



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE
MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS
SERMI BOMBAS 5, C.A.**

Autoras:

Bárbara J. Mago Concepción

Gleidys Meza Medina

Tutora:

Ing. Alicia Yáñez de Pizzella

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA
EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS
SERMI BOMBAS 5, C.A.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autoras:

Barbara Jhackary Mago Concepción

C.I. 24.884.742

Gleidys Mariana Meza Medina

C.I. 25.548.043

Tutora:

Ing. Alicia Teresa Yáñez de Pizzella

San Diego, octubre de 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Plan de mantenimiento preventivo en empresas de
para la empresa de mantenimiento del Bombr
centrifugas Servici Bombas C.A.

Realizado por el (la) Br. Gleidys Reza

C.I. N° 25548043 cursante de la carrera de Industria

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Alcides Yama
C.I.: 45988501

[Signature]
Jurado
Nombre: 9224592
C.I.: 9224592

[Signature]
Jurado
Nombre: FREDY BARRASAN
C.I.: 1157678

Fecha 14, 10, 2022

[Signature]



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa de mantenimiento de Bimboles eutifugas Semi Bimboles CA

Realizado por el (la) Br. Barbara Mayo

C.I. N° 24884742 cursante de la carrera de Industrial

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Alcides Yauri
C.I.: 41598880

[Signature]
Jurado
Nombre: Yelly Franco
C.I.: 9.229592

[Signature]
Jurado
Nombre: FREDY BARRAGAN
C.I.: 11157678

Fecha: 14/10/2022

[Signature]



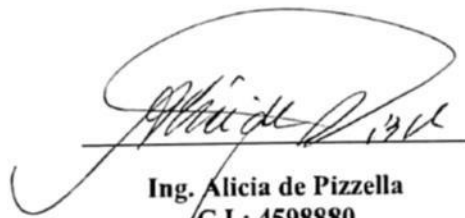


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe Ing. Alicia Yáñez de Pizzella portadora de la C.I. 4598880 en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por las ciudadanas : Barbara Jhackary Mago Concepción , Cédula de Identidad 24884742 y Gleidys Mariana Meza Medina , cédula de identidad 25548043, titulada " **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A.**, adscrito a la línea de investigación de: gestión ambiental, habitad y vivienda , presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluado por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintidos días del mes de agosto del año dos mil veintidos.



Ing. Alicia de Pizzella
C.I.: 4598880

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANATO DE INGENIERÍA



FT 1 010 2022-2CR TG

Valencia, 10 de junio de 2022

Ciudadanos:

MAGO CONCEPCION, BARBARA JHACKARY

24.884.742

MEZA MEDINA, GLEIDYS MARIANA

25.548.043

Presente -

Cumplo con informarles que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 7-2022 de fecha 13/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa de mantenimiento de bombas centrífugas Sermi Bombas 5, C.A.

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Alicia Teresa Yáñez de Pizzella, titular de la cédula de identidad V-4.598.880



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Barbara Mago

Mi trabajo de grado se lo dedico a Dios primeramente por no desampararme en cada momento, me enseñaste que tu plan es perfecto y que a veces no podemos conseguir lo que deseamos, ni en el tiempo que deseamos, no me graduare de la carrera que soñé que me graduaría, pero me diste la oportunidad de graduarme en una carrera que me hizo madurar y crecer cada día.

Agradezco mi Abuela, Elena Concepción por su sacrificio y esfuerzo en darme una carrera para mi futuro, aunque estos últimos años no han sido los mejores para ella nunca dejo de ayudarme.

Agradezco a Francisco José Rivero también eres parte de este logro, gracias por acompañarme y ayudarme en uno de mis sueños y metas ; Y de yo ser parte de los tuyos, siempre creíste en mí y me decías que siempre podría lograr todo lo que yo quería viéndole el lado positivo a todo, aunque hoy la distancia nos separa físicamente nunca has dejado demostrar empatía en momentos que sentía que no podía mas con mis estudios, amor ,cariño y apoyo siempre que lo necesitaba, te amo y gracias por todo.

Agradezco a Jesús Díaz y María Salcedo más que mis amigos y vecinos en todo este tiempo han sido mi familia agradezco su apoyo incondicional quienes con sus palabras de aliento no me dejaban caer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y siempre cumpla mis ideales, ha Ari la hermanita que dios me regalo por siempre darme esos abrazos inconscientes en el momento indicado son los abrazos más sinceros del mundo, gracia por no dejarme.

A mis amigos presente y pasado quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos alegrías y tristeza y a todas esas personas que durante todos estos años estuvieron a mi lado apoyándome Gleidys Meza y Patricia Mijares es con ustedes muñequitas.

Agradecida con mi tutora, Ing. Alicia de Pizzella, la mejor profesora que hay en este universo, gracias por los regaños por no entender sobre las materias que me daba en ingeniería civil y por darme la oportunidad de ser mi tutora en ingeniería Industrial, me ha acompañado en las dos carreras en una no me pudo ver graduada, pero en esta usted me está guiando hasta mi meta.

Agradezco a mi casa de estudios la Universidad José Antonio Páez por brindarme tan buenos recuerdos y profesores.

Gleidys Meza

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar a esta etapa final de esta carrera por darme cada día las fuerzas y el anhelo por seguir y cumplir mis metas.

A mi Esposo Juan C. González por apoyarme en cada momento para que luche por lo que he querido lograr.

A mi familia por apoyarme a lograr mis sueños a mi Mamá por Formarme, apoyarme y ser mi mayor ejemplo de perseverancia y a Elisael que siempre confió en mí que lo lograría, mi hermana Daniela por siempre estar conmigo, a mi hermano Elisrahel.

A mis profesores que han sido una parte fundamental, por darme conocimientos valiosos y dedicación a enseñar.

A mi tutora **Ing. Alicia de Pizzella** por ser tan dedicada, por su disposición de ayudar, enseñar y asesorarnos en toda la realización de este trabajo.

A la Universidad José Antonio Páez Por brindarnos la oportunidad de recibir la educación necesaria y de ser estudiantes Universitarios.

A mis Amigas Wulyoly Hernández y Miloagnis Torres con las que he comenzado la carrera de Ingeniería porque una de las cosas más importantes aprendidas fue a perseverar por lograr un mismo objetivo y apoyarnos siempre para alcanzarlo.

A cada una de las personas que directa o indirectamente me asesoraron y me ayudaron en esos momentos que necesite, también al Ing. Néstor Paredes por siempre asesorarme y enseñarme.

ÍNDICE

CONTENIDO	PP.
ÍNDICE DE CUADRO.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICO	xiv
ÍNDICES DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Alcance.....	6
1.6 Limitaciones	6
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	8
2.1 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Teorías asociadas la investigación.....	10
2.2.1.1 Teoría de sistemas.....	10
2.2.1.2 Teoría de la restricción.....	10
2.2.1.3 Teoría de gestión organizacional.....	10
2.2.2 Gestión de mantenimiento.....	13
2.2.3 Mantenimiento.....	13
2.2.3.1 Mantenimiento preventivo.....	14
2.2.3.2 Ventajas	15
2.2.3.3 Desventajas	16
2.2.4 Mantenimiento preventivo RCM.....	16
2.2.4.1 Objetivo del RCM y fases.....	16
2.2.5 Bombas centrífugas.....	17
2.2.6 Funcionamiento de una bomba centrífuga.....	18
2.3 Bases legales.....	20
2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)	20
2.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).....	21
2.3.3 Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.....	22

2.3.4	Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).....	22
2.3.5	Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008)	22
2.4	Definición de términos.....	23

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Enfoque de la investigación.....	25
3.2	Tipo de investigación.....	25
3.3	Diseño de la investigación.....	26
3.4	Nivel de la investigación.....	27
3.5	Población y muestra.....	27
3.6	Técnicas de recolección de datos.....	27
3.6.1	Observación directa.....	27
3.6.2	Encuesta.....	28
3.6.3	Revisión documental.....	28
3.6.4	Revisión bibliográfica.....	28
3.7	Instrumentos de recolección de datos.....	28
3.8	Validación del instrumento.....	29
3.9	Técnica de análisis de datos.....	29
3.10	Fases de la investigación.....	29

IV RESULTADOS

4.1	Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A	31
4.1.1	Descripción de la empresa	31
4.1.2	2 Descripción del procedimiento actual del mantenimiento de bombas centrífugas.....	31
4.1.3	Descripción el área de trabajo para realizar el mantenimiento de bombas centrífugas.....	33
4.1.4	Revisión de las herramientas y maquinarias utilizadas para hacer el mantenimiento de bombas centrífugas.....	35
4.1.5	Aplicación de la encuesta.....	36
4.1.5.1	Resultado del estudio estadístico de la encuesta.....	37
4.1.5.2	Análisis de la encuesta.....	43
4.2	Analizar los elementos de la metodología de la criticidad como estrategia para elaborar el plan de mantenimiento de las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.....	43
4.2.1	Verificación de la necesidad de un plan de mantenimiento.....	43
4.2.2	Formato para verificar la criticidad de los equipos.....	45
4.2.3	Tipos de fallas presentes en una bomba centrífuga	48
4.2.3.1	Fallas tipo hidráulicas.....	48
4.2.3.2	Fallas de tipo mecánica	51
4.2.4	Estudio de los elementos de las bombas centrífugas, para su criticidad.....	51

4.3	Elaborar el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas centrífugas de la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A	60
4.4	Evaluar Factibilidad económica, técnica, operativa, social y ambiental del Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.....	64
4.4.1	Factibilidad económica	64
4.4.2	Factibilidad técnica.....	64
4.4.3	Análisis financiero... ..	65
4.4.4	Factibilidad operativa	70
4.4.5	Factibilidad ambiental... ..	72
4.4.6	Factibilidad social... ..	72
CONCLUSIONES.....		73
RECOMENDACIONES.....		75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		76
ANEXOS		
A	Encuesta	80
B	Validación del instrumento.....	81
C	Check list.....	93

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO		pp.
1	Fases del RCM.....	16
2	Encuesta trabajadores taller de bombas centrífugas.....	37
3	¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas?.....	38
4	¿Le informa a sus clientes que revisa a diario algunas partes de la bomba?..	38
5	¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?.....	39
6	¿Le informa a sus clientes sobre paradas no programadas para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas?.....	40
7	Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?.....	40
8	¿Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?.....	41
9	¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?.....	42
10	¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas.....	42
11	Variables para la criticidad.....	45
12	Análisis de criticidad.....	47
13	Plan mantenimiento preventivo motor.....	60
14	Plan de mantenimiento para las otras unidades.....	60

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA		pp.
1	Transporte de las Bombas, para mantenimiento Correctivo.....	4
2	Diagrama de causa-efecto para el mantenimiento eficiente.....	15
3	Bomba centrífuga.....	17
4	Partes de una bomba centrífuga	19
5	Desplazamiento de una partícula al ingresar por el centro del impulsor ..	19
6	Desplazamiento del fluido dentro de la bomba centrífuga	20
7	Descripción general del proceso.....	33
8	Transporte de los equipos.....	34
9	Mesa de trabajo.....	35
10	Fresadora.....	35
11	Torno.....	36
12	Otras herramientas del taller.....	36
13	Falla por cavitación.....	49
14	Falla por pulsación de presión.....	49
15	Falla por recirculación de la bomba.....	50
16	Falla por empuje radial y axial.....	50
17	Fallas mecánicas.....	51
18	Sellos mecánicos.....	51
19	Fallas en los sellos por agrietamiento y recalentamiento.....	52
20	Fallas sellos por erosión y extracción.....	53
21	Falla en los sellos por vesiculación y escamación.....	53
22	Cojinetes de una bomba centrífuga.....	54
23	Fallas en los cojinetes.....	55
24	Impulsores o rodete de una bomba centrífuga.....	55
25	Falla debido al rodete.....	56
26	Eje de una bomba centrífuga.....	57
27	Falla debido a un eje torcido.....	57

28	Motor de una bomba centrífuga.....	58
29	Falla del motor.....	58
30	Colores para mostrar intervalos de tiempo.....	61
31	Plan anual de mantenimiento motor.....	62
32	Plan mantenimiento para otros equipos.....	63
33	Inventario de maquinaria y Herramientas	71

ÍNDICE DE GRÁFICA

GRÁFICA	pp.
1 ¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas?.....	38
2 ¿Les informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?.....	39
3 ¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?.....	39
4 ¿Le informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas?.....	40
5 ¿Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?.....	41
6 ¿Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?.....	41
7 ¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?.....	42
8 Considera que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas.....	43

ÍNDICE DE TABLA

TABLA	pp.
1 Similitud entre las Teorías sobre Comportamiento Organizacional.....	12
2 Índice de evaluación de aplicación plan de mantenimiento.....	44
3 Ejemplo Índice de evaluación para las empresas grandes	45
4 Aplicación para criticidad a componentes de las bombas centrífugas.....	59
5 Costo equipos.....	64
6 Mano de obra.....	64
7 Montaje y reparación.....	65
8 Costo total.....	65
9 Cálculo del indicador de rentabilidad.....	66
10 Cálculo del indicador de rentabilidad sobre los bienes (ROA.....	68



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS
CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A.**

Autoras: Mago Bárbara
Meza Gleidys

Tutora: Ing. MSc. Alicia de Pizzella

Fecha: Octubre 2022

RESUMEN

La aplicación de un mantenimiento adecuado permite a las empresas, prevenir cualquier eventualidad, corregir las fallas y predecir los riesgos, basándose en inspecciones programadas, constantes, regulares y proyectadas, conociendo el estado actual de los equipos, reemplazando los elementos que han culminado su vida útil, así como el cambio de otros que han de reponerse en cada etapa de funcionamiento. Además, el mantenimiento permite observar, analizar y tomar decisiones. La presente investigación tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento a la empresa Sermi Bombas 5, C.A., la cual se encarga de hacer mantenimiento a las bombas centrífugas de ciertas empresas en el estado Carabobo, En estos momentos la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo en la aplicación del mantenimiento a dichas bombas, ya que trabajan solo con correctivos y empresas han solicitado que les presten servicio también preventivos, Así mismo, se entiende que el mantenimiento correctivo se trata de dar solución a una falla presentada en un momento dado, el mantenimiento preventivo crea la necesidad de vínculos entre las empresas a fin de realizar supervisiones o visitas continuas a fin de aplicar el las tareas necesarias esto repercute en la parte económica de la empresa ya que sería mayores ingresos, Metodológicamente, es un proyecto factible, sustentado en un diseño de campo y documental, con un nivel descriptivo. Para realizar el plan de mantenimiento se desarrollaron los objetivos específicos, se aplicaron tres técnicas de recolección de datos, observación directa, revisión documental y una encuesta a los trabajadores de Sermi Bombas 5, C.A, así se constató la problemática. Se analizaron las variables involucradas en las fallas de las bombas centrífugas, los cuales se mostraron en un diagrama de causa-efecto. Seguidamente se estudió la criticidad de los equipos de las bombas centrífugas, para finalmente diseñar el plan de mantenimiento. A través del estudio de factibilidad se verifico que el proyecto es factible. La investigación está enmarcada en la línea de investigación Ciencias Cognitivas y aplicadas.

Descriptor: Mantenimiento preventivo, criticidad

INTRODUCCIÓN

El crecimiento continuo de la mecanización de las empresas significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de los procesos en las empresas. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento, el cual ha estado sujeto a cambios en su modo de aplicación a través de la historia. Así mismo, estos cambios han sido motivados por las crecientes necesidades de la industria respecto al tiempo de trabajo, calidad de los productos, disponibilidad de la maquinaria, estandarización, planificación, entre otros, pero sobre todo debido a la natural necesidad económica de reducir costos operativos, administrativos y aumentar ganancias.

En efecto, la evolución del mantenimiento ha permitido disminuir cada vez más las pérdidas por lucro cesante debido a la indisponibilidad de la maquinaria y los costos elevados de un mantenimiento preponderantemente correctivo.

Sin embargo, aún se encuentran empresas de servicio que no cuentan con planes de mantenimiento preventivos para lograr estandarizar sus procedimientos internos, entendiendo que el mantenimiento no tiene como objetivo mejorar el desempeño original de un elemento sino recuperar, tanto como sea posible, el estado inicial del mismo. Es el caso de la empresa de mantenimiento de bombas Centrífugas Servi Bombas 5, C.A., la cual presta servicios a ciertas empresas todo esto fue lo que motivo la presente investigación.

Así para llevarla a cabo, la misma está estructurada en cuatro capítulos, los cuales son:

Capítulo I: Conformado por el problema y su formulación, continuando con el objetivo general y los objetivos específicos que dan apertura a la investigación, luego la justificación y para finalizar el alcance y la limitación de la misma.

Capítulo II: Comprende el marco teórico, describe en primer lugar los antecedentes, posteriormente se encuentran las bases teóricas que sustentan la investigación y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Constituido por el Marco Metodológico de la investigación, donde se encuentra el tipo de investigación, el diseño y nivel utilizado, técnicas e instrumentos de recolección de datos, población y muestra, por último, se definen las fases metodológicas necesarias para cumplir con el objeto de la investigación.

Capítulo IV: Denominado Resultados, los cuales se obtuvieron al desarrollaron los objetivos específicos, durante esta fase se busca evidenciar si el proyecto de investigación resulta ser factible, evaluado a nivel ambiental, económico, social y operativo, de esta forma logrando tener un panorama claro de las implicaciones de la realización de dicho proyecto . Finalmente se tienen las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

A través del tiempo se ha comprobado que el tema del mantenimiento es de una importancia radical dentro de las organizaciones, cualquiera sea su tipo, pues esto incide sobre sus procesos productivos, de manera que, las empresas se han visto en la necesidad de aplicar estrategias, métodos y planes que les permitan gestionar eficazmente el comportamiento de sus activos, sistemas y todos los elementos que conforman una línea de producción durante su ciclo de vida. Para ello es necesario aplicar mantenimiento, el cual es, para Medrano, González y Díaz (2017):

El conjunto de operaciones y labores que se realizan sobre una máquina, que puede incluir o no la sustitución o reparación de componentes o sistemas, con el fin de mantener su buen estado de uso y funcionamiento, o bien de restituirlo si ha dejado de funcionar correctamente por causa de una avería (p. 41).

Así pues, una eficaz gestión de mantenimiento ayuda a la empresa a reducir costos y tiempo de producción que se pierde en reparaciones. Diseñar un proceso de gestión de mantenimiento eficiente con las nuevas técnicas a nivel mundial para planes de mantenimientos, preventivo, correctivo y predictivo, se ha constituido en una de las principales herramientas para optimizar el mantenimiento de equipos en las organizaciones.

Indudablemente, aplicar el mantenimiento adecuado permite prevenir cualquier eventualidad, corregir las fallas y predecir los riesgos, basándose en inspecciones programadas, constantes, regulares y proyectadas, conociendo el estado actual de los equipos, reemplazando los elementos que han culminado su vida útil, así como el cambio de otros que han de reponerse en cada etapa de funcionamiento. El mantenimiento permite observar, analizar y tomar decisiones dentro las instalaciones, recursos y activos de la empresa para llevar la información de una forma ordenada, de esta manera aplicarlo adecuadamente a los equipos.

Por su parte, el caso que ocupa esta investigación es la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A. la cual se dedica a brindar servicio de mantenimiento a las bombas centrífugas, Por lo cual su

efectividad debe estar garantizada pues de eso depende la vida útil de las mismas y la sobrevivencia de la empresa de servicios, a fin de garantizar esta efectividad no solo se centran en la entrega del equipo reparado, buscando abarcar además el mantenimiento preventivo de estas teniendo así operativas las bombas centrífugas para sus clientes. De manera que, a través de una visita realizada en la empresa SERMI BOMBAS 5 C.A. se pudo percibir que, actualmente, la empresa no brindaba un plan de mantenimiento preventivo, haciendo labores solamente paleativas o correctivas, lo cual no creaba nexos con el cliente de manera tal que exista una simbiosis de ambas empresas, cliente y el que brinda un servicio, se evidencia en la figura 1 de la empresa Sermi Bomba 5 C.A, el trabajo correctivo realizado, el cual implicaba trasladar la bomba dañada la sede de la empresa.



Figura 1 Transporte de las Bombas, para mantenimiento Correctivo.

Fuente Mora y Meza (2022)

También, el transporte usado para traer las bombas no cumple con las condiciones de seguridad, no teniendo anclaje las bombas a la paleta solo manteniéndose por el propio peso de estas en la paleta debido a eso se crea una condición insegura de trabajo ya que estas pueden rodarse y golpearse viéndose afectadas aún más que la condición con la que se recibió.

1.2 Formulación del Problema

¿ Cómo se puede garantizar un mantenimiento eficiente y eficaz para las empresas donde brinda servicios la empresa de mantenimiento de bombas centrífugas SERMI BOMBAS 5 C.A.?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para la empresa de mantenimiento de bombas centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A.

2. Analizar los elementos de la metodología de la criticidad como estrategia para elaborar el plan de mantenimiento de las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

3. Elaborar el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas centrífugas de la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A..

4. Evaluar Factibilidad económica, técnica, operativa, social y ambiental del Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

1.4. Justificación de la Investigación

En la actualidad, el objetivo de las empresas es la búsqueda del dominio del mercado, es decir, ser competitivas, de manera que esto se puede obtener ofreciendo servicios de muy alta calidad que garanticen y satisfagan las necesidades de sus clientes. Para ello es importante plantearse métodos o estrategias que maximicen los resultados. En este sentido, un plan preventivo para la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A. basado en la metodología de la confiabilidad, que encierra otras metodologías que la complementan para optimizar la vida útil de sus equipos, permitirá ofrecer un servicio de mantenimiento preventivo estando este último por encima del mantenimiento correctivo que hasta hoy aplica la empresa aportando mayor eficacia y calidad a las empresas que utilizan sus servicios.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad guía en la forma de jerarquizar o priorizar los procesos y procedimientos a aplicar a equipos e instalaciones, utilizando los diversos tipos de mantenimiento, permitiendo diseñar una estructura que, al ser cumplida, coadyuvará con la toma de decisiones en momentos críticos, direccionando esfuerzos y empleando recursos donde sea necesario, de esta manera se mejorará la confiabilidad operacional de acuerdo con la situación.

Lo anterior permitirá que la empresa de Mantenimiento SERMI BOMBAS 5, C.A. se adecúe al efectuar y colocar en práctica un mantenimiento preventivo bajo una metodología basada en la confiabilidad a través del seguimiento de los diversos estados de los equipos, la jerarquía de los

componentes y los fallos que puedan presentar, de esta forma puedan mejorar los servicios ofrecidos a otras empresas, este permitirá definir estrategias eficaces y eficientes para operar los equipos con seguridad, confiabilidad y rentabilidad, beneficiando, por tanto, a todo el sistema de operación de la empresa de servicios, mejorando la disponibilidad de los equipos para que obtenga altos beneficios económicos.

Desde el punto de vista práctico, con el plan de mantenimiento preventivo propuesto, se aumentará la capacidad de generar registros en cada intervención realizada de manera más expedita, manejando un control periódico para futuras inspecciones anticipándose a posibles fallas, con el contenido del plan se podrán reducir diferentes parámetros que afectan los activos de la empresa y su productividad tales como el número de paradas en campo de trabajo, averías en los componentes básicos y costos de mantenimiento e imprevistos.

Desde la perspectiva social y económica, el personal que labora en esta empresa trabajará más seguro y con mayor satisfacción cuando disponen de buenas herramientas y procedimientos correctos de mantenimiento. Por otra parte, servirá para que la empresa SERMI BOMAS, 5, C.A. prolongue la vida útil de los equipos de las empresas que le hace el servicio, y así aminorar tiempos de mantenimiento durante sus labores en las zonas de trabajo y contribuirá con la rentabilidad de la empresa al disminuir costos.

En cuanto al aspecto académico, este estudio permitirá a las investigadoras aplicar los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas que se ofrecen en el desarrollo de la carrera Ingeniería Industrial y poner en práctica las habilidades en el uso de técnicas para proponer un plan de mantenimiento que coadyuve con la reducción de fallas en los equipos de la empresa estudiada.

1.4 Alcance

El alcance de la investigación se circunscribe a una propuesta de diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, cuya finalidad es ofrecer a la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A. un documento que contenga los pasos y estrategias a seguir para disminuir los efectos de las fallas de las bombas centrífugas a clientes de la empresa. Así mismo se hará la propuesta solamente a las bombas centrífugas.

1.5 Limitaciones de la Investigación

En cuanto a las limitaciones, se considera que en esta investigación no existen limitaciones con respecto al acceso de información, que comprometan su desarrollo, ya que la empresa ha

permitido hacer uso de la información interna, debido a que existe un interés en poder mejorar el servicio brindado a los clientes, a su vez hacer una mejora para dar solución a la falta de seguimiento de las reparaciones realizadas, asegurando un mayor índice de calidad en los trabajos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Arias (2012) “el marco teórico de la investigación o marco referencial puede ser definido como el compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación por realizar.”.

2.1 Antecedentes

Los “antecedentes de la investigación se refiere a los estudios previos y tesis de grado relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio.”(Arias 2012)

Negrinho D. Paola (2021) en su trabajo de grado se **tituló “Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria de la empresa “CONCRETOS LOS LLANOS, C.A.”** para optar el título de ingeniero industrial en la universidad José Antonio Páez, donde su objetivo principal fue proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad que facilite el funcionamiento y la disponibilidad del producto, optimizando así los recursos. El trabajo de investigación estuvo enmarcado en la línea de investigación ciencias cognitivas y aplicadas, siguiendo la línea de trabajo de mantenimiento industrial, es un proyecto factible donde se aplicaron indicadores de gestión para que la empresa tenga control sobre sus procesos, de esta manera se disminuyeron los tiempos de parada por falla y se aumentó la productividad.

El aporte para esta investigación tiene que ver con los modelos de diagramas de causa y efecto aplicado a los equipos donde se muestran los síntomas de las fallas.

Así mismo, Fustamante Luis. (2020) realizó un trabajo de grado titulado: **“Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la en la planta chancadora de la empresa ASTALDI-PIURA”**, para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en Chiclayo, Perú. El objetivo general del trabajo fue proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi-Piura. Se trató de un trabajo tipo proyecto factible donde luego de aplicar el análisis modal de fallos y efectos y análisis de criticidad, se elaboró una propuesta de mantenimiento cuya implementación sería capaz de aumentar la eficiencia general de los equipos, la producción y disminuir los costos de mantenimiento. Esta investigación constituye un aporte importante para el análisis modal de efectos y fallas, cálculo de criticidad la maquinaria, vida útil de las máquinas y efectividad global de los equipos, lo cual será aplicado en esta investigación.

También, Villalba D, (2017) presentó su trabajo de grado ante la Universidad Central de Venezuela denominado **“Elaboración y puesta en práctica del programa de mantenimiento preventivo y predictivo para el sistema de vapor y sistemas de refrigeración de la línea de producción de la empresa PANAMCO DE VENEZUELA S.A, PLANTA BOLEÍTA”**, para optar al título de Ingeniero Mecánico, presenta los hallazgos basados en la observación de los equipos que integran dichos sistemas. En cuanto a la verificación de sus condiciones operativas y establecer, según manuales elaborados con bases en las recomendaciones de los fabricantes, la data histórica de los equipos y la experiencia de los operadores y mecánicos de la planta, rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo pretendiendo servir de apoyo al personal involucrado para anticipar, organizar, preparar y planificar las actividades de mantenimiento correctivo de los equipos que presentan indicios de fallas.

En este proyecto las actividades de mantenimiento consideradas se organizaron según su frecuencia de ejecución, y al momento de ser aplicadas, fueron respaldadas por cronogramas y listas de chequeo que ayudan a mantener un control adecuado para lograr el objetivo que se quiere con el mantenimiento preventivo de los equipos. Los resultados obtenidos fueron evaluados según los indicadores de la gestión de mantenimiento, los cuales consideran las actividades preventivas y correctivas realizadas y los efectos en el tiempo operativo de los equipos. El aporte son los logros alcanzados a nivel organizacional y de control de las actividades que permiten reducir los tiempos de paradas de los equipos, gracias a la mejor organización del personal y a la agilización de las actividades de mantenimiento correctivo.

Por último, Holmquist, Yyalu y Ventura, Nelson. (2017) en su trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un plan de mantenimiento a los equipos pertenecientes al área de chasis en el departamento de TCF en la EMPRESA FCA VENEZUELA L.C.C.”**, para optar al título de Ingeniero Industrial en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo. El objetivo general de la investigación consistió en el desarrollo de un plan de mantenimiento para los equipos pertenecientes al área de chasis en el departamento 22 TCF, con la finalidad de eliminar las paradas no planificadas y garantizar el correcto funcionamiento de la empresa FCA Venezuela L.L.C. Se trató de una investigación tipo proyecto factible donde los autores lograron analizar las causas encontradas mediante técnicas de priorización de fallas. En ese mismo sentido, constituye un aporte destacado por la aplicación del diagrama causa-efecto, diagrama de Pareto y técnica del

grupo nominal, para la detección de las principales fallas que afectaban el funcionamiento de los equipos en el área de chasis.

2.2 Bases teóricas

Ortiz (2016)) dice que es importante señalar en el proyecto la estrecha relación entre teoría, el proceso de investigación y la realidad o entorno. Por tanto, los fundamentos teóricos o el marco de referencia, es donde se condensa todo lo pertinente a la literatura que se tiene sobre el tema a investigar

2.2.1 Teorías asociadas a la investigación

2.2.1.1 Teorías de sistemas

La teoría de sistemas o teoría general de sistemas surgió con los trabajos del biólogo alemán Ludwing Von Bertalanffy, publicados entre 1950 y 1968, quien la define como una disciplina del área lógico – matemática cuya tarea es la formulación y derivación de principios que son aplicables a todos los sistemas, indistintamente de su condición, naturaleza y relación entre los elementos que lo componen. (Estrada, 1996).

La teoría general de sistemas se plantea entonces como un instrumento para acercarse a la realidad, cualquiera que sea esta. Afirma que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas sólo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes.

2.2.1.2 Teorías de restricciones

La Teoría de las Restricciones es una metodología al servicio de la gerencia que permite direccionar la empresa hacia la consecución de resultados de manera lógica y sistemática, contribuyendo a garantizar el principio de continuidad empresarial. La TOC tiene su origen en programas fundamentales en la programación lineal, siendo utilizada inicialmente en el ambiente de fábrica. Fue desarrollado por el físico israelí Eliyahu Goldratt, quien comenzó a analizar problemas de negocios casi que de manera casual llegando a desarrollar unos de los métodos mas utilizados hoy en día para resolver problemas de varios indoles.

2.2.1.3 Teoría de gestión organizacional

Rensis Likert, investigador conocido en el mundo por sus trabajos de psicología organizacional, debe su reputación a la elaboración de cuestionarios e investigaciones sobre procesos administrativos. Para Brunet (1999), las teorías de Likert son más completas, por su nivel de explicación y extrapolación. Esta teoría de clima organizacional permite estudiar la naturaleza del

clima y su papel en la eficiencia organizacional, observándose términos de causa y efecto en la naturaleza del clima y analiza el papel de las variables que lo componen. Donde los cuatro factores principales que influyen sobre la percepción individual del clima se definen como:

- Los parámetros ligados al contexto, a la tecnología y a la estructura misma del sistema organizacional.
- Posición jerárquica que el individuo ocupa, así como el salario que gana.
- Factores personales, tales como personalidad, actitudes y el nivel de satisfacción.
- Percepción que tienen los subordinados, los colegas y los superiores del clima.

Para Likert, el comportamiento de los subordinados es causado, en parte, por el comportamiento administrativo y por las condiciones organizacionales que éstos perciben y, en parte, por sus informaciones, sus percepciones, sus esperanzas, sus capacidades y sus valores. La reacción de un individuo ante cualquier situación siempre está en función de la percepción que tiene de ésta. Lo que cuenta es cómo ve las cosas y no la realidad objetiva. Si la realidad influye sobre la percepción, es la percepción la que determina el tipo de comportamiento que un individuo va adoptar. En este orden de ideas, es posible separar los cuatro factores principales que influyen sobre la percepción individual del clima y que podrían también explicar la naturaleza de los microclimas dentro de la organización.

De una forma más específica, hay tres tipos de variables que determinan las características propias de una organización: las variables causales, las variables intermediarias y las variables finales.

Variables Causales: Son variables independientes que determinan el sentido en que una organización evoluciona, así como los resultados que obtiene. Éstas no incluyen más que las variables independientes susceptibles de sufrir una modificación proveniente de la organización de los responsables de ésta. Aunque la situación general de una empresa, representante de una variable independiente, no forma parte, por ejemplo, de las variables causales, éstas, en cambio, comprenden la estructura de la organización y su administración; reglas, decisiones, competencia y actitudes. Las variables causales se distinguen por dos rasgos esenciales: 1. Pueden ser modificadas o transformadas por los miembros de la administración que pueden también agregar nuevos componentes. 2. Son variables independientes (de causa y efecto). En otras palabras, si éstas se modifican, hacen que se modifiquen las otras variables; si estas permanecen sin cambios, no sufren generalmente la influencia de las otras variables.

Variables Intermediarias: Estas variables reflejan el estado interno y la salud de una empresa, por ejemplo, las motivaciones, las actitudes, los objetivos de rendimiento, la eficacia de la comunicación y la toma de decisiones, entre otros. Las variables intermediarias son, de hecho, las constituyentes de los procesos organizacionales de una empresa.

Variables Finales: Son las variables dependientes que resultan del efecto conjunto de los dos precedentes. Estas variables reflejan los resultados obtenidos por la organización; son, por ejemplo, la productividad, los gastos de la empresa, las ganancias y las pérdidas. Estas variables constituyen la eficacia organizacional de una empresa. La combinación de estas variables y la interacción que entre ellas se da determina dos grandes tipos de clima organizacional, o de sistemas, que a su vez se subdividen. Los climas así obtenidos se sitúan sobre un continuo que parte de un sistema muy autoritario a un sistema muy participativo. Estas variables permiten identificar dos grandes tipos de clima: Autoritarismo y Participativo.

Tabla 1

Similitud entre las Teorías sobre Comportamiento Organizacional

Supuestos Básicos sobre la Conducta Humana	Sistema Abierto/Cerrado	Teoría de los Sistemas
Teoría X	Cerrado	Administrativos de Likert Autocrático Explotador Autocrático Paternalista
Teoría Y	Abierto	Consultivo Participativo de grupo

Fuente: Brunet (1999).

Clima Tipo Autoritarismo

Sistema I: Autoritarismo Explotador: Aquel tipo de clima organizacional donde los gerentes no tienen confianza de sus empleados, las decisiones y objetivos son impuestos por la dirección y la comunicación es muy escasa. El clima de trabajo es hostil y de tensión, hay amenazas y ocasionales recompensas. Se considera como un clima estable, donde la comunicación entre la dirección y sus empleados es bajo la forma de directrices e instrucciones específicas. Bajo este clima por lo general se desarrollan organizaciones informales y opuestas a los objetivos de las organizaciones formales.

Sistema II: Autoritarismo Paternalista: En este clima la dirección tiene una confianza condescendiente en los empleados, las decisiones en su mayoría se toman en la dirección, dejando algunas decisiones menores en los escalafones inferiores. El sistema de recompensas – castigos son los métodos utilizados para la motivación de los trabajadores, quienes son precavidos en la interacción con sus superiores. Bajo este tipo de clima, el ambiente de trabajo se muestra estable y estructurado donde se desarrolla una organización informal. En este tipo de clima la dirección mantiene centralizados los procesos de control.

Clima Tipo Participativo

Sistema I: Consultivo: En este tipo de clima la dirección tiene confianza en sus trabajadores, las políticas y las decisiones se toman en la cúspide, dejando que en los niveles inferiores se tomen decisiones más específicas. La comunicación es en línea descendente y se trata de satisfacer las necesidades de prestigio y de estima de los individuos. La interacción superior – subordinado es muchas veces de un alto nivel de confianza, los procesos de control están distribuidos en los niveles jerárquicos de la organización. Este tipo de clima es un ambiente dinámico, con administración sobre la base de objetivos organizacionales, sin embargo es posible que se desarrolle una organización informal que pudiera resistirse o no a los objetivos de la organización formal.

Sistema II: Participativo en Grupo: En este tipo de clima la dirección tiene plena confianza en sus empleados, las tomas de decisiones están distribuidas en toda la institución e integrados a cada uno de los niveles jerárquicos de la organización. La comunicación es en línea descendente, ascendente y lateral. La participación de los empleados los mantiene motivados, por el establecimiento de objetivos, la evaluación de su rendimiento en función de los objetivos. El personal de dirección y todos los empleados forman un equipo para alcanzar los fines y los objetivos que se establecen bajo la forma de planificación estratégica.

2.2.2 Gestión de mantenimiento

En todo mantenimiento se busca tener la eficiencia con que la gestión contribuye para poder alcanzar la producción total mediante el desarrollo de capacidades y la fiabilidad de las diferentes industrias, esto se demuestra al maximizar la vida útil de los equipos y máquinas. (Mora Gutierrez, 2010).

2.2.3 Mantenimiento

El mantenimiento se define comúnmente como las acciones que identifican y disminuyen la degradación de un elemento funcional o que restaura las condiciones de diseño de un equipo que se ha averiado. Conforme a la norma Covenin (3049-93) el mantenimiento se define como “El conjunto de acciones que permite restaurar o conservar un sistema productivo en un estado específico para cumplir con un servicio determinado”. También podemos referirlo como un conjunto de actividades que relacionan la gerencia, almacén, administración y calidad con el objeto de preservar los bienes, equipos e instalaciones.

2.2.3.1 Mantenimiento Preventivo

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados (Morales 2008)

El principal objetivo 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 pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos habituales para determinar qué procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares. El mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se reducen los mantenimientos correctivos (emergencias). Y en fin para la conclusión debe ser esto para el arreglo de máquinas y también para que se sepan dañar muy pronto las máquinas herramientas y maquinas electrificadas

➤ **Tipos de mantenimiento preventivos**

El mantenimiento preventivo se puede realizar según distintos criterios:

El mantenimiento programado, las revisiones se realizan por tiempo, kilometraje, horas de funcionamiento, etc. Así si ponemos por ejemplo un automóvil, y determinamos un mantenimiento programado, la presión de las ruedas se revisa cada tres meses, el aceite del motor se cambia cada 10 000 km, y la correa de distribución cada 90 000 km.

El mantenimiento predictivo, trata de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones mediante un seguimiento que determine el periodo máximo de utilización antes de ser reparado.

El mantenimiento de oportunidad es aquel que se realiza aprovechando los periodos de no utilización, evitando de este modo parar los equipos o las instalaciones cuando están en uso. Volviendo al ejemplo del automóvil, si utilizamos el auto solo unos días a la semana y pretendemos hacer un viaje largo con él, es lógico realizar las revisiones y posibles reparaciones en los días en los que no necesitamos el coche, antes de iniciar el viaje, garantizando de este modo su buen funcionamiento durante el mismo.

Mantenimiento Preventivo con base en las condiciones: Se lleva a cabo en base a las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando sus parámetros claves de operación. (ver figura 2).

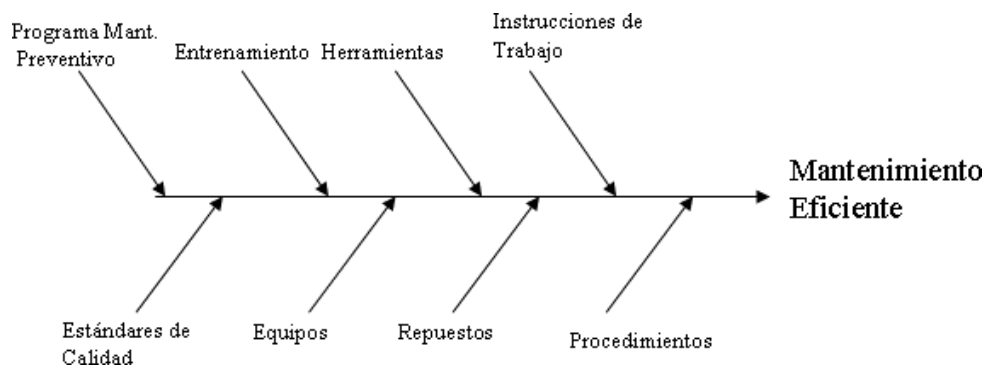


Figura 2. Diagrama de causa-efecto para el mantenimiento eficiente

Fuente. Gómez Z, Gabriel y González O, Carlos (2005)

El mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) consiste en desarrollar un plan de mantenimiento que facilite la identificación de fallas, programando distintas acciones predictivas que ayuden a prevenir que los sistemas utilizados se deterioren.

2.2.3.2 Ventajas del mantenimiento preventivo

- ✓ Disminución del número de fallas y ahorro de recursos por esta misma razón.
- ✓ Disminución de actividades de mantenimiento correctivo.
- ✓ Minimiza el impacto de las fallas presentadas.
- ✓ Mejor conservación del equipo a través de la vigilancia y control continuo.
- ✓ Incremento de la vida útil del equipo.
- ✓ Minimización de pérdidas por productos rechazados.
- ✓

2.2.3.3 Desventajas de un Mantenimiento preventivo

- ✓ Para que el mantenimiento preventivo provea sus ventajas a la organización es necesaria la inversión en la formación del personal, ya que de lo contrario errores en la ejecución de tareas acarrea daños mayores.
- ✓ Evidenciar los frutos del programa de mantenimiento preventivo toma tiempo, cualquier persona que espera los beneficios completos del mantenimiento en forma rápida se desalentará.

2.2.4 Mantenimiento preventivo RCM

RCM consiste en desarrollar un plan de mantenimiento que facilite la identificación de fallas, programando distintas acciones predictivas que ayuden a prevenir que los sistemas utilizados se deterioren. Es primordial conocer y eliminar los distintos modos de fallas de las máquinas las cuales estas pueden llegar a tener. En este tipo de mantenimiento es importante el trabajo en equipo y que la empresa esta cien por ciento identificada con este método para que este sea efectivo.

2.2.4.1 Objetivo del RCM y fases del proceso

El RCM se utiliza para aumentar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de los planes de mantenimiento en industrias o compañías. Gracias a este método se puede mejorar las funciones de los equipos evitar a través de distintos mecanismos las fallas producidas por actos personales o por el excesivo uso y abuso de las maquinas. El mantenimiento basado en la confiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con determinadas acciones preventivas. (ver cuadro 1)

Cuadro 1 Fases del RCM

FASES	ACTIVIDADES
I	Codificación y listado de los diferentes equipos, esquemas, diagramas
II	Estudio detallado del funcionamiento del sistema en conjuntos y de cada equipo que componen los distintos sistemas.
III	Determinas los fallos técnicos y fallos funcionales
IV	Determinar cómo fallaron los equipos.
V	Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo los cuales se clasifican en fallos críticos, importantes y tolerables.
VI	Determinar las medidas preventivas las cuáles serán las aplicadas

VII	Administrar las medidas preventivas en sus distintas categorías a través de lista de mejoras, planes de formación entre otras.
VIII	Poner en marcha las medidas preventivas

Fuente Mago y Meza (2022)

2.2.5 Bombas centrífugas

La bomba centrífuga, es también denominada bomba rotodinámica, actualmente es la máquina más utilizada para bombear fluidos incompresibles (líquidos). Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba centrífuga que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete o impulsor, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa (voluta) o cuerpo de la bomba. Debido a la geometría del cuerpo, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente impulsor. Son máquinas basadas en la Ecuación de Euler.

Las Bombas Centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras (ver figura 3)

- Por la dirección del flujo en: radial, axial y mixto.
- Por la posición del eje de rotación o flecha en: horizontales, verticales e inclinados.
- Por el diseño de la coraza (forma) en: voluta y las de turbina.
- Por el diseño de la mecánico coraza en: axialmente bipartidas y las radialmente bipartidas.
- Por la forma de succión en: sencilla y doble.



Figura 3: Bomba centrífuga

Fuente: Payri Martín, S. Ruiz Rosales, J.R. Serrano Cruz. (2003)

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido

es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en pascales Pa, metros de columna de agua m.c.a. o o pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aún más, porque las primeras bombas se dedicaban a subir agua de los pozos desde una cierta profundidad (o altura).

2.2.6. Funcionamiento de una bomba centrífuga

Las bombas centrífugas son máquinas denominadas "receptoras" o "generadoras" que se emplean para hacer circular un fluido en contra de un gradiente de presión. Para que un fluido fluya desde donde hay mayor presión hasta donde hay menos presión no se necesita ningún gasto de energía (Por ejemplo: un globo desinflándose, o un líquido desplazándose desde donde la energía potencial es mayor hasta donde es menor) pero, para realizar el movimiento inverso, es necesaria una bomba, la cual le comunica al fluido energía, sea de presión, potencial o ambas. Para esto, necesariamente se tiene que absorber energía de alguna máquina motriz, ya sea un motor eléctrico, uno de combustión interna, o una turbina de vapor o gas, etc.

Como anteriormente se ha mencionado, las bombas centrífugas están dotadas principalmente de un elemento móvil: el rotor, rodete, o impulsor. Es el elemento que transfiere la energía que proporciona el motor de accionamiento al fluido. Esto sólo se puede lograr por un intercambio de energía mecánica y, en consecuencia, el fluido aumenta su energía cinética y por ende su velocidad. La figura 4 muestra las partes de una bomba centrífuga, donde 1a carcasa o cuerpo de la bomba, 1b cámara de la bomba, 2 rodete o impulsor, 3 cajera del cierre del eje, 4 camisa del cierre del eje, 5 soporte y carcasa de rodamientos, 6 eje.

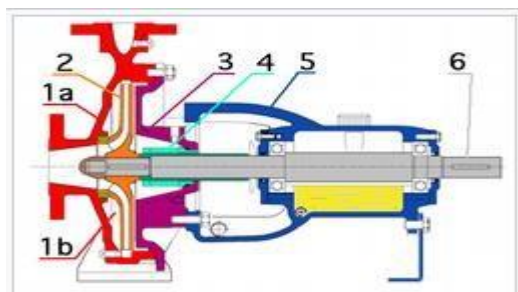


Figura 4: Partes de una bomba centrífuga

Fuente. Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

Además, por el hecho de ser un elemento centrífugo, aparece un aumento de presión por el centrifugado que se lleva a cabo al circular el fluido desde el centro hasta la periferia. Una partícula que ingresa y toma contacto con las paletas en 1(ver figura 5) comenzará a desplazarse, idealmente, contorneando la paleta (En realidad, esto sería estrictamente cierto si hubiera un número muy alto de paletas, más adelante se detalla que sucede cuando hay pocas) Como al mismo tiempo que se va separando del eje el impulsor rota, la partícula a cada instante aumenta su radio y se mueve en el sentido de la rotación (Anti horario en el ejemplo), por lo que su trayectoria, vista desde el exterior, resultará una espiral como la ilustrada en punteado, y saldrá luego por 2.

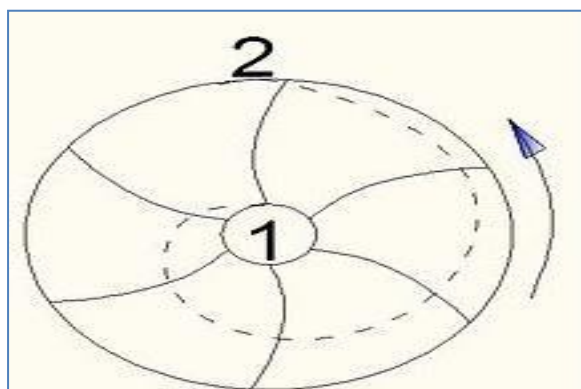


Figura 5 Desplazamiento de una partícula al ingresar por el centro del impulsor

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

El fluido que se bombea entra continuamente a través de la boquilla de succión de la bomba en el centro del impulsor. A partir de aquí, se acelera en dirección radial hasta el borde del impulsor, donde drena hacia la carcasa. La corriente de fluido se acelera por el empuje que las palas del impulsor, gracias a su curvatura, transmiten a la corriente misma. De esta manera, el

fluido adquiere energía, principalmente en forma de un aumento en su velocidad promedio (energía cinética). Dentro de la carcasa, el líquido se ralentiza adecuadamente gracias a la sección de crecimiento gradual en la dirección del movimiento (ver figura 6)

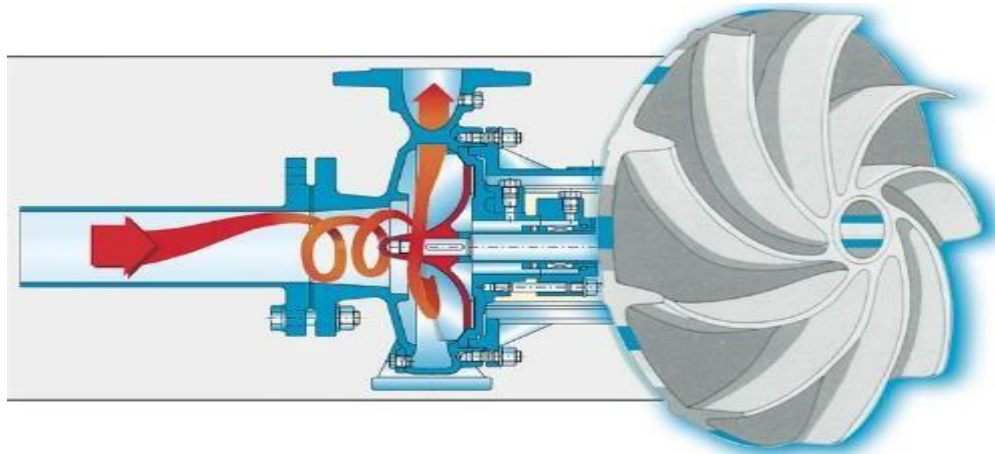


Figura 6 Desplazamiento del fluido dentro de la bomba centrífuga

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

2.3 Bases legales

En Venezuela, las leyes en las empresas son indispensables para la seguridad del trabajador, las leyes que se relacionan con la seguridad e higiene ocupacional son: La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, el Reglamento de Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo, la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), las Normas COVENIN y la Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01-2008). Estas leyes comprenden los lineamientos que deben cumplirse en materia de trabajo seguro y saludable, así como las medidas de prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales.

2.3.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

La República Bolivariana de Venezuela cuenta con un documento legal vigente como lo es la Constitución, que busca establecer un orden y una organización para la sociedad venezolana. La misma se encuentra formada por artículos y a su vez ordenados en títulos y capítulos. Con relación al tema de Higiene y Seguridad en el trabajo la Constitución en su Artículo 87 establece lo

siguiente:

Artículo 87. Toda persona tiene derecho al trabajo y el deber trabajar. El Estado garantizará la adopción de las medidas necesarias a los fines de que toda persona pueda obtener una ocupación productiva, que le proporcione una existencia digna y decorosa y le garantice el pleno ejercicio de este derecho. Es fin del Estado fomentar el empleo. La ley adoptará medidas tendentes a garantizar el ejercicio de los derechos laborales de los trabajadores y trabajadoras no dependientes. La libertad de trabajo no será sometida a otras restricciones que la ley establezca. Todo patrono o patrona garantizará a sus trabajadores y trabajadoras condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados. El Estado adoptará medidas y creará instituciones que permitan el control y promoción de estas condiciones.

2.3.2. Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT)

Ley promulgada el 26 de julio del 2005, publicada en Gaceta Oficial N° 38.236; el objetivo de la misma es establecer un régimen de seguridad y salud en el trabajo que les garantice a los trabajadores y trabajadoras condiciones adecuadas en un medio ambiente de trabajo propicio para el ejercicio de las facultades mentales y físicas, promulgando para ello en su primer artículo:

Artículo 1: El objeto de la presente Ley es:

1. Establecer las instrucciones, normas y lineamientos de las políticas y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, la reparación integral del daño sufrido y la promoción e incentivo al desarrollo de programas para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
2. Regular los derechos y deberes de los trabajadores y trabajadoras y de los empleadores y empleadoras, en relación con la seguridad, salud y ambiente de trabajo; así como lo relativo a la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.
3. Desarrollar lo dispuesto en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y el Régimen Prestacional de Seguridad y Salud en el Trabajo establecido en la Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social.
4. Establecer las sanciones por el incumplimiento de la normativa
5. Normar las prestaciones derivadas de la subrogación por el Sistema de Seguridad Social de responsabilidad material y objetiva de los empleadores y empleadoras ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional.
6. Regular la responsabilidad del empleador y de la empleadora y sus representantes ante la ocurrencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional cuando existiere dolo o negligencia de su parte.

Es importante destacar, que las disposiciones de la presente ley son de orden público, en concordancia con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Aunado a esto, esta ley contempla que tanto trabajadores y trabajadoras como empleadores deben estar informados de sus derechos y deberes en materia de seguridad, salud y ambiente de trabajo, tal como lo establece la ley en su Artículo 53.

2.3.3. Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo

Del Reglamento parcial de la LOPCYMAT es importante mencionar los siguientes artículos:

Artículo 80: Establece que toda empresa, establecimiento, faena, cooperativa y otras formas de asociación debe diseñar una política y elaborar e implementar un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo específico y adecuado a los procesos de trabajo realizado por el centro de trabajo.

Artículo 81: Refiere que el proyecto o propuesta del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo deberá ser elaborado por el Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa. Dicho proyecto luego sería sometido a consideración por el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual lo aprobará o solicitará su revisión. Finalmente, dicho deberá ser aprobado por el INPSASEL

2.3.4. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)

Es un organismo creado en el año 1958 encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y calidad en el país. Son de carácter obligatorio y buscan regular el control y mejoramiento de las condiciones de trabajo, así como de reglamentar las formas de operar de manera segura y normalizar los requisitos que deben tener las guardas o dispositivos de protección de maquinarias, el ambiente y el hombre.

Para desarrollar los objetivos de la presente investigación se seguirán los lineamientos estipulados en las siguientes normas COVENIN: Iluminancia en tareas y áreas de trabajo (2249-93), Ruido Ocupacional, Programa de Conservación Auditiva, Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación (1565-95), Ventilación de los Lugares de Trabajo (2250:2000).

2.3.5. Norma Técnica Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (NT-01- 2008)

El Ministerio del Poder Popular para el Trabajo y Seguridad Social es el organismo que se encargó de la aprobación de la norma el 01 de diciembre del 2008, la cual fue presentada por el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad laborales (INPSASEL). El objetivo principal

de esta norma es el siguiente:

Establecer los criterios, pautas y procedimientos fundamentales para el diseño, elaboración, implementación, seguimiento y evaluación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el fin de prevenir accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales en cada empresa, establecimiento, unidad de explotación, faena, cooperativa u otras formas asociativas comunitarias de carácter productivo o de servicios, específico y adecuado a sus procesos de trabajo, persigan o no fines de lucro, sean públicas o privadas, de conformidad a lo establecido en la LOPCYMAT y su Reglamento Parcial y el Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Además, establece mecanismos para la participación activa y protagónica de las trabajadoras y los trabajadores en las mejoras, así como para la supervisión continua de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

2.4 Definición de términos

Condiciones: Son el conjunto de circunstancia que determinan el estado de una cosa.

Confiabilidad: La confiabilidad de un equipo se puede medir a partir de las frecuencias de fallos, lo cual nos permitirá realizar predicciones de fallos por medio de cálculos de distribuciones de probabilidad

Corregir: Hacer una modificación necesaria en alguna falla para lograr que disminuya o desaparezca un defecto o una alteración.

Cumplimiento: Es la acción de cumplir, es lograr una meta trazada o una idea a ejecutar en el tiempo determinado.

Falla: Una falla se produce cuando hay un desgaste o deterioro natural del equipo debido al tiempo de uso

Pieza: Cada parte que conforma un conjunto.

Plan: Es el programa en el que se detalla cómo llevar a cabo una idea, el modo y el conjunto de como ejecutarla

Prevenir: Tomar precauciones por adelantado para evitar daños, riesgos o peligros.

Procedimiento: Es el método para tramitar un plan o una idea ya establecida.

Programación: Es la acción de programar, establecer o planificar el programa de una serie de actividades

Tareas operativas: Actividades en las que las personas aplican su conocimiento técnico y utilizan herramientas físicas para modificar el estado actual de un elemento objeto del mantenimiento

Tiempo de parada: Todo el tiempo en que un activo está dejando de efectuar sus funciones en la manera en que se desea que las efectúe. Tiempo en que su producción se detiene. Incluye el tiempo en que el activo recibe mantenimiento y el tiempo en que es puesto de vuelta en marcha

CAPÍTULO III

MARCOMETODOLÓGICO

Toda investigación debe estar fundamentada por un marco metodológico, pues este es de gran importancia, ya que su planteamiento adecuado garantiza que las relaciones que se establecen y los resultados o nuevos conocimientos obtenidos tengan el mismo grado de exactitud y confiabilidad, para Arias F(2012) establece que “ la metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación ”(p.45)

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación, corresponde con el enfoque cuantitativo. Huffman, D. (2007). expone; “la investigación cuantitativa tiene sus bases en las ciencias naturales y la única forma de llegar a la veracidad de la investigación era a través de la medición de sus variables, en nuestros tiempos estas prácticas se suele notar de manera cotidiana, a tal punto, que los investigadores o tesisas no muestran una diferencia entre desarrollar una investigación y construir un instrumento documental” (p. 121). Así, pues en el presente estudio se analizan variables que se expresan en forma numérica, se elaboran tablas con datos, y luego se realiza el análisis matemático y estadístico que da base a conclusiones y recomendaciones.

3.2 Tipo de investigación:

De acuerdo a la naturaleza y características del problema objeto de estudio, esta investigación se enmarcará dentro de la investigación aplicada o proyecto factible, por cuanto a través del desarrollo se propondrán alternativas o propuestas en torno al diseño e implementación de sistema en mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa de mantenimiento de bombas centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A. Balestrini (2012), Define el Proyecto Factible como “una proposición sustentada en un Modelo Operativo factible, orientada a resolver un problema planteado o a satisfacer necesidades en una institución o campo de interés nacional”.

Según el manual de la UPEL (2003) el proyecto factible “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.

3.3 Diseño de la investigación:

En el manual de la UPEL (2016), se define a la investigación de campo como:

El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes; explicar causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios.

Este estudio constituye una investigación con diseño de campo ya que se recopilará la información en forma directa, es decir de la realidad del problema, de esta manera se puedan obtener datos primarios, con los aportes cuantitativos y cualitativos que denota el objeto de estudio. De igual manera la investigación también estará apoyada en una revisión documental. Para Arias (2006), la Investigación Documental, “es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”.

En tal sentido esta investigación tuvo apoyo documental porque se manejaron diversos tipos de documentos bibliográficos como antecedentes tomados de la biblioteca virtual de la institución estudiantil, fuentes de sitios web y citas de autores que se encuentran en las bibliografías a través de los cuales se logró recolectar información necesaria para el estudio a realizar.

3.4 Nivel de la investigación:

El nivel de la investigación fue de carácter descriptivo porque se trabaja sobre realidades de hechos y sus características fundamentales de presentar una interpretación correcta. Esta incluye el estudio de casos, causa y desarrollo.

Esta investigación ejecuta acciones para modificar un evento recogiendo información durante el proceso, para detectar el problema planteado, describe en su fase descriptiva situación preocupante con el propósito de reorientar las actividades para introducir mejoras durante el proceso.

El propósito de esta investigación se basará en proponer el diseño de un sistema en mantenimiento centrado en la confiabilidad y mantenimiento preventivo en bombas centrífugas recepcionados de los diferentes clientes de la empresa. Este estudio estará orientado a contribuir con el mejoramiento y conservación de los equipos que conforman una bomba, generando cambios masivos que contribuya a satisfacer necesidades pertinentes de los usuarios agregando una mayor esperanza de vida o vida útil del equipo, para mejorar la efectividad de la producción. Para esto se

hizo necesario realizar un diagnóstico, inspección, revisión de la situación actual que presentan los elementos y componentes de los equipos utilizados por la empresa para hacer mantenimiento a las bombas.

3.5 Población y Muestra:

- **Población:**

Para Balestrini (2012), se entiende por población “...cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar, alguna o algunas de sus características” (Pág. 122).

En el caso objeto de estudio, la población está constituida por las bombas Centrifugas a las cuales les hace mantenimiento la empresa.

- **Muestra:**

De la población señalada se tomará en cuenta una muestra no probabilística, la cual según Hernández (2014), corresponde al “tipo de muestra cuya selección no depende de que todos tengan la misma probabilidad de ser elegidos, sino de la decisión de un investigador o grupo de encuestadores” (Pág. 226). Para esta investigación la muestra son las bombas centrífugas, tratándose de una muestra muestral se seleccionaron este tipo de bombas ya que son las más utilizadas

3.6 Técnicas de Recolección de Datos:

La técnica se define como un conjunto de procedimientos y métodos que se utilizan durante el proceso de investigación, con el propósito de conseguir la información pertinente a los objetivos formulados en una investigación (Arias. 2012; 376).

3.6.1 Observación directa.

Según (Arias. 2012). “La observación es una técnica que se debe emplear para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables.”.

Esta técnica se aplicará en forma directa e indirecta. Directa a propósito de observar y recoger información dentro de la empresa a estudiar y de manera indirecta mediante la utilización de instrumentos que permitirán conocer la problemática subjetivamente desde adentro, produciendo una mayor proximidad con la realidad.

3.6.2 Encuesta

Según Tamayo y Tamayo (2008: 24), la encuesta “es aquella que permite dar respuestas a problemas en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida sistemática de información según un diseño previamente establecido que asegure el rigor de la información obtenida”. Así mismo, pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismo, o en relación con un tema particular.

3.6.3 Revisión Documental:

A través de la revisión documental, según Hernández (2014), se recopila información de fuentes secundarias como libros, documentos, normas, leyes. De manera de obtener información útil que nos permita profundizar conocimientos existentes en el área, lo que mejora el desarrollo de las bases teóricas con las que se van a trabajar.

3.6.4. Revisión bibliográfica

Galvés (2008) define la revisión bibliográfica como

“la selección de los documentos disponibles sobre el tema, que contienen información, ideas, datos y evidencias por escrito sobre un punto de vista en particular para cumplir ciertos objetivos o expresar determinadas opiniones sobre la naturaleza del tema y la forma en que se va a investigar, así como la evaluación eficaz de estos documentos en relación con la investigación que se propone”.

3.7 Instrumentos de recolección de datos

Del mismo modo, los instrumentos de recolección de datos, Arias, F. (2012) los define como, “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68). Para la observación directa se tienen los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- grabador de celular: Se utilizo para resguardar la información brindada por la empresa.
- registros fotográficos: fueron las fotos tomadas directamente en los procesos de la empresa.

Para la encuesta se usó un cuestionario, según Tamayo y Tamayo (2008: 124), señala que “el cuestionario contiene los aspectos del fenómeno que se consideran esenciales; permite, además, aislar ciertos problemas que nos interesan principalmente; reduce la realidad a cierto número de datos esenciales y precisa el objeto de estudio”

3.8 Validación del instrumento

La validez del instrumento, de acuerdo a Palella, S. y Martins, F. (2012) se define como “La ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir”. (p. 172). Esta valoración se determina mediante la técnica del juicio de experto, se requirió la aprobación de dos profesionales expertos en el desarrollo de proyectos de investigación, donde se evaluó la validez de las preguntas a realizar, en función de la claridad, objetividad y cumplimiento del objetivo de la misma, logrando así proporcionar un enfoque mucho más realista al proceso. (Ver anexos C, D y E).

3.9 Técnica de análisis de Datos

Con respecto al análisis de datos, es de gran importancia para la Interpretación de la información, entendimiento del problema de estudio y la sustentación de la propuesta. N este particular Tamayo y Tamayo (2012), la definen como: "todos los datos que tienen su significado únicamente en función de la interpretación que les da el investigador" (p. 181). En esta fase se utilizara el análisis cuantitativo en base a los datos obtenidos mediante los instrumentos de recolección de datos y herramientas descritas.

3.10 Fases de la investigación

Fase I Diagnóstico de la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A

Para realizar esta fase se hará una descripción de la empresa, su ubicación. Aplicando la técnica de la observación directa se obtuvo la descripción de los procesos actuales de mantenimiento, así como la descripción de las áreas destinadas a el mantenimiento de las bombas centrífugas. También se realizará una descripción de los equipos y herramientas a utilizar en el mantenimiento de las bombas.

Aplicando la técnica de revisión documental se analizarán los procesos de recepción, ordenes de trabajo, procesos de almacén y proceso de despacho. Finalmente, e aplicará la técnica de la encuesta la cual permitirá evaluar el conocimiento del personal que labora en el taller sobre el mantenimiento preventivo

Fase II Análisis de los elementos de la metodología de la criticidad como estrategia para elaborar el plan de mantenimiento de las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

Tomando como herramienta el diagrama de causa y efecto se tomarán los datos de los equipos, sus componentes, fallas presentadas. Luego se estudiará la criticidad de los equipos,

previa verificación de la necesidad de la empresas de aplicarle el diseño de un plan de mantenimiento preventivo. El estudio de la criticidad indicará los equipos de mayor importancia en el proceso de trabajo de las bombas centrífugas.

Fase III Elaboración plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas centrífugas de la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A.

Al finalizar el proceso anterior, se debe documentar todos los procedimientos realizados durante la inspección, con el objetivo de evidenciar y mantener un control sobre las instrucciones que se deben seguir. Al tener los datos recopilados se tendrán herramientas suficientes para realizar un mantenimiento a los equipos o crear una guía que establezca los procedimientos a seguir cuando el equipo presente algún tipo de falla o simplemente se necesite prolongar la vida de este. Después se elaborará el plan de mantenimiento para cada uno, en base a la confiabilidad que abarca la criticidad.

Fase IV Evaluación de la Factibilidad económica, técnica, operativa, social y ambiental del Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

Ya elaborado el plan de mantenimiento, se realizará el estudio de la factibilidad económica, técnico, operativa, social y ambiental para definir si la propuesta es viable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se desarrollaron las cuatro fases, desde el diagnóstico de la situación actual, los procesos llevados a cabo, el desarrollo de la propuesta y por último el estudio de la factibilidad. Este capítulo busca dar solución a la problemática planteada, debido a que se trata de una propuesta, la implementación de la misma queda a elección de la empresa, más sin embargo debe estudiarse la posibilidad de poder desarrollar el mismo.

4.1 Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A

Primeramente, se debe conocer a la empresa Sermi bombas, esto con el fin de entender sus procesos productivos desde la recepción hasta la entrega de los equipos, los programas de trabajo que maneja y las condiciones propias a las que está sometida una bomba bajo su reparación, tiempos asociados y demás puntos de interés, que ayudan a la identificación de mejoras aplicables al proceso actual.

Para esta fase se utilizó un check list (ver Anexo C) para evaluar la condición actual de la empresa referente a las condiciones propicias para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, se utilizaron 10 items que buscaban evaluar cada aspecto sobre los conocimientos referentes a la programación de un plan de mantenimiento basado en la criticidad o confiabilidad, los resultados que se pudieron obtener fue que los operarios aunque si bien conocían los parámetros básicos de un mantenimiento preventivo no contaban con ciertos aspectos para su aplicación, evaluado este punto se procede a estudiar otros aspectos de interés .

4.1.1 Descripción de la empresa

SERMI BOMBAS 5, C.A. es una empresa de metalmecánica (empresa encargada de mecanizado de piezas o tareas realizadas al mantenimiento de equipos) venezolana, de capital privado, especializada en el servicio y mantenimiento de equipos rotativos, prestándole servicio a grandes infraestructuras.

Es importante mencionar, que la empresa SERMI BOMBAS 5, C.A., fundada en Venezuela a principios del año 2016, cuenta con la experiencia y el soporte técnico de última calidad. Con el firme propósito de convertirse en líder mundial en servicio y mantenimiento de

equipos rotativos. Contando con personal capacitado, herramientas tecnológicas que sirven como soporte a los trabajos realizados en la empresa logrando trabajos de calidad, esto le ha servido a la empresa para obtener clientes de talla nacional e internacional.

4.1.2 Descripción del procedimiento actual del mantenimiento de bombas centrifugas

De la descripción del procedimiento para la realización del trabajo se tiene una serie de pasos que la empresa sigue para garantizar que se haga las tareas necesarias desde su transporte y recibimiento, así como la entrega final del mismo esta serie de pasos se dispone de la siguiente manera:

A.-Petición de oferta: Es el documento que informa la cantidad de equipos y/o servicios a realizar o reparar por parte de la contratista.

B.-Traslado del equipo al taller de Sermi Bombas: Se procede a hacer el traslado de los equipos al taller externo de SERMI BOMBAS 5, C.A.

C.-Desarme del equipo: Se procede a desarmar el equipo, para saber el estado en el que se encuentra el mismo.

D.-Enviar presupuesto: Luego de saber lo que EP solicita y las condiciones encontradas se procede a enviar el presupuesto del servicio.

En el mismo se va indicar: Nombre de la planta, servicio a realizar, serial, código, número de petición de oferta, nombre del comprador por parte de ep, fecha, presupuesto en bolívares y dólares.

E.-Número de pedido: Es la aprobación del presupuesto por parte de EP

F.-Compra de partes y/o componentes, armar y pintar el equipo: Luego de tener la aprobación de EP se procede a trabajar en el equipo

H.-Entrega del equipo: Se procede a entregar el equipo, acompañado de la factura, nota de entrega, autorización de salida e informe técnico

A continuación, se presentará un diagrama para mostrar gráficamente el proceso. (Ver figura 7).

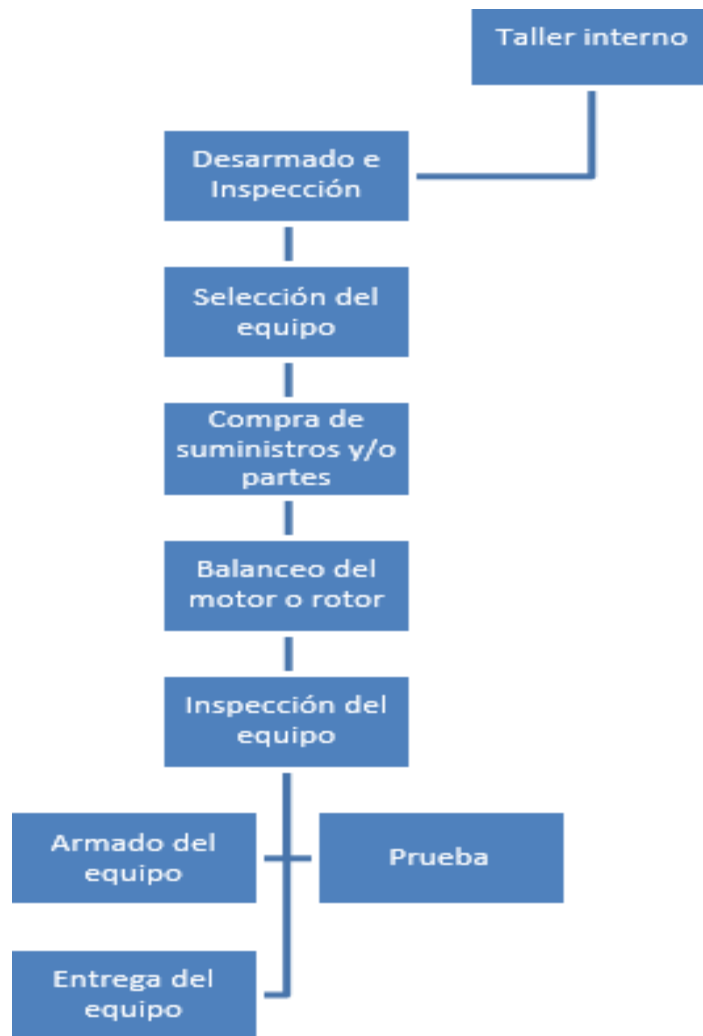


Figura 7. Descripción General del Proceso

Fuente: SERMI BOMBAS 5, C.A. (2021)

4.1.3 Descripción el área de trabajo para realizar el mantenimiento de bombas centrifugas

Se procedió a realizar el diagnóstico de la empresa encontrándose:

➤ **Área de Recepción:** Se verifica que todos los equipos recibidos coincidan con las ordenes de trabajo, verificando serial e ID parte (placa que identifica al equipo, esta la coloca el fabricante), se lleva un registro de las entradas y salidas de equipos donde debe ser anotado las fechas y cualquier imprevisto u observación necesarias además de llevar un registro fotográfico de cómo se recibió el equipo y como se entrega.

➤ **Área de Almacén:** En esta área se deben colocar cada una de las partes y componentes para el armado y mantenimiento de los equipos rotativos, encontrándose que no se cumple con el manejo del kardex eficiente teniendo códigos duplicados o faltantes en el área de almacén, lo cual implica que al momento de realizar un chequeo del inventario de almacén muchas veces se encuentran piezas sobrantes o no registradas en el sistema además no se cuenta con estanterías y/o repisas suficientes para el manejo de materiales y equipos. Por otra parte, no existe un *stock* para demandas futuras (esta información suministrada por el gerente de almacén el cual se encarga de la gestión realizada dentro del departamento).

➤ **Área de Órdenes de Trabajo:** En esta área se arman las órdenes de trabajo de servicio y mantenimiento de los equipos rotativos. Para la preparación de los equipos cualquier empleado puede prepararlos por lo cual no existe un encargado fijo lo cual causa que haya poca estandarización en esta tarea.

➤ **Área de Despacho:** Es importante mencionar que no existe una persona encargada para la carga de los equipos al momento del despacho refiriéndonos a un supervisor por lo cual esta tarea se realiza por operarios o ayudantes sin supervisión. Sin embargo, sí existen registros de las guías de órdenes de despacho para la verificación (aunque esta tarea solo se realiza para la parte documental pero no existe verificación física o comparación con el equipo que sale. Una de las fortalezas para esta empresa, es que cuenta con transporte propio para el traslado de los equipos.(ver figura 8)



Figura 8 Transporte de los equipos

Fuente Servi Bombas 5 C.A

- **Área de trabajo :** Las áreas de trabajo en el que el personal labora es una mesa donde colocan las herramientas a utilizar para el mantenimiento correctivo de las bombas (ver figura 9), esta mesa bajo periodos de alta demanda de servicios resulta ser ineficiente debido al poco espacio de trabajo con el que se cuenta, debido a que es necesario el espacio para las herramientas utilizar y las tareas llevadas a cabo.



Figura 9 Mesa de trabajo

Fuente Mago, Meza (2022)

4.1.4 Revisión de las herramientas y maquinarias utilizadas para hacer el mantenimiento de bombas centrífugas

A través de la observación directa se observaron las distintas máquinas y herramientas que posee el taller, entre ellos una fresadora universal, usada para el mecanizado de arranque de virutas durante la reparación de los equipos de la bomba esta utilizada, cuando se necesita un mecanizado de una pieza o adaptar una ya existente. (ver figura 10)



Figura 10 Fresadora

Fuente Mago, Meza (2022)

También se encontró un torno, con el cual se realizan las operaciones de mecanizar, roscar, cortar, agujerear y ranurar piezas de las bombas centrífugas, esto para devolver las condiciones normales al equipo o de acuerdo a las necesidades del mismo. (ver figura 11)



Figura 11 Torno

Fuente Mago, Meza (2022)

Otra herramienta observada fue un taladro, con el cual pueden ejecutar las tareas de lijar, atornillar o afilar piezas. (ver figura 12)



Figura 12 Otras herramientas del taller

Fuente Mago, Meza (2022)

4.1.5 Aplicación de la encuesta

Como tercera técnica se aplicó una encuesta a los 10 encargados del taller de mantenimiento de bombas centrífugas de la empresa SERMI BOMBA 5.C.A. Comercial (ver cuadro 2), el cual tiene como objetivo diagnosticar la situación actual de la empresa Sermi Bombas de la condición actual de la empresa

Cuadro 2 Encuesta trabajadores taller de bombas centrífugas.

INDICADOR	ÍTEM	PREGUNTA	SI	NO
Conocimiento de los encargados del taller de bombas centrífugas sobre el mantenimiento	1	¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas?		
	2	¿Les informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?		
	3	¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?		
Utilidad del mantenimiento preventivo y correctivo diario	4	¿Les informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas?		
	5	¿Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?		
INDICADOR	ÍTEM	PREGUNTA	SI	NO
Utilidad del mantenimiento preventivo y correctivo diario	6	¿Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?		
Facilidad de aplicación de los mantenimientos	7	¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos preventivos a las bombas?		
	8	¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?		

Fuente Mago y Meza (2022)

4.1.5.1 Resultado del estudio estadístico de la encuesta

A continuación, se muestra el resultado del estudio de la encuesta.

Cuadro 3 ¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	2 personas
No	8 personas

Fuente: Mago y Meza (2022)

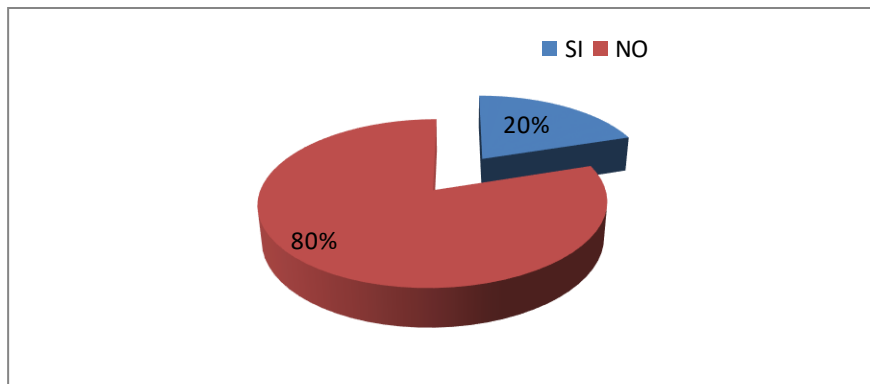


Gráfico 1. ¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas?

Fuente: Mago y Meza (2022)

Se puede observar que solo un 29% de los encuestados tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos, ya que solo aplican mantenimiento correctivo.

Cuadro 4. ¿Le informa a sus clientes que revisa a diario algunas partes de la bomba?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	1 personas
No	9 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

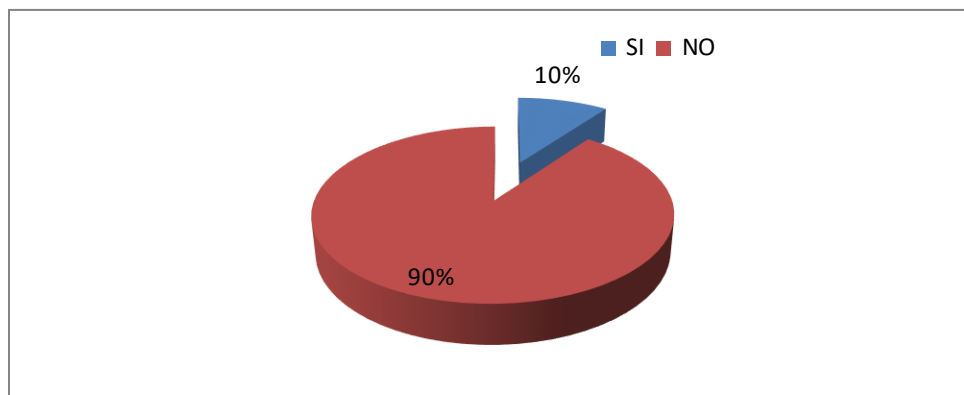


Gráfico 2 ¿Le informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba

Fuente Mago, Meza (2022)

Era de esperarse que solo un 10% pueda informar sobre la importancia de la revisión diaria de los equipos.

Cuadro 5. ¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	0 personas
No	10 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

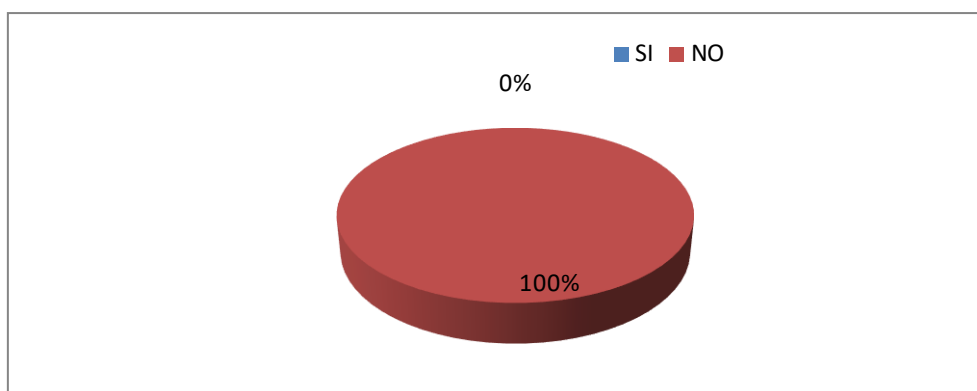


Gráfico 3 ¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?

Fuente Mago, Meza (2022)

Este porcentaje muestra la falta de revisión de manuales para atacar las fallas y ver el tipo de mantenimiento de cada equipo

Cuadro 6. ¿Le informa a sus clientes sobre paradas programadas para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	6 personas
No	4 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

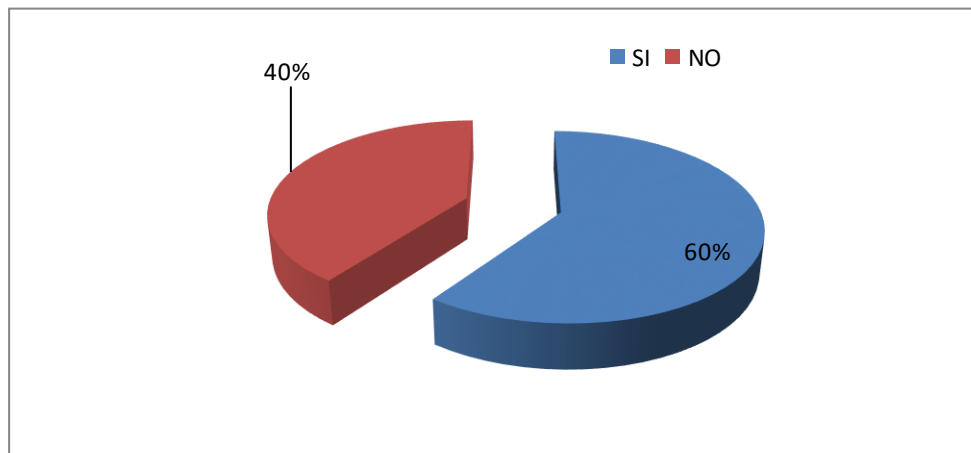


Gráfico 4 ¿Le informa a sus clientes sobre paradas no programadas para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas?

Fuente Mago, Meza (2022)

Se puede observar que un 60% tiene conocimiento de informar a los clientes de parar el proceso si la bomba presenta una falla.

Cuadro 7 ¿Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	3 personas
No	7 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

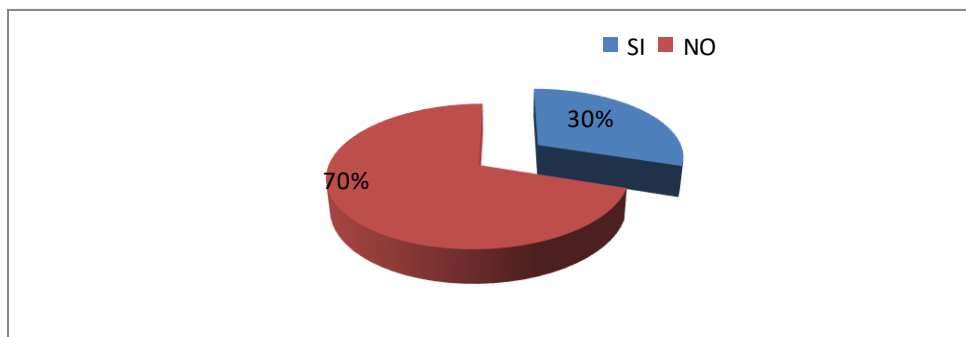


Gráfico 5 Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífuga por falta de mantenimiento?

Fuente Mago, Meza (2022)

Solo un 30% estuvo de acuerdo de informar sobre daños frecuentes como vibraciones o ruidos.

Cuadro 8 ¿Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	10 personas
No	0 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

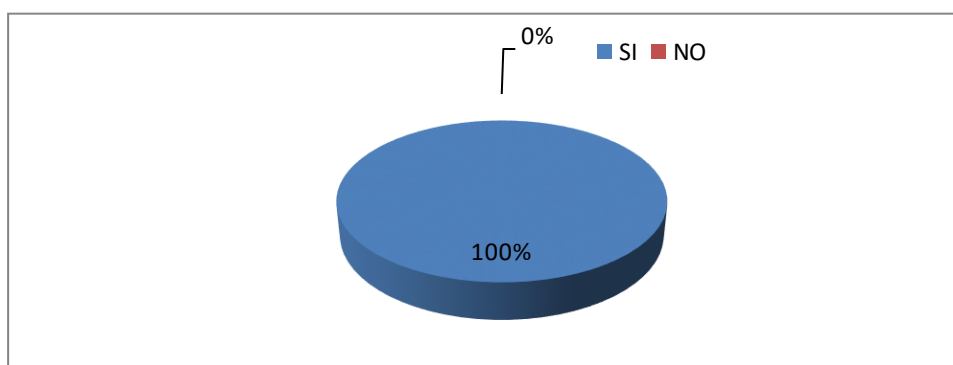


Gráfico 6 ¿Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?

Fuente Mago, Meza (2022)

Todo el personal encuestado mostro disponibilidad para asesorar las personas que manejan las bombas centrífugas.

Cuadro 9 ¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos preventivos a las bombas?

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	8 personas
No	2 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

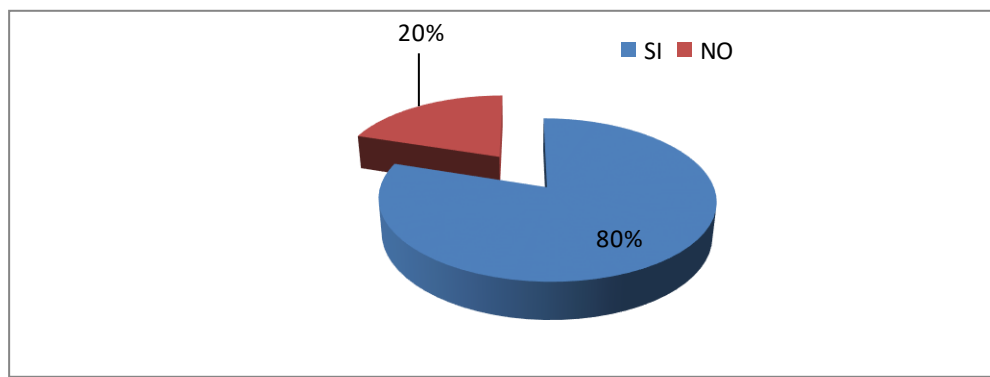


Gráfico 7 ¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?

Fuente Mago, Meza (2022)

Se puede observar que un 20% considera que sería fácil la adaptación para cualquier tipo de mantenimiento.

Cuadro 10 ¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas

Opción de respuesta	Cantidad de personas que respondieron
Si	8 personas
No	2 personas

Fuente Mago, Meza (2022)

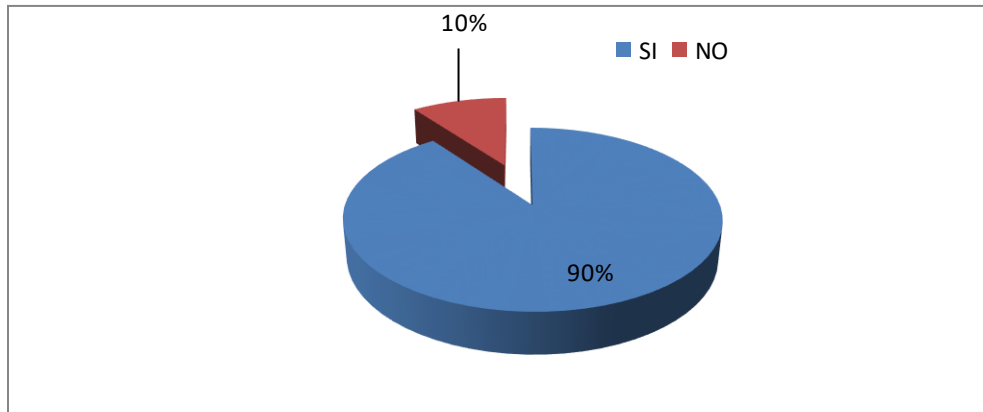


Gráfico 8 ¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?

Fuente Mago, Meza (2022)

Como era de esperarse un 90% está de acuerdo en la implementación de un plan de mantenimiento

4.1.5.2 Análisis de la encuesta

Se pudo observar en base a las respuestas del personal que labora en el taller, que tienen poco conocimiento sobre llevar a cabo un mantenimiento preventivo, pues allí prácticamente se aplica es un mantenimiento correctivo. De lo anterior se concluye que es necesario el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, el mismo también puede servir de guía para los dueños de las empresas a las cuales les prestan servicio.

4.2 Analizar los elementos de la metodología de la criticidad como estrategia para elaborar el plan de mantenimiento de las Bombas Centrífugas SERMI BOMBAS 5, C.A.

Antes de diseñar el plan de mantenimiento, se verifica si de verdad la empresa que solicita el mismo, necesita dicho plan para sus equipos.

4.2.1 Verificación de la necesidad de un plan de mantenimiento

Para verificar que una empresa necesita un plan de mantenimiento, se emplea el criterio de Torres, Bernardo (2000), el cual es un índice de evaluación de aspectos organizativos. En la tabla 1 se muestra el formato.

Tabla 2: Índice de evaluación de aplicación plan de mantenimiento

CRITERIO	CALIFICACIÓN
JORNADA DE TRABAJO	
TRES TURNOS	10
DOS TURNOS	5
UN TURNO	1
TAMAÑO DE LA EMPRESA	
GRANDE	10
MEDIANA	5
PEQUEÑA	1
TIPO DE PROCESO	
CONTINUO	10
SERIE	5
POR LOTES	1
RITMO DE LA ACTIVIDAD	
PERMANENTE	10
ESTACIONAL	5
GRADO DE AUTOMATIZACIÓN	
ALTA	10
MEDIA	5
BAJA	1
INVERSIÓN	
GRANDE	10
MEDIA	5
PEQUEÑA	1

Fuente Torres, B. (2000).

Si la puntuación obtenida en la calificación se encuentra entre el rango de 31 a 61 puntos, es necesario la aplicación del mantenimiento preventivo.

Si la evaluación obtenida en calificación está en el rango de 26 a 30 puntos debe realizarse un estudio de mayor profundidad para determinar la conveniencia de la aplicación del mantenimiento.

Para el caso de estudio se aplica un ejemplo el índice de evaluación para una empresa grande como polar quien resulta ser cliente de Sermi Bombas esto se realiza con el fin de evaluar la carga de trabajo a ala que esta sometida la bomba y poder definir con un valor numérico si es necesario o no aplicar un mantenimiento preventivo, la tabla 3 indica los resultados

Tabla 3 Ejemplo aplicado de Índice de evaluación para empresas a Polar

CRITERIO	CALIFICACIÓN
JORNADA DE TRABAJO	
TRES TURNOS	10
TAMAÑO DE LA EMPRESA	
GRANDE	10
TIPO DE PROCESO	
CONTÍNUO	10
RITMO DE LA ACTIVIDAD	
PERMANENTE	10
GRADO DE AUTOMATIZACIÓN	
ALTA	10
INVERSIÓN	
GRANDE	10

Fuente : Mago y Meza (2022)

Como se puede observar la calificación obtenida es de 60 pts. por lo tanto, es necesario aplicar el plan de mantenimiento preventivo (el índice de evaluación se realiza a la empresa o lugar donde la bomba trabaja mas no a donde es reparada, ya que se busca evaluar es la carga de trabajo a la que esta sometida dicha bomba) .

4.2.2 Formato para verificar la criticidad de los equipos

Entendiendo la criticidad como el nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización, y el grado de prioridad determinará, a su vez, la intensidad y frecuencia con la que deberíamos prestar mantenimiento a un activo Para aplicar el criterio de criticidad se evalúan las siguientes variables (ver cuadro 11)

Cuadro 11: Variables para la criticidad

VARIABLE	DEFINICIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	Representa el número de veces que falla cualquier componente del sistema produciendo la pérdida de su función,

	implicando una parada en el periodo de un año
IMPACTO OPERACIONAL	Representa lo que se puede vender aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas. La consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	Es la facilidad que tiene la producción de adaptarse a los cambios inesperados, sin recaer en el aumento de costos o pérdidas
COSTO DE MANTENIMIENTO	Son los gastos que implica la tarea de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla del equipo
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionen daños a equipos e instalaciones en los cuales una persona puede salir lesionada o produciendo alguna violación de cualquier regulación ambiental

Fuente Mago y Meza (2022)

A continuación, se presenta la cuadro 12 donde se muestran los criterios a evaluar con respecto a la criticidad de los equipo a los cuales se les quiere determinar si es necesario establecer un programa de mantenimiento preventivo, y la ponderación de cada variable, que al igual que ocurre con el método de evaluación anterior debe ser realizado donde trabaja el equipo a ser reparado o intervenido por lo cual el modelo del equipo o área cambiara mas el proceso de evaluación sigue siendo el mismo para cada equipo que sea necesario determinar la necesidad de un plan

Cuadro 12 Análisis de Criticidad

FORMATO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
BOMBA CENTRÍFUGA.	
Fecha	Área
Equipo	
PONDERACIÓN	FRECUENCIA DE LA FALLA
1	excelente: menos de 0,5 fallas/año
2	buena: 0,5 – 1 falla/año
3	Promedio 1-2 fallas/año
4	Pobre mayor a 2 fallas /año
IMPACTO OPERACIONAL	
10	Pérdida del producto
7	Parada del trabajo y tiene repercusión en otros aspectos
4	Impacta en niveles de inventario y costos
1	No genera ningún efecto significativo
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
4	No existe opción de trabajar y no hay repuesto
1	Hay opción de repuesto disponible
COSTO DE MANTENIMIENTO	
2	Mayor o igual de 50\$
1	Menor de 50\$
IMPACTO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL	
8	Afecta la seguridad humana tanto interna como externa
7	Afecta el ambiente/instalaciones
5	Afecta las instalaciones con daños severos
1	No provoca ningún tipo de daño

Fuente: Torres, B. (2000).

Para calcular la criticidad se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencias}$$

$$\text{Consecuencias} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos} + \text{Impacto SAH})$$

El mayor valor de criticidad en función de los factores de ponderación es de 200. Para mostrar el resultado se colocan en una tabla las iniciales de los factores, este método ayuda a determinar desde los puntos de vista críticos en un proceso si requiere un mantenimiento preventivo en cuanto al puntaje critico que se le de a cada ítems de la tabla anterior

Dónde:

- FF: Frecuencia de Falla
- IO: Impacto Operacional
- FO: Flexibilidad Operacional
- CM: Costo de Mantenimiento
- SHA: Impacto en Seguridad Ambiente

4.2.3 Tipos de fallas presentes en una bomba centrífuga

Una bomba centrífuga es una bomba en la que el desplazamiento del fluido está inducido por un momento ejecutado por partes mecánicas giratorias (comúnmente llamados «impulsores»). La bomba utiliza el efecto centrífugo del impulsor para desplazar el fluido, transformando la energía mecánica (proveniente de un motor que en la mayoría de los casos es eléctrico), primero en energía cinética y luego en energía de presión

Los componentes principales de una bomba centrífuga son:

Parte móvil, llamada rotor o impulsor, que transfiere la energía.

Cuerpo de la bomba, la voluta que canaliza el flujo primero en aspiración y después en impulsión
Árbol, al que se fija el impulsor, normalmente conectado al motor

Motor, que puede ser eléctrico o de combustión interna

Una bomba centrífuga presenta dos tipos de fallas, las cuales se enmarcarán en tipo hidráulica, tipo mecánicas.

Con lo antes mencionado se entiende a que tipos de fallas o elementos de las bombas centrífugas es necesario evaluar de forma individual el índice de criticidad con el fin evaluar el patrón de falla que este posea y aplicar los mantenimientos necesarios

4.2.3.1 Tipo Hidráulicas

Las figuras de la 13 a la 16 muestran los tipos de fallas hidráulicas y sus síntomas

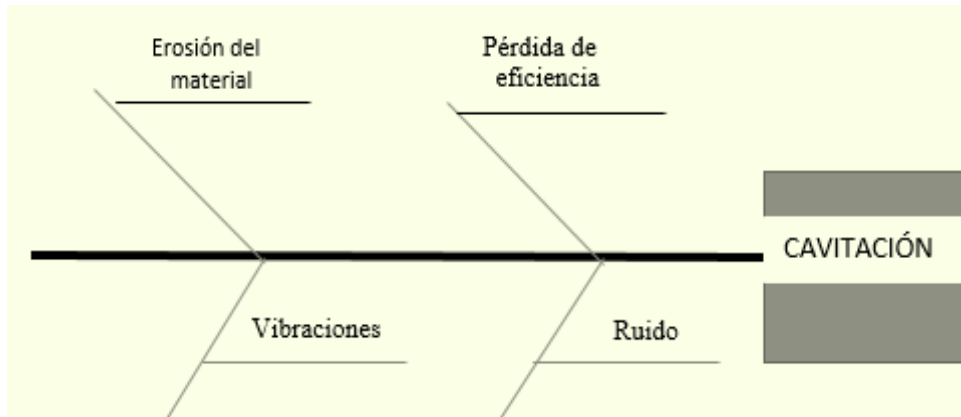


Figura 13: Falla por cavitación

Fuente Mago y Meza (2022)

En esta falla se estudia el fenómeno de cavitación que puede existir en una bomba centrífuga y como afecta el proceso de Bombeo cuando esto sucede en las Bombas se produce una reducción del caudal y también una reducción de la presión esto se debe ya que se produce gases esta es una falla que la empresa busca reducir y por eso se hace el análisis de causa y efecto para ver cuales son esos factores que afecta este tipo de fall.,Este tipo de falla por cavitación se puede evitar implementando un sistema de monitoreo en línea, utilizar válvulas de compuerta, elegir un tipo de válvula en función a las condiciones de trabajo.

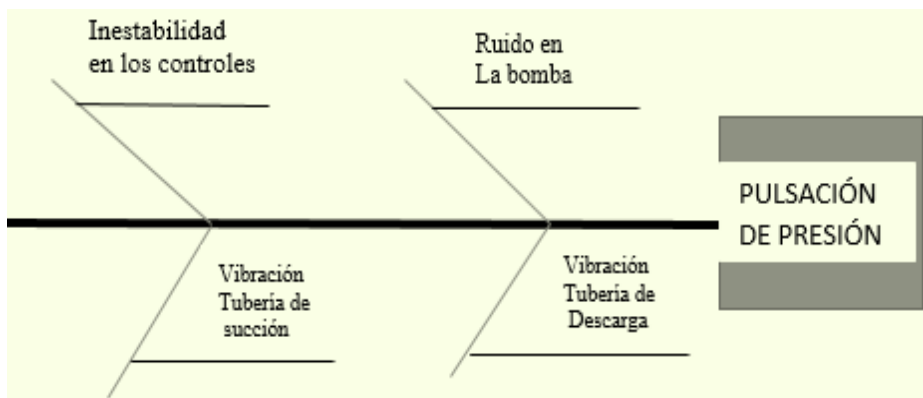


Figura 14 Falla por pulsación de presión

Fuente Mago y Meza (2022)

En el caso de estudio esta falla por pulsación de presión se debe a las fluctuaciones que se puede presentar en las Bombas que es una falla común que manejan en las bombas de tipo centrífuga, para los tipos de Bombas de alturas estas fallas pueden causar inestabilidad en los controles de la Bomba ¿cómo puede determinar que se presenta este tipo de falla? se hizo un diagrama de causa y efecto que servirá como guía cuando las bombas presentes este tipo de falla .

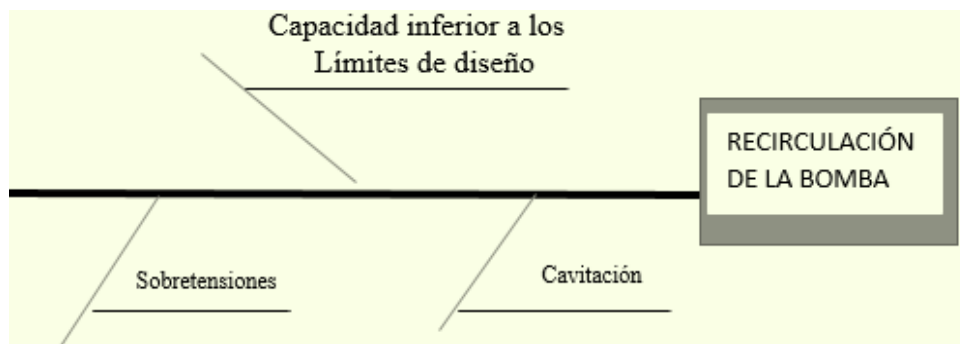


Figura 15 Falla por recirculación de la bomba

Fuente Mago y Meza (2022)

Esta es una falla común presentada en la mayoría de las Bombas a la que la empresa les hace el servicio lo cual se puede determinar que es de este tipo cuando las Bombas centrífugas funcionan a una capacidad inferior a su límite de diseño por lo cual esas recirculaciones pueden ocurrir en la parte interna de la Bomba cuando esta falla se presenta puede ocurrir incluso una cavitación lo cual se muestra en el diagrama de causa y efecto realizado.

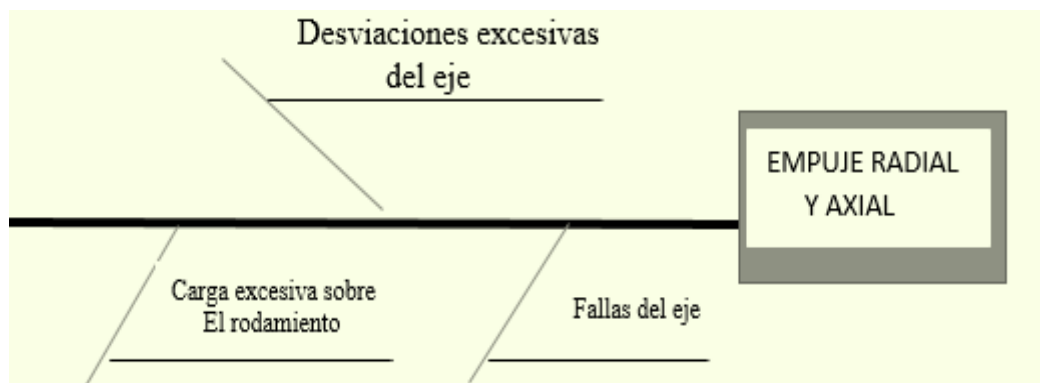


Figura 16 Falla por empuje radial y axial

Fuente Mago y Meza (2022)

Empuje Radial y Axial: Estas fallas son de gran importancia conocer como se pueden identificar ya que si esta falla esta presente puede Dañar el empaque o el sello mecánico por lo que saber si la Bomba se encuentra presentando esta falla, se puede determinar haciendo verificaciones en eje de la bomba garantizando que no exista desviaciones de este, como se menciona en el diagrama de causa y efecto en la figura 16

4.2.3.2 Fallas de tipo mecánica

La figura 17 muestra las fallas tipo mecánicas y sus síntomas

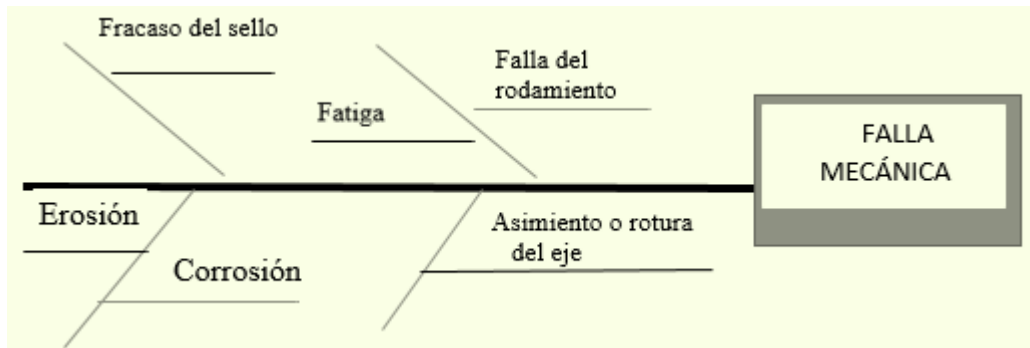


Figura 17 Fallas mecánicas

Fuente Mago y Meza (2022)

Las Bombas centrífugas presentan el tipo de falla mecánicas, la empresa Sermi Bombas puede determinar si la bomba centrífuga sometida a mantenimiento esta presentando esta falla ya que se puede revisar los rodamientos, vibraciones, fatigas y otros como se menciona en el diagrama de causa y efecto realizado. Si las Bombas presentas este tipo de falla se debe disminuir la corrosión de la pieza que presente en caso que no tenga reparación se debe hacer el cambio de pieza como se muestra en la figura del anexo donde se encontraron tornillos en estado de corrosión.

4.2.4 Estudio de los elementos de las bombas centrífugas, para su criticidad

A continuación, se presentan los diagramas de causa –efecto de las piezas de las bombas centrífugas. Las figura 18 hace referencia a los sellos mecánicos, unas de las piezas mas importantes en el funcionamiento de las bombas



Figura 18 Sellos mecánicos

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

Este tipo de fallas por sellos mecánicos es muy común en la reparación realizada en el taller de Sermi Bomba ya que a la mayoría de las Bombas que les aplica mantenimiento se les ha realizado un cambio de Sellos Mecánicos porque llegan con la cara rotativa y estacionaria con rayaduras excesiva dañados según los datos suministrado por informes técnicos de reparaciones realizadas a las Bombas (Ver figura 19 a la figura 21).



Figura 19 Fallas en los sellos por agrietamiento y recalentamiento

Fuente Mago y Meza (2022)



Figura 20 Fallas sellos por erosión y extracción

Fuente Mago y Meza (2022)



Figura 21 Falla en los sellos por vesiculación y escamación

Fuente Mago y Meza (2022)

La figura 22 y 23 hacen referencia a los cojinetes, los cuales mantienen las holguras críticas entre los elementos rotativos y estacionarios, evitando el contacto entre ellos.



Figura 22 Cojinetes de una bomba centrífuga

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

Este tipo de falla se trata frecuentemente en la empresa de Bombas Sermi Bombas , al desarmar una Bomba centrífuga se verifica el estado de los cojinetes ya que este es un rodamiento que permite reducir la fricción entre el eje de la Bomba y el impulsor dado que la frecuencia de las fallas registrada en la empresa indica que al 80% de las Bombas se les ha aplicado un cambio de rodamientos donde si la empresa no cuenta con el repuesto, el cliente puede colocarlo.



Figura 23 Falla por cojinetes

Fuente Mago y Meza (2022)

Las figuras 24 y 25 muestran el impulsor, el cual está colocado dentro de la tubería. El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga, recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.



Figura 24 Impulsor o rodete de una bomba centrífuga

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

Al igual que los cojinetes, esta falla es frecuentes en las bombas .A las Bombas hay que hacerles balanceo dinámico del rotor de la bomba o lo que se conoce como El impulsor que es el que se encarga de transferir la energía al motor. Para determinar si la falla es de este tipo se hace un diagrama de causa y efecto donde se evidencias las causas que pueden generar esta falla y el efecto que esta falla produce en la Bomba .



Figura 25 Falla debido al rodete

Fuente Mago y Meza (2022)

El eje mostrado en la figura 26, pertenece a una bomba centrífuga, y la figura 27 muestra el diagrama causa efecto. El eje de una bomba centrífuga es el soporte de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte el eje del motor. En el caso de una bomba centrífuga horizontal, el eje es una sola pieza a lo largo de toda la bomba; pero en las bombas de pozo profundo existe un eje de impulsores y después una serie de ejes de transmisión unidos por un acople que completan la longitud necesaria desde la última carcaza hasta el cabezal de descarga. Los ejes generalmente son de acero, modificándose únicamente el contenido de carbono según la resistencia que se necesite



Figura 26 Eje de una bomba centrífuga

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

Esta es una falla recurrente en el mantenimiento de las Bombas en la empresa SERMI BOMBAS por lo que cuando llega una Bomba a la empresa la mayoría de la falla viene por la rosca del eje dañada o por el eje torcido, o fuera de holgura la zona donde trabaja la manzana del acople por lo que se realizó un diagrama de causa y efecto donde se puede evidenciar cuales pueden ser las consecuencias de un eje torcido.



Figura 27 Fallas debida a un eje torcido

Fuente Mago y Meza (2022)

Por último, se tiene el motor, la bomba centrífuga se encarga de convertir la energía mecánica de un motor en energía hidráulica. La transferencia de energía desde la rotación mecánica del impulsor hasta el movimiento y la presión del fluido se describe generalmente en

términos de fuerza centrífuga. Las figuras 28 y 29 muestran su ubicación y el diagrama causa efecto de sus posibles fallas

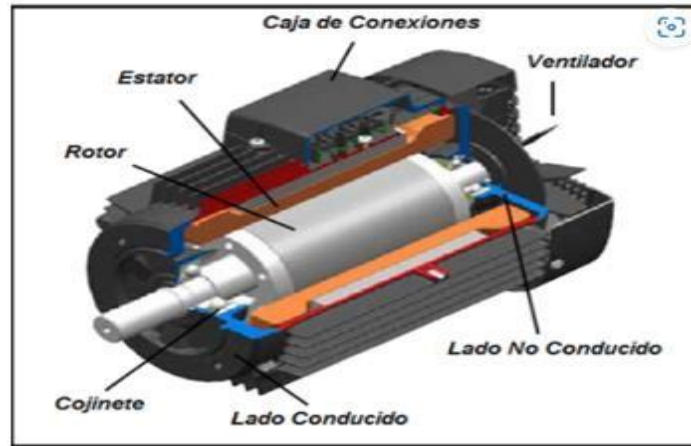


Figura 28 Motor de una bomba centrífuga

Fuente Payri R. Ruiz S. Serrano (2003)

La falla por motor se puede caracterizar como la falla mas importante que puede presentar una bomba. La mayoría de falla de este tipo que llega al taller de SERMI BOMBA es por causa de la desalineación ,sin embargo, se realizó un diagrama de causa y efecto donde indica las fallas que se pueden presentar para reconocer que la falla viene del motor y también se puede observar en el diagrama síntomas que puede presentar la bomba para llegar a determinar que es una falla de motor.



Figura 29 Fallas del motor

Fuente Mago y Meza (2022)

Después de presentar los equipos componentes de las bombas centrífugas , se aplicará la fórmula de criticidad a cada componentes critico de la bomba que en caso de fallar signifique una parada del equipo. (tomando como base los valores de la tabla 2)

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencias}$$

$$\text{Consecuencias} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos} + \text{Impacto SAH})$$

El mayor valor de criticidad en función de los factores de ponderación es de 200. Para mostrar el resultado se colocan en la tabla 4 las iniciales de los factores

Dónde:

- FF: Frecuencia de Falla
- IO: Impacto Operacional
- FO: Flexibilidad Operacional
- CM: Costo de Mantenimiento
- SHA: Impacto en Seguridad Ambiente

Tabla 4 Aplicación para criticidad a componentes de las bombas centrífugas

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	SAH	TOTAL
SELLOS MECÁNICOS	3	7	1	2	1	30
COJINETES	2	1	1	1	1	8
IMPULSOR	3	7	1	1	1	27
EJE	4	1	1	1	1	8
MOTOR	3	7	1	2	1	30

Fuente: Mago y Meza (2022)

La tabla anterior (tabla N4) son los resultados obtenidos luego de aplicar según el cuadro N°12 el criterio de criticidad para cada componente de la bomba logrando así dar prioridad en cuanto al mantenimiento o tareas a realizar de cada una.

4.3 Elaborar el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para la bomba centrífuga

A continuación, los cuadros 13 y 14 muestran el plan de mantenimiento preventivo para los elementos de las bombas centrífugas, siendo el 13 la relación entre la frecuencia o cada cuanto tiempo tiene que realizarse un mantenimiento, la tarea de mantenimiento a realizar, las herramientas o equipos necesarios para realizar este fin, el personal que llevara a cabo las tareas y la duración aproximada en horas del tiempo que deberá ser invertido

Cuadro 13 Plan mantenimiento preventivo motor

FRECUENCIA EN HORAS	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD EN HORAS
10	REVISAR NIVEL DE ACEITE	VARILLA DE NIVEL	OPERADOR	0,3
10	CHEQUEAR ESTADO DE CORREAS	VISUAL	OPERADOR	0,3
200	CAMBIAR ACEITE Y FILTRO DE ACEITE	EMBUDO, LLAVE 7/16"	MECÁNICO	1,5
200	CAMBIAR FILTRO DE AIRE	SUELTO FILTRO	MECÁNICO	1
1000	VERIFICAS Y AJUSTAR VÁLVULAS	CALIBRADOR DE VÁLVULAS	MECÁNICO	1,5
500	REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	HERRAMIENTAS ESPECIALES	MECÁNICO	1
200	COMPROBAR ESTADO DE MANGUERAS	VISUAL	OPERADOR	0,5
1000	REVISAR ACEITE MOTOR	VARILLA	MECÁNICO	0,4
3000	CAMBIAR CORREA DENTADA DE DISTRIBUCIÓN	LLAVE DE 5/8"	MECÁNICO	1
MENSUAL	REVISAR VENTILADORES	VISUAL	OPERARIO	0,4

Fuente: Mago, Meza (2020)

Cuadro 14: Plan de mantenimiento para las otras unidades

FRECUENCIAS EN HORAS	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	PERSONAL	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD EN HORAS
COJINETES(UNIDAD DE RODAMIENTO)				
200	MONITOREAR TEMPERATURA	MEDIDOR DE TEMPERATURA	MECÁNICO	0,3
TRIMESTRAL	LUBRICAR DEL COJINETE	ACEITERA	MECÁNICO	0,3
200	REVISAR VIBRACIÓN	OÍDO Y TACTO	OPERARIO	0,3
200	REVISAR COLOR DEL LUBRICANTE	VISUAL	OPERARIO	0,3

SELLOS MECÁNICOS				
SEMANTAL	REVISAR TEMPERATURA	VISUAL	OPERARIO	0,3
SEMANTAL	REVISAR CARA DEL SELLO	VISUAL	OPERARIO	1
TRIMESTRAL	REVISAR TOLERANCIA PERMITIDA	HERRAMIENTA ESPECIAL	MECÁNICO	1,5
200	REVISAR AGRIETAMIENTOS	VISUAL	OPERARIO	1
RODETE (IMPULSOR)				
TRIMESTRAL	REVISAR DESGASTE EN LOS ÁLABES	VISIÓN Y TACTO	MECÁNICO	1,5
DIARIO	ELIMINAR OBSTRUCCIONES EN EL IMPULSOR	HERRAMIENTA ESPECIAL	MECÁNICO	2
SEMANTAL	REVISAR NIVEL DE ACEITE	VARILLA	OPERARIO	0,3
SEMANTAL	VIBRACIÓN	OÍDO	MECÁNICO	1
DIARIO	CAMBIAR FILTROS DE SUCCIÓN	SUELTA FILTRO	OPERARIO	1
DIARIO	REVISAR FLUJO E LA BOMBA	VISUAL	MECÁNICO	0,3

Fuente Mago , Meza (2020)

Para plasmar estas actividades en una gráfica, donde se muestre la frecuencia de aplicación de las actividades, se utilizó una gama de colores que permiten visualizar los mismos. A continuación, la figura 34 representa lo que significa cada color.

COLOR	INTERVALO DE TIEMPO
	Semanal
	Trimestral
	Semestral
	anual
	5 años
	200 horas = 5 semanas
	500 horas = 13 semanas
	1000 horas = 25 semanas
	2000 horas = 50 semanas
	3000 horas = 75 semanas
	4000 horas = 100 semanas
	8000 horas = 200 semanas

Figura 30 Colores para mostrar intervalos de tiempo
Fuente Barrera , Avendaño (2015)

A continuación las figuras 31 y 32 muestran los planes de mantenimiento anual para los equipos seleccionados, estas figuras hacen denotar según los cuadro 13 y 14 las actividades necesarias a realizar para los diferentes componentes de la bomba centrífuga según la necesidad establecida con el criterio de criticidad teniendo así el plan de las actividades a realizar para garantizar el buen funcionamiento de la bomba

EQUIPO	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MOTOR	REVISAR NIVEL DE ACEITE	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	CHEQUEAR ESTADO DE CORREAS	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	CAMBIAR ACEITE Y FILTRO DE ACEITE	█						█					
	CAMBIAR FILTRO DE AIRE	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	VERIFICAS Y AJUSTAR VALVULAS	█						█					
	REVISION DEL SISTEMA ELECTRICOS	█			█			█			█		
	COMPROBAR ESTADO DE MANGUERAS	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	REVISAR ACEITE MOTOR	█						█					
	CAMBIAR CORREA DENTADA DE DISTRIBUCION	█											
	REVISAR VENTILADORES	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Figura 31 Plan anual de mantenimiento para el motor
 Fuente Mago, Meza (2022)

EQUIPO	ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
COJINETE	MONITOREAR TEMPERATURA												
	LUBRICAR COJINETE												
	REVISAR VIBRACION												
	COLOR DEL ACEITE												
EQUIPO	ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SELLOS MECANICOS	REVISAR TEMPERATURA												
	REVISAR CARA DEL SELLO												
	REVISAR TOLERANCIA PERMITIDA												
	REVISAR AGRIETAMIENTOS												
EQUIPO	ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
RODETE	REVISAR DESGASTE EN LOS ALABES												
	ELIMINAR OBSTRUCCIONES EN EL IMPULSOR												
	REVISAR NIVEL DE ACEITE												
	VIBRACION												
	CAMBIAR FILTROS DE SUCCION												
	REVISAR FLUJO E LA BOMBA												

Figura 32 Plan de mantenimiento para los otros equipos
Fuente Mago, Meza (2022)

Una vez teniendo el plan de las actividades necesarias para un correcto mantenimiento preventivo a las bombas centrífugas, dicho plan será la guía para los técnicos de la empresa Sermi Bombas c.a para realizar las tareas antes descritas es los plazos descritos, para lograr esto debe hablar con los clientes para ofrecer este nuevo servicio de mantenimiento preventivo explicando los pro y contras de este tipo de planes y la factibilidad de la realización de los mismos, además de cómo puede mejorar la gestión realizada en cuanto a producción, costos y los niveles de confiabilidad que se esperan obtener con eso en mente se proyecta la factibilidad para asegurar que esta propuesta pueda ser llevada a cabo

4.4 Evaluar factibilidad económica, técnica, operativa y ambiental del Plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de la criticidad para las bombas centrífugas.

4.4.1 Factibilidad económica

Tabla 5 Costo equipos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO /UNIDAD	COSTO TOTAL \$
SELLOS MECÁNICOS	2	6,45	12,90
IMPULSOR	1	13,48	13,48
COJINETES	1	14	14
FILTRO DE SUCCIÓN	1	15	15
TOTAL			55,38

Fuente Mago , Meza (2022)

4.4.2 Factibilidad técnica

Tabla 6 Mano de obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO/HORA (USD)	TIEMPO	TOTAL (USD)
1	lubricación	1,5	0,5	0,75
2	Cambio de sellos	5	1	5
3	Cambiar filtros	1,5	1	1,5
4	Montaje eje, cojinete rodete	6	6	36
TOTA(USD)				43,25

Fuente Mago , Meza (2022)

Tabla 7 Montaje y reparación

ESPECIALIDAD	CANTIDAD	COSTO/HORA (USD)	TIEMPO	TOTAL (USD)
Técnico mecánico	2	10	4	80
Operario	2	6	4	48
			TOTAL (USD)	128

Fuente Mago , Meza (2022)

Tabla 8 Costo total

DESCRIPCIÓN	MONTO PARCIAL \$
Costo de equipos	55,38
Mano de obra	43,25
Montaje e reparación	128,00
TOTAL (USD)	226,63

Fuente Mago, Meza (2022)

4.4.3 Análisis financiero

*Cálculo TIR

La TIR es un indicador de rentabilidades de proyectos o inversiones, de manera que cuanto mayor sea la TIR mayor será la rentabilidad. Realizando el cálculo de la tasa interna de rentabilidad de diferentes proyectos se facilita la toma de decisiones sobre la inversión a realizar.

De forma simple podríamos definir la TIR como el porcentaje de ingresos o pérdidas que se obtiene como consecuencia de una inversión

Este concepto financiero se puede comparar con la tasa mínima aceptable para realizar una inversión, que sería la tasa de rentabilidad libre de riesgo, o con el tipo de interés que se aplicará a la financiación de un proyecto.

- En el primer caso, si la TIR supera la tasa de rentabilidad libre de riesgo o el coste de oportunidad, se realizaría la inversión; en caso contrario, se rechazaría.
- En el segundo caso, la TIR tiene que ser superior al tipo de interés de la financiación del proyecto. En este caso, la tasa interna de retorno sería la tasa de interés máxima a la que una empresa o inversor se pueden endeudar para no perder dinero con la inversión.

Tabla 9 Cálculo del índice de rentabilidad

Nombre del proyecto:	PROPUESTA PARA SERMI BOMBAS	
TNA de inversión alternativa	10%	
Periodicidad	Trimestral	
Cantidad de períodos	10	
TEA de inversión alternativa	10,381%	
Tasa Efectiva Trimestral	2,500%	

PERÍODO	FLUJO DE FONDOS	
0	-\$ 50.000,00	
1	\$ 10.000,00	
2	\$ 10.000,00	
3	\$ 25.000,00	
4	\$ 5.000,00	
5	\$ 5.000,00	

6	\$ 5.000,00
7	\$ 5.000,00
8	\$ 5.000,00
9	\$ 2.500,00
10	\$ 2.500,00

Fuente Mago, Meza (2022) Fuente Mago, Meza (2022)

PROPUESTA PARA SERVI BOMBAS	
TIR Anual	12,12%
VAN	\$18.014,61

Decisión de realizar los proyectos versus no hacerlos - comparación de TIR vs rendimiento de mercado

Me conviene invertir en PROPUESTA PARA SERVI BOMBAS dado que me da un rendimiento de 12,12% y el mercado de 10,38%

Decisión entre proyectos- Comparación de VAN

Me conviene invertir en PROPUESTA PARA SERVI BOMBAS ya que su VAN es mayor que la/el 0

Fuente Mago, Meza (2022)

*Calculo ROA

Es una ratio que nos indica la rentabilidad sobre los activos (Return On Assets), también llamado ROI (rentabilidad sobre las inversiones). Este indicador, es fundamental, porque calcula la rentabilidad total de los activos de la empresa, es decir, es una ratio de rendimiento. Generalmente, para poder valorar una empresa como “rentable”, el ROA debe superar el 5%.

Otro punto muy importante de esta ratio, es el valor que le dan los bancos. Las entidades financieras, utilizan el ROA para determinar la viabilidad de la empresa y, de esta forma, decidir si les conceden un préstamo. Básicamente utilizan la siguiente formula:

$$\text{ROA} > \text{Tipo de interés}$$

Por tanto, el ROA valora la competencia de los activos de una empresa para producir renta por ellos mismos.

Tabla 10 Cálculo del indicador de rentabilidad sobre los bienes (ROA)

Activos	Valor
Tangibles	\$ 2.073.000,00
Terrenos	\$ 500.000,00
Vehículos	\$ 30.000,00
Maquinaria	\$ 400.000,00
Instrumentos de medición	\$ 50.000,00
Materiales u herramientas de trabajo	\$ 70.000,00
Mobiliario	\$ 85.000,00
Equipo de oficina	\$ 64.000,00
Activos circulantes	\$ 74.000,00
Inventario	\$ 800.000,00
Intangibles	\$ 12.300.000,00
Cuentas x cobrar	\$ 900.000,00
Facturas x cobrar	\$ 2.100.000,00
Inversiones a largo plazo	\$ 1.200.000,00
Recursos Humanos	\$ 100.000,00
Marca	\$ 500.000,00
Tecnología	\$ 3.000.000,00
Clientes	\$ 4.500.000,00
Totales	\$ 14.373.000,00

Fuente Mago, Meza (2022)

La empresa Servi bombas compañía MC Enterprise S.A, tiene un activo total de 14.373.000 de dólares. Durante los últimos 3 años, consigue más de 2 millones de dólares de beneficio. Por tanto, el ROA será: $ROA = 2.000.000€ / 14.373.000.000\$ \times 100 = 13.91\%$

*Calculo ROE

Este ratio, que calcula la rentabilidad financiera, se calcula dividiendo los beneficios netos entre los fondos propios medios.

En el año 2022 actual que corre, la empresa Servi Bombas, tiene unos fondos propios medios de 1.500.000 dólares. Ese mismo año, obtiene un beneficio neto de 700.000 dolares. Por tanto, su ROE será:

$$ROE (2014) = 700.000\$ / 1.500.000\$ = x 100 = 46,667\%$$

Es importante tener en cuenta, que si al siguiente año aumentan los beneficios y, se realiza una ampliación de capital, el ROE se verá modificado

_Interpretación

Es una pregunta habitual a la hora de poder medir la rentabilidad de una empresa, ya que los dos ratios destacan por su importancia. Pero sin duda, a la hora de mirar de forma general que indicador nos aporta más valor sobre este ámbito, el mejor posicionado es el ROA.

El ROE, tiene una gran déficit ya que pasa por alto el ratio de endeudamiento. Mientras que el ROA, se centra en la rentabilidad de los activos de la empresa, que nos muestran una visión general de la empresa, ya que no tiene en cuenta las fuentes de financiamiento.

La realidad es que, lo ideal, es calcular los dos ratios ya que se suelen comparar para poder ver la situación real de rentabilidad de la empresa. La comparación de los dos indicadores, nos determinará la estructura financiera ideal para el crecimiento de la empresa. La diferencia entre los dos ratios se le llama “efecto apalancamiento”; que puede ser:

- Positivo: Cuando el ROE es superior al ROA. Es decir, que parte del activo se ha financiado con deuda y, de esta forma, ha crecido la rentabilidad financiera.
- Nulo: Cuando los dos ratios coinciden. Es el estado ideal, ya que no existe deuda en la empresa; todos los activos se financian con fondos propios.
- Negativo: Cuando el ROE es inferior al ROA. Esto indica que, el coste medio de la deuda es superior a la rentabilidad económica.

En este caso entendemos que se trata de un caso positivo ya que se trata que el ROE es superior al ROA.

*Cálculo ROI

El ROI es la sigla en inglés para “Retorno sobre la Inversión”. Es una métrica usada para saber cuánto la empresa gana a través de sus inversiones. Para calcular el ROI es necesario levantar los ingresos totales, sustraer de estos los costos y, finalmente, dividir ese resultado por los costos totales.

El ROI se calcula usando la diferencia entre el ingreso y la inversión dividida por la inversión. Este resultado da una cifra que indica el retorno obtenido por la inversión y suele convertirse a porcentaje para analizar este retorno.

$$ROI = \frac{\textit{Ingreso} - \textit{Inversion}}{\textit{Inversion}}$$

$$ROI = \frac{200.000 - 50.000}{50.000}$$

$$ROI = 3$$

Dando como resultado una alta tasa de ROI debido a que la inversión misma representa solo ¼ del ingreso total de la empresa.

4.4.4 Factibilidad operativa

En esta factibilidad la empresa es capaz de llevar a cabo el proyecto ya que no solo cuenta con un torno y fresadora para crear algunos repuestos sencillos sino que además cuenta con proveedores externos para obtener las piezas necesarias, de esta manera también el personal es capaz de prestar el servicio de mantenimiento preventivo ya que están altamente capacitados para llevar a cabo dicha tarea esto se evidencia en la siguiente figura



SERMI BOMBAS S. C. A.
 RIF: J-40191092-0
 SERVICIOS, DESMONTAJE, REPARACION,
 MONTAJES, ARRANQUES E INGENIERIA
 DE EQUIPOS ROTATIVOS

Avenida Camejo
 Octavio
 Morro Humboldt Sector 5, Edificio 5, B-38
 Lechería Edo. Anzoátegui, Venezuela
 RIF: J-40191092-0
 Telefono: 0424.495.56.72

INVENTARIO INSTRUMENTOS, HERRAMIENTOS Y MAQUINARIAS GALPÓN SAN DIEGO

Cant.	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO	UBICACIÓN	MARCA
1	SET DE DESTORNILLADORES 6 PZA		SAN DIEGO	TOTAL
1	SET DE GANCHOS DE PRESICIÓN 4 PZA		SAN DIEGO	
1	SARGENTO	4"	SAN DIEGO	
1	SARGENTO	10"	SAN DIEGO	
1	PINZA PARA ANILLOS 4 CABEZAS		SAN DIEGO	
1	TIJERA PARA METAL		SAN DIEGO	TRUPER
1	TIJERA		SAN DIEGO	HORDEN
1	JUEGO DE MAGUERAS PARA OXICORTE		SAN DIEGO	
1	SET DE RETEN		SAN DIEGO	AMPRO
2	SACA RETEN	85-140 mm	SAN DIEGO	
1	CAJA DE ELECTRODOS AWS - 6013		SAN DIEGO	
2	PATA DE CABRA		SAN DIEGO	
2	MANGUERAS		SAN DIEGO	
1	MARTILLO DE GOMA		SAN DIEGO	
3	LIMAS PLANAS		SAN DIEGO	
1	LIMAS TRIANGULAR		SAN DIEGO	
1	LIMA REDONDA		SAN DIEGO	
1	LIMA ESCORFINA		SAN DIEGO	
1	LIMA MEDIA CAÑA		SAN DIEGO	
2	MATRILLO DE BOLA		SAN DIEGO	
2	ALICATE TIPO PINZA		SAN DIEGO	
2	JUEGO DE LLAVE ALLEN COMPLETOS		SAN DIEGO	
1	SEGUETA		SAN DIEGO	
2	LLAVE PARA TUBO	10"	SAN DIEGO	
1	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS	3/8" - 30 mm	SAN DIEGO	
1	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS 14 PZAS	3/8" - 1 1/4"	SAN DIEGO	STANLEY
1	JUEGO DE BOTADORES 12 PZAS		SAN DIEGO	
1	PISTOLA PARA SILICÓN		SAN DIEGO	
5	JUEGO DE ESLINGAS		SAN DIEGO	
1	ALICATE TIPO PINZA BOCA DE PATO		SAN DIEGO	
3	EXTRACTOR	8"	SAN DIEGO	
2	EXTRACTOR	4"	SAN DIEGO	
1	DRAMEL 3000		SAN DIEGO	
1	REMACAHDORA		SAN DIEGO	
1	DOBLA TUBO	3/8"	SAN DIEGO	
1	PINZA AMPERIMETRICO		SAN DIEGO	

Figura 33 Inventarios de Maquinaria y Herramientas

Fuente: SERMI BOMBAS C.A. (2022)

4.4.5 Viabilidad ambiental

El estudio de factibilidad ambiental se refiere a un análisis previo del terreno donde se quiere desarrollar una actividad, obra o proyecto en cuanto a factores físicos y ambientales que influyen para determinar si el mismo es factible o no, o si requiere de modificaciones para que pueda ser desarrollado cumpliendo con todas las regulaciones y legislaciones vigentes en materia ambiental.

En base a esto se puede decir que el proyecto que se plantea aquí del mantenimiento para bombas centrifugas es factible ambientalmente, ya que la empresa cuenta con las instalaciones y terrenos necesarios para tal trabajo.

4.4.6 Viabilidad social

La empresa es socialmente responsable ya que esta cumple con el marco legal exigido por la ley y sus operaciones se evidencia en la viabilidad ambiental que es responsable, las mejoras continuas de establecer un plan de mantenimiento preventivo buscan no solo brindar una solución sino además de crear oportunidades de captar nuevos clientes.

CONCLUSIONES

La eficiencia de una bomba centrífuga tiene que ver con la capacidad de conversión de la energía entrante en la energía saliente, y puede estar marcada por eficiencias mecánicas, volumétricas e hidráulicas. Para desarrollar la presente investigación se aplicaron algunas técnicas de recolección de datos para su diagnóstico, como fue la revisión documental, la cual a través de tesis anteriores se pudo recopilar información, la cual sirvió de aporte para atacar la problemática y buscar posibles soluciones. Así mismo, se revisaron las áreas de la empresa, las máquinas y herramientas que poseen, y se conocieron los procesos para realizar los mantenimiento

Otra técnica fue la observación directa, con ella se verifico las condiciones de los equipos para arreglar las averías, donde el mantenimiento que se hace es el correctivo. Se pudo evidenciar que no cuentan con los equipos en buenas condiciones. Se aplicó una encuesta, dando como resultado los pocos conocimientos de los trabajadores sobre mantenimiento preventivo, tampoco tienen acceso a manuales de mantenimiento de los equipos, lo que favorece la propuesta de un plan de mantenimiento.

Se realizó un análisis de criticidad de los elementos constitutivos de la bomba centrífuga concluyendo que los equipos de mayor criticidad son el motor, los sellos mecánicos, el rodete, ya que si estos tienen fallas se produce una paralización del proceso. Esto justifica la aplicación de un mantenimiento preventivo pues tiene alta criticidad, igual que el motor, pues si este se para se detiene todo el proceso pudiendo ocasionar pérdidas económicas y de tiempo según la gravedad de la falla. En este sentido, se puede concluir que tanto el filtro de succión tiene que ser revisados diariamente, así como el flujo de la bomba, fugas por los empaques, presión del sello externo, inyección y temperatura de cojinetes. Las revisiones semanales se deben aplicar a la rotación del eje, tubería auxiliar, vibración del eje y cojinetes

Una vez analizadas las fallas, se procedió a diseñar el plan de mantenimiento, tomando como variables tipo de dispositivo, herramientas para ejecutar el mantenimiento, personal calificado para el mismo y tiempo de duración aproximado de ejecución. Así mismo, se diseñó el plan de mantenimiento anual para cada equipo, basados en el modelo de Barrara Avendaño(2015), con el cual se asegura la eficiencia de los equipo, con un mínimo de paradas no programadas

tomando en consideración a los trabajos realizados por esta empresa anteriormente siendo el mas notable Polar .

Todo lo anterior con el objetivo de evitar disminuye la vida útil de la bomba, pues las aplicaciones de los protocolos adecuados de mantenimiento de bombas centrífugas se orientan a monitorizar y controlar su eficiencia, garantizando la optimización del rendimiento del equipo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al gerente de taller instruir al personal en lo referente a los tipos de mantenimiento. Así mismo la empresa debe contar con manuales de los diferentes tipos de bombas, ya que ellos realizan mantenimiento a varias empresas del estado Carabobo.

Dentro de las tareas a aplicar en el plan de mantenimiento están: lubricación en vacío, revisar que no esté desalineada, ya que eso afecta toda la bomba. Evitar sobrecargas del motor, para que no funcione fuera de los rangos de operación.

Para evitar las obstrucciones que pueden afectar al impulsor, tuberías y otros elementos, se recomienda a los operarios de la bomba, revisar los empaques o sellos mecánicos, así como los filtros de la tubería de succión. También, evitar se pierda la ceba de la bomba. Realizar revisiones adicionales de lubricación de cojinetes, consumo de energía, pernos de sujeción, inspección interna

Otro elemento que se recomienda evaluar son las fichas técnicas de la maquinaria, estas permiten tener acceso a las características técnicas como: tipo motor, cilindraje, etc., que son importantes tener en cuenta al momento de ejecutar cualquier actividad de mantenimiento.

Se recomienda a su vez un programa de capacitación personal que permita la asignación de actividades claves para cada persona según sus talentos, permitiendo la jerarquización de tareas según departamento, además de las tareas de programación de tareas planificadas y el análisis de medidas de condición de fallas

Por último, hacer seguimiento de la ejecución del plan de mantenimiento sugerido para las bombas centrífugas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). **“El Proyecto de Investigación. Guía para su Elaboración”**. Edición N° 3. Caracas. Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **“Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología”**. Edición N° 5. Caracas: Editorial Episteme.
- Balestrini, M. (1998). **“Cómo se elabora el Proyecto de Investigación”**. Caracas. BL Consultores.
- Barrera F. y Avendaño L. (2015) **Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de mecanizado, soldadura, refrigeración y automotriz del centro industrial de mantenimiento de Girón. Bucaramanga. Colombia**
- Bernal, C. (2006). **Metodología de la Investigación**. México, D.F., Pearson Educación
- Cengel & Boles (2011) **Refrigeración**
- Córdoba y Monsalve (2002) **Metodología de la investigación**. Caracas: Editorial Episteme.
- Covenin. (1993). Norma Venezolana 2500-93. **Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria**. Caracas, Distrito Capital, Venezuela: COVENIN.
- Covenin. (1993). Norma Venezolana 3049-93. **Mantenimiento: Definiciones**. Caracas, Distrito Capital, Venezuela: COVENIN.
- Duffuaa, R. (2004). **Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control**. Balderas: Limusa.
- Estrada G. (1996) Teoría de sistemas.). México: Limusa
- Fustamante Luis. (2020) realizó **“Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la en la planta chancadora de la empresa Astaldi-Piura”**, Tesis de grado Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en Chiclayo, Perú
- González B. Carlos (2001) **Conferencias de ingeniería de mantenimiento** . Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander.

- Holmquist, Yyalu y Ventura, Nelson. (2017) **“Desarrollo de un plan de mantenimiento a los equipos pertenecientes al área de chasis en el departamento de TCF en la empresa FCA Venezuela L.C.C.”**, Tesis de grado Universidad José Antonio Páez, Carabobo.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (6° edic). México: Mc Graw Hill.
- Huffman, D. (2007). El abordaje de las realidades múltiples el investigación educativa: la determinación de objetos de estudio científico. México: Universidad Autónoma de México.
- Medrano, A., González, V. y Díaz, S. (2017). **Mantenimiento: Técnicas y Aplicaciones Industriales**. México. Grupo Editorial Patria.
- Morales (2008) **Mantenimiento preventivo**. Caracas. Editorial texto
- Mora Gutierrez, (2010). **Mantenimiento: Planeación, ejecución y control** (1a. ed.). México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Negrinho D. Paola (2021) **“Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria de la empresa “concretos los llanos, c.a.”** Tesis de grado Universidad José Antonio Páez,
- Parella, S. y Martins, F. (2012) **Metodología de la investigación**. Mc Graw Hill
- Payri Martín, S. Ruiz Rosales, J.R. Serrano Cruz. (2003) **Prácticas de Ingeniería Térmica**– 1ra Edición
- Tamayo y Tamayo, M (2008) **El Proceso de la Investigación Científica**. (4° edic). edic). México: Limusa Noriega Editores.
- Torres, Bernardo (2000) **Análisis y desarrollo de la aplicación informática para el mantenimiento preventivo**. Valencia.España
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2016). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales**. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Villalba D, (2017) **“Elaboración y puesta en práctica del programa de mantenimiento preventivo y predictivo para el sistema de vapor y sistemas de refrigeración de la línea de producción de la empresa Panamco de Venezuela S.A, Planta Boleíta**. Tesis Universidad Central de Venezuela.
- (yamer 29 de septiembre de 2012)

Zamudio Mata Ramón Michael. (2021, marzo 17). *Teoría de sistemas. Qué es, características, clasificación, elementos*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-sistemas/>

ANEXOS

ANEXO A

ENCUESTA



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

INDICADOR	ÍTEM	PREGUNTA	SI	NO
Conocimiento de los encargados del taller de bombas centrífugas sobre el mantenimientos	1	¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas ?		
	2	¿ Le informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?		
	3	¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?		
Utilidad del mantenimiento preventivo y correctivo diario	4	¿ Le informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas ?		
	5	¿ Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?		
	6	¿ Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?		
Facilidad de aplicación de los mantenimientos	7	¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?		
	8	¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?		

ANEXO B

VALIDACION DEL INSTRUMENTO



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

PRESENTACIÓN DEL CUESTIONARIO

Estimado ciudadano(a):

El presente documento tiene como finalidad solicitar informe de desarrollo de una investigación que tiene como objetivo el **CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS**

Bárbara Jhackary Mago Concepción C.I.
Medina C.I. 25548043

Instrucciones:

1. Por favor lea el instrumento antes de responder
2. Marque con una (X) la respuesta
3. En los ítems que se le indiquen
4. Por favor responda todas las preguntas



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

**FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS
JUICIO DE EXPERTOS**

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para validar las distintas interrogantes que conforman el instrumento de recolección de datos, el cual será aplicado en la investigación de campo elaborado por las bachilleras Bárbara Jhackary Mago Concepción C.I. 24884742 y Gleidys Mariana Meza Medina C.I. 25548043 en su trabajo de grado titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A**

Instrucciones:

Lea el instrumento y marque con una equis (X) su criterio en cuanto a los aspectos que a continuación se señalan:

1. Pertinencia: Relación estrecha entre la pregunta, los objetos a lograr y el instrumento que se encuentra desarrollando.
2. Redacción: Claridad y precisión en el uso del vocabulario técnico.
3. Adecuación: Correspondencia entre el contenido de cada pregunta y el nivel de preparación o desempeño del entrevistado.



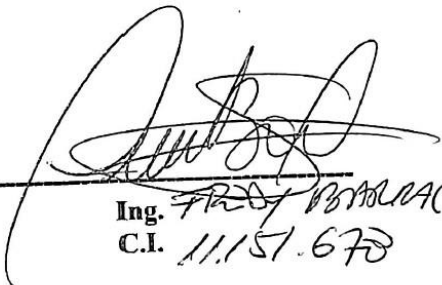
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

**CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA ELABORACIÓN DEL
TRABAJO DE GRADO.**

Estimado(a) Ing. Fredy Barragán

Por medio de la presente las bachilleres Bárbara Jhackary Mago Concepción C.I. 24884742 y Gleidys Mariana Meza Medina C.I. 25548043 solicitamos , la validación del presente instrumento para la recolección de datos e información del trabajo de grado titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A** Este instrumento de medición cualitativo-cuantitativo, está estructurado como una planilla de evaluación del tipo "encuesta" que tiene como objetivo **Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A.**

Se agradece evaluar, analizar y validar el presente instrumento.


Ing. Fredy Barragán
C.I. 11.151.678

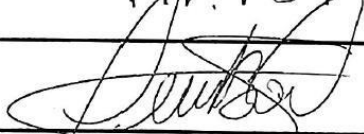
APRECIACIÓN CUALITATIVA	
B	BUENO: El indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable.
R	REGULAR: El indicador no llega al mínimo aceptable, pero se acerca a él.
D	DEFICIENTE: El indicador está lejos del mínimo Aceptable.

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN

PREGUNTAS	PERTINENCIA			REDACCIÓN			ADECUACIÓN		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas ?	✓			✓			✓		
¿ Le informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?	✓			✓			✓		
¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?	✓			✓			✓		
¿ Le informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas ?	✓			✓			✓		
¿ Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?	✓			✓			✓		
¿ Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?	✓			✓			✓		
¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?	✓			✓			✓		
¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?	✓			✓			✓		

			S
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el entrevistado pueda llenar la planilla.	✓		
La presentación del instrumento es adecuada. De no ser así, señale los factores o variables a corregir o mejorar.	✓		
Los factores y variables son adecuados para recolectar la información. De ser negativa su respuesta, sugiera los factores o variables que deben incluirse y/o eliminarse.	✓		

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLICABLE	✓	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombres y Apellidos:	FREDY BARRAGAN SUESCUN
Cédula de Identidad:	11.151.678
Correo Electrónico:	barragan.suescun@gmail.com
Nivel Académico:	DOCTOR EN EDUCACIÓN
C.I.V	
C.E.I.D.E.C:	141.153
FIRMA	



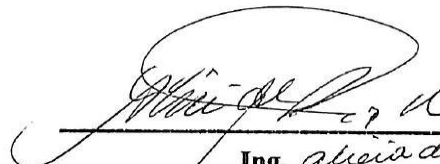
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

**CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA ELABORACIÓN DEL
TRABAJO DE GRADO.**

Estimado(a) Ing. Alicia del Pízzol

Por medio de la presente las bachilleres Bárbara Jhackary Mago Concepción C.I. 24884742 y Gleidys Mariana Meza Medina C.I. 25548043 solicitamos , la validación del presente instrumento para la recolección de datos e información del trabajo de grado titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A** Este instrumento de medición cualitativo-cuantitativo, está estructurado como una planilla de evaluación del tipo “encuesta” que tiene como objetivo **Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A.**

Se agradece evaluar, analizar y validar el presente instrumento.


Ing. Alicia del Pízzol
C.I. 4598880

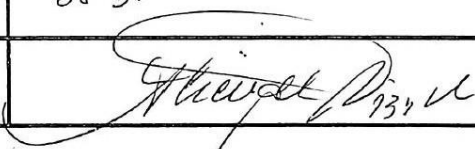
APRECIACIÓN CUALITATIVA	
B	BUENO: El indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable.
R	REGULAR: El indicador no llega al mínimo aceptable, pero se acerca a él.
D	DEFICIENTE: El indicador está lejos del mínimo Aceptable.

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN

PREGUNTAS	PERTINENCIA			REDACCIÓN			ADECUACIÓN		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas ?	X			X			X		
¿ Le informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?	X			X			X		
¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?	X			X			X		
¿ Le informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas ?	X			X			X		
¿ Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?	X			X			X		
¿ Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?	X			X			X		
¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?	X			X			X		
¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?	X			X			X		

			S
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el entrevistado pueda llenar la planilla.	X		
La presentación del instrumento es adecuada. De no ser así, señale los factores o variables a corregir o mejorar.	X		
Los factores y variables son adecuados para recolectar la información. De ser negativa su respuesta, sugiera los factores o variables que deben incluirse y/o eliminarse.	X		

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLICABLE	X	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombres y Apellidos:	Alipiz de Pizzella
Cédula de Identidad:	4598880
Correo Electrónico:	alipizdg@mail.com
Nivel Académico:	Prof. Magister
C.I.V C.E.I.D.E.C:	68379
FIRMA	



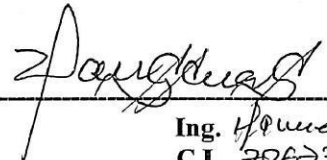
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

**CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA ELABORACIÓN DEL
TRABAJO DE GRADO.**

Estimado(a) Ing. Manuel Cuadrado García

Por medio de la presente las bachilleres Bárbara Jhackary Mago Concepción C.I. 24884742 y Gleidys Mariana Meza Medina C.I. 25548043 solicitamos , la validación del presente instrumento para la recolección de datos e información del trabajo de grado titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SERMI BOMBAS 5, C.A** Este instrumento de medición cualitativo-cuantitativo, está estructurado como una planilla de evaluación del tipo “encuesta” que tiene como objetivo **Diagnosticar la situación actual del plan de mantenimiento utilizado por la empresa SERMI BOMBAS 5.C.A.**

Se agradece evaluar, analizar y validar el presente instrumento.


Ing. Manuel Cuadrado
C.I. 7067357

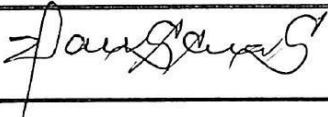
APRECIACIÓN CUALITATIVA	
B	BUENO: El indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable.
R	REGULAR: El indicador no llega al mínimo aceptable, pero se acerca a él.
D	DEFICIENTE: El indicador está lejos del mínimo Aceptable.

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN

PREGUNTAS	PERTINENCIA			REDACCIÓN			ADECUACIÓN		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
¿Tiene conocimiento de los tipos de mantenimientos para las bombas centrífugas ?	✓			✓			✓		
¿ Le informa a sus clientes que revise a diario algunas partes de la bomba?	✓			✓			✓		
¿Cuenta con manuales de mantenimiento para las bombas y otros equipos en el taller?	✓			✓			✓		
¿ Le informa a sus clientes sobre parada programada para revisión de las bombas cuando estas presentan fallas ?	✓			✓			✓		
¿ Brinda información sobre los daños frecuentes que se evidencian en las bombas centrífugas por falta de mantenimiento?	✓			✓			✓		
¿ Estaría dispuesto a brindar asesorías para el personal que maneja las bombas?	✓			✓			✓		
¿Cree usted que sería fácil la adaptación de los trabajadores para aplicar los mantenimientos correctivos a las bombas?	✓			✓			✓		
¿Considera importante informar que un plan de mantenimiento disminuiría las pérdidas provocadas por paradas no programadas?	✓			✓			✓		

			S
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el entrevistado pueda llenar la planilla.	✓		
La presentación del instrumento es adecuada. De no ser así, señale los factores o variables a corregir o mejorar.	✓		
Los factores y variables son adecuados para recolectar la información. De ser negativa su respuesta, sugiera los factores o variables que deben incluirse y/o eliminarse.	✓		

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLICABLE	✓	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombres y Apellidos:	Manuel Cuadrado García
Cédula de Identidad:	7067357
Correo Electrónico:	miguadrado@hotmail.com
Nivel Académico:	Ingeniero Industrial
C.I.V C.E.I.D.E.C:	CIV. 79318
FIRMA	

ANEXO C

CHECK LIST

ÍTEM	PREGUNTA	SI	NO
1	¿Los trabajadores conocen la planificación de los trabajos que se recibieron y las fechas de entrega tentativas?		NO
2	¿La empresa dota a sus trabajos de todos los implementos y herramientas necesarias para la realización de sus tareas?	SI	
3	¿Los empleados reciben charlas de seguridad o capacitación personal para mejorar sus conocimientos en el área de trabajo designada para cada uno?	SI	
4	¿se realizan reuniones para consultar a los trabajadores de acciones que pudieran tomarse para mejorar el área de trabajo?		NO
5	¿Se lleva control de los tiempos que tardan los empleados en hacer una misma actividad para buscar mejorar el proceso disminuyendo los tiempos?		NO
6	¿Existe un supervisor o encargado de vigilar las reparaciones de todos los equipos con los que se trabaje?		NO
7	¿Las reparaciones son realizadas según un procedimiento estandarizado?		NO
8	¿La empresa cuenta con un stock de repuestos claves para algunos trabajadores, a su vez cuentan con proveedores para las piezas que estos no dispongan en el momento?	SI	

9	¿Al trabajar con los equipos se cumplen las medidas de seguridad internas de la empresa para la realización de cada trabajo?		NO
10	¿Se hace uso de órdenes de trabajo para poder realizar las reparaciones, en dónde estás brindar la información necesaria para el trabajo necesario?	SI	