientes debido a que cada equipo requerirá de la aplicación de una mezcla de distintos tipos de mantenimiento.

Tal como se ha mencionado, la adopción de modelos, métodos y herramientas estará supeditado a los objetivos que la organización, a través de su departamento de mantenimiento, estén dispuestos a alcanzar en relación a la conservación de sus instalaciones y a los equipos allí presentes; es decir, el tipo de mantenimiento aplicado dependerá del nivel de confiabilidad y calidad esperado en un momento particular de la operación, de forma similar ocurrirá con las herramientas para la mejora continua, así como también, el modelo de gestión. Al igual que en la gerencia de proyectos, los modelos, herramientas y métodos servirán solo de guía de buenas prácticas y dependerá de cada organización adaptarlos en función de sus requerimientos y necesidades. Estos no pretenden ser una receta a través de la cual se garantizará el éxito.

Las actividades de mantenimiento y su aplicación son variables que dependen de la particularidad de la empresa y su entorno, siendo algunas de las principales consideraciones: el nivel mínimo permitido por las características del equipo, dadas por el fabricante; el tiempo de uso o de funcionamiento del equipo, aplicación y capacidad a la cual están sometidos estos (tensiones, desgaste, corrosión, entre otros) y que pueden generar el deterioro de los mismos.

Es de resaltar que el mantenmimiento, enfocado al sector industrial, no es más que el control constante y la aplicación de un conjunto de acciones, técnicas y/o herramientas orientadas a la preservación de las instalaciones, equipos y dispositivos; a través de lo cual se busca un funcionamiento óptimo, alargamiento de la vida útil y maximización del rendimiento. De forma similar, es importante mencionar que las tareas y/o acciones de mantenimiento son aplicadas a instalaciones bien sea, fijas o móviles, equipos, máquinas, edificaciones y/o cualquier otro bien productivo.

Se aprecia que el mantenimiento tiene como objetivos fundamentales, los siguientes:

- Evitar, minimizar y/o reducir las fallas en los equipos.
- Disminuir el impacto de aquellas fallas que no se puedan evitar o disminuir.
- Evitar las paradas inesperadas.
- Evitar los incidentes y accidentes, aumentando la seguridad de las instalaciones hacia las personas.
- Reducir los costos de operación.
- Aumentar la vida útil de los equipos.

Se debe resaltar que, la definición de falla es establecida, en el sector industrial, como cualquier evento que impide el normal funcionamiento de las máquinas, equipos, sistemas y demás componentes.

Las actividades de mantenimiento deben entonces, estar enfocadas, en dar respuestas a los objetivos planteados, además, deben ser capaces de generar los resultados esperados, y aportar valor agregado a la función productiva. En entornos tan competitivos, la gestión de mantenimiento debe traspasar las fronteras del departamento encargado de ejecutar las tareas e involucrar a todos los procesos productivos y no productivos de la organización.

La evolución de los medios de producción, así como también la tecnología de información permiten no sólo aplicar nuevos modelos en la gestión de mantenimiento sino también en la forma de utilizar los medios tecnológicos para programar, ejecutar y almacenar la información relacionada con las actividades de mantenimiento.

Lo anterior supone que se debe establecer una gestión de mantenimiento definida por la etapa productiva a la cual están dirigidas las actividades de mantenimiento, el nivel de mantenimiento que se desea alcanzar, los objetivos de la gerencia de mantenimiento y de la propia organización. De forma tal que se puedan establecer, definir y distribuir los recursos humanos requeridos, la estructura departamental más apropiada para el desarrollo de las actividades, los niveles y cantidades de trabajos que deberán ser sub-contratados, las estrategias para el almacenamiento de repuestos y equipos de reposición, entre otros.

Parra, y Crespo (2012) proponen que el proceso de gestión de mantenimiento puede ser dividido de la siguiente forma:

- Definición estratégica del mantenimiento
- La implementación de la estrategia de mantenimiento

El primer aspecto está referido al proceso de definición de la estrategia de mantenimiento, en la cual se requiere de la definición de los objetivos y las estrategias de mantenimiento que estén alineadas con los planes del negocio,

esto es un aspecto clave y puede condicionar el logro de los objetivos de la gestión de mantenimiento y los diseñados por la propia organización.

El segundo punto está relacionado con la habilidad para asegurar una adecuada formación del personal, preparación de los trabajos, selección adecuada de las herramientas para llevar a cabo las actividades y con la ejecución en el tiempo programado de las actividades planteadas.

La eficacia en la gestión de mantenimiento permitirá que los procesos realizados produzcan los resultados esperados y por consiguiente se minimicen los costos indirectos de mantenimiento (pérdidas de producción, satisfacción del cliente). Por su parte, la eficiencia en la gestión de mantenimiento está referida a la producción empleando el mínimo esfuerzo, es decir, minimizar el desperdicio de recursos y los costos asociados a los mismos, con la finalidad de lograr ofrecer un servicio de mantenimiento de igual o mejor calidad con costos más bajos.

Rivas (2006) refiere que el grado de eficiencia con el cual es desarrollada la gestión de mantenimiento determina el nivel de competitividad de la empresa y su posibilidad de supervivencia. Por lo tanto el mantenimiento forma parte de esta cadena y es un elemento clave ya que afecta los costos, la calidad y la seguridad, entre otros aspectos.

En base a las consideraciones anteriores, se hace necesario definir, cuáles son las variables internas y externas que influyen en el éxito del modelo de gestión adoptado, para transformar a la organización en una organización exitosa a la vez que se agregue valor y se genere un factor diferenciador.

5.4. Objetivo Específico: 4. Identificar las variables internas y externas que pudiesen impactar el rendimiento y/o continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable, para establecer los posibles escenarios que deben ser tomados en cuenta en el desarrollo del plan de mantenimiento.

Para Rivas (2006) el éxito de la gestión de mantenimiento está directamente relacionado con la forma en la cual se gestionan los esfuerzos, el uso apropiado de las herramientas, áreas del conocimiento y metodologías de la gerencia permitirán alcanzar el logro de objetivos considerando las variables, costo, tiempo y calidad.

Una gestión de mantenimiento con enfoque a la excelencia debe ser capaz de gestionar la planificación y ejecución de actividades, así como también, definir los procesos que se llevarán a cabo para definir el alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, procura y el control de los procesos para desarrollar un modelo de mejora continua acorde con las necesidades específicas.

La visión de mantenimiento deberá enfocada en la competitividad del negocio, motivo por el cual, las actividades y acciones, tanto planificadas como ejecutadas, son diseñadas en función de garantizar la rentabilidad y competitividad de la organización; lo anterior ha conllevado a un mayor uso de los desarrollos tecnológicos, herramientas, conocimiento y/o metodologías con la intención de potenciar la gestión. A nivel mundial las organizaciones han adaptado dentro de sus prácticas la mejora continua, para lograr la excelencia.

Para Toro (comunicación personal, 9 de diciembre de 2013) están claramente definidas las fallas que se presentan en los sistemas de bombeo de aguas claras, en el caso de las bombas las principales fallas ocurren a nivel del sello del equipo

y sus rodamientos. En el caso del motor eléctrico las fallas ocurren a nivel de los rodamientos y en las aspas del ventilador del motor eléctrico; en el caso de los componentes hidráulicos las fallas ocurren en las válvulas de retención y por último en el caso de los sistemas eléctricos las fallas más comunes ocurren en los elementos de control eléctrico (relés, supervisores de tensión, entre otros). Por este motivo es de suma importancia adaptar medidas para la mejora continua, que permitan modificar o mantener estrategias de mantenimiento con el objetivo de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas.

De forma similar, Flores (comunicación personal, 4 de noviembre de 2013), menciona que las fallas en los sistemas de bombeo de agua potable están, para esto se hace uso de los indicadores, herramientas y técnicas de gestión, así como también, de los sistemas computarizados de gestión y de los propios modelos de gestión de mantenimiento se pueden establecer las condiciones bajo las cuales se encuentran operando los equipos y sistemas, sin embargo, es importante adoptar estrategias de mejora continua que permitan una optimización y mejor manejo de los recursos disponibles para establecer estrategias de gestión más eficientes que otorguen mayor confiabilidad y disponibilidad a los sistemas.

Amaya (2005) menciona que a través del análisis FODA se pueden establecer los factores claves relacionados con la organización, tales como: los mercados, la competencia, los recursos financieros, la infraestructura, el recurso humano, los inventarios, el sistema de mercadeo y distribución, la investigación y desarrollo, las tendencias políticas, sociales, económicas y tecnológicas, así como también, las variables de competitividad.

El análisis DAFO también conocido como análisis FODA, es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, a través del cual, se pueden analizar las características internas (debilidades y fortalezas) y su situación externa (amenazas y oportunidades) en forma de una matriz cuadrada, la figura 19 muestra un modelo de este tipo de matriz.

Figura 19. *Matriz FODA.*

De forma análoga, este análisis debe ser aplicado por una organización y en específico en el análisis de la gestión de mantenimiento con la intención de determinar las variables internas y externas que se encuentran involucradas en el proceso. Porter (2010) la organización no existe, ni puede existir fuera de un contexto, es decir, fuera del entorno que la rodea; de esta forma al realizar el análisis externo se podrán establecer las oportunidades y amenazas que el contexto le puede generar a la organización. Para realizar el estudio externo de la organización se deben evaluar algunos aspectos, tal como se muestra a continuación de forma superficial:

De carácter político:

- Estabilidad política del país
- Sistema de gobierno
- Relaciones internacionales
- Restricciones a la importación y exportación
- Interés de las instituciones públicas.

De carácter legal:

- Impuestos sobre artículos y/o servicios
- Forma de pago de los impuestos
- Impuestos sobre utilidades
- Legislación laboral

- Niveles de salarios
- Niveles de precios
- Inversiones extranjeras

De carácter social:

- Distribución demográfica
- Crecimiento de la población

De carácter tecnológico:

- Tecnología disponible
- Cambias y avances en los sistemas tecnológicos

Los elementos internos que se evaluarán durante el análisis, son las fortalezas y debilidades; estos se encuentran relacionados con la disponibilidad de recursos económicos y humanos, activos, calidad del producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros. Para determinar las variables involucradas se deben plantear las siguientes interrogantes, resumidas someramente:

Fortalezas:

- ¿Qué hace a la empresa mejor que las demás?
- ¿De cuáles recursos dispone la empresa?
- ¿Cómo es percibida la empresa por los consumidores?
- ¿Cuáles son los elementos que permiten vender el producto y/o servicio?
- ¿Cómo está estructurada la organización?

Debilidades:

- ¿Cuáles procesos se deben evitar?
- ¿Qué debemos mejorar?
- ¿Cuáles son las desventajas de la organización?
- ¿Cuáles son los factores que perjudican el servicio y/o servicio ofrecido?

Las mejores prácticas de negocios son aquellas que permiten generar una ventaja competitiva probada y una capacidad de absorber cambios de la mejor manera, con el propósito de incrementar las posibilidades de permanecer en los mercados. Estas prácticas evalúan a las organizaciones (interna y externamente) en áreas principales, tales como: políticas, objetivos y metas de la organización, entrenamientos del personal, programas de integridad y cuidados de los activos, programas de eliminación de defectos o no conformidades y programas para monitorear el desempeño a través de auditorías y revisiones, es decir, se evalúan los procesos, la gente, los activos y la tecnología utilizada por la organización para determinar sus fortalezas y oportunidades de mejoras, así como también, identificar las amenazas y debilidades presentes.

Una organización que desee mantener un nivel adecuado de competitividad, debe desarrollar procedimientos de análisis y de toma de decisiones basados en el plan estratégico de la organización. La función de dicho proceso es sistematizar y balancear todos los esfuerzos de las unidades productivas y funciones que integran la organización proporcionando una guía para maximizar la eficiencia global.

La eficiencia total es la combinación de los niveles de competitividad interna y externa de una organización y se refiere por un lado a la capacidad de la organización para lograr el máximo rendimiento de los recursos disponibles, humanos, materiales, capitales, ideas y los procesos de transformación, es decir, la expresión del esfuerzo constante de superación y mejoramiento continuo.

Porter (2009) menciona que las organizaciones de todos los ámbitos tienen que competir para aportar valor. El valor puede definirse como la capacidad de satisfacer o exceder las necesidades de los clientes, y hacerlo a su vez de una forma eficiente, es decir, con uso adecuado de los recursos. En el desarrollo de una estrategia acorde a las necesidades de la organización es fundamental

considerar algunas variables y factores que determinan la funcionalidad y la eficiencia de las mismas con base en la propia estructura de la organización.

Antes de lograr definir estos factores cuantitativos, cualitativos, organizaciones, relativos al poder y al comportamiento que frecuentemente determinan el éxito, o no, de una estrategia planteada para resolver situación específica. Se deben considerar tres elementos fundamentales que definen a una empresa en forma general, estos son:

- Misión: la misión de una empresa es su razón de ser y es independiente del tiempo.
- Visión: la visión se enfoca en el futuro y describe lo que la empresa quiere ser y lograr. Su definición debe contemplar la misión de la organización.
- Valores: los valores señalan las prioridades de la empresa y su cultura.

Una vez que estos sean definidos y aplicados en la organización, es posible llevar a cabo la formulación y/o desarrollo de la estrategia a seguir, es decir, estos elementos fundamentales permitirán establecer cómo la organización logrará una ventaja competitiva en el mercado. Para Porter (2010) existen tres formas de lograr la ventaja competitiva, a saber:

- **Liderazgo en costos.** Tener el costo más bajo de todas las compañías dentro del mismo sector. Con lo anterior, la empresa puede tener una tarifa más baja que la competencia y atraer a una mayor porción del mercado, incluso puede generar mayor utilidad con el mismo precio. Esta estrategia es más sencilla de implementar cuando la empresa produce grandes volúmenes y mantiene una economía de escala.

- **Diferenciación.** Significa que se debe generar una percepción positiva de los consumidores acerca de la empresa y sus productos, distinguiéndose de esta forma, del resto de las empresas en un mismo mercado. Es

importante que la diferencia atraiga y mantenga a los clientes, una vez establecida la lealtad de los clientes, la empresa puede elevar el costo del producto o servicio debido a que las personas se encuentran identificadas con un producto o servicio que las demás empresas del sector no poseen.

- **Enfoque del negocio.** La idea es que una empresa oriente sus recursos en hacer un producto o servicio específico que satisfaga las necesidades de un sector en vez de realizar varios productos o servicios destinados a varios sectores.

De igual forma (Porter, 2010) propone que existen cinco fuerzas que inciden en el éxito de una empresa, es decir, fuerzas que influyen en la estrategia competitiva de una organización determinando así la rentabilidad a largo plazo dentro de un mercado o segmento del mismo. En la figura 20 se muestra el diagrama de las cinco fuerzas de Porter.

Figura 20. *Cinco Fuerzas de Porter.*

Lograr un nivel de competitividad es un proceso complejo y no puede garantizarse sólo a través del establecimiento de directrices, metodologías, herramientas y técnicas para la orientación de las estrategias. Adicionalmente, se requiere de un manejo eficiente de todas las variables que influyen de manera directa o indirecta en los procesos desarrollados por la organización que están asociados con el diseño o especificaciones del producto, el proceso productivo, la dirección e incluso el recurso humano.

De igual forma, Porter (2009) desarrolló el concepto de cadena de valor, el cual consiste en considerar a la empresa como un conjunto de actividades diferenciadas en las cuales reside la capacidad para competir. Lo anterior implica que es posible descomponer a la empresa en un conjunto de actividades y procesos que generan valor a los productos o servicios que serán ofrecidos al consumidor final, siendo este último quién valorará a la empresa.

La cadena de valor según Porter (2009) está conformada por tres elementos básicos, mostrados a continuación (En la figura 21 se presenta el esquema de la cadena de valor de Michael Porter):

- Actividades primarias: son aquellas actividades relacionadas directamente con el desarrollo del producto o servicio, la producción, comercialización y servicio posterior. Estas actividades son divididas de igual forma en cinco actividades genéricas, tal como se muestra a continuación:

  - Logística Interna: actividades relacionadas con la recepción, inventario, y la distribución interna de las entradas que permiten desarrollar el producto o servicio.
  - Operaciones: son aquellas actividades asociadas con la transformación de las materias primas en el producto final.
  - Logística de salida: agrupa aquellas actividades relativas a la recolección del producto final, su inventario y por último la distribución a sus compradores.
  - Marketing y ventas: asociadas con el desarrollo de medios para que los compradores adquieran el producto y sean convencidos de hacerlo.
  - Servicios: esta última agrupa las actividades de servicio que permiten aumentar o mantener el valor del producto.

- Actividades de soporte a las actividades primarias: como su nombre lo indica, son aquellas actividades que sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos, tecnología, recursos humanos y otras funciones dentro de la empresa. De igual forma, estas actividades son divididas en las actividades que se describen a continuación:

  - Aprovisionamiento: estas actividades están relacionadas con la adquisición de las materias primas que son utilizadas en toda la cadena de valor.
  - Desarrollo tecnológico: cada actividad de valor tiene asociada una tecnología, procesos, equipos, entre otras; a través de lo cual se puede garantizar el mejoramiento del producto y del proceso.
  - Gestión de los recursos humanos: se agrupan las actividades relacionadas con el reclutamiento, contratación, formación, desarrollo y retribución de todo el personal.
  - Infraestructura de la empresa: en esta se agrupa la dirección general de la empresa, planificación, finanzas, asesoría legal, relaciones con la administración pública y la gestión de calidad.

- Margen: no es más que la diferencia entre el valor total del producto y los costos totales generados durante la producción, a través de lo cual se puede garantizar la actividad generadora de valor agregado.

Figura 21. *Cadena de Valor de Michael Porter.*

El principal objetivo de la cadena de valor es la optimización sistemática, con el fin de lograr las metas propuestas a través del desglose de las actividades que la conforman. Los procesos y actividades generadas en las organizaciones no están enfocados como un fin último. Por el contrario, son considerados como parte de una cadena que permite agregar valor mediante la transformación de los insumos y productos a lo largo de ella y su objetivo se fundamenta en ofrecer a los usuarios productos o servicios de máxima utilidad en función del costo y en términos apropiados para garantizar la rentabilidad de la organización.

Al aplicar el concepto de cadena de valor dentro de las empresas que ofrecen servicios en el área industrial se identifica la gestión de mantenimiento como una actividad primaria que repercute directamente el proceso de producción. Se observa que, cada vez es mayor la importancia el papel que juegan los costos de mantenimiento dentro de los presupuestos que manejan las operaciones instalaciones industriales, así como también, el desarrollo de una política de gestión acorde con los lineamientos estratégicos de la organización.

Situación similar plantea, Duarte (comunicación personal, 28 de noviembre de 2013), Quién establece las pérdidas en las cuales puede incurrir la organización debido al trato indebido hacia los clientes, es decir, clientes insatisfechos o atendidos de forma incorrecta. Es conocido que un cliente que no siente que ha sido atendido de forma apropiada no regresara y peor aún, no recomendará los servicios o productos que la empresa ofrece. Razón por la cual es importante establecer una buena relación cliente/organización, propiciando una comunicación directa y un conocimiento exacto de los requerimientos del cliente, así como, sus expectativas hacia la organización. Si la anterior se logra es posible que la organización logre establecer un nivel de calidad y el cumplimiento en los lapsos de entrega.

El efecto de producción, en este caso el suministro de la capacidad de bombeo de agua tiene una relación estrecha con el cliente, ya que éste es quién demanda la capacidad de bombeo de agua en un determinado momento. Por lo tanto este factor de capacidad instalada, juega un papel fundamental en la operación de las instalaciones de bombeo. Se debe prever la disponibilidad de los equipos, así como las actividades de mantenimiento, al igual que los riesgos asociados con la operación con la finalidad de establecer medidas de contingencia por adelantado, tal como la menciona, Flores (comunicación personal, 04 de noviembre de 2013)

La cultura organizacional es otro factor importante en el desarrollo de las actividades de la gestión de mantenimiento, así lo considera, Peñaranda (comunicación personal, 28 de enero de 2014). La gestión de mantenimiento establecerá sus prioridades en función de los objetivos, políticas y lineamientos estratégicos de la organización. Por lo tanto si la alta gerencia no está convencida de la importancia de las funciones que desarrolla el departamento de mantenimiento, no se lograrán los avances para lograr un impacto positivo.

Por otro lado, el recurso humano es uno de los factores más importantes en éxito de la gestión de mantenimiento, tal como es mencionado por, Toro (comunicación personal, 09 de diciembre de 2013). De acuerdo con él, los defectos o fallas de operación están asociados, en la mayoría de los casos, al personal. Por ejemplo:

- Errores durante la operación del equipo, es decir, una operación inapropiada del mismo.
- Los chequeos no son realizados con la frecuencia debida, o no se conoce el procedimiento para realizarlos.
- Se desconocen los procedimientos para realizar las actividades de mantenimiento.
- Se desconocen los procedimientos para el desmontaje, montaje y sustitución de piezas.

- Desconocimiento de las herramientas y/o instrumentos empleados para realizar las mediciones en campo y/o verificaciones de funcionamiento.

Adicionalmente, Toro (comunicación personal, 09 de diciembre de 2013), propone que los recursos físicos son los elementos básicos en los cuales se fundamenta la gestión de mantenimiento. Por lo tanto, es un factor de gran importancia en el desarrollo de la gestión de mantenimiento. La gestión de mantenimiento estará determinada por el estado actual de los equipos, su antigüedad y función. Flores (comunicación personal, 04 de noviembre de 2013), establece una clasificación de los factores internos y externos que influyen en la gestión de mantenimiento, entre los que destacan:

- Factores Internos:

  - Acceso a repuestos, partes y piezas de sustitución.
  - Complejidad técnica.
  - Acceso a manuales de fabricación, reparación, entre otros.
  - Calidad de los materiales empleados en las tareas de mantenimiento.
  - Acceso a herramientas y/o equipos para ejecutar las actividades de mantenimiento.

- Factores externos:

  - Disponibilidad de repuestos, partes y piezas de sustitución en el mercado.
  - Disponibilidad de mano de obra y personal calificado.

Las recomendaciones de los expertos consultados se podrían resumir realizando un análisis FODA a la organización, cuyo resultado será establecer las variables internas y externas asociadas a la gestión de mantenimiento. De igual forma, se

visualiza que existe, en el entorno de la gestión de mantenimiento, variables comunes (internas/externas) asociadas a la gestión de mantenimiento, estas son:

- Documentación y registro de las actividades de mantenimiento (planificación de las actividades de mantenimiento).
- Recursos humanos (planificación del recurso humano, entrenamiento y capacitación).
- Comunicaciones con el cliente (interno/externo) e interesados (*stakeholders*) (planificación de la comunicación organizacional).
- Riesgos en las tareas de mantenimiento (planificación de los riesgos).
- Identificación de los equipos (alcance del departamento de mantenimiento).
- Repuestos, partes y piezas de reposición (Planificación de las adquisiciones y compras).
- Mejora continua (planificación de la calidad, seguimiento y control).

Por otro lado, Duarte (comunicación personal, 28 de noviembre de 2013), establece que su organización debe considerar los factores internos y externos que influyen e impactan sus operaciones, esta organización no es ajena a los acontecimientos políticos, sociales, económicos, culturales, entre otros. Tanto los clientes para los cuales esta organización presta un servicio, como para la operación interna de la organización, este análisis es un factor fundamental para el logro de los objetivos.

Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial y posee características propias que lo hacen diferente del resto de los equipos. Si se quiere optimizar la gestión de mantenimiento, no es suficiente con pensar en el tipo de instalación, las características del equipo, modelos de gestión, herramientas y técnicas para la mejora continua, entre otros.

Es imprescindible tener en consideración una serie de variables o factores, tales como: el costo de parada de producción, su influencia en la seguridad, el costo de

reparación, entre otros; lo cual permitirá establecer las tareas de mantenimiento que son más apropiadas para cada equipo. En resumen, las variables o factores que influyen de forma directa o indirecta con el producto o servicio ofrecido por la organización, son:

- Diseño inadecuado o cambios en el diseño del producto o servicio
- Carencia de estandarización en los procesos de la organización
- Inadecuadas políticas y/o estándares de calidad
- Modelo de producción en el cual las pérdidas de materiales son excesivas
- Maquinarias y procesos inadecuados en relación a su funcionalidad
- Inadecuada gestión de mantenimiento, baja disponibilidad de los equipos, baja eficiencia y confiabilidad
- Procesos ejecutados de forma incorrecta o en condiciones inapropiadas
- Herramientas inadecuadas
- Inadecuada distribución de planta lo que genera mayor movilidad para realizar las actividades
- Deficiente metodología de trabajo
- Excesiva variedad de productos y/o servicios
- Carencia de planificación de producción y despacho de productos
- Baja disponibilidad de materias primas lo cual afecta la producción
- Averías o fallas de los equipos y/o instalaciones
- Instalaciones inadecuadas lo cual genera disminución de la eficiencia y motivación del personal
- Accidentes que pueden involucrar daños materiales y/o humanos

Adicionalmente a las variables presentadas, Altmann (2009) menciona que la efectividad de las actividades de mantenimiento estará determinada por la estrategia de mantenimiento, la gestión de mantenimiento y las buenas prácticas.

Es posible observar que las estrategias de mantenimiento estan enfocadas en garantizar la disponibilidad y eficacia requerida por los activos fisicos con el fin de

prolongar y maximizar la vida útil de los mismos, disminuyendo los costos asociados al mantenimiento, en conformidad con las regulaciones nacionales en materia de seguridad, higuiene y ambiente en función de los requerimientos de producción, tal como es propuesto por Rivas (2006).

De esta forma, también se establecen como factores claves del éxtio de la gestión de mantenimiento, la disponibilidad y la eficacia. Estos factores vienen definidos como:

- **Eficacia:** capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos programados en un tiempo predeterminado.

- **Disponibilidad:** fracción de tiempo en el cual los equipos están en condiciones de operar de forma segura.

La gestión de mantenimiento debe concentrar sus esfuerzos en la reducción de los costos y en la disponibilidad de los equipos para garantizar el éxito de la organización y posicionarla en el mercado del cual forma parte. Razón esta por la cual se considera que los factores claves del éxtio deben ser: la disponibilidad y la eficiencia. En el párrafo anterior se presentó la definición de la disponibilidad, sin embargo, es necesario introducir el concepto de eficienca, que viene establecido como:

- **Eficiencia:** capaciadad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando la optimización.

Mobley (2013) establece que existen seis indices de clase mundial, presentados mediante las ecuaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6, definidos para evaluar el desempeño de la gestión de mantenimiento, cuatro de ellos estan referidos a la gestión de los equipos y dos a la gestión de costos, de acuerdo a las siguientes relaciones:

- **Tiempo medio entre fallas:** relación entre el producto del número de equipos por sus tiempos de operación y el número de fallas detectadas en esos equipos, durante el tiempo de estudio. Su ecuación viene dada por:

$$\text{TMEF} = \frac{No.Equip\ x\ HROP}{\Sigma NTMC}$$

Ecuación 1. *Tiempo medio entre fallas.*

- **Tiempo medio para reparación:** relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de equipos con falla y el número total de fallas detectadas en esos equipos, durante el periodo de estudio. Su ecuación viene dada por:

$$\text{TMPR} = \frac{\Sigma HRMC}{\Sigma NTMC}$$

Ecuación 2. *Tiempo medio entre reparación.*

- **Tiempo medio para la falla:** relacion entre el tiempo total de operación de un conjunto de equipos no reparables y el numero total de fallas detectadas en esos equipos, durante el tiempo de estudio, se utiliza para equipos que son sustituidos luego de la falla. Su ecuación viene dada por:

$$\text{TMPF} = \frac{\Sigma HROP}{NTMC}$$

Ecuación 3. *Tiempo medio para la falla.*

- **Disponibilidad de equipos:** es la diferencia del numero de horas del tiempo de estudio con el numero de horsas de la intervención realizada por el personal de mantenimiento, para cada equipo y el número total de horas del periodo en estudio. Su ecuación viene dada por:

$$\text{DISP} = \frac{\Sigma(HCAL - HTMN)}{\Sigma HCAL} \text{ X } 100$$

Ecuación 4. *Disponibilidad de equipos.*

- **Costo de mantenimiento por facturación:** relación entre el costo de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado. Su ecuación viene dada por:

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} X$$

Ecuación 5. *Costo de mantenimiento por factruración.*

- **Costo de mantenimiento por el valor de reposición:** relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determindao equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo. Su ecuación viene dada por:

$$CMRP = \frac{\Sigma CTMN}{VLRP} X\ 100$$

Ecuación 6. *Costo de mantenimiento por Valor de reposición.*

Los índices que se presentaron pueden o no ser aplicados por las organizaciones. Todo dependerá de los lineamientos, políticas y metas que quiera alcanzar la empresa. Los indicadores pueden ser adaptados según los requerimientos y su intención es presentar una forma de evaluar la gestión de mantenimiento y por consiguiente los aspectos claves en los cuales se deben enfocar los departamentos de mantenimiento para lograr una mejora en las actividades.

Los elementos claves para el éxito de la gestión son aquellos que impactan de forma positiva y/o negativamente la misma, es decir, la disponibilidad y/o eficacia. De esta forma se puede establecer que la disponibilidad es el factor de mayor relevancia debido a que agrupa la mayor cantidad de variables que se involucran en la gestión de mantenimiento.

La frecuencia de fallas es proporcional a la deficiencia de la gestión de mantenimiento, por estos motivos el mantenimiento en instalaciones de bombeo de aguas claras debe garantizar el uso de herramientas apropiadas para la ejecución y control de la gestión, siendo necesario el establecimiento de

indicadores que permitan la medición continua y proporcionen información confiable, tanto de las condiciones y características de los equipos durante la operación, como de la propia gestión de mantenimiento como factores fundamentales para la reducción de las fallas en los sistemas (Jiménez, comunicación personal, 2 de febrero de 2004).

Por otro su parte, Ramírez (comunicación personal, 5 de diciembre de 2013), menciona que los sistemas de bombeo de agua potable, por las propias regulaciones nacionales, podrían operar de forma continua aún cuando alguno de los cuerpos de impulsión (bombas) dejase de funcionar. Sin embargo, una acumulación de fallas, tanto en los sistemas eléctricos, hidráulicos y mecánicos podría desencadenar en la paralización total del sistema. “Los datos obtenidos por nuestra organización aseguran que las fallas de los componentes eléctricos ocurren al cumplirse el 90% de los ciclos de vida de sus componentes, a su vez los equipos mecánicos requieren de un mantenimiento preventivo mensual para disminuir o eliminar la presencia de fallas asociadas a los mismos y en el caso de equipo hidráulicos se debe realizar una revisión anual para determinar su estado operativo”. Sin embargo, la única forma de establecer estos periodos, es a través de indicadores y modelos de gestión que hagan uso de las estrategias, filosofías y herramientas tecnológicas para la predicción y análisis de fallas.

Altmann (2009) define la disponibilidad como la probabilidad de que un determinado equipo opere bajo las condiciones establecidas sin sufrir algún tipo de falla. Es importante generar una consciencia sistémica dentro de la organización para que la gestión de mantenimiento pueda madurar y así lograr una optimización de la confiabilidad. Es importante definir los siguientes términos en función de lo mencionado:

- **Confiabilidad operacional (CO):** capacidad de un sistema o instalación compuesto por: procesos, tecnologías y gente para cumplir sus funciones dentro de los límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Los siguientes factores determinan la capacidad operacional, la figura 22 muestra la integración de estos en la confiabilidad operacional:

- Confiabilidad de equipos: se refiere a las estrategias de mantenimiento que permiten garantizar la efectividad del mismo; ejecutar acciones que permitan maximizar la calidad, la durabilidad y prolongar la vida útil de los equipos.
- Mantenibilidad de equipos: es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación programado y bajo las condiciones planificadas.
- Confiabilidad humana: el recurso humano es el más importante por lo que se requiere que esté, identificado y comprometido con los objetivos, motivado, capacitado y orientado según las políticas de la organización.
- Confiabilidad de procesos: el proceso determina el nivel de criticidad bajo la cual operan los componentes y equipos productivos; es decir, determinan el régimen operativo.

Figura 22. Factores Operacionales que Determina la confiabilidad. Fuente: Altmann (2009).

En definitiva, la gestión de mantenimiento debe considerar las mejores prácticas, modelos, teorías y herramientas para establecer las bases de sus procesos organizacionales, sin embargo, se deben adoptar e integrar procesos que le brinden a la organización ventajas competitivas y valor.

En relación a esto, se debe realizar un análisis interno/externo que permita establecer directrices claras para acompañar las propuestas planteadas. Adicionalmente, se puede observar, que las variables que generan mayor impacto a la gestión de mantenimiento, son:

- Documentación y registro de las actividades
- Inventario físico de repuestos
- Identificación de los equipos
- Tiempos de las actividades
- Capacitación del personal
- Planificación de las actividades de mantenimiento
- Liderazgo, metas y objetivos
- Análisis de los riesgos asociados
- Roles y responsabilidades
- Manejo del cambio
- Inspección, pruebas y monitoreo
- Manejo de programas específicos
- Revisiones y auditorias
- Equipo, entre otras.

5.5. Objetivo Específico: 5. Proponer un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, que asegure la continuidad operativa y los niveles de calidad en los servicios prestados.

Como se puede observar en párrafos anteriores, un plan de gestión de mantenimiento debe ser capaz de asegurar la máxima capacidad operativa de los equipos instalados en el sistema de bombeo, distribuir de forma apropiada los recursos económicos disponibles (bajo costo), preservar las condiciones de seguridad, higiene y ambiente. A su vez, debe adecuarse a los requerimientos legales (ámbito legal) y debe contribuir en la mejora de la competitividad de la organización. Tal como lo expresa, Jiménez (comunicación personal, 02 de marzo de 2014).

La gestión del mantenimiento tiene un principio y un fin, así como, asignaciones de tiempo y costo, por lo tanto una gestión de mantenimiento dispondrá de una visión global acerca de las posibilidades de la organización en resolver alguna problemática generada y llegar a la solución esperada. Estas características de la gestión de mantenimiento demuestran compatibilidad con los principios de la gerencia de proyecto y pueden visualizarse en la tabla 9 que se presentada a continuación.

Tabla 9. *Comparación entre Proyectos y Gestión de Mantenimiento.*

PROYECTOS	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
Poseen tiempo definido (inicio y fin).	La gestión de mantenimiento tiene tiempos establecidos y vienen definidos en función de las actividades previstas cuyo fin es garantizar la disponibilidad de los equipos instalados.
El grupo conformado para el desarrollo del proyecto requiere de la incorporación de distintas disciplinas en su ejecución.	La complejidad tecnológica de los equipos y procesos actuales implica que se conformen grupos multidisciplinarios de las distintas áreas del conocimiento.
El proyecto tiene como resultado un producto	Los equipos aun cuando sean semejantes a otros

PROYECTOS	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
único de características particulares.	tienen características particulares en cuanto a diseño, funcionamiento, condiciones ambientales, por lo cual los procesos de mantenimiento también serán únicos en función de los equipos que conforman al sistema.
Los proyectos tienen recursos limitados, por lo cual deben ser gestionados en función de indicadores que permitan medir, cualitativa y cuantitativamente, la eficiencia y su desarrollo.	La gestión de mantenimiento debe lidiar con las limitantes de recursos y proporcionar equilibrio a la relación costo/beneficio propuesta por la organización.
El fin último del proyecto es un resultado, producto o servicio lo cual se ha logrado a través del esfuerzo temporal y deben cumplir con los estándares de calidad previamente declarados.	En la gestión de mantenimiento se realizan esfuerzos temporales para generar el resultado esperado en función de los estándares y políticas de calidad que han sido establecidos para satisfacer los requerimientos del cliente (interno-externo) y demás interesados.
Los proyectos pueden surgir de las necesidades por mejorar, optimizar procesos y/o en función de una innovación.	Las actividades de mantenimiento son realizadas para detectar, prevenir, predecir, reparar o mejorar los equipos y el sistema en general.
El triángulo tiempo-costo-calidad es utilizado para medir el logro de los objetivos y específicamente el cumplimiento del alcance, en el cual se fundamenta el proyecto.	En la gestión de mantenimiento se establecen indicadores de gestión cuyo objetivo es cuantificar el cumplimiento en cuanto al tiempo, costo y calidad de las actividades desarrolladas.
Las fases que componen al ciclo de vida del proyecto son: inicio, organización y preparación, ejecución del trabajo y cierre.	La gestión de mantenimiento realiza un estudio y/o diagnóstico previo, planificación de las actividades, ejecución de las mismas y por último la entrega del equipo.
Los interesados (stakeholders) principales del proyecto son: el equipo de proyectos, el cliente, proveedores, la sociedad y cualquier otra persona/ente que se pueda ver afectado por la ejecución del mismo.	En la gestión de mantenimiento se deben incluir a los responsables directos de mantenimiento (departamento), el cliente (interno/externo), proveedores, la propia organización, así como la sociedad en la cual se encuentra la organización y demás personas que pudiesen verse afectadas por la ejecución de estas actividades.
Los proyectos son desarrollados tomando en consideración las directrices de la gerencia de proyectos, la cual resume las mejores prácticas con las cuales fueron alcanzados los mejores resultados, así como los procesos asociados a cada una de las áreas de conocimientos, si bien, estos procesos están claramente definidos, su	La gestión de mantenimiento actual se fundamenta en modelos de gestión en los cuales están definidos los procesos que se deben llevar a cabo para garantizar el éxito de la misma. Sin embargo, la aceptación de un modelo u otro dependerá de las características particulares de la organización, el sistema industrial, el ámbito de

PROYECTOS	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
aplicación dependerá de las características particulares del proyecto.	negocio y del conocimiento y recomendaciones de los expertos en el área.
Es un esfuerzo evolutivo y de avance en etapas.	La gestión de mantenimiento evoluciona desde la inspección hasta su ejecución de forma planificada.
Uno de los elementos principales que se debe manejar es la incertidumbre (riesgo).	No es posible realizar un análisis de riesgos a través del cual se puedan establecer soluciones y predecir la totalidad de los riesgos asociados a las fallas y/o eventos inesperados, ya que estos dependen de diversos factores y variables.

Por otro lado, Bustillos (comunicación personal, 30 de enero de 2014) menciona que el modelo de gestión de mantenimiento debe estar orientado en minimizar la aparición de fallas y/o eventos inesperados durante la operación de los sistemas de bombeo de agua potable, adicionalmente se deben emplear las herramientas de forma correcta, permitiendo la planificación y ejecución de acciones para controlar y hacer seguimiento a la gestión, considerando los factores de: costo, confiabilidad, riesgo, entre otros.

Para Jiménez (comunicación personal, 02 de marzo de 2014) los recursos disponibles siempre son limitados, motivo por el cual deben ser manejados con una visión global del negocio, esto se logrará mediante la gestión apropiada de todos los recursos que intervienen en las actividades y considerando que hasta la actividad más insignificante podrá restar o sumar valor a la cadena de la organización.

El tiempo es crítico en la gestión de mantenimiento, ya que, entre mayor sea el intervalo de tiempo de una parada (programada o no) de un equipo, mayores serán los costos y pérdidas asociados a la misma. Por otro lado, la calidad garantizará que las acciones se estén desarrollando en función de los estándares definidos, brindando mayor confiabilidad e integridad a los equipos instalados, en consecuencia una disminución de la frecuencia de fallas, mayor seguridad durante

la operación del sistema, mayor vida útil del mismo y en definitiva disminución de los costos.

El objetivo de la gestión de mantenimiento no sólo es asegurar la realización de las actividades dentro de los parámetros de éxito del proyecto como fin último (tiempo-costo-calidad), sino que también debe suponer un valor agregado a la cadena productiva por lo cual su éxito es medido a través del desempeño que tengan los equipos que forman parte del alcance de la gestión de mantenimiento. De igual forma son establecidos, a modo de comparación, los objetivos de la gestión de proyectos con relación a los objetivos de la gestión de mantenimiento, visualizados en la tabla 10 que se muestra a continuación.

Tabla 10. *Objetivos de la Gestión de Proyectos Vs. Objetivos de la Gestión de Mantenimiento.*

Gestión de Proyectos	**Gestión de Mantenimiento**
Realizar un esfuerzo temporal para cambiar, optimizar o innovar ante una necesidad o requerimiento planteado.	Asegurar la continuidad operativa de los equipos instalados y en caso de presentarse una falla o eventualidad ejecutar las acciones necesarias para modificar el estado inoperativo del equipo.
Lograr los objetivos establecidos previamente y desarrollar los entregables necesarios para que se puedan ejecutar las fases siguientes, en función de los estándares y políticas declaradas.	Ofrecer un servicio y/o producto que cumpla con los estándares de calidad, en función del sistema productivo o industrial de la organización.
Alcanzar los objetivos planteados a través de planes de seguridad, higiene y ambiente.	La operación del sistema debe estar subordinada a los planes de higiene, seguridad y ambiente exigidos por la regulación local.
El resultado del proyecto debe cumplir con los requisitos establecidos en el alcance del mismo, a su vez, cumpliendo con los estándares y políticas de seguimiento y control declaradas.	Los sistemas deben cumplir la función para la cual fueron diseñados, garantizando en todo momento su capacidad operativa, así como también, las normativas y estándares locales que regulan este tipo de instalaciones.
El resultado debe obtenerse a través del manejo apropiado de los recursos en función del tiempo, costo y calidad.	La gestión de mantenimiento debe garantizar la capacidad operativa y la disponibilidad de los equipos para lo cual deberá optimizar el uso de los recursos y adecuarse a las políticas de calidad establecidas.

El resultado del proyecto debe satisfacer las necesidades y requisitos de los interesados (stakeholders).	La gestión de mantenimiento debe cumplir con los requerimientos establecidos por el personal adscrito al departamento de mantenimiento, clientes, proveedores e interesados.

Peñaranda (comunicación personal, 28 de enero de 2014) menciona que la aplicación de rutinas de mantenimiento es única, ya que, a pesar que cada equipo instalado en el sistema de bombeo pudiera tener características similares, opera bajo condiciones particulares de flujo, temperatura, corrosión, energía, entre otras. Adicionalmente, las acciones de mantenimiento que sobre éste se realizan, también serán únicas e irrepetibles, puesto que las condiciones de operación evolucionarán y cambiarán en el tiempo.

La aplicación de los principios de gestión de proyectos en todas las actividades desarrolladas por el departamento de mantenimiento de MECANING tiene como objetivo fundamental otorgar beneficios que impulsen a la organización y le proporcionen mayor competitividad al manejar las relaciones alcance, tiempo, costo y calidad con un mínimo de recursos y esfuerzos pero maximizando la disponibilidad y eficacia para lograr un enfoque con los lineamientos estratégicos de la organización.

Por otro lado, Rivas (2006) propone que la gestión de mantenimiento basada en los principios de la gerencia de proyectos requiere de una estructura que esté soportada por los siguientes elementos:

- Definición clara de la política, misión, visión y objetivos del mantenimiento y manuales de procedimientos.
- Implantar un modelo de mantenimiento orientado a la proactividad como, tal como es propuesto por los modelos de gestión de mantenimiento de clase mundial, productivo total, centrado en confiabilidad, o en cualquier modelo mixto en el cual se asegure la aplicación de acciones planificadas en

función de estudios de confiabilidad y rentabilidad del negocio. Esto servirá de base para la selección de las actividades a ejecutar.

- Identificar y clasificar de acuerdo la criticidad, las funciones de los equipos y su mapa de procesos.
- Definir los parámetros de disponibilidad y eficacia requeridos por la organización en función de garantizar su rentabilidad.
- Desarrollar una organización proactiva, orientada al cliente y con capacidad de crecimiento, conformada por grupos multidisciplinarios que permitan la actuación en conjunto en todas las fases del mantenimiento.
- Desarrollar la capacidad técnica requerida para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.
- Hacer uso de metodologías para la mejora continua.
- Establecer un sistema para el control y aseguramiento de la calidad.

Adicionalmente, el plan de gestión de mantenimiento para instalaciones de bombeo de agua potable debe considerar los requisitos y planteamientos obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos diseñados para tal fin. A continuación, en la tabla 11 se presentan los resultados de las visitas efectuadas a las empresas objeto de estudio. Estas visitas consistieron de un recorrido guiado por las instalaciones de bombeo de agua potable de dichas empresas, a través de lo cual, fue posible el levantamiento de la información relevante para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable. En los anexos A, B y C se encuentra la matriz de observación directa, el modelo de encuestas y la validación del instrumento respectivamente, empleados en el desarrollo de la investigación.

Tabla 11. *Resultados de la Observación Directa.*

Indicador	**Empresa**		
	A	**B**	**C**
Tipos de bombas de bombeo de agua potable que se emplean –usos y aplicaciones	Centrífugas, Trasiego y Bombeo de Agua. Sistemas de Aguas Claras.	Centrífugas, Bombeo de Agua. Sistemas Hidroneumáticos.	Centrífugas, Trasiego y Bombeo de Agua. Sistemas Hidroneumáticos, Sistemas a Presión Constante, Sistemas por

Indicador	Empresa		
			Gravedad.
Aspectos de seguridad, protección, infraestructura, condiciones climáticas			
¿La seguridad es adecuada?	Sí, cuentan con políticas de seguridad.	Está diseñada en función a la ley	Las instalaciones están diseñadas en conformidad con las normas y leyes vigentes.
¿El edificio y el equipo están protegidos contra inundaciones?	Cuentan con sistemas de achique de aguas de lluvia y aguas servidas.	Cuentan con sistemas de achique de aguas de lluvia y aguas servidas.	Contamos con sistemas de achique de aguas de lluvia, aguas provenientes del nivel freático y aguas servidas.
¿Cuáles son las condiciones de la estructura del edificio?	Buenas	Buenas	Excelentes
¿La calefacción, ventilación y alumbrado son adecuados?	Si, poseen sistemas de inyección mecánica.	Las instalaciones cuentan con sistemas de ventilación mecánica y la iluminación es buena.	La edificación cuenta con buena iluminación y tenemos sistemas de inyección y extracción de aire.
¿El equipo puede recibir mantenimiento y trasladarse fuera del edificio?	Si, los sistemas están diseñados para permitir el seccionamiento.	Si, los sistemas están diseñados para permitir el seccionamiento.	Si, los sistemas están diseñados para permitir el seccionamiento.
¿El local está ordenado y limpio?	Sí, poseen rutinas de mantenimiento que cubren estos aspectos.	Sí, poseen rutinas de mantenimiento que cubren estos aspectos.	Sí, poseen con rutinas de mantenimiento que cubren estos aspectos. Rutinariamente evaluamos las condiciones.
¿La estación de bombeo también se usa para almacenamiento?	No.	En algunos casos se almacenan repuestos, partes y/o piezas del mismo sistema.	No se permite el almacenamiento de ningún material, equipo, pieza y/o componente ajeno al sistema.
¿El equipo de seguridad es adecuado?	Cuentan con equipos de detección y extinción de incendio. Así como válvulas y sensores para monitorear la operación.	Cuentan con equipos de detección y extinción de incendio. Así como válvulas y sensores para monitorear la operación.	Cuentan con equipos de detección y extinción de incendio. Así como válvulas y sensores para monitorear la operación.
Condiciones de las estaciones y equipos de bombeo			
¿Qué aspectos de seguridad deben considerarse en dichas instalaciones?	Incendio, Seguridad Física.	Incendio, Seguridad Física.	Incendio, Seguridad Física.
¿Cuántas bombas hay (incluidas las reservas), de qué tipo y dónde están?	Cuatro (4), centrífugas Sulzer, Sala de Bombas ubicada en el nivel de sótano.	Cuatro (4), centrífugas KSB, Sala de Bombas ubicada en el nivel de sótano.	Cuatro (2), centrífugas Sulzer-Malmedi, Sala de Bombas ubicada en el nivel de sótano.
¿La capacidad real de la estación de bombeo es adecuada para satisfacer la demanda?	Sí, un solo equipo puede satisfacer la demanda total.	Sí, un solo equipo puede satisfacer la demanda total.	Sí, un solo equipo puede satisfacer la demanda total.
¿Cuándo y cómo se determina la capacidad de la bomba?	En función de los consumos, a través de las normas vigentes.	Al momento de diseñar las instalaciones sanitarias, en función de las normas vigentes.	Se diseña en función de los requerimientos de consumos esperados, la norma sanitaria da directrices sobre el cálculo de los sistemas. Hoy en día es bastante conocido el método.

Indicador	Empresa		
¿Cuál es la condición del equipo? ¿Se usan los tipos correctos de lubricante?	Las condiciones son buenas, se usan las grasas y lubricantes recomendados por el fabricante.	Las condiciones son buenas. Se emplean rodamientos sellados para minimizar la lubricación de rodamiento, y en el caso de equipos que requieren lubricación se emplean los lubricantes recomendados.	Son muy buenas, consideran los requerimientos del fabricante y la disponibilidad local, en líneas generales se utilizan las grasas y lubricantes recomendados.
¿La frecuencia y cantidad de lubricación son adecuadas?	Si	Si	Si
Los sistemas de bombeo se equipan con: ¿válvulas de retención? ¿Válvulas de aislamiento? ¿Manómetros?...	Sí, por supuesto.	Sí.	Claro, son necesarios.
¿Existen conexiones cruzadas?	Sí, para realizar el seccionamiento.	Sí.	Es importante para aislar y seccionar los equipos.
¿Los sistemas de control del motor?: ¿Están diseñados adecuadamente y son confiables?	Todos los taleros cuentan con protecciones eléctricas para proteger los equipos.	Los tableros eléctricos disponen de las protecciones necesarias para el funcionamiento de los equipos.	Los tableros eléctricos son diseñados para controlar y supervisar la operación segura de los equipos.
¿Hay alarmas en caso de fallas?	Se dispone de elementos visuales.	Existen elementos visuales.	Se cuenta con elementos visuales.
¿El equipo rotatorio y eléctrico tiene protectores?	Sí, supervisores de voltaje, relés de sobrecarga, etc.	Sí, supervisores de voltaje, relés de sobrecarga, etc.	Sí, supervisores de voltaje, relés de sobrecarga, etc.
¿Número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo?	Sí, aunque no cuentan con planes de formación.	Cuentan con personal para atender las distintas eventualidades. El personal contratado tiene la expertica técnica.	La gerencia de mantenimiento cuenta con personal preparado en el área, así como, de asesores técnicos para el desarrollo de actividades mayores. La capacitación del personal no se ha llevado a cabo.
¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo?	Sí, tienen órdenes de servicio y trabajo. Nos apoyamos con el uso de las nuevas tecnologías.	Sí, registran las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo ejecutadas.	Sí, poseen una base de datos y software computacional para el registro de las actividades.
¿Los procedimientos estandarizados de operación están disponibles por escrito? ¿Se siguen?	No, los procedimientos no están totalmente definidos. Se desarrollan en función de las acciones diarias. No siempre se cumplen.	Cuentan con rutinas preestablecidas en las que se tienen identificadas las actividades a ejecutar, el documento está disponible en físico. Tienen algunos problemas en su ejecución.	Tienen rutinas y procedimientos preestablecidos, aun cuando presentan deficiencias en su ejecución.
¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?	Sólo cuentan con las rutinas que se deben realizar a lo largo del año. No hay fechas fijas establecidas.	Tienen un plan de mantenimiento, en el cual se documentan las actividades que deberán ejecutarse en el año y sus fechas tentativas.	Tienen un plan de mantenimiento, en el cual se documentan las actividades que deberán ejecutarse en el año y sus fechas tentativas.
¿Cuáles son los requisitos y acciones mínimas que deben contemplarse en el diseño y funcionamiento de instalaciones industriales de bombeo de agua potable?	Se deben considerar el recurso humano, la propia organización, infraestructura, la tecnología, etc.	El cliente, disponibilidad de los equipos, capacidad de los equipos, acceso a repuestos, complejidad técnica, manuales y normas técnicas, herramientas, inventarios.	El cliente, el recurso humano, los equipos, la organización, los sistemas, la tecnología, el mercado, entre otros.

A continuación se presenta el plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable que fue diseñado para la gestión de mantenimiento de la empresa MECANING, en el cual fueron considerados los modelos, herramientas, metodologías y técnicas de gestión, así como también, las disposiciones establecidas por las leyes locales que regulan este tipo de sistemas.

Propósito o Justificación:

La gestión de mantenimiento tiene un rol fundamental en la operación de las instalaciones de bombeo de agua potable, la disponibilidad y eficiencia de éstos sistemas se ve afectada por la presencia de fallas o eventualidades en los equipos que se encuentran instalados en los mismos, razones por las cuales, se hace imprescindible desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento que garantice la disponibilidad de los sistemas, el correcto funcionamiento, maximización de los recursos y activos dispuestos y la prolongación de la vida útil de los sistemas, equipos, componentes, partes y piezas presentes.

Objetivos:

- Desarrollar rutinas de mantenimiento que garanticen la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de bombeo de agua potable, en función de las estrategias y lineamientos de la organización (interna y/o externa).
- Prolongar la vida útiles de los equipos, partes y piezas presentantes en el sistema de bombeo de agua potable.
- Gestionar los recursos disponibles para garantizar la disponibilidad de los mismos en todos los procesos de la gestión de mantenimiento.
- Proporcionar un valor agregado a la organización, a través de la estandarización y estructuración de un plan general de mantenimiento.
- Aportar valor a la cadena de valor de la organización permitiendo aumentar y/o mantener su posición en el mercado local.

- Desarrollar integralmente el recurso humano que forma parte de la gestión de mantenimiento.
- Gestionar las adquisiciones de equipos, partes, piezas y recursos humanos necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Descripción de la Gestión de Mantenimiento:

La gestión de mantenimiento será desarrollada por el departamento de mantenimiento de la empresa MECANING, sus funciones estarán enmarcadas por las políticas y lineamientos estratégicos de la organización y los objetivos descritos previamente. Este departamento se encargará de realizar todas las funciones inherentes a la ejecución de las rutinas de mantenimiento en los sistemas de bombeo de bombeo de aguas claras, para lo cual serán asignados recursos y un presupuesto de conformidad a los requerimientos establecidos.

Gerente del Departamento de Mantenimiento (gestión de mantenimiento):

El gerente de mantenimiento será contratado directamente por la gerencia de recursos humanos de la empresa MECANING, y deberá reportar directamente a la dirección de la organización. Su autoridad estará limitada a la gestión y manejo de los recursos dispuestos para este departamento.

Autoridad del Cliente:

El cliente externo, es aquel a quien se le presta algún tipo de servicio de mantenimiento, el gerente del departamento de mantenimiento de MECANING, mantendrá comunicación directa con este a fin de establecer los criterios de aprobación y rechazo de las actividades ejecutadas o por ejecutar, así como también, discutir cualquier actividad relacionada con la gestión del mantenimiento de las instalaciones, propuestas de mejoras, actualización, reparaciones mayores y cualquier otro tipo de actividad de mutuo interés.

Alcance:

El plan de mantenimiento para instalaciones de bombeo de agua potable, presentará de forma general, las actividades de mantenimiento que permitirán mantener en condiciones apropiadas de operación a los sistemas de bombeo, sin que se generan interrupciones en el funcionamiento de los sistemas, así como también, proporcionaran la información necesaria para la prevención y prolongación de los equipos instalados en el sistemas. Se realizará la documentación, análisis y evaluación de las condiciones de operación de los equipos a través de sistemas de información y gestión para el desarrollo del proceso de toma de decisiones. La gestión de mantenimiento deberá cubrir los sistemas, equipos, accesorios y componentes instalados desde la primera válvula de succión de los tanques de almacenamiento de agua, hasta la primera válvula de cierre rápido ubicada a la salida del múltiple de descarga, es función de lo anterior, esta gestión de mantenimiento no toma en consideración las válvulas reguladores de presión dispuestas para cada una de las redes de distribución, ni las tuberías ubicadas fuera de los limites proporcionados previamente. Los resultados del plan de gestión de mantenimiento serán medidos a través de las rutinas de mantenimiento que involucran la sustitución de sellos mecánicos, rutinas de lubricación, rutinas de limpieza de tableros eléctricos, verificación de funcionamiento de válvulas, manómetros y equipos de instrumentación y control, análisis y simulación de funcionamiento de los componentes eléctricos para el control y operación de los sistemas instalados, verificación de la codificación de color y limpieza general de las áreas y espacios de los sistemas de bombeo.

Responsabilidades de La Gerencia de Mantenimiento:

- La Gerencia de Mantenimiento realizará inspecciones y ajustes semanales, lo cual contempla la revisión y comprobación del funcionamiento y operación de las bombas, motores, compresor, tableros de fuerza y control e instrumentos de medición y los mecanismos periféricos de control, esta

inspección incluye la lectura semanal de las presiones de salida de los equipos hidroneumáticos, así como del voltaje y consumo de corriente de los equipos eléctricos de potencia, la limpieza general de tableros y equipos, suministro de grasas y lubricantes para el engrase y la lubricación de los motores y partes móviles que así lo requieran, los ajustes necesarios (prensa estopa, válvulas de retención, compuerta, etc.), verificación de la alternabilidad de las bombas, todo de conformidad con el Plan Anual de Mantenimiento.

- La Gerencia de Mantenimiento garantiza una atención de llamadas de emergencia los 365 días del año, las 24 horas del día, y consecuentemente revisar y reparar las averías que se presenten en la dirección del cliente a los equipos especificado y llevar a cabo los ajustes que sean necesarios para su adecuado funcionamiento.
- La Gerencia de mantenimiento se compromete a efectuar el mantenimiento preventivo de los conjuntos bomba-motor que conforman el sistema de bombeo de aguas claras.
- La Gerencia de Mantenimiento se compromete a realizar la limpieza de los tanques de almacenamiento de aguas claras.
- La Gerencia de Mantenimiento prestará el servicio de asesoría técnica y profesional en caso de ser requerida.
- Pronosticar los requerimientos de mantenimiento preventivo y sugerir los cambios de equipos, piezas o partes mecánicas o eléctricas, sin embargo, este servicio no incluye el suministro y colocación de las piezas, partes, repuestos o accesorios y mano de obra que, a criterio de La Gerencia de Mantenimiento, puedan ser considerados necesarios o convenientes para la reparación o el mantenimiento del buen funcionamiento del sistema.
- En caso de ser requerido, La Gerencia de Mantenimiento efectuará el mantenimiento correctivos de los equipos que conforman el sistema de bombeo de aguas claras.

- Una vez al año pintar las tuberías de los sistemas de bombeo de agua potable de conformidad a lo establecido por la normativa COVENIN vigente, a fin de garantizar las disposiciones legales.
- A los efectos de dar cumplimiento a las disposiciones legales derivadas de la Ley Orgánica de Condiciones y Medio Ambiente de trabajo (LOPCYMAT), su Reglamento y del Comité de Higiene y Seguridad Industrial, adoptará las precauciones necesarias para prevenir y evitar accidentes de trabajo y tomará especial interés en el cumplimiento de las disposiciones de las Normas COVENIN o de las Normas que el Instituto Nacional de Prevención Salud y Seguridad Laboral establezca.

Disponibilidad:

La atención en sitio será prestada en las instalaciones del cliente, en el horario comprendido de lunes a viernes de 8:00a.m a 5:00p.m. El objetivo del servicio de Atención en Sitio es:

- Realizar las inspecciones y ajustes semanales de conformidad con lo establecido en el plan de mantenimiento anual.
- Solventar problemas urgentes de mantenimiento; siendo el objetivo principal de este tipo de atención, restaurar el sistema y llevarlo a condiciones aceptables de operación.

Gestión de Repuestos y Consumibles:

El Servicio de Reemplazo de Partes permite que La gerencia de mantenimiento pueda almacenar y distribuir los repuestos necesarios para el correcto desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo. Este servicio contemplará aquellas piezas críticas que comprometan la operación del sistema de bombeo de agua potable. A su vez La Gerencia de Mantenimiento podrá complementar y/o sugerir la inclusión de piezas que considere necesario. Los consumibles serán

todos aquellos suministros eléctricos y/o mecánicos de uso cotidiano o que por su naturaleza deban ser reemplazados de manera regular para garantizar un mantenimiento y/o funcionamiento óptimo del sistema de bombeo de agua potable.

El departamento de mantenimiento de MECANING será responsable del manejo y envío de estas partes y piezas desde su almacén y hasta las instalaciones del cliente

Análisis Postmortem de Fallas:

Posterior al acontecimiento de una falla, La gerencia de mantenimiento se compromete a realizar un análisis de la misma, indicando hora y fecha de ocurrencia, causas y consecuencias de la mismas y la solución que fue adoptada, así como también, las previsiones que serán tomadas para evitar o minimizar el impacto de ocurrencia en el futuro.

Evaluación y Optimización del sistema de bombeo de agua potable y evaluación de requerimientos:

La Gerencia de Mantenimiento se encargará de suministrar propuestas de mejora del sistema. Para ello, se realizarán, frecuentemente, análisis de los servicios prestados en función de estimar las necesidades de ampliación, modificación o cualquier proposición que ayude a la optimización del sistema. La gestión de La Gerencia de Mantenimiento será evaluada en función de los siguientes indicadores:

- Efectividad en Tiempos de Neutralización: es el tiempo que trascurre desde el momento en que fue reportada la falla a La Gerencia de Mantenimiento hasta su solución temporal, considerando las criticidades.

Formula Tiempo de Atención (Por Criticidad)	*Tiempo de Neutralización x Evento (según severidad)*

- Efectividad en Tiempos de Solución Definitiva de Falla: es el tiempo que trascurre desde el momento en que fue reportada la falla a La Gerencia de Mantenimiento hasta su solución definitiva, considerando las criticidades.

Formula Tiempo de Atención (Por Criticidad)	*Tiempo de Solución Definitiva x Evento (según severidad)*

- Efectividad en Cumplimiento de Mantenimientos Preventivos y/o Correctivos: se refiere a la correcta ejecución de los mantenimientos preventivos mensuales. La solicitud es considerada efectuada cuando el cliente emite un comprobante de aceptación de la actividad.

Efectividad de Cumplimiento	*Actividades Realizadas* *Actividades Solicitadas*

- Índice de Mala Praxis: se refiere a la contabilización de actividades (atención de fallas o requerimientos *on demand*) que hayan generado un problema colateral por mala ejecución.

Formula Tiempo de Atención (Por Criticidad y por Zona)	*Cantidad de Casos Mala Praxis*

- Efectividad en el Tiempo de Atención Repuesto: es el tiempo que trascurre desde el momento en que fue solicitada una unidad a la Gerencia de Mantenimiento hasta su entrega en el local acordado, considerando las

criticidades y las zonas. La solicitud es considerada atendida cuando la unidad correcta es entregada.

Formula Tiempo de Atención (Por Criticidad)	Tiempo Estándar de Suministro (según severidad)

Reportes de Gestión:

La Gerencia de Mantenimiento deberá realizar la entrega de reportes mensuales de mantenimiento correctivo y preventivo, donde se incluya la documentación completa, referente a los trabajos de mantenimientos preventivos realizados en dicho periodo. A su vez, debe elaborar y entregar reportes, mensualmente, indicando la cantidad de casos atendidos, cantidad de casos resueltos, tiempos de falla por cada caso, el detalle de cada uno de los incidentes especificando la parte usada para solventar la falla.

Auditorías:

El cliente podrá solicitar la ejecución de inspecciones en las instalaciones de MECANING para constatar las condiciones de orden, limpieza, identificación de piezas, manejo de inventario y cualquier otro aspecto que considere relevante. En caso de encontrar alguna área de mejora en la operación de las instalaciones, el cliente levantará un informe completo, el cual deberá ser tomado en consideración por La Gerencia de Mantenimiento.

Manejo de recursos:

La Gerencia de Mantenimiento tendrá la responsabilidad de proveer personal suficiente, entrenado y certificado para cumplir con los servicios encomendados por esta contratación, así como de mantener la calidad del servicio. El cliente podrá hacer recomendaciones respecto al número de personas dedicadas a la

prestación del servicio, al reemplazo y/o nuevas contrataciones las cuales deberán ser tomadas en cuenta por La Gerencia de Mantenimiento. De la misma forma, el cliente deberá ser informado, por escrito, de cualquier transferencia o remoción del personal asignado a las tareas descritas en este documento. La Gerencia de Mantenimiento está en la obligación de presentar el organigrama correspondiente a su Servicio, así como la descripción de los cargos relacionados a éste.

Garantías:

La Gerencia de Mantenimiento se obliga al traslado, reparación y/o reposición sin cargo alguno para el cliente, de los materiales, equipos o elementos que resultasen defectuosos o acusaran fallos en su instalación, funcionamiento y/o diseño, durante el plazo de garantía de doce (12) meses. Todos los trámites, gastos o impuestos que demanden la introducción del material importado que ingrese al país, en cumplimiento de las garantías que establece este artículo correrán por cuenta de La Gerencia de Mantenimiento.

Excepciones:

La Gerencia de Mantenimiento no estará obligada a cumplir con los tiempos estipulados, pero si hará lo posible por colaborar en la recuperación de los servicios, para los casos descritos a continuación:

- Mal uso, operaciones incorrectas, negligencia, por parte del personal del cliente o autorizado por éste.
- Reubicaciones, movimientos realizados por personal del cliente o autorizado por éste.
- Fallas en las condiciones adecuadas del sitio de ubicación del producto por parte del personal de o autorizado por éste.

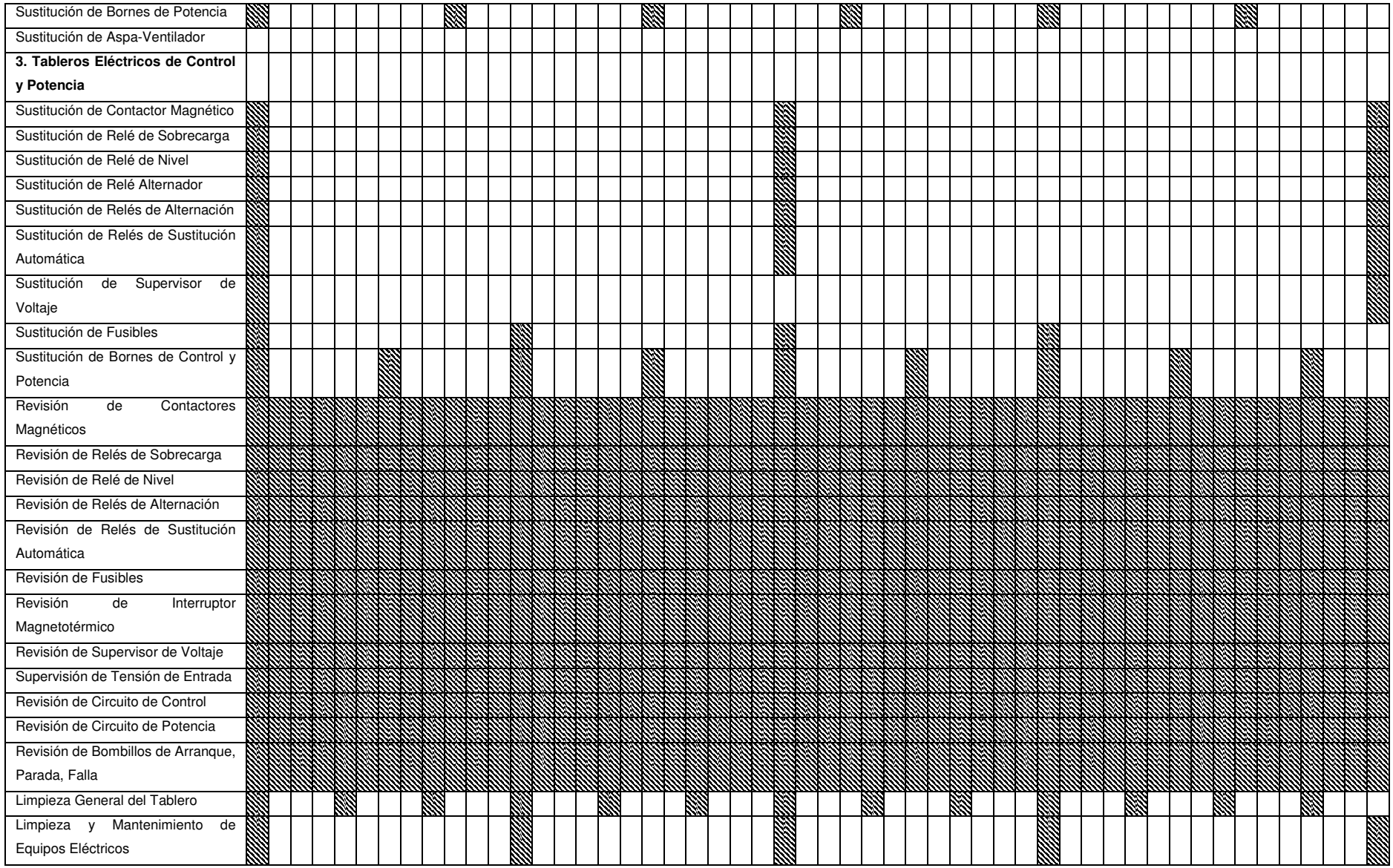
- Cualquier intento de reparación, mantenimiento o modificación a los equipos por parte de personal no autorizado por La Gerencia de Mantenimiento.
- Falla o interrupción del servicio eléctrico, o cualquiera de las líneas de comunicación.
- Cualquier otra causa ajena a La Gerencia de Mantenimiento con excepción a las de uso ordinario.
- Desastres naturales, huelgas, revueltas, guerras o actos no autorizados de terceros.

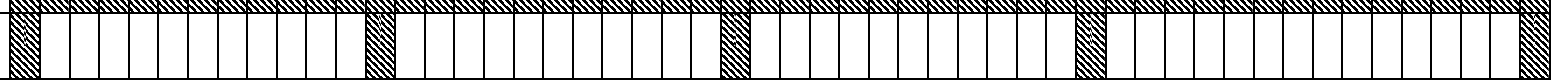
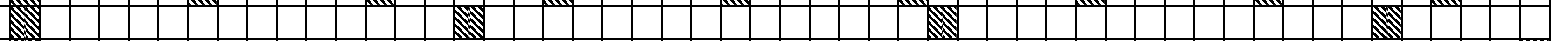
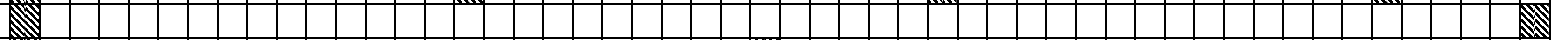
La Gerencia de Mantenimiento no será responsable por cualquier problema relacionado con equipos provistos por terceros que de una u otra manera formen parte o se encuentren integrados en los productos suministrados por La Gerencia de Mantenimiento si ese tercero no está ni estará en disposición de prestar un soporte adecuado y a tiempo. La Gerencia de Mantenimiento hará su mejor esfuerzo para lograr la participación de cualquier tercero en la pronta atención de alguna falla que afecte o pudiera afectar la correcta operación del producto.

A continuación, en la página 134 se muestra la tabla 12, en la cual se visualiza el cronograma anual de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, posteriormente en la página 138 se presenta la tabla 13 en la cual se presenta la lista de verificación de las actividades y en la página 140 se observa, en la tabla 14, el formato de orden de trabajo que será empleado por la gerencia de mantenimiento para el desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo de estos sistemas.

Tabla 12. *Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo – Rutinas Semanales (52 Semanas).*

DESCRIPCIÓN DE RUTINA	CALENDARIO ANUAL (52 SEMANS)			
	SEMANA 1-12	SEMANA 13-24	SEMANA 25-36	SEMANA 37-52
1. **Bombas**				
Revisión y Lubricación de Rodamientos				
Revisión de Sellos Mecánicos				
Revisión y Lubricación de Acople				
Revisión de Brida de Succión				
Revisión de Brida de Descarga				
Revisión de Pernos y Tuercas				
Revisión de Válvula de Compuerta-Succión				
Revisión de Válvula de Compuerta-Descarga				
Revisión de Válvula de Retención-Descarga				
Revisión de Alineación-Balanceo				
Revisión de junta Flexible				
Limpieza General del Equipo				
Pintura e Identificación del Equipo				
Prueba de Operación (Caudal y Presión)				
Sustitución de Rodamientos				
Sustitución de Sello Mecánico				
2. Motor				
Revisión y Lubricación de Rodamientos				
Revisión de Aspa-Ventilador				
Revisión de Pernos y Tuercas				
Revisión de Bornes de Conexión				
Revisión de Caja de Bornes				
Medición de Consumo Eléctrico				
Sustitución de Rodamientos				


Sustitución de Bornes de Potencia
Sustitución de Aspa-Ventilador
3. Tableros Eléctricos de Control y Potencia
Sustitución de Contactor Magnético
Sustitución de Relé de Sobrecarga
Sustitución de Relé de Nivel
Sustitución de Relé Alternador
Sustitución de Relés de Alternación
Sustitución de Relés de Sustitución Automática
Sustitución de Supervisor de Voltaje
Sustitución de Fusibles
Sustitución de Bornes de Control y Potencia
Revisión de Contactores Magnéticos
Revisión de Relés de Sobrecarga
Revisión de Relé de Nivel
Revisión de Relés de Alternación
Revisión de Relés de Sustitución Automática
Revisión de Fusibles
Revisión de Interruptor Magnetotérmico
Revisión de Supervisor de Voltaje
Supervisión de Tensión de Entrada
Revisión de Circuito de Control
Revisión de Circuito de Potencia
Revisión de Bombillos de Arranque, Parada, Falla
Limpieza General del Tablero
Limpieza y Mantenimiento de Equipos Eléctricos

Limpieza de Conductores Eléctricos	
Revisión de Conductores Eléctricos	
Revisión de Selectores	
Pintura e Identificación del Equipo	
3. Válvulas y Tuberías	
Revisión de Válvulas de Seccionamiento	
Revisión de Válvulas de Alivio de Presión	
Revisión de Válvulas Reductoras de Presión	
Revisión de Válvulas Piloto	
Revisión de Tubería de Succión	
Revisión de Tuberías de Descarga	
Revisión de Tuberías de Redes de Distribución	
Limpieza y Mantenimiento de Válvulas y Tuberías	
Pintura e Identificación General de Válvulas y Tuberías	
4. **Instrumentos y Accesorios**	
Revisión de Manómetros	
Revisión de Flotantes Eléctricos	
Revisión de Electro sondas	
Revisión de Presostatos	
Limpieza y Mantenimiento de Equipos	
Sustitución de Presostatos	
Sustitución de Manómetros	
Sustitución de Flotantes Eléctricos	
Sustitución de Electrodos	
5. Sala de Bombas	
Revisión del Sistema de Iluminación	

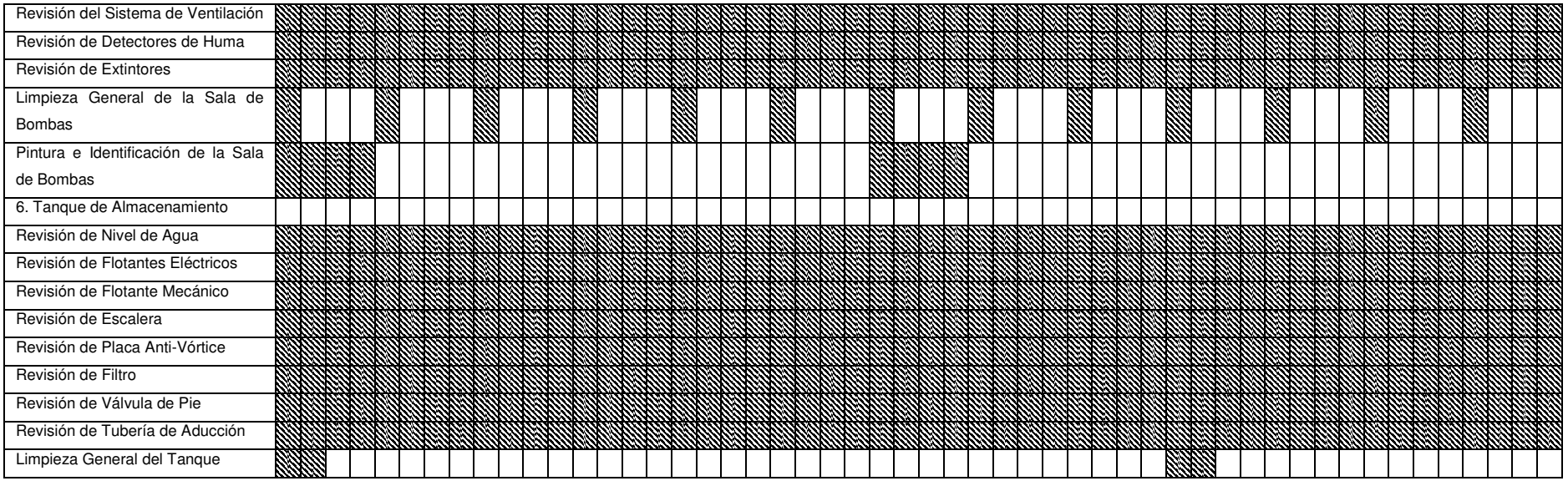

Revisión del Sistema de Ventilación
Revisión de Detectores de Huma
Revisión de Extintores
Limpieza General de la Sala de Bombas
Pintura e Identificación de la Sala de Bombas
6. Tanque de Almacenamiento
Revisión de Nivel de Agua
Revisión de Flotantes Eléctricos
Revisión de Flotante Mecánico
Revisión de Escalera
Revisión de Placa Anti-Vórtice
Revisión de Filtro
Revisión de Válvula de Pie
Revisión de Tubería de Aducción
Limpieza General del Tanque

Tabla 13. *Formato de Lista de Verificación.*

LISTA DE VERIFICACIÓN: SISTEMAS INDUSTRIALES DE BOMBEO DE AGUAS CLARAS		
LISTA DE VERIFICACIÓN No.		
CLIENTE:	**CÓDIGO CLIENTE:**	
DIRECCIÓN:		
FECHA DE EJECUCIÓN:	**REVISADO**	**OBSERVACIÓN:**
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES		
1**. CONJUNTO BOMBA-MOTOR:**		
1.1. Alineación del Conjunto		
1.2. Apriete de los tornillos del acople		
1.3. Tornillos de la base del conjunto		
1.4. Brida de Succión		
1.5. Brida de Descarga		
1.6. Bornera		
1.7. Aspa-Ventilador		
1.8. Bornes de Potencia (Motor)		
1.9. Válvulas de Succión y Descarga (compuerta y retención)		
1.10. Sellos Mecánico ¿fuga?		
1.11. Rodamientos ¿hay ruido?		
1.12. Lubricación de Rodamientos (Motor-Bomba)		
1.13. Pruebas de presión		
1.14. Accionamiento del Sistema		
1.15. Limpieza del Conjunto Bomba-Motor		
2. TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL Y POTENCIA:		
2.1. Circuito de Control		
2.2. Circuito de Potencia		
2.3. Bornes de Control		
2.4. Bornes de Potencia		
2.5. Operación en Vacío		
2.6. Operación en Sobrecarga		
2.7. Alternación		
2.8. Sustitución Automática		
2.9. Contactores magnéticos, interruptores industriales, fusibles, interruptores magnetotérmicos, relés. ¿Hay fallas?		
2.10. Consumo Eléctrico en operación		
2.11. Alimentación Eléctrica al Sistema ¿es adecuada? ¿Los valores están en el rango?		
2.12. Limpieza Interna/Externa		
2.13. Lámparas piloto		
2.14. Selectores		
3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO:		
3.1. Nivel del líquido		
3.2. Flotante Mecánico		

3.3. Flotante Eléctrico		
3.4. Alimentación (aducción)		
3.5. Válvula de Pie y Filtro		
3.6. Escalera		
3.7. Limpieza ¿hay presencia de partículas?		
4. INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS		
4.1. Presostato		
4.2. Manómetro		
4.3. Indicadores de Nivel		
4.4. Tuberías		
4.5. Válvulas		
5. SALA DE BOMBAS/EQUIPOS:		
4.1. Ventilación		
4.2. Iluminación		
4.3. Señalización		
4.4. Sistemas Contra Incendios		
4.5. Limpieza General		

EJECUTADO POR:	FECHA:	FIRMA:	
APROBADO POR:	FECHA:	FIRMA:	
REVISADO POR:	FECHA:	FIRMA:	

COMENTARIOS:

ACCIONES Y RECOMENDACIONES

Tabla 14. *Orden de Trabajo.*

	ORDEN DE TRABAJO	**No.:**	
		OBJETIVO:	
		Inspección	
		Evaluación	
		Ejecución	
Solicitado por:		**Fecha de Ejecución:**	
Área de Ejecución:		**Presupuesto No.:**	
Supervisor (CLIENTE):			
Supervisor (MECANING):			
Comentarios por (MECANING):			
Comentarios del (CLIENTE):			
Aprobado (CLIENTE) por:		**Fecha:**	**Firma:**
Ejecutado (MECANING) por:		**Fecha**	**Firma:**
Revisado (MECANING) por:		**Fecha**	**Firma:**
ACCIONES Y RECOMENDACIONES:			

CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Finalizado el desarrollo del presente trabajo especial de grado, es importante realizar un análisis de los logros obtenidos con la intención de evaluar el cumplimiento de los objetivos y del propósito planteado al inicio de la investigación. El investigador realizó la recopilación documental que le permitió definir y analizar los distintos modelos, herramientas y técnicas que se vienen aplicando en el sector industrial, específicamente en el área del mantenimiento y su gestión.

A su vez, enmarcar a la organización dentro del contexto nacional le permitió al investigador establecer directrices, lineamientos y disposiciones en función de las cuales se debe regular la operación de una organización y sus actividades, con la intención de establecer estándares de calidad, seguridad, salud y bienestar en pro de garantizar la prestación de servicios confiables y adecuados en función de los requerimientos y necesidades planteados por los involucrados en la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo.

Se logró realizar una descripción general de los sistemas industriales de bombeo de agua potable, esto se logró a través de la recopilación bibliográfica y a la propia interacción entre el investigador y los expertos consultados. La descripción de los sistemas de bombeo fue de suma importancia a la hora de establecer las actividades del plan de mantenimiento.

A través de la interacción entre el investigador y los expertos consultados, fue posible identificar las variables internas y externas que generan mayores impactos en el éxito de un modelo de gestión, adicionalmente, fue posible realizar un análisis del contexto social, económico, político, regional, entre otros, para establecer soluciones alineadas a las estrategias de la organización, tomando como base para su desarrollo, las variables identificadas.

Se diseñó un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de aguas claras, tomando en consideración las variables, fundamentos teóricos, características generales de los sistemas, normativas y reglamentos vigentes y las consideraciones indicadas por los expertos consultados. La elaboración de este modelo marca el inicio de una gestión de mantenimiento a través de la cual se busca influir de manera positiva sobre el desempeño de la organización y de sus clientes a lo largo del tiempo.

La culminación del proceso de investigación pudo ser posible debido al compromiso que el investigador, asesor y demás personas involucradas en el mismo, mantuvieron durante cada una de las etapas de diseño. Es importante resaltar que la etapa que mayor dificultad presento fue la elaboración del capítulo V, existía gran cantidad de información sobre cada tópico en particular y resulto complejo resumir la información levantada durante el proceso. Sin embargo, se logró realizar una priorización del contenido y en función de esta, establecer las directrices para el desarrollo del objetivo planteado.

Los objetivos específicos planteados por la investigación fueron fundamentales para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, siendo éste el propósito fundamental del presente trabajo especial de grado, es importante destacar, los objetivos planteados permitieron darle forma al plan de mantenimiento y un enfoque integrador.

El investigador logró establecer una estructura del desglose del trabajo que le permitió abordar las distintas aristas que deben conformar un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, a su vez, el proceso de planificación de las rutinas de mantenimiento debe ser enfocado en cada uno de los componentes, equipos y accesorios que lo conforman, de esta forma se logran diseñar rutinas que permitan atender de forma oportuna los requerimientos de estos en relación al mantenimiento.

De igual forma, los planes de mantenimiento deben adaptar estrategias para la verificación de su cumplimiento, con lo cual se puede garantizar un proceso de mejora continua que permitan establecer acciones correctivas que optimicen el desempeño de la gestión.

Los planes de mantenimiento y su gestión presentan, claramente definidas, fases para su desarrollo, es posible identificar una primera fase en la cual se da inicio al desarrollo del plan, en esta etapa se identifican las necesidades y requerimientos, las herramientas, metodologías y tipos de mantenimientos que conviene aplicar en función de los requerimientos particular y se establecen los objetivos que se pretenden alcanzar en función de lo organización y su mercado.

Posteriormente se identifica una etapa de planificación durante la cual se desarrollan las rutinas y actividades que se deben ejecutar para alcanzar los objetivos definidos. Una vez establecida la planificación se procede a la ejecución de estas actividades y por último se procede al cierre. Durante esta etapa de cierre se establecen las acciones correctivas y se identifican nuevas estrategias para abordar los problemas o resultados obtenidos.

En función de la anterior se realiza la documentación de todas las tareas desarrolladas, para lograr adoptar criterios y acciones de mejora que permitan lo optimización de las próximas actividades y de la propia gestión de mantenimiento.

Los planes de mantenimiento deben considerar los equipos, accesorios e instrumentos instalados, así como también, los requerimientos particulares de sus clientes, los de la propia empresa que lleva a cabo las tareas y los interesados (*stakeholders*).

Las variables internas y externas que impactan el desarrollo y ejecución de un plan de mantenimiento están enfocadas, en el recurso humano y su desarrollo, el entorno en el cual se desenvuelve la organización, los procesos de mejora

continua adoptados, el presupuesto dispuesto para las actividades, los procesos para identificación, documentación y registro de las actividades y rutinas realizadas, el control de los costos, el control del tiempo, entre otras.

Adicionalmente, los planes de mantenimiento deben ser desarrollados conforme a las disposiciones y lineamientos legales establecidos por los entes gubernamentales y demás instituciones normativas que se encargan de la regulación de estas actividades en el país en el cual son desarrolladas o se pretenden desarrollar las acciones de mantenimiento.

Por último, las rutinas de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable deben enfocarse en las siguientes áreas: los cuerpos de impulsión (conjunto bomba-motor), los tableros eléctricos, los accesorios, tuberías e instrumentos y las instalaciones en las cuales operan estos sistemas.

La asignatura, *Los proyectos en las Empresas,* sirvió de base para establecer el análisis de los fundamentos teóricos de la gestión de mantenimiento, de las variables internas y externas que impactan la gestión de mantenimiento y los planes de mantenimiento. La asignatura, *Definición y Desarrollo de Proyectos,* permitió la identificación de los procesos necesarios para lograr el diseño del plan de mantenimiento en cada una de sus etapas, las asignaturas *Planificación y Control del Tiempo y Planificación y Control de Costo* fueron fundamentales para la identificación y asignación de recursos para la elaboración del plan de mantenimiento y las rutinas que este involucra

La asignatura *Gerencia del Recurso Humano* fue de gran apoyo para la identificación de las variables internas que impactan los planes de mantenimiento, a su vez, la asignatura *Gerencia del Desempeño: Calidad y Riesgo en Proyectos* aporto los conocimiento necesarios para realizar análisis de riesgos para el diseño del plan de mantenimiento, así como también, para el proceso de la investigación.

De igual forma aporto los fundamentos teóricos para el desarrollo de metodologías de mejora continua enfocadas a la gestión de mantenimiento.

Es importante resaltar que la ejecución del presente trabajo especial de grado ha brindado la oportunidad para la aplicación de los conocimientos del área de gestión de proyectos a la gestión de mantenimiento. Los fundamentos y conocimiento teóricos impartidos y aprendidos de cada una de las asignaturas fue fundamental para el desarrollo de la misma, así como también, el desarrollo de una visión global que permitió la identificación de los clientes internos y externos e interesados en el desarrollo del plan de mantenimiento, de igual forma, el enfoque global de lo organización, su mercado y los clientes como factores fundamentales para el éxito y posicionamiento de la organización a lo largo de la línea del tiempo.

Se puede observar que se ha desarrollado una alta capacidad para el manejo y gestión de proyectos a través de la aplicación de las metodologías y herramientas de la gerencia de proyectos. La gestión de mantenimiento realizada a través de las herramientas de la gerencia de proyectos permite identificar, alcances y visiones estratégicas, aún en ambientes cambiantes, el análisis y evaluación de los proyectos y su factibilidad y viabilidad en las organizaciones, así como, la gestión y control del tiempo, costo y recursos asignados, la planificación de actividades y rutinas y la ejecución de las mismas de forma eficiente y teniendo como premisa el logro de los objetivos planteados. Por ultimo permite evaluar el cumplimiento de la calidad y la gestión de los riesgos asociados a las rutinas, planes y a la gestión de mantenimiento.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo es una tarea compleja en la cual deben involucrarse a todos los actores e interesados en el mismo, es decir, esta tarea debe involucrar a todos los miembros de la organización, a los clientes internos y externos y demás personas que pusiesen verse impactadas por la ejecución o desarrollo del mismos. Un plan de mantenimiento preventivo será exitoso en la medida que éste se adapte a las necesidades y particularidades que desean ser atendidas por el mismo.

Se cuenta con gran bibliografía en la cual se describen los modelos, herramientas, estrategias, tendencias y tipos de mantenimiento en función de características que poseen los sistemas. Sin embargo, esta bibliografía debe ser asumida como información en la cual se exponen las buenas prácticas en materia de mantenimiento, en forma similar a lo expresado por el *PMI.* Estas buenas prácticas no pretenden ser una receta que garantizará el éxito de la organización a través de su gestión de mantenimiento, por el contrario, debe ser la propia organización la que decida sobre la adopción y adaptación de esta información en función de sus necesidades y requerimientos.

La gestión de mantenimiento debe permitirle a las organizaciones agregar valor a su estructura, servir de factor diferenciador, a la vez, que debe contribuir con el logro de los objetivos establecidos por la organización en función de las estrategias diseñadas, en función del marco, sector y segmento al cual están dirigidas.

CONCLUSIONES

- Las instalaciones de bombeo de agua potable están conformadas, de forma general, como se describe a continuación:

  - Cuerpo de impulsión (bomba).
  - Motor, eléctrico o diesel.
  - Redes de tuberías (múltiples de succión y descarga y redes de distribución).
  - Elementos de control durante la operación (instrumentación).
  - Elementos eléctricos para el control y potencia (tablero eléctrico).
  - Tanques de almacenamiento de agua.

- Las instalaciones de bombeo de agua potable deberán disponer de adecuadas condiciones para garantizar la seguridad, higiene y la protección del medio ambiente. Así como, deberán concebirse como edificaciones confiables, diseñadas y construidas en fiel cumplimiento de las normativas, leyes y regulaciones nacionales vigentes, establecidas por los organismos con competencia para la especificación de las condiciones que deberán ser incorporadas ante situaciones de riesgo y operación, tales como: sismos y terremotos, incendios, inundaciones, iluminación, ventilación, acondicionamiento de los espacios, entre otros.

  A su vez, las instalaciones deberán diseñarse de forma tal que se facilite el acceso y ejecución de las actividades de mantenimiento, así

como, el seccionamiento de áreas y equipos sin que esto implique la paralización del sistema de bombeo.

Los sistemas serán diseñados en función de la demanda de agua requerida por la red de distribución, el uso que se les dará a los equipos, manuales de operación, mantenimiento, instalación y diseño del fabricante, normativas, estándares, leyes y gacetas nacionales que especifiquen las condiciones de diseño, mantenimiento, operación e instalación.

En Venezuela, la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y el Gobierno Central, son los entes encargados de generar las directrices, estándares y prácticas recomendadas para el diseño, instalación y mantenimiento de instalaciones de bombeo de agua potable, siendo las más relevantes, las presentadas a continuación:

- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 38.236 – Ley Orgánica de Protección, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 5.833 – Ley Orgánica del Ambiente.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 4.044 – Normas para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma Mantenimiento de Edificaciones.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 4.358 – Ley Penal del Ambiente.
- COVENIN 200:2004 –Código Eléctrico Nacional.

- COVENIN 2250:2000 – Ventilación de los Lugares de Trabajo.
- COVENIN 253:1999 – Codificación para la Identificación de Tuberías que Conduzcan Fluidos.

- Se realizó el análisis de los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones de bombeo de agua potable, lo cual permitió su incorporación al diseño del plan de mantenimiento. La teoría de competitividad de Porter fue utilizada para establecer estrategias de mantenimiento que permitan garantizar la competitividad de la organización y el desarrollo de actividades de mantenimiento alineadas con los objetivos globales tanto de la propia organización como del departamento de mantenimiento. Por otro lado, los factores internos y externos de la organización facilitarán el diseño de un plan de gestión de mantenimiento enmarcado en las políticas de la empresa y su entorno.

  Se verificó la influencia de la evolución del mantenimiento en el desarrollo de nuevos conceptos, técnicas y modelos, cuya finalidad ha sido mantener una relación apropiada de la función costo/beneficio, así como el incremento en la disponibilidad de los equipos y sistemas y el aumento de la confiabilidad durante la operación.

  Lo anterior ha influenciado a las organizaciones para que se realicen evaluaciones no solo desde el punto de vista técnico, sino también a nivel económico, es decir, lograr determinar aquellos factores asociados a la gestión de mantenimiento que deben ser mejorados, optimizados o incluidos en los planes de mantenimiento para

garantizar la competitividad y manejo adecuado de los recursos, económicos, humanos y materiales.

- Las herramientas, modelos y tipos de mantenimiento que pueden ser aplicados por las organizaciones con la intención de optimizar, y/o mejorar son:

  - Diagrama de ISHIKAWA
  - Diagrama de Modo y Efectos de Fallas (A.M.E.F.)
  - Diagrama de Pareto.
  - Diagrama de Afinidad.
  - Diagrama de relaciones.
  - Diagrama de Árbol.
  - Matrices de Priorización.
  - Diagrama Matricial.
  - Diagrama de Proceso de Decisiones.
  - Diagrama de Flechas.
  - Inspección Basada en Riesgos.
  - Teoría de Restricciones.

- Los modelos que pueden ser empleados para el desarrollo de los planes de mantenimiento son:

  - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
  - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en reserva.
  - Mantenimiento Productivo Total.
  - Mantenimiento Basado en Costos.
  - Mantenimiento Basado en los Riesgos.

- Mantenimiento Clase Mundial.
- Gerencia de Activos.

- Tal como fue expuesto por los expertos consultados, las fallas que mayor recurrencia e impacto tienen sobre los sistemas de bombeo de agua potable, han sido plenamente identificadas y clasificadas, tal como se muestra a continuación:

  A nivel del cuerpo de impulsión (bombas):
  - Sello mecánico.
  - Rodamientos y cojinetes.

  A nivel del motor (eléctrico):
  - Rodamientos y cojinetes.
  - Aspa-ventilador.

  A nivel hidráulico (redes de tuberías):
  - Válvulas de retención.

  A nivel de instrumentos y elementos eléctricos de control:
  - Relés y sensores de nivel.
  - Relés de alternación.
  - Supervisores de voltaje.
  - Manómetros
  - Contactores magnéticos.
  - Relés de sobrecarga.

- Se logró la identificación de las variables internas y externas que pueden impactar el rendimiento y/o continuidad operativa de las instalaciones de bombeo de agua potable, siendo estas:
  - Internas:
    - Acceso a repuestos, partes y piezas de sustitución.
    - Complejidad técnica.
    - Acceso a manuales de fabricación, reparación, entre otros.
    - Calidad de los materiales empleados en las tareas de mantenimiento.
    - Acceso a herramientas y/o equipos para ejecutar las actividades de mantenimiento.
  - Externas:
    - Disponibilidad de repuestos, partes y piezas de sustitución.
    - Disponibilidad de mano de obra y personal calificado.

- Se logró diseñar un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable integrando las áreas de conocimiento de la gerencia de proyectos y los modelos, técnica y herramientas de la gestión de mantenimiento. Este modelo incluye procesos orientados a la mejora y optimización de los recursos empleados en las actividades de organización y dirección de la gestión de mantenimiento; tomando en consideración las distintas áreas y departamentos de la empresa como pilares fundamentales para lograr los objetivos y la mejora continua de los mismos.

RECOMENDACIONES

- De forma similar a lo desarrollado en oficinas de proyectos, el diseño e implementación de un plan de mantenimiento implicará el desarrollo y adopción de nuevos o mejoras de los procesos organizacionales, en este sentido, se deberá considerar la curva de aprendizaje y los lapsos de adaptación que cada individuo y que la propia organización requerirá antes de estar totalmente familiarizado con el nuevo modelo, procesos e implicaciones.
- El modelo de gestión diseñado está fundamentado en la ejecución de procesos cuyos resultados permitirán mejorar, principalmente, la organización y dirección de las actividades de mantenimiento, sin embargo, al igual que lo establecido por el *PMBOK* (2013), este no pretende establecer una forma única de gestión y mucho menos implicará la adopción de todos los procesos descritos, por el contrario, este modelo está consciente de la diversidad de factores, recursos y equipos existentes en las instalaciones industriales y por lo tanto, deberá ajustarse en función de las necesidades particulares, lo anterior formará parte del sistema de mejora continua.
- La inclusión e integración de cada una de las personas, involucradas de forma directa o indirecta, juega un papel fundamental en el logro de los objetivos propuestos por la organización.
- La calidad de la información es un factor fundamental para obtener resultados confiables que permitan alcanzar mayor efectividad en la optimización de las estrategias de mantenimiento. La información propia de los equipos y componentes de una empresa permitirá desarrollar mejores análisis y determinar recomendaciones y acciones de mejoramiento más adecuadas y efectivas.
- Se recomienda realizar un trabajo de investigación cuyo enfoque sea la ejecución del diseño propuesto a fin de evaluar los distintos aspectos que éste conforma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, F. (2005). *Diseño de un Modelo de Gestión para el Departamento de Contratación de la Gerencia de Mantenimiento de la Refinería de Puerto La Cruz*. Trabajo Especial de Grado de Especialización no publicado. Universidad Católica Andres Bello, Caracas, Venezuela.

Altmann, C. (2009). Mantener nuestros activos fijos, crea valor. Mantenimiento, gerencia el futuro. Uruguay: Congreso URUMAN.

Amaya, J. (2005). *Gerencia Planeación & Estrategia. Colombia*. Universidad de Santo Tomás.

Ambrosetti, A. (2007). *Diseño de un Plan de Calidad para la Instalación de un Establecimiento de Salud Ambulatoria. Nivel de Atención III*. Trabajo Especial de Grado de Especialización no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Amendola, L. (2006). *Gestión de Proyectos de Activos Industriales*. España. Editorial Universidad Politecnica de Valencia.

Ander Egg, E. (1971). *Introducción a las técnicas de investigación social*. (1ra Edición). Buenos Aires. Humanitas.

American Petroleum Institute (2002). *API Recommended Practice 580, Risk-Based Inspection*. (1ra Edicion) . API Institute. EEUU.

American Petroleum Institute (2008), *API Recommended Practice 581, Risk-Based Inspection Technology*. (2da Edición). API Institute. EEUU.

Asti, A. (1984). *Metodología de la Investigación*. (2da Edición). Buenos Aires. Editorial Kapelusz.

Balestrini, M. (2001). *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. (5ta Edición). Caracas. Consultores Asociados BL.

Baez, A., y Caraballo, R. (2004). *Desarrollo de un Plan de Mantenimiento para una Industria Textil Basado en Mantenimiento Productivo Total Utilizando un Sistema Computarizado*. Trabajo Especial de Grado de Pregrado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación*. (2da Edición). Mexico. Pearson Educación.

Campbell, J., Jardine, A., y McGlynn, J. (2011). *Asset Management Excellence*. (2da Edición). Florida. Taylor and Francis Group.

Canales, A., Pacheco, P., y Sarno, E. (2006). *Modelo Gerencial de Mantenimiento – Fundamento Filosófico*. Latin America Reliability World 2006 (Vol. N/A 14. México. Noria Latin America, S.A. de C.V.

Cigolini, R., Desmukh, A., Fedele, L. & McComb, S. (2009). *Recent Advances in Maintenance and Infrastructure Management*. Londres. Springer-Verlag.

Colegio de Ingenieros de Venezuela. (Noviembre de 2003). *Código de Ética Profesional*. Caracas. Colegio de Ingenieros de Venezuela.

Coordinación de Desarrollo de Planes de la Escuela de Ciencias Sociales de la UCAB. (2005). *Orientaciones Generales para la Elaboración de Tabajos de Grado*. Caracas.

COVENIN (1991). *(COVENIN 643-91) Bombas Hidráulicas Centrifugas Metodos de Ensayos*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1993). *(COVENIN 2500-93) Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1993). *(COVENIN 3049-93) Mantenimiento. Edificaciones*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1997). *(COVENIN 1330:1997) Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua sin Medio de Impulsión Propio. Requisitos*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1998). *(COVENIN 810-1998) Características de los medios de escape en edificaciones según el tipo de ocupación.* (2da Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1999). *(COVENIN 200:1999) Código Eléctrico Nacional*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (1999). *(COVENIN 253:1999) Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos*. (2da Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (2000). *(COVENIN 823-4:2000) Sistema de Protección Contra Incendios. Parte 4: Edificaciones Comerciales*. (2da Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (2000). *(COVENIN 2250:2000) Ventilación de los Lugares de Trabajo*. (1ra Edición). Caracas. Venezuela.

COVENIN (2001). *(COVENIN 1331:2001) Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua con Medio de Impulsión Propio. Requisitos*. (3ra Edición). Caracas. Venezuela.

Duarte, J (2006). *Mantenimiento centrado en confiabilidad usando métodos de simulación del ciclo de vida*. Latin America Reliability World 2006 (Vol. N/A 14. México. Noria Latin America, S.A. de C.V.

Gaceta Oficial de La República de Venezuela (1988). *(Gaceta Oficial No. 4.044) Normas para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones.* Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República de Venezuela (1992). (*Gaceta Oficial No. 35.206) Norma sobre el Control de la Contaminación generada por Ruido*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República de Venezuela (1992). *(Gaceta Oficial No.4.418) Norma sobre el Control de la Contaminación generada por Ruido*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2000). *(Gaceta Oficial Extraordinaria No. 5.453*. *Constitución de La República Bolivariana de Venezuela*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2002). *(Gaceta Oficial No. 37.600) Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social.* Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2005). *(Gaceta Oficial No.38.236) Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2006). *(Gaceta Oficial No.5.833) Ley Penal Orgánica del Ambiente*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2007). *(Gaceta Oficial No.38.595) Ley de Aguas*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2012). *(Gaceta Oficial No.6.076) Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y las Trabajadoras*. Caracas. Venezuela.

Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela (2012). *(Gaceta Oficial No.39.913) Ley Penal del Ambiente*. Caracas. Venezuela.

Garcia, E. (2006). *Modelo Teorico de un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en los Principios de la Gerencia de Proyectos*. Trabajo de Grado de Maestría no publicado, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

García, S. (2010a). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España. Ediciones Díaz De Santos, S.A.

García, S. (2010b). *La Contratación del Mantenimiento Industrial: Procesos de Externalización*. Madrid: Ediciones Díaz De Santos, S.A.

Gómez, F. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. (1ra Edición). España. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones.

González, F. (2009). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. (3ra Edición). Madrid. Fundación Confemetal.

Hernández, J., Martins, L. & Guedes, R. (2001). Gestión Estratégica de Costos. Brazil: Editora Atlas.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2006). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw-Hill.

Mobley, K. (2013). *Maintenance Engineering Handbook*. (8va Edición). EEUU. McGraw-Hill.

Levitt, J (2005). *Managing Factory Maintenance*. (2da Edición). New York: Industrial Press.

Levitt, J (2009). The Handbook of Maintenance Managment. (2da Edición). New York: Industrial Press.

Lu, D. (1985). *KANBAN Just in Time at Toyota*. Japón. Japan Management Association.

Mundarain, C. (2009). *Diseño de un Programa de Mantenimiento Basado en Condición, Enfocado en la Mejora de la Efectividad de los Activos Rotativos*. Trabajo Especial de Grado de Pregrado no publicado. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y Oficina de Estadísticas de las Comunidades Europeas. (2006). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Sevilla. Grupo Tragsa.

Palacios, L. (2000). *Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino*. Caracas. Publicaciones UCAB.

Palacios, L. (2005). *Gerencia de Proyectos*. Caracas. Publicaciones UCAB.

Parra, C. y Crespo, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activo*. España. INGEMAN.

Pascual, R. (2002). *Gestión Moderna del Mantenimiento*. Chile. Dpto. Ing. Mecánica, Universidad de Chile.

PDVSA (1997). *Manual de Diseño de Proceso – Tipo de Bombas*. (1era Edición). Caracas. PDVSA.

Porter, M. (2009). *Ser Competitivo*. España. Ediciones Deusto.

Porter, M. (2010). *Ventaja Competitiva Creación y Sostenibilidad de un Rendimiento Supeior*. México. Ediciones Pirámide, S.A.

Project Management Institute. (Octubre de 2006). *Código de Ética y Conducta Profesional*. Pennsylvania. Project Management Institute.

Project Management Institute. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*. (5ta Edición). Pennsylvania. Project Management Institute.

Rausand, M. (2011). *Risk Assessment: Theory, Methods and Applications*. Estados Unidos. Jhon Wiley and Sons.

Real Academia Española. (2010). *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid. Espasa Libros, S.L.U.

Rey, F. (2001). *Manual del Mantenimiento Integral en la Empresa*. España. Fundación Confemetal.

Rivas, E. (2006). *Modelo Teórico de un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en los Principios de la Gerencia de Proyectos*. Trabajo de Grado de Maestría no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. (8va Edición). Caracas. Editotial Panapo.

Selltiz, C., Writesman, L., y Cook, S. (1980). *Metodos de investigación en las relaciones socialeas*. (1ra Edición). México. RIALP.

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. (4ta Edición). Mexico. Limusa.

Tillero, E. (2009). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Basado en la Filosofía Actual que más se Adapte al Taladro de Servicios a Pozos H-643*. Trabajo Especial de Grado de Pregrado no publicado. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de Observación Directa

Anexo B. Modelo de Encuestas

Anexo C. Validación del Instrumento

Anexo D. Plano de Planta Sala de Bombas Típica

Anexo E. Simulación Sala de Bombas Típica.

ANEXO A. Matriz de Observación Directa

A continuación se presentan los resultados de las visitas efectuadas a las empresas objeto de estudio. Se realizó un recorrido guiado por las instalaciones de bombeo de agua potable de dichas empresas, con la finalidad de obtener información relevante sobre los aspectos a considerar en el diseño un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

Indicador	Empresa		
	A	B	C
Tipos de bombas de bombeo de agua potable que se emplean –usos y aplicaciones			
Aspectos de seguridad, protección, infraestructura, condiciones climáticas			
¿La seguridad es adecuada?			
¿El edificio y el equipo están protegidos contra inundaciones?			
¿Cuáles son las condiciones de la estructura del edificio?			
¿La calefacción, ventilación y alumbrado son adecuados?			
¿El equipo puede recibir mantenimiento y trasladarse fuera del edificio?			
¿El equipo puede recibir mantenimiento y trasladarse fuera del edificio?			
¿El local está ordenado y limpio?			
¿La estación de bombeo también se usa para almacenamiento?			

¿El equipo de seguridad es adecuado?			
Condiciones de las estaciones y equipos de bombeo			
¿Qué aspectos de seguridad deben considerarse en dichas instalaciones?			
¿Cuántas bombas hay (incluidas las reservas), de qué tipo y dónde están?			
¿La capacidad real de la estación de bombeo es adecuada para satisfacer la demanda?			
¿Cuándo y cómo se determina la capacidad de la bomba?			
¿Cuál es la condición del equipo? ¿Se usan los tipos correctos de lubricante?			
¿La frecuencia y cantidad de lubricación son adecuadas?			
Los sistemas de bombeo se equipan con: ¿válvulas de retención? ¿válvulas de aislamiento? ¿manómetros?...			
¿Existen conexiones cruzadas?			
¿Los sistemas de control del motor: ¿Están diseñados adecuadamente y son confiables?			
¿Hay alarmas en caso de fallas?			
¿El equipo rotatorio y eléctrico tiene protectores?			
¿Número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo?			
¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo?			
¿Los procedimientos estandarizados de operación están			

disponibles por escrito? ¿Se siguen?			
¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?			
¿Cuáles son los requisitos y acciones mínimas que deben contemplarse en el diseño y funcionamiento de instalaciones industriales de bombeo de agua potable?			

ANEXO B. Modelo de Encuesta

Como parte del proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, de la Universidad Católica Andrés Bello, solicito su colaboración dada su experiencia para profundizar sobre aspectos fundamentales a considerar en el diseño un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable.

(Entrevista de carácter no estructurada, por pautas)

Parte I. Fundamentos teóricos y conceptuales de un plan de mantenimiento preventivo

- ¿Cuáles son los elementos que caracterizan y que debe contemplar los planes de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable?
- ¿Cuál es la frecuencia de las fallas en la operación por deficiencias en los planes de mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo de agua potable?
- ¿Cuáles son las principales fallas que se observan en la operación de estas instalaciones?
- ¿Cómo corregir estas fallas a través del plan de mantenimiento preventivo?
- ¿Cuál es el beneficio de implementar un plan de mantenimiento preventivo?
- ¿Cuál es el costo estimado de un plan de mantenimiento vs. el costo de asumir la contingencia o falla en la operación?

Parte II. Instalaciones industriales de bombeo de agua potable

- ¿Cuáles son los tipos de bombas de bombeo de agua potable, sus usos y aplicaciones en los sistemas de agua?
- ¿Qué aspectos de seguridad, protección, infraestructura, condiciones climáticas… se debe considerar en el mantenimiento de las instalaciones?
- ¿Cuáles son las condiciones que deben tener las estaciones y equipos de bombeo?
- ¿Qué aspectos de seguridad deben considerarse en dichas instalaciones?
- ¿El número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo?
- ¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo?
- ¿Los procedimientos estandarizados de operación están disponibles por escrito? ¿Se siguen?
- ¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?
- ¿Cuáles son los requisitos y acciones mínimas que deben contemplarse en el diseño y funcionamiento de instalaciones industriales de bombeo de agua potable?

ANEXO C. Validación del Instrumento

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Fundamentos teóricos y conceptuales de un plan de mantenimiento preventivo	**Componentes**	▪ Elementos
	Criticidad	▪ **Frecuencia de fallas** ▪ **Impacto en la producción**
	Fallas	▪ **Función** ▪ **Falla funcional** ▪ **Modo de falla** ▪ **Efecto de falla** ▪ **Actividad o tarea de mantenimiento**
	Costo/Beneficio	▪ **Costo total anual del plan de mantenimiento** ▪ **Beneficios en operación**
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	**Bombas de suministro de agua**	▪ Tipos, usos y componentes
	Reglamentos aplicables y datos clave requeridos para la inspección sanitaria	▪ Reglamentos especificados ▪ Estado de las instalaciones de bombeo (casetas de pozos y de las bombas)
	Riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad en las instalaciones	▪ Estación y equipo de bombeo ▪ Accesorios y sistemas de energía de reserva
	Riesgos sanitarios y peligros por falta de seguridad en las instalaciones	▪ Estación y equipo de bombeo ▪ Accesorios y sistemas de energía de reserva
	Riesgos sanitarios y peligros por falta de	▪ Manejo, operación y mantenimiento de las instalaciones de bombeo

	seguridad asociados con los **procedimientos y prácticas**	
Instalaciones industriales de bombeo de agua potable	**Recomendaciones y directrices COVENIN**	▪ Requisitos y acciones mínimas que deben considerarse en el proyecto
Variables internas y externas que impactan la continuidad operativa de las instalaciones industriales de bombeo de agua potable	**Factores elementales**	▪ Disponibilidad y fiabilidad de materia prima, mano de obra directa y medios de producción
	Factores dispositivos	▪ Dirección de la empresa (gerencia)
	Factores instrumentales	▪ Panificación y organización
	Factor País (contexto del país)	▪ Ambiente Político y Marco Legal (inseguridad jurídica y social)
		▪ Ambiente Económico (inflación, devaluación, acceso a divisas, escases de maquinarias y repuestos)
		▪ Ambiente Cultural (idioma, educación, valores)
		▪ Infraestructura (legal y técnica)
Plan de mantenimiento	**Mantenimiento preventivo**	▪ Desarrollo y descripción del plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable a ejecutar por MECANING

INSTRUCCIONES

A continuación se presenta el instrumento para validar el Guión de Entrevista No Estructurada por pautas (Cuestionario), el cual se implementará durante el desarrollo de la presente investigación. Lea el instrumento y marque con una (X), su criterio en cuanto a los aspectos que a continuación se señalan:

PERTINENCIA:	**Relación estrecha de la pregunta con los objetivos (indicadores) del estudio y el aspecto del instrumento que se encuentra desarrollado.**
REDACCIÓN:	**Es la interpretación unívoca del enunciado de la pregunta, a través de la claridad y precisión del uso del vocabulario técnico.**
ADECUACIÓN:	**Es la correspondencia del contenido de la pregunta con el nivel de preparación o de desempeño del entrevistado (Experto).**

Se sugiere colocar en el recuadro de observaciones, aquellas sugerencias que considere pertinentes y en caso de requerirlo, sírvase escribir las sugerencias o correcciones sobre el enunciado de la pregunta.

La escala a utilizar es:
E: EXCELENTE: El indicador se presenta en grado muy superior al mínimo aceptable.
MB: MUY BUENO: El indicador se presenta en grado superior al mínimo aceptable, sin llegar a ser excelente.
B: BUENO: El indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable.
R: REGULAR: El indicador no llega al mínimo aceptable pero se acerca a él.
D: DEFICIENTE: El indicador está lejos de alcanzar el mínimo aceptable.

FORMATO DE EVALUACIÓN, SEGÚN CRITERIOS, DE LOS INSTRUMENTOS (Entrevista No Estructurada o cuestionario)

PREGUNTAS	PERTINENCIA					REDACCIÓN					ADECUACIÓN				
	E	MB	B	R	D	E	MB	B	R	D	E	MB	B	R	D
¿Cuáles son los elementos que caracterizan y que debe contemplar los planes de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable?	X					X					X				
¿Cuál es la frecuencia de las fallas en la operación por deficiencias en los planes de mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo de agua potable?	X					X					X				
¿Cuáles son las principales fallas que se observan en la operación de estas instalaciones?	X					X					X				
¿Cómo corregir estas fallas a través del plan de mantenimiento preventivo?	X					X					X				
¿Cuál es el beneficio de implementar un plan de mantenimiento preventivo?	X					X					X				
¿Cuál es el costo estimado de un plan de mantenimiento vs. el costo de asumir la contingencia o falla en la operación?	X					X					X				
¿Cuáles son los tipos de bombas de bombeo de agua potable, sus usos y aplicaciones en los sistemas de agua?	X					X					X				
¿Qué aspectos de seguridad, protección, infraestructura, condiciones climáticas… se debe considerar en el mantenimiento de las instalaciones?	X					X					X				
¿Cuáles son las condiciones que deben tener las estaciones y equipos de bombeo?	X					X					X				
¿Qué aspectos de seguridad deben considerarse en dichas instalaciones?	X					X					X				
¿El número y capacitación del personal son adecuados para operar y mantener las instalaciones de bombeo?	X					X					X				
¿Se mantienen registros adecuados de operación para las estaciones de bombeo?	X					X					X				
¿Los procedimientos estandarizados de operación están disponibles por escrito? ¿Se siguen?	X					X					X				
¿Se cuenta con un programa documentado de mantenimiento preventivo (MP)?	X					X					X				
¿Cuáles son los requisitos y acciones mínimas que deben contemplarse en el diseño y funcionamiento de instalaciones industriales de bombeo de agua potable?	X					X					X				

OBSERVACIONES – SUGERENCIAS
Las preguntas expuestas en el instrumento le permitirán al tesista obtener respuestas valiosas para argumentar el trabajo de grado. Se hace una buena relación entre los objetivos planteados y las variables, dimensiones e indicadores que se pretenden medir. Quizá son un gran número de preguntas las que se proponen. Requerirá de un buen tiempo para poder indagar sobre cada una de ellas. Sugeriría dividir las preguntas por área temática y establecer viabilidad en función del rango de acción de cada experto a consultar.

Caracas, 10 de marzo de 2014

Camacho Tesorero, Rafael Eduardo
Ingeniero Industrial USM
Especialista en Gerencia y Tecnología de las Telecomunicaciones UNIMET

Firma del validador

OBSERVACIONES – SUGERENCIAS
El instrumento planteado contiene las preguntas fundamentales para dar respuesta a los objetivos, general y específicos, propuestos. La operacionalización de variables se valida con estas preguntas. Sugiero que se le acote al entrevistado el tiempo estimado de duración de la reunión, de manera que el tesista pueda abordar el mayor número de preguntas posibles (abordar ambos tópicos: plan de mantenimiento preventivo e Instalaciones industriales de bombeo de agua potable).

Caracas, 19 de marzo de 2014

Joubert R., Jonathan A.
Ingeniero Industrial UCAB
Master en Administración de Empresas IESA

Firma del validador

OBSERVACIONES – SUGERENCIAS
El instrumento planteado contiene las preguntas fundamentales para dar respuesta a los objetivos, general y específicos, propuestos. La operacionalización de variables se valida con estas preguntas. Sugiero que se le acote al entrevistado el tiempo estimado de duración de la reunión, de manera que el tesista pueda abordar el mayor número de preguntas posibles (abordar ambos tópicos: plan de mantenimiento preventivo e Instalaciones industriales de bombeo de agua potable).

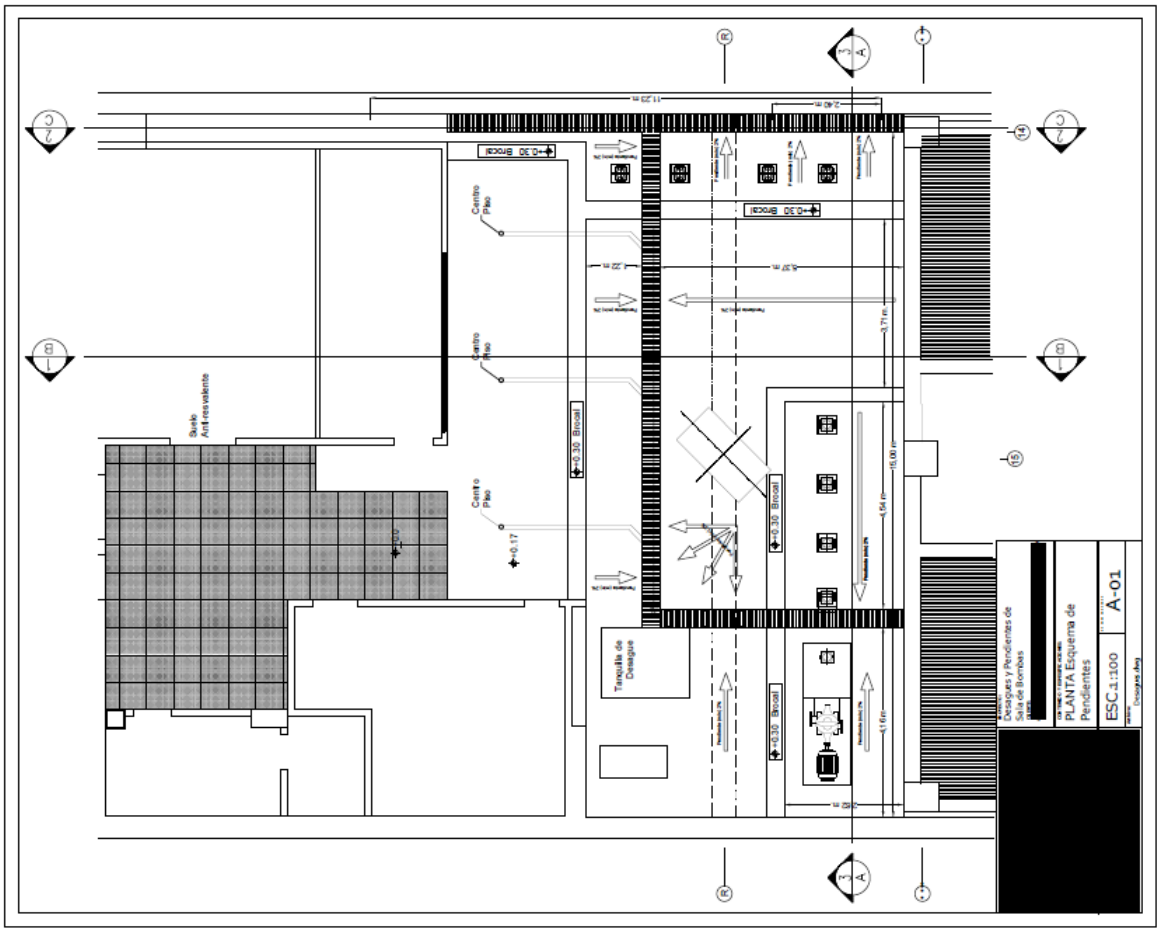
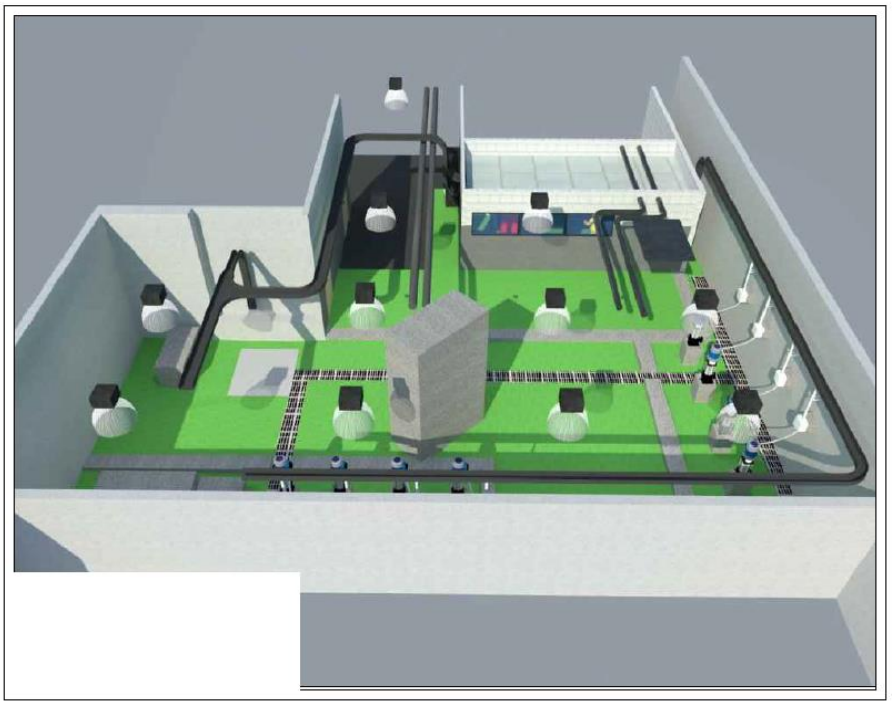
Caracas, 11 de marzo de 2014

Apenela Oropeza, Celia Rosa
Ingeniero Industrial Universidad Yacambú
Master en Administración de Empresas UNIMET

Apenela
V.13035146

Firma del validador

ANEXO D. Plano de Planta Sala de Bombas Típica



ANEXO E. Simulación Sala de Bombas Típica