



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA MARK  
GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW”.**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico

**AUTORES:**

Galarza Lasluisa Oscar Alexander

Iza Chicaiza Edison Fidel

**TUTOR:**

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso.

Latacunga-Ecuador

2023



### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Galarza Lasluisa Oscar Alexander e Iza Chicaiza Edison Fidel, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: "MANTENIMIENTO E INSTALACION DE LA BOMBA CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW", siendo el PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso tutor del presente trabajo; y exigimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Oscar Alexander Galarza Lasluisa  
CC: 055025201-9

Edison Fidel Iza Chicaiza  
CC: 050372922-0



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Latacunga, agosto 2023

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”**, de Galarza Lasluisa Oscar Alexander, con cedula de ciudadanía N° 055025201-9, Iza Chicaiza Edison Fidel, con cedula de ciudadanía N° 050372922-0, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

---

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso.

**C.C. 175836725-2**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Latacunga agosto de 2023

En calidad de tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, los postulantes: **GALARZA LASLUIA OSCAR ALEXANDER**, con Cédula de ciudadanía N. 055025201-9 e **IZA CHICAIZA EDISON FIDEL**, con Cédula de ciudadanía N. 050372922-0, con el título del proyecto de titulación: “MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación de proyecto. Por lo expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Ms.C Jefferson Alberto Porras Reyes

CC: 070440044-9

**Lector 2**

Ing. Ms.C Verónica Paulina Freire Andrade

CC: 050205622-9

**Lector 3**

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún

CC: 050178243-7

## ÍNDICE GENERAL

1. Información general.....	1
2. Introducción.....	2
2.1. ALCANCE DEL PROYECTO.....	2
2.2. Problema:.....	2
2.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
matriz de identificación del problema.....	2
2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3. Beneficiarios:.....	3
2.4. Justificación:.....	3
2.5. Hipótesis.....	3
2.6. OBJETIVOS:.....	4
2.6.1. GENERAL:.....	4
2.6.2. ESPECÍFICOS:.....	4
2.7. Sistema de tareas en relación a los objetivos.....	4
3. Fundamentación teórica.....	5
3.1. ANTECEDENTES.....	5
3.2. DEFINICIÓN DE BOMBA.....	6
3.3. TIPOS DE BOMBA.....	7
3.3.1. BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	7
Reciprocantes.....	7
Rotatorias.....	7
3.3.2. BOMBAS DINÁMICAS.....	8
Centrifugas.....	8
Periféricas.....	8
3.3.3. FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA CENTRIFUGA.....	8
3.3.4. TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.....	10
3.3.5. PARTES DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.....	10
3.4. SELLO MECÁNICO.....	11
3.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS.....	11

Por arreglo .....	11
Por diseño .....	12
3.4.2. COMPONENTES DE UN SELLO MECÁNICO DE EMPUJE .....	12
3.4.3. FUNCIONAMIENTO DE UN SELLO MECÁNICO .....	13
3.4.4. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE SELLO MECÁNICO .....	13
Caras de sellado:.....	13
Anillos estáticos y anillos giratorios: .....	13
Elastómeros: .....	14
Elementos de empuje: .....	14
3.4.5. CAUSAS QUE OCASIONAN PROBLEMAS EN LOS SELLOS MECÁNICOS .....	14
3.4.6. MONTAJE DE SELLOS MECÁNICOS .....	15
3.5. CAVITACIÓN.....	15
3.5.1. MECANISMOS DE LA CAVITACIÓN .....	16
Etapa 1: formación de burbujas.....	16
Etapa 2: crecimiento de las burbujas.....	16
Etapa 3: colapso de las burbujas .....	17
3.5.2. SÍNTOMAS Y EFECTOS DE LA CAVITACIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA BOMBA Y SUS COMPONENTES .....	17
3.5.3. DAÑO A LOS COMPONENTES .....	17
3.6. MANTENIMIENTO .....	18
3.6.1. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO .....	19
3.6.2. ACTIVIDADES DE LA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO .....	19
Inspección.....	19
Servicio.....	19
Teparación .....	20
Modificación .....	20
Fabricación .....	20
Montaje.....	20
Cambio .....	21
3.6.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	21
3.6.3.1. MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA .....	21
3.6.3.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	21
3.6.3.3. MANTENIMIENTO PERIÓDICO .....	21

3.6.3.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	21
3.6.3.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	22
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	22
4.1 Materiales y métodos.....	22
4.1.1 VARIABLES DEL PROCESO.....	22
4.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA .....	24
4.1.2.1 DEFINICIÓN DE REQUISITOS .....	24
4.1.2.2. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA CENTRIFUGA MEDIANTE EL DISEÑO.....	25
4.1.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10. ..	25
4.1.2.4. PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA BOMBA CENTRIFUGA.....	27
4.1.2.5 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR .....	27
4.1.2.6 PARÁMETROS Y CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA CENTRIFUGA (MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10) .....	28
4.1.2.7 CLASIFICACIÓN DE UNA BOMBA, SEGÚN LA VELOCIDAD ESPECIFICA.....	29
4.1.2.8 ALTURA TEÓRICA PARA NÚMERO INFINITO DE ÁLABES. ....	30
4.1.2.9 ALTURA TEÓRICA PARA NÚMERO FINITO DE ÁLABES.....	31
4.1.2.10 COEFICIENTE DE INFLUENCIA POR NÚMERO DE ÁLABES .....	31
4.1.2.11 RENDIMIENTO HIDRÁULICO DE LA BOMBA CENTRIFUGA .....	32
4.1.2.12 RENDIMIENTO TOTAL DE LA BOMBA CENTRIFUGA .....	32
4.1.3 PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA CENTRIFUGA.....	32
4.1.3.1 DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA CENTRIFUGA .....	33
4.1.3.2. PROCESO DE DESMONTAJE DE LA BOMBA CENTRIFUGA .....	33
4.1.3.3 PROCESO DE MONTAJE DE LA BOMBA CENTRIFUGA .....	35
4.1.4. ESTADO TÉCNICO DEL MOTOR .....	37
4.1.5. PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	37
4.1.5.1. ENFOQUE PARA EL ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO (SAM) .....	37
4.1.5.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	38
4.1.5.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	39
4.1.5.3.1. Definir el nivel de análisis.....	40
4.1.5.3.2. definir la criticidad. ....	40
4.1.5.3.3. Cálculo del nivel de criticidad.....	41
4.1.5.3.4. Análisis y validación de los resultados. ....	42

4.1.5.3.5. Definir el nivel de análisis.....	42
4.1.5.3.6. Determinar la criticidad.....	42
4.1.5.4. Criterio de selección del tipo de mantenimiento a nivel de elementos de la máquina. .....	42
4.1.5.5. DETERMINACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO .....	44
4.1.5.6. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO REAL DE OPERACIÓN (HROP) .....	45
4.1.5.7. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE FALLAS (NTMC).....	46
4.1.5.8. TIEMPO DE ELIMINACIÓN DE LAS FALLAS O POR ACCIONES DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO (HTMC) .....	46
4.1.5.9. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS .....	46
4.1.5.10. TIEMPO MEDIO PARA LA REPARACIÓN .....	46
4.1.5.11. DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO .....	47
4.1.5.12. DURACIÓN DEL CICLO DE REPARACIÓN .....	47
4.1.5.13. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ENTRE OPERACIONES DEL CICLO .....	47
4.1.5.14. CÁLCULO DEL TIEMPO ENTRE REPARACIONES .....	48
3.1.3.16 COSTO DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO.....	48
4.1.5.15. COSTO DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS .....	48
4.1.5.16. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE INSPECCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ....	49
4.1.5.17. FACTOR DE COSTO .....	50
4.1.5.18. FACTOR DE FALLA.....	50
4.1.5.19. FACTOR DE AJUSTE .....	50
4.1.6. PROCESO TECNOLÓGICO DE RECUPERACIÓN DE LA BOMBA .....	51
4.1.6.1. TECNOLOGÍA DE SOLDADURA .....	51
4.1.6.2. SOLDADURA AUTÓGENA .....	51
4.1.6.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA .....	52
Características del material utilizado en la soldadura .....	52
4.1.6.4. TECNOLOGÍA DE MAQUINADO .....	52
4.1.6.5. VELOCIDAD PERIFÉRICA DEL CORTE EN METROS MINUTO.....	53
4.1.6.6. NUMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO DE LA PIEZA .....	53
4.1.6.7. TIEMPO DE DURACIÓN .....	53
4.1.6.8. POTENCIA NECESARIA.....	54
4.1.7. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	54



4.1.7.1. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE PRESIÓN .....	54
4.1.7.2. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	54
4.1.7.3. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE VIBRACIÓN .....	55
4.1.7.4. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SONIDO.....	56
4.1.7.5. PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE CORRIENTE .....	56
4.2 Análisis y discusión de los resultados .....	57
4.2.1. DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO (SAM). .....	57
4.2.1.1. ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	57
4.2.1.2. SERVICIOS DE TERCEROS.....	57
4.2.1.3. GESTIÓN DE PIEZAS DE REPUESTOS .....	58
4.2.1.4. INFRAESTRUCTURA .....	58
4.2.1.5. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	59
4.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO .	59
4.2.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL EQUIPO .....	60
4.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL EQUIPO Y DETERMINACIÓN DEL SUBSISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	63
4.2.5. GESTIÓN, ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO O DE DIAGNÓSTICO.....	63
4.2.6. ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN PARA EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. .....	64
4.2.7. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	65
4.2.8. EVALUACIÓN PERIÓDICA DE SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO (SAM).....	66
4.2.9. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10.....	67
Rendimiento hidráulico y rendimiento de bombeo .....	67
4.2.10. CÁLCULOS DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE LA BOMBA.....	68
4.2.10.1. Proceso para determinar la tolerancia dimensional mediante la norma internacional isa para ajustes.....	68
4.2.10.2. Ajuste por eje único.....	68
4.2.10.3. Ajuste de juego libre: se utiliza en piezas que deban tener una holgura bien perceptible .....	69
4.2.11. Análisis del material.....	69

4.2.12. Análisis para el proceso de maquinado .....	69
4.2.12.1. Cálculo de la velocidad de corte .....	69
4.2.12.2. Cálculo del número de rpm .....	70
4.2.12.3. Cálculo de tiempo de duración.....	70
4.2.13. ANÁLISIS DE IMPACTO Y PRESUPUESTO. ....	70
4.2.13.1. IMPACTO ECONÓMICO .....	70
4.2.13.2. IMPACTO AMBIENTAL.....	70
4.2.13.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN .....	71
Vibrómetro .....	71
Sonómetro .....	72
Amperímetro .....	73
Manómetro .....	74
4.2.14. PRESUPUESTO .....	75
4.2.14.1. PRESUPUESTO DIRECTO .....	75
4.2.14.2. COSTOS INDIRECTOS .....	76
4.2.14.3. COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO .....	77
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
5.1 CONCLUSIONES.....	77
5.2. RECOMENDACIONES .....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sistemas de tareas.....	4
Tabla 4.1. Variables dependientes.....	22
Tabla 4.2. Variables independientes.....	23
Tabla 4.3. Variables de entrada para el proceso de mantenimiento.....	24
Tabla 4.4. Lista de piezas.....	26
Tabla 4.6. Datos generales del motor.....	28
Tabla 4.7. Clasificación de la bomba.....	30
Tabla 4.8: Herramientas.....	33
Tabla 4.9: Estado del motor trifásico.....	37
Tabla 4.10. Valores de intervalos ingm.....	38
Tabla 4.11: Reglas de selección del tipo de mantenimiento.....	44
Tabla 4.12: Determinación del estado técnico del mantenimiento.....	45
Tabla 4.13: Características del bronce.....	52
Tabla 4.14: Datos generales del manómetro.....	54
Tabla 4.15: Datos generales del caudalímetro.....	55
Tabla 4.16: Datos generales del vibrometro.....	55
Tabla 4.17: Datos generales del sonómetro.....	56
Tabla 4.18: Datos generales del amperímetro.....	56
Tabla 4.19: Resultados de la gestión de mantenimiento.....	60
Tabla 4.20: Análisis de criticidad de los elementos de la bomba centrífuga.....	61
Tabla 4.21: Nivel de criticidad.....	62
Tabla 4.22: Valores puntuales de la criticidad.....	62
Tabla 4.23: Tipos de mantenimiento.....	63
Tabla 4.24: Frecuencia de inspección.....	64
Tabla 4.25: Evaluación del mantenimiento preventivo planificado.....	64

Tabla 4.26: Ciclo entre reparaciones. ....	65
Tabla 4.27: Elementos de la máquina para mantenimiento correctivo.....	65
Tabla 4.28: Disponibilidad de los elementos del equipo. ....	66
Tabla 4.29: Velocidad de corte.....	69
Tabla 4.30: Rpm. ....	70
Tabla 4.31: Duración del desbaste. ....	70
Tabla 4.32: Nivel de caudales.....	71
Tabla 4.33: Nivel de vibraciones. ....	72
Tabla 4.34: Niveles de ruido.....	73
Tabla 4.35: Nivel de corriente. ....	74
Tabla 4.36: Niveles de presión. ....	75
Tabla 4.37: Costos directos de los materiales.....	76
Tabla 4.38: Costos directos de ingeniería.....	76
Tabla 4.39: Costos indirectos.....	76
Tabla 4.40: Presupuesto total de la propuesta tecnológica. ....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Tipos de bomba .....	7
Figura 3.2: Tipos de bombas centrifugas.....	10
Figura 3.3: Partes de una bomba centrifuga .....	10
Figura 3.4: Etapas de cavitación.....	16
Figura 3.5: Daños a componentes.....	18
Figura 4.1. Perdidas de rendimiento.....	24
Figura 4.2. Bosquejo de la bomba centrifuga.....	25
Figura 4.3. Curva característica en relación a la presión con el caudal.....	28
Figura 4.4. Curva característica en relación de la eficiencia con el caudal.....	29
Figura 4.5. Curva característica en relación a la potencia con el caudal.....	29
Figura 4.6. Desmontaje de la voluta.....	34
Figura 4.7. Desmontaje del impulsor del eje.....	34
Figura 4.8. Desmontaje del plato porta estacionarios y sello mecánico.....	35
Figura 4.9. Montaje del plato porta estacionario.....	35
Figura 4.10. Instalación del impulsor y el sello mecánico.....	36
Figura 4.11. Instalación de la voluta de la bomba.....	36
Figura 4.12. Matriz de criticidad.....	39
Figura 4.13. Matriz de criticidad.....	41
Figura 4.14. Nivel de gestión de mantenimiento.....	60
Figura 4.15. Características de la bomba.....	67
Figura 4.16. Rendimientos de la bomba.....	68
Figura 4.17. Eje único.....	69

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW

**Autores:** Galarza Lasluisa Oscar Alexander

Iza Chicaiza Edison Fidel

### RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad realizar el mantenimiento e instalación de una bomba centrífuga MARK GROUNDFOSS, la cual se encontraba fuera de servicio en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache, con bajo rendimiento volumétrico, presión inadecuada y bajo rendimiento. Se optó por la recopilación de información necesaria para identificar los parámetros que influyen en las pérdidas de rendimiento de la bomba; se procedió a identificar los elementos eléctricos y mecánicos que conforman la bomba; posterior se realizó el diseño del plano mecánico empleando el programa de FUSION 360 para diseñar cada elemento; seguidamente se realizó un análisis de criticidad a cada elemento de la bomba para poder identificar en qué estado se encontraban, una vez identificado todos los elementos averiados se recurrió a las técnicas de ingeniería en soldadura y mecanizado para reconstruir y recuperar la pieza casi a su estado original, tomando en cuenta las características necesarias para aplicar los métodos apropiados de soldadura, posterior a ser torneado con las medidas y rangos de tolerancia de ajuste, terminado este proceso se verifica que todo esté correcto para proceder al ensamble y montaje. Las pruebas se realizaron con diferentes tipos de instrumentos de medición: caudalímetro, vibrómetro, sonómetro, manómetro lo cual arrojaron datos precisos en donde el caudal es de  $0,1960 \text{ m}^3/\text{m}$ , la velocidad del fluido de  $0,8467 \text{ m/s}$ , presión de 80 psi, sonido de 84,0 dB y vibraciones de 9,1. Llegando a concluir que el costo de mantenimiento directo es de 544.00\$, y el indirecto es de 105.00\$ dando un total de 649.00\$ por lo cual es rentable el mantenimiento.

**Palabras claves:** Bomba centrífuga, caudal, rendimiento, presión y mantenimiento

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE:** MAINTENANCE AND INSTALLATION OF A MARK GRUNDFOS  
CENTRIFUGAL PUMP MODEL DVR 10 OF 7.5 kW.

**Authors:** Galarza Lasluisa Oscar Alexander

Iza Chicaiza Edison Fidel

**ABSTRACT**

The purpose of this research project was to carry out the maintenance and installation of a MARK GRUNDFOS centrifugal pump, which was out of service at the facilities of the Technical University of Cotopaxi Salache extension, with low volumetric performance, inadequate pressure, and low performance. We collect the necessary information to identify the parameters that influence the performance losses of the pump; we identified the electrical and mechanical elements that make up the pump; Later, we designed the mechanical plan using the FUSION 360 program to design each element; the research made a criticality analysis to each of its elements to identify their condition, once all the damaged elements were identified, it rebuild and recover the parts almost to its original state by using engineering techniques in welding and machining, taking into account the necessary characteristics to apply the appropriate methods, after being turned with the measurements and adjustment tolerance ranges, once this process is finished, it was verified that everything is correct to proceed with the assembly. The tests were developed with different types of measuring instruments: flowmeter, vibrometer, sound level meter, and manometer, which yielded precise data where the flow rate is  $0.1960 \text{ m}^3/\text{m}$ , the velocity of the fluid is  $0.8467 \text{ m/s}$ , pressure of 80 psi, sound of 84.0 dB, and vibrations of 9.1. Concluding that the direct maintenance cost is \$544.00, and the indirect cost is \$105.00, giving a total of \$649.00, for which maintenance is profitable.

Keywords: Centrifugal pump, flow, performance, pressure, and maintenance

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW** presentado por: Galarza Lasluisa Oscar Alexander e Iza Chicaiza Edison Fidel egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

TANIA  
ELIZABETH  
ALVEAR  
JIMENEZ

Firmado  
digitalmente por  
TANIA ELIZABETH  
ALVEAR JIMENEZ  
Fecha: 2023.08.15  
19:50:02 -05'00'

**Tania Alvear Jiménez**



**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0503231763**



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** “Mantenimiento e instalación de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW”.

**Fecha de inicio:** abril 2023

**Fecha de finalización:** agosto 2023

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** Mantenimiento e instalación de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW.

**Equipo de trabajo:** PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso.

Galarza Lasluisa Oscar Alexander

Iza Chicaiza Edison Fidel

**Área de conocimiento:** 07 Ingeniería, Industria y Construcción/ 071 Ingeniería y Profesiones Afines/ 0713 Electricidad Y Energía.

**Línea De Investigación:** Procesos Industriales

**Sub Líneas de Investigación de la Carrera:** Mantenimiento de elementos y sistemas electrónicos.

## 2. INTRODUCCION

### 2.1. ALCANCE DEL PROYECTO

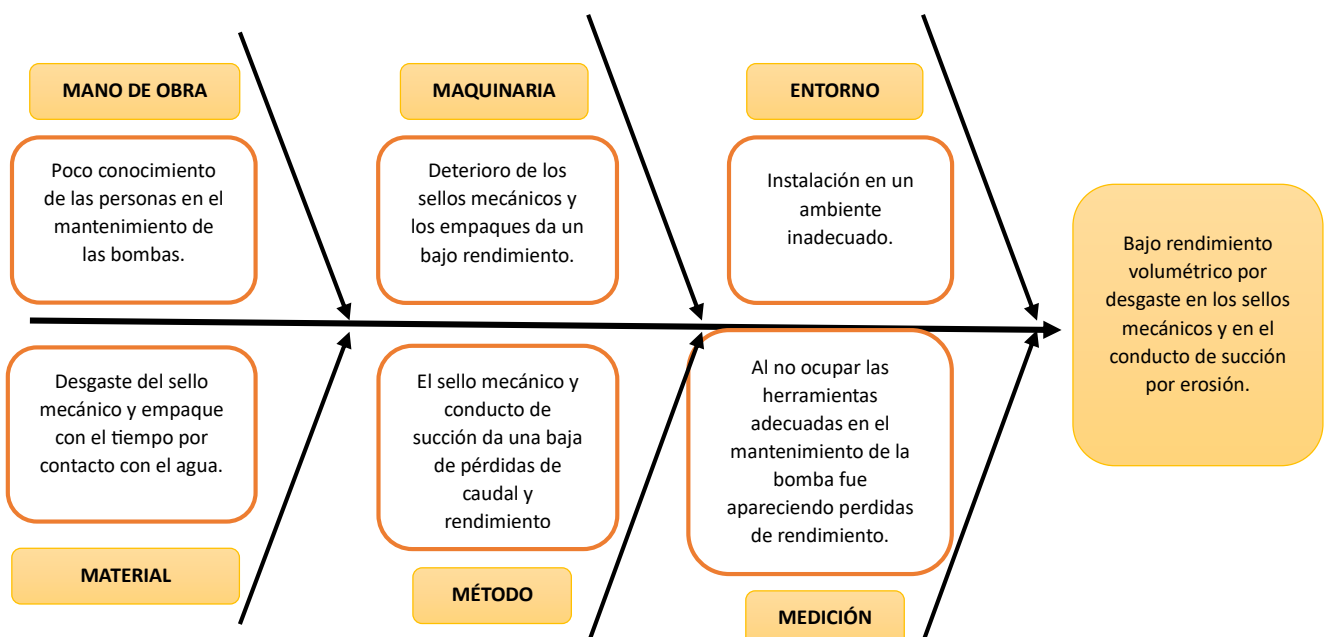
El objetivo del siguiente estudio es dar mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW, así como también realizar un plan de sustentación del mismo, utilizando el concepto de la ingeniería, Identificando el proceso más adecuado para realizar su sustento de la mejor manera para alcanzar el objetivo dando el uso adecuado de la tecnología.

### 2.2. PROBLEMA:

#### 2.2.1. Planteamiento del problema

Con el transcurso del tiempo las bombas centrífugas de la Universidad Técnica De Cotopaxi extensión Salache tienen bajo rendimiento volumétrico y mecánico a causa de las fallas de presión y caudal, al estar en constante contacto con el agua se fue deteriorando el empaque, el sello mecánico, el impulsor así como también la parte interna de la estructura, otra causa es dar un mal proceso de mantenimiento en donde no utilizan los materiales o piezas definidas por el fabricante y al momento de desarmar la bomba no recurren a herramientas específicas para el proceso ocasionando rupturas.

#### Matriz de identificación del problema



### **2.2.2. Formulación del problema**

La bomba centrífuga de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache por el tiempo de uso y constante contacto con el agua, muestra bajo rendimiento volumétrico y mecánico por desgaste de elementos internos con altas tolerancias dimensionales, esto conlleva a pérdidas de presión y caudal.

### **2.3. BENEFICIARIOS:**

**Directos:** La Universidad Técnica de Cotopaxi con el mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW, así como también un plan de sustentación del mismo.

**Indirectos:** técnicos e ingenieros interesados en el plan de mantenimiento.

### **2.4. JUSTIFICACIÓN:**

Para implementar una solución al problema planteado de mantenimiento, se debe comprender el manejo y el funcionamiento de las bombas centrífugas, en el cual se debe realizar mediciones y diagnósticos aplicando diferentes herramientas y métodos de trabajo para así aumentar su vida útil, utilizando alternativas económicas y eficientes. Es por ello que alargar la vida útil de las bombas reduce los tiempos de mantenimiento prolongados, el cual nos genera un ahorro económico al no reemplazar por una bomba nueva.

Con la implementación de un plan de mantenimiento nos permitirá llevar un mejor control en el funcionamiento de las bombas y dichos equipos se encontrarán en óptimas condiciones para realizar un trabajo adecuado sin pérdidas de rendimiento. Al dar un buen mantenimiento a las bombas centrífugas, ayudara en el área de riego de cultivos en la Universidad Técnica De Cotopaxi, y si con el pasar del tiempo presenta los mismos problemas en otra bomba se utilizaría el plan de mantenimiento implementado.

### **2.5. HIPÓTESIS**

El mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW, de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, permitirá mejorar el rendimiento y a su vez evitar la compra de otra bomba.

## 2.6. OBJETIVOS:

### 2.6.1. General:

Realizar el mantenimiento e instalación de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache, mediante reparación con dimensión de tolerancia y ajuste para mejorar la presión y el caudal de la misma.

### 2.6.2. Específicos:

- Determinar las fallas más comunes que se dan en las bombas por medio de la ingeniería.
- Analizar y verificar los daños para el reemplazo y rectificación de piezas defectuosas, por elementos de calidad en relación a la ingeniería.
- Implementar un plan de mantenimiento en bombas centrífugas para aumentar su vida útil.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

Tabla 2.1: Sistemas de tareas.

Objetivos específicos	Actividades (Tareas)	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Determinar las fallas más comunes que se dan en las bombas por medio de la ingeniería.	-Revisión de tesis, libros y en la web sobre el tema de bombas centrífugas. -Recopilación de datos acerca de los daños ocasionados con el transcurso del tiempo en las bombas.	-Información sobre bombas centrífugas. -Características de las fallas y los factores que intervienen.	-Investigación documental y de campo.

Verificar los daños para el reemplazo y rectificación de piezas defectuosas, por elementos de calidad en relación a la ingeniería.	-Revisión de todos los daños de la bomba. -Verificación de complicaciones al momento de reemplazar los elementos dañados por unos nuevos.	-Solución de todos los daños que tiene la bomba. - Es necesario tener un buen resultado al momento del reemplazo de los elementos dañados por unos nuevos.	-Investigación de campo y experimental.
Implementar un plan de mantenimiento en bombas centrífugas para que aumente su vida útil	-Identificación de fallas en la bomba centrífuga. -Implementación de mantenimiento correctivo para las fallas en las bombas.	-Reconocimiento de los daños para saber qué hacer en el mantenimiento. Reconocimientos de los daños graves de las bombas.	-Investigación de campo y experimental. -Análisis cualitativo

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

Con la finalidad de recopilar información necesaria y efectiva, se procedió a realizar una amplia investigación en repositorios universitarios y sitios web de tal manera que los antecedentes de la investigación relacionados al tema planteado son:

Al proyecto de investigación realizado por Ruiz y López (2017) en la Universidad Técnica de Cotopaxi en Latacunga, Ecuador, bajo el tema “Implementación del sistema de mantenimiento de respaldo para los equipos mineros en Catera San Joaquín 2” dice que:

Los elementos fijos o móviles que conforman los equipos, máquinas y maquinarias industriales tienen un cierto tiempo de vida útil, el cual deben ser detectadas a tiempo para evitar paralizaciones en la producción e incluso costos elevados en las reparaciones de los mismos, para estos deben contar con una estrategia para la gestión de mantenimiento, mediante un análisis específico a la máquina, tomando en cuenta el lugar en donde la máquina va a estar ubicada, las horas diarias de trabajo, el historial de fallas y averías que a tenido durante su

funcionamiento y con la aplicación de las ecuaciones adecuadas se puede definir el tiempo de mantenimiento (preventivo o correctivo) que necesita cada elemento. [1]

Otro proyecto que nos ayuda antecedente es la investigación ejecutada por Román (2004), bajo la temática titulada como “Diseño del impulsor de una bomba centrífuga de la estación de bombeo La Sota en la ciudad de Catamayo”, Loja: Ecuador; Universidad Nacional de Loja dice que:

La ineficiencia de la bomba centrífuga son provocadas por el bajo rendimiento volumétrico, el constante deterioro y desgaste de las partes internas de la bomba ocasionando un consumo excesivo de la energía eléctrica, debido al ingreso de materiales abrasivos dentro de la bomba el anillo de desgaste y el impulsor sufrieron grandes daños, con los cálculos pertinentes para el diseño del impulsor y seleccionando el material adecuado para la fundición se dio paso a la solución de problema, finalmente para evitar el golpe de ariete se colocaron en dos puntos de la tubería de impulsión válvulas de retención.[2]

Finalmente, el proyecto de Azoy (2014), con la temática “Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento”, La Habana: Cuba; Instituto de Investigaciones de Ingeniería agrícola dice que:

El mantenimiento dentro de una organización permite identificar los aspectos sobre los cuales es necesario trabajar para hacer más eficiente esta actividad y desarrollar las acciones para seguir mejorando, estos métodos están destinados al cálculo de cinco de los principales indicadores de mantenimiento para gestionar la función: el tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), disponibilidad del equipo (DISP), costo de mantenimiento por facturación y costo para la eliminación de fallas.[3]

### **3.2. Definición de bomba**

Una bomba es una máquina que desplaza un líquido por una red de tubos para aumentar la presión del líquido. También puede describirse como un dispositivo que utiliza diferentes transformaciones de energía para aumentar la presión de un líquido. [4]

Una bomba centrífuga es un dispositivo convertidor de energía, transforma la energía mecánica de un motor eléctrico o térmico en energía capaz de hacer que un fluido cambie de forma, de lugar o de velocidad. [5]

### 3.3. Tipos de bomba

Existen diversos tipos de bombas, las cuales se pueden clasificar por su forma de trabajo, por el material con el que está fabricado, entre otras, pero en general se los puede clasificar en dos grandes grupos: de desplazamiento positivo y dinámicos como se muestra en la figura 1.

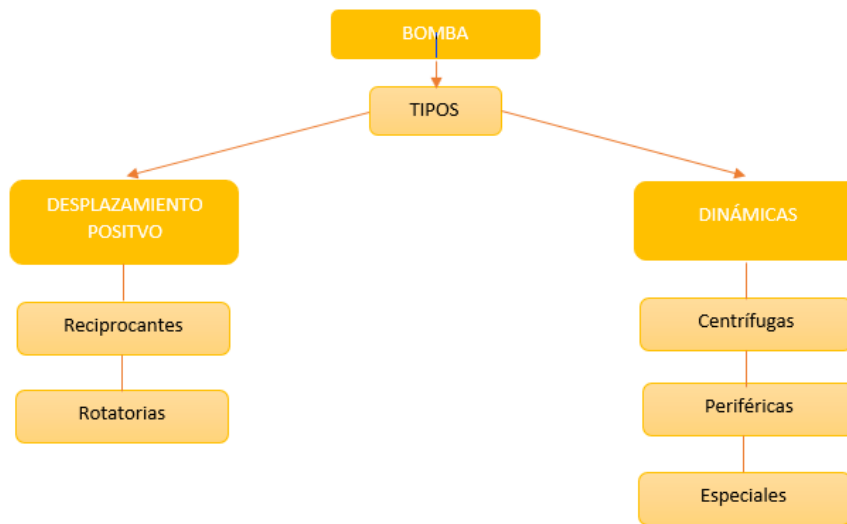


Figura 3.1: tipos de bomba

#### 3.3.1. Bombas de desplazamiento positivo

##### Reciprocantes

Al utilizar un pistón, un émbolo o un diafragma para dispersar un volumen determinado de fluido por ciclo, estas bombas cubren líquidos. Las teorías de la dinámica de fluidos no son muy relevantes porque la geometría de la bomba controla el flujo del fluido. El volumen de la cámara que sostiene el elemento dispersor y la frecuencia de pasadas de la cámara por la misma son los únicos factores que afectan a la cantidad de fluido que se expulsa de la bomba por cada golpe del elemento dispersor. [6]

##### Rotatorias

Estos tipos de bomba se caracterizan por el método de admitir y descargar el fluido, es decir este tipo de bomba rotatoria atrapa una cierta cantidad de líquido y lo transporta hasta el punto de descarga. Estas bombas casi pueden manejar cualquier tipo de líquido libre de abrasivos, en esencial son adecuados para fluidos de alto grado de viscosidad [6].

### **3.3.2. Bombas dinámicas**

#### **Centrifugas**

Las centrifugadoras son bombas hidropónicas que transforman la energía mecánica en energía cinética, que ejerce presión sobre un fluido. Este movimiento genera una fuerza centrífuga que aumenta la presión del fluido y hace que se desplace a través de un tubo o conductor en dirección al destino previsto. Estas bombas aumentan la velocidad de los fluidos para que puedan recorrer largas distancias. [7]

#### **Periféricas**

Una bomba periférica, también conocida como bomba de turbina periférica, es un tipo de bomba centrífuga que se utiliza principalmente para aplicaciones de baja potencia y presión, como en sistemas de suministro de agua doméstica, riego de jardines, sistemas de calefacción, entre otros.

La bomba periférica se caracteriza por tener un diseño peculiar en el que el impulsor se encuentra ubicado en un lado del eje de rotación, mientras que en el otro lado se encuentra un anillo o turbina periférica. El fluido es succionado por la acción del impulsor y es empujado hacia la turbina periférica antes de salir de la bomba. La turbina periférica ayuda a generar una mayor presión y permite que la bomba tenga una mayor eficiencia en aplicaciones de baja potencia.

### **3.3.3. Funcionamiento de una bomba centrífuga**

El funcionamiento de una bomba centrífuga se basa en el principio de la fuerza centrífuga y la conversión de energía cinética en energía de presión. A continuación, se describe paso a paso cómo opera una bomba centrífuga:

1. El fluido entra a la bomba a través de la entrada o boca de succión. Esta entrada está ubicada en el centro de la carcasa de la bomba.
2. El fluido llega al impulsor, que es un componente rotatorio con palas curvas. El impulsor está montado en un eje y se acciona mediante un motor. Al girar el impulsor, se crea un movimiento centrífugo en el fluido.
3. La rotación del impulsor acelera el fluido y lo arroja hacia afuera, en dirección a la periferia del impulsor. Esto genera una fuerza centrífuga que impulsa el fluido hacia fuera.



4. A medida que el fluido se aleja del centro del impulsor, ingresa a una carcasa o voluta que rodea al impulsor. La voluta tiene forma de espiral y está diseñada para guiar el flujo del fluido.
5. A medida que el fluido pasa por la voluta, su velocidad disminuye y su presión aumenta. Esto se debe a la expansión gradual de la sección transversal de la voluta, lo que convierte la energía cinética del fluido en energía de presión.
6. El fluido presurizado sale de la bomba a través de la salida o boca de descarga, que está conectado a un sistema de tuberías o conductos por los que el fluido se dirige hacia su destino.

Es importante tener en cuenta que las bombas centrífugas requieren que el fluido esté contenido dentro de las tuberías o conductos, ya que no pueden generar un vacío para succionar el fluido. Por lo tanto, es necesario que haya una alimentación adecuada de fluido o que se utilicen técnicas de cebo (inicialización del llenado de la tubería) para garantizar el correcto funcionamiento de la bomba.

El rendimiento de una bomba centrífuga, es decir, su capacidad de generar presión y caudal, depende de varios factores, como el diseño del impulsor, el tamaño de la bomba, la velocidad de rotación y las propiedades del fluido que se está bombeando. Estos factores deben tenerse en cuenta al seleccionar una bomba centrífuga para una aplicación específica. [4]

### 3.3.4. Tipos de bombas centrífugas



Figura 3.2: Tipos de bombas Centrífugas

### 3.3.5. Partes de una bomba centrífuga

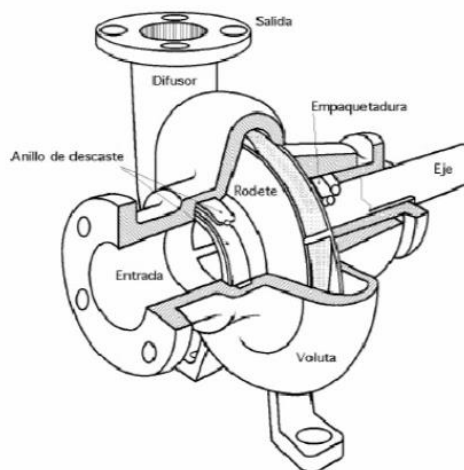


Figura 3.3: Partes de una bomba centrífuga

Fuente: [4]

Las bombas centrífugas constan de varios componentes principales:

**Impulsor o rodete:** Es el elemento rotatorio de la bomba y está compuesto por palas curvas. El impulsor gira dentro de una carcasa o voluta y es responsable de impartir energía cinética al fluido.

**Carcasa o voluta:** Es la estructura que rodea al impulsor y tiene forma de espiral o voluta. Su función es recoger el fluido acelerado por el impulsor y convertir su energía cinética en energía de presión.

**Eje:** El impulsor gira alrededor de su eje central. El eje está unido a una fuente de energía, como un motor eléctrico, que proporciona la fuerza necesaria para hacer girar el impulsor.

**Difusor:** Se denomina carcasa o voluta a la cámara que contiene el difusor y el impulsor. El difusor está formado por dos álabes fijos y divergentes que reducirán la velocidad del agua al ampliar la sección de la carcasa, transformando la energía cinética en energía de presión y mejorando la eficacia de la bomba.

**Entrada y salida de fluido:** El fluido entra en el impulsor de la bomba por una entrada, y sale de la bomba con más presión por una salida.

### **3.4. Sello mecánico**

Un sello mecánico es un dispositivo utilizado en las bombas centrífugas y en otros equipos rotativos para evitar fugas de fluido a lo largo del eje de rotación. Su función principal es proporcionar un sellado hermético entre el eje de la bomba y la carcasa, evitando que el fluido bombeado escape hacia el entorno o que se produzca una entrada no deseada de contaminantes externos. [8]

#### **3.4.1. Clasificación de los sellos mecánicos**

Existen diversas clasificaciones de los sellos mecánicos de acuerdo al diseño y materiales de construcción, a continuación, se describe una clasificación breve y corta de los mismos.

##### **Por arreglo**

Hace referencia a la cantidad de sello instalados en una sola brida formando así un solo sello en el equipo, estos pueden ser sencillos o dobles.

- Sello sencillo: También existen dos variantes. En la que el cuerpo del sello se encuentra tanto internamente, dentro del contenedor del sellado, como externamente, donde se sitúa fuera del contenedor.

- Sellos dobles: este a su vez comprende tres configuraciones. Espalda contra espalda, cara contra cara y tándem. [8]

### Por diseño

La clasificación por diseño corresponde al diseño de las caras del sello, existen sellos balanceados y sellos no balanceados.

- Sellos balanceados: las caras de los sellos se compensan hidráulicamente y las presiones se igualan en direcciones contrarias.
- Sellos no balanceados: en estos tipos de sellos las presiones en las caras son diferentes ya que en particular una de ellas presenta mayor área por lo tanto la presión se hace menor en relación a la otra cara.
- Resortes múltiples: como su nombre lo indica, el elemento que comprime o reten consta de varios resortes alojados sobre un collar, estos en conjunto ejercen la fuerza de cierre.
- Resorte sencillo o Mono resorte: este tipo de sello consta de un solo resorte de un diámetro tal que se ajuste al diámetro de la cara para que este realice una presión de cierre. [8]
- De empuje: el diseño de este sello incorpora un sello secundario que se tiende a mover axialmente a lo largo de un eje o camisa para mantener las caras del sello en contacto y compensar el desgaste y vibraciones provocadas por un desalineamiento. Estos tipos de sellos son capaces de soportar altas presiones y velocidades con diseños especiales.}
- Sellos de no empuje: el sello secundario se queda de forma estática a lo largo del eje o camisa sin necesidad de moverse, como es de autolimpieza no se afecta por la cantidad de residuos en los lados y tiene a estar en constante contacto con fluidos sucios y acumulaciones en el lado atmosférico[8].

### 3.4.2. Componentes de un sello mecánico de empuje

El sello mecánico consta de varios componentes esenciales:

- **Anillo estático:** También conocido como asiento fijo, es una parte del sello que se encuentra fija en la carcasa de la bomba y proporciona una superficie de sellado contra la cual se presiona el anillo giratorio.
- **Anillo giratorio:** También llamado anillo de giro o anillo móvil, es la parte del sello que gira con el eje de la bomba. Se mantiene en contacto con el anillo estático y genera un sellado efectivo a través de la acción de las fuerzas mecánicas aplicadas.

- **Caras de sellado:** Son las superficies de contacto entre el anillo estático y el anillo giratorio. Estas caras suelen estar fabricadas con materiales resistentes al desgaste y tienen una geometría específica para asegurar un sellado adecuado. Pueden ser lisas o tener patrones de ranuras o surcos para controlar la lubricación y el enfriamiento.
- **Elementos de empuje:** Son componentes que aplican la presión necesaria entre el anillo estático y el anillo giratorio para mantener el sellado. Pueden ser resortes, combustibles metálicos o sistemas hidráulicos, dependiendo del diseño del sello mecánico.

### 3.4.3. Funcionamiento de un sello mecánico

El sello mecánico crea una barrera entre las partes en movimiento y el fluido bombeado, evitando fugas no deseadas. También puede permitir un cierto grado de movimiento axial y radial del eje sin dañar el sellado, lo que es importante para el funcionamiento suave y confiable de la bomba centrífuga. [8]

### 3.4.4. Materiales de construcción de sello mecánico

Los sellos mecánicos utilizan una combinación de diferentes materiales para proporcionar un sellado efectivo y resistencia a las condiciones de operación. Los materiales utilizados en la construcción de sellos mecánicos pueden variar dependiendo de la aplicación y los requisitos específicos. A continuación, se mencionan algunos de los materiales comunes utilizados en los sellos mecánicos:

#### **Caras de sellado:**

- Carburo de silicio (SiC): Es un material ampliamente utilizado debido a su excelente resistencia al desgaste ya la corrosión.
- Carburo de tungsteno (WC): Es otro material popular debido a su alta dureza y resistencia al desgaste.
- Carbono: Se utiliza en combinación con otros materiales para proporcionar una buena lubricidad y capacidad de auto lubricación.

#### **Anillos estáticos y anillos giratorios:**

- Acero inoxidable: Es utilizado normalmente debido a su buena resistencia a la corrosión y durabilidad.
- Aleaciones de metales no ferrosos: Como el bronce, el latón o el aluminio, se utilizan en algunas aplicaciones específicas debido a sus propiedades de resistencia a la corrosión y baja fricción.

**Elastómeros:**

- Nitrilo (NBR): Es un elastómero usado debido a su buena resistencia al aceite ya los fluidos hidráulicos.
- Viton (FKM): Se utiliza cuando se requiere una mayor resistencia química y térmica, como en aplicaciones con fluidos agresivos o altas temperaturas.

**Elementos de empuje:**

- Resortes metálicos: Se utilizan resortes de acero inoxidable o aleaciones de níquel para proporcionar la presión de sellado requerida.
- Fuelles metálicos: En algunos casos, se utilizan fuelles metálicos para proporcionar la presión de sellado y compensar movimientos axiales o radiales del eje.

Es importante tener en cuenta que la selección de los materiales del sello mecánico depende de varios factores, como el tipo de fluido, la temperatura, la presión y las condiciones de operación. Cada aplicación hace uso de una combinación específica de materiales para asegurar un sellado confiable y duradero.

**3.4.5. Causas que ocasionan problemas en los sellos mecánicos**

Los sellos mecánicos pueden experimentar diversos problemas que surgen su rendimiento y pueden dar lugar a fugas o fallos prematuros. Algunas de las causas comunes de problemas en los sellos mecánicos incluyen:

**Desgaste:** El desgaste es un problema común en los sellos mecánicos debido al contacto y fricción entre las caras de sellado. El desgaste excesivo puede provocar fugas y reducir la eficiencia del sellado.

**Fricción y calor:** La fricción entre las caras de sellado puede generar calor, lo que puede resultar en un desgaste acelerado y una degradación de los materiales del sello. Esto es especialmente relevante en aplicaciones de alta velocidad o alta temperatura.

**Contaminación:** La presencia de partículas o contaminantes en el fluido bombeado puede causar daños en las caras de sellado, provocando fugas. Los contaminantes pueden incluir partículas sólidas, líquidos corrosivos o abrasivos.

**Falta de lubricación:** Algunos sellos mecánicos dependen de una lubricación adecuada entre las caras de sellado para un funcionamiento suave y eficiente. La falta de lubricación puede aumentar la fricción y el desgaste, lo que resulta en fugas.

**Desalineación:** Si el eje de la bomba y el sello mecánico no están alineados correctamente, se pueden generar fuerzas desequilibradas y una carga desigual en las caras de sellado, lo que puede causar fugas.

**Presión y temperatura extremas:** Las condiciones de presión y temperatura fuera de los límites especificados pueden afectar negativamente el rendimiento del sello mecánico. Pueden provocar deformación de los componentes del sello, daño en las caras de sellado y pérdida de elasticidad en los elementos de empuje.

**Instalación incorrecta:** Una instalación inadecuada del sello mecánico puede provocar fugas desde el principio. Esto puede incluir una mala alineación, una carga de resorte incorrecta, falta de lubricación durante la instalación, entre otros errores.

Es importante tener en cuenta estas causas de problemas en los sellos mecánicos y realizar un mantenimiento adecuado posible para prevenir fallas prematuras. El monitoreo regular, la lubricación adecuada, el control de la contaminación y el mantenimiento de las condiciones operativas dentro de los límites recomendados son fundamentales para garantizar un rendimiento óptimo del sello mecánico.

#### **3.4.6. Montaje de sellos mecánicos**

Para realizar el montaje de los sellos mecánicos existen dos tipos, uno llamado montaje sello cartucho y el otro denominado montaje sello no cartucho.

**Montaje sello tipo cartucho:** Dado que el sello mecánico se lleva en un hombro (un cuerpo), la instalación es sencilla. Todo lo que hay que hacer es montar el sello de forma que las perforaciones de la brida miren hacia el cajar de la bomba en las direcciones adecuadas.

**Montaje tipo no cartucho:** este tipo de montaje es un poco más complicado, ya que el sello no está armado sobre una camisa base, de determinada forma hay que armar sobre el eje del equipo, y se debe tomar la medida de longitud de compresión para el resorte adecuado y recomendada por el fabricante, una vez que este colocado de forma correcta y centrada se procede al ensamblaje de los demás elementos de la bomba tal como muestra el fabricante[8].

#### **3.5. Cavitación**

Son los bordes de un líquido que se forman por el crecimiento de bolsas en su interior, que casi siempre se producen junto a superficies sólidas. El alcance del flujo normal se ve alterado con frecuencia por zonas de vaporización localizadas, que pueden ser fijas o pulsantes. La creación

interna de bolsas (vapor y gas), junto con la velocidad de una tubería llena de fluido, son lo que distingue a este fenómeno. [9].

### 3.5.1. Mecanismos de la cavitación

La cavitación tiene 3 etapas como se muestra en la figura 3.4, desde la formación de burbujas a bajas presiones hasta llegar a las zonas de alta presión, estas etapas se darán a continuación:

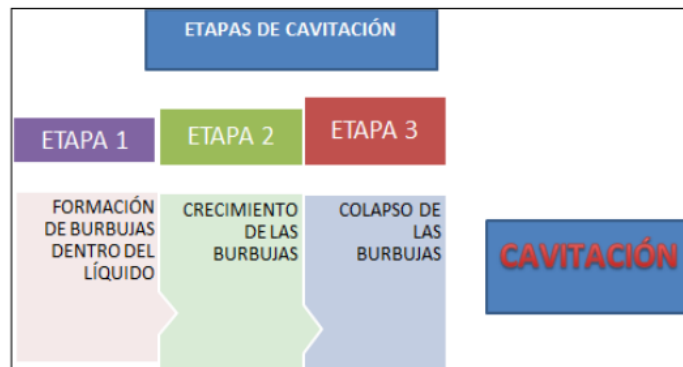


Figura 3.4: Etapas de cavitación

#### Etapa 1: Formación de burbujas

Cuando un líquido se evapora, se forman burbujas en su interior. Esto ocurre cuando algo pasa de la fase líquida a la de vapor. Si la presión en la superficie del líquido es mayor que la presión en la superficie del vapor (a la temperatura actual) o si la temperatura del líquido aumenta hasta el punto en que la presión en la superficie del vapor es mayor que la presión en la superficie del líquido, cualquier líquido dentro de un recipiente se quemará.

Entonces, el concepto de cavitación ya no incluirá el movimiento dinámico del líquido. Ya sea un aumento de la temperatura o una caída de la presión estática inicia el proceso de evaporación. Las bombas centrífugas pueden experimentar la evaporación del líquido de forma similar a un recipiente cerrado cuando la presión estática en un punto concreto es inferior a la presión de vapor del líquido.

El concepto fundamental es que los estallidos de vapor se desarrollan en el interior cuando la presión estática alcanza finalmente un nivel equivalente o inferior a la presión del vapor líquido.[10]

#### Etapa 2: Crecimiento de las burbujas

Si las condiciones operativas no cambian, seguirán formándose nuevas burbujas y las existentes seguirán haciéndose más grandes. Entonces, el líquido del ojo del impulsor las atraerá hacia sus



perímetros. Las burbujas adquieren velocidad como resultado de la rotación del impulsor y se dirigen hacia las zonas de alta presión del impulsor, donde empiezan a colapsar. Se cree que la vida útil de una burbuja es de 0,003 segundos. [10]

### **Etapa 3: Colapso de las burbujas**

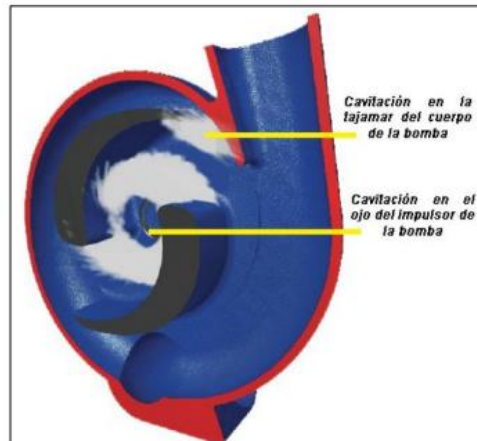
La presión que rodea a las burbujas aumenta a medida que se mueven hasta un punto en el que supera la presión interna, lo que provoca el colapso de las burbujas. Se produce una explosión del proceso. Hay un punto en casi todos los alabe en el que cientos de burbujas colapsan. Debido al colapso asimétrico de las burbujas, el líquido circundante se precipita para llenar la cámara y forma un pequeño chorro. Las burbujas son entonces destruidas por el microchorro con tal potencia que se lanza un ataque de mortero. Se han registrado presiones de explosión de las burbujas superiores a 1 GPa (145 x 106 psi). El impulsor puede experimentar un agotamiento de material (socavaciones) como resultado de una martilla fuertemente enfocada. [10]

#### **3.5.2. Síntomas y efectos de la cavitación sobre el desempeño de la bomba y sus componentes**

Los indicios reveladores de la cavitación son los ruidos y vibraciones más o menos fuertes, así como el funcionamiento inestable de la bomba. La cabeza de descarga y la capacidad de la bomba se reducen drásticamente, lo que provoca alteraciones en la presión caudal y de descarga. Dependiendo del tamaño y la cantidad de burbujas, los problemas pueden ir desde una pérdida temporal de funcionalidad hasta un fallo total de la bomba con daños irreversibles en los componentes interiores de la misma. Para poder reconocer el tipo de cavitación y su causa original se necesita una investigación exhaustiva, mucha experiencia y conocimiento de los efectos de la cavitación en los componentes de la bomba[10].

#### **3.5.3. Daño a los componentes**

Dentro de la bomba hay 2 zonas en donde pueden producirse el fenómeno denominado cavitación como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.5:** Daños a componentes

Fuente: [10]

**Cavitación en el ojo de rodete o de succión:** Cuando la presión de un líquido vaporizado es superada por una cantidad excesiva de espacio, ocurre lo siguiente. El líquido hierve y se separa del resto. Las bolsas de vacío se desplazan hasta explotar o colapsarse tras aparecer primero en el centro del motor, donde hay menos presión. Debido a un aumento de la pérdida de peso en la aspiración de la bomba (bloqueos parciales), esta forma de cavitación genera una altura de aspiración excesiva o, por el contrario, hace que el NPSH DISPONIBLE de la instalación sea insuficiente.

**Cavitación en el tajamar de la voluta o de impulsión:** El punto de trabajo se desplaza hacia la derecha y fuera de la curva funcional cuando la altura de descarga es demasiado elevada. Entre la terminación del álabe del cuerpo y su tajamar, o punto de parada, se produce una cavitación. Debido a las grandes diferencias de presión en los extremos del tajamar y al bajo nivel caudal, el líquido se "esteriliza". Las burbujas se forman y desaparecen continuamente a medida que se avanza por los álabes. Entre cada álabe, empiezan a aparecer burbujas y permanecen allí hasta que las alcanza el álabe siguiente. Cuando hay suficiente presión, la burbuja situada al final del álabe puede soplar. [10]

### 3.6. Mantenimiento

En términos generales, el mantenimiento es el conjunto de métodos utilizados para mantener los equipos e instalaciones en funcionamiento el mayor tiempo posible con el objetivo de alcanzar los mejores niveles de disponibilidad y rendimiento.

Las técnicas y herramientas utilizadas en el mantenimiento industrial incluyen las que permiten predecir problemas, realizar revisiones eficaces, ampliaciones y reparaciones, así como las que crean pautas de uso adecuado entre usuarios y operadores de máquinas y aumentan los beneficios empresariales. El objetivo de esta herramienta de investigación es hacer que la vida de las máquinas sea lo más sencilla y rentable posible para el usuario[11].

### **3.6.1. Ingeniería de mantenimiento**

El campo de la ingeniería de mantenimiento, que se define como el cuerpo de conocimiento relacionado con la exploración, desarrollo y transformación de los recursos naturales para ponerlos al servicio de las personas a través de un proceso de producción.

La ingeniería en mantenimiento mantiene en óptimas condiciones de operación los equipos y máquinas de trabajo y resuelve los problemas dentro de la planta física.

En conclusión, se puede definir a la ingeniería de mantenimiento como la labor de administrar y desarrollar programas de mantenimiento de los equipos, herramientas o edificios de las diferentes instalaciones de una fábrica[12].

### **3.6.2. Actividades de la ingeniería de Mantenimiento**

Las actividades esenciales desarrolladas dentro de la ingeniería de mantenimiento son las siguientes:

#### **Inspección**

Esta actividad realiza un análisis de funcionamiento y operación de todos los equipos dentro de una instalación a fin de determinar el estado físico y las probabilidades de que ocurra alguna falla. Las inspecciones pueden ser:

- **Ligera:** Se efectúa de forma superficial con poca herramienta
- **Profunda:** Se hace uso de herramientas e instrumentos adecuados.
- **Abierta:** El equipo necesita ser desmontado para abrirlo y realizar revisiones internas.
- **Cerrada:** No es necesario desarmar el equipo, solo se emplea de instrumentos de diagnóstico.

#### **Servicio**

Estas actividades se desarrollan con el propósito de mantener a los equipos e instalaciones con una apariencia y propiedades físicas en buen estado, las actividades más comunes dentro del servicio son las de:

- Limpieza
- Pintura
- Desinfección
- Desoxidación

### **Reparación**

Estas actividades consisten en corregir las fallas, sustituir las partes o piezas defectuosas en el equipo, para que este funcione de manera correcta y sin interrupción alguna. Las reparaciones fundamentales son de dos tipos:

- **Reparación mayor:** Utiliza gran cantidad de materiales y mano de obra
- **Reparación menor:** se realiza en un corto tiempo y con bajos costos.

### **Modificación**

Este tipo de actividades consiste en alterar el diseño de fábrica de los equipos e instalaciones, con el único propósito de simplificar las operaciones y el mantenimiento. Estas modificaciones pueden ser:

- **De simplificación:** Para obtener operaciones más eficientes o costos bajos de mantenimiento.
- **De adaptación:** Con el propósito de aumentar el número de producción en un determinado tiempo.
- **Por necesidad:** Debido a la dificultad de obtener el reemplazo de un elemento (repuesto). De dichas modificaciones deben quedar registros para posteriores mantenimientos[12].

### **Fabricación**

Esta actividad tiene como principal objetivo realizar la manufactura de partes o piezas de repuestos que sean de difícil adquisición en el mercado o a su vez la reparación sea de suma urgencia.

### **Montaje**

Esta actividad hace hincapié a la instalación y puesta en marcha de equipos nuevos o equipos que se han reconstruido algún elemento.

El montaje de máquinas nuevas tiene como ventaja el adiestramiento al personal que se encargaran de operar o mantener estos equipos, ya que dichos montajes son dirigidos y realizados por técnicos especialistas o por los mismos fabricantes.

## **Cambio**

En esta actividad se desarrolla el reemplazo de elementos o en si de todo el equipo que ya han terminado con su vida útil y realizar una reparación es costoso. También se realiza el cambio de equipos por la necesidad de modernizarse o a fin de ajustar la producción de una cierta línea y así mejorar la capacidad productiva o la calidad del producto terminado[12].

### **3.6.3. Tipos de mantenimiento**

La cantidad y variedad de industrias de diferentes condiciones, instalaciones y los diferentes equipos que poseen, han determinado la necesidad de priorizar técnicas de aplicación de mantenimiento, a continuación, se hablara de los tipos de mantenimientos con mayor frecuencia dentro de una industria.

#### **3.6.3.1. Mantenimiento de emergencia**

Hace relación a los trabajos urgentes y por ende el precio es muy costoso, este se lo realiza en equipos de vital importancia, ya que con el equipo fuera de funcionamiento paralizaría completamente la producción en toda la industria.

#### **3.6.3.2. Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento, también denominado mantenimiento "a rotura", interviene en equipos que ya han fallado y se lleva a cabo con una actitud pasiva ante los daños y fallos que se hayan producido en el equipo.

#### **3.6.3.3. Mantenimiento periódico**

Consiste en realizar un mantenimiento al equipo después de haber cumplido un determinado número de horas de funcionamiento, este tipo de mantenimiento considera la probabilidad de realizar unos cambios físicos a los diferentes componentes del equipo ya que al cumplir un cierto número de horas de trabajo deberán ser reemplazados sin importar su estado[13].

#### **3.6.3.4. Mantenimiento preventivo**

Es el Conjunto de actividades que permiten una operación segura y eficaz de un equipo, con una probabilidad alta a evitar fallas imprevistas dentro del sistema, también se los denomina como trabajos y programados y con suficiente anticipación.

### 3.6.3.5. Mantenimiento predictivo

También conocido como mantenimiento según estado o según condición, evoluciona a la inquietud de reducir costes de los métodos tradicionales (correctivo y preventivo) de mantenimiento. La idea de este tipo de mantenimiento parte de la verificación de cada una de las máquinas y ver el estado de estas, conocer las horas de trabajo y de alguna manera reemplazar elementos sin importar el estado actual de la máquina, esto se realizaba con el fin de evitar paradas por fallas o paradas innecesarias[13].

## 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Este proyecto consiste en el mantenimiento de una bomba centrífuga y la meta es reducir o evitar la compra de otra bomba ya que se gastaría más que el mantenimiento, tomando en cuenta la información analizada de trabajos precedentes, libros y fuentes primarias y secundarias.

### 4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1.1 Variables del proceso

Por medio del estudio para gestión de mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 de 7.5 kW se identifican las siguientes variables en las tablas 4.1 y 4.2.

**Tabla 4.1.** Variables Dependientes.

Variables de estudio				
Variables Dependientes	Caudal	Simbología	Unidad	Instrumento
		Q	$m^3/s$	Flujómetro
	Presión	P	$kPa$	Manómetro

**Tabla 4.2.** Variables Independientes.

<b>Variables de estudio</b>				
<b>Variables Independientes</b>	<b>Tolerancia dimensional</b>	<b>Simbología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Instrumento</b>
			$TD$	mm
	<b>Rendimiento volumétrico</b>	$\eta_v$	Sin unidad	Indirecto
	<b>Rendimiento mecánico</b>	$\eta_m$	Sin unidad	Indirecto

### **Variable dependiente**

#### **Caudal**

El caudal de una bomba está representado por la cantidad de fluido que es capaz de mover por un determinado periodo de tiempo y sus unidades de medida se da en metros cúbicos por segundo.

El caudal está relacionado con el flujo volumétrico, ya que si este tiene dificultades o daños dentro del sistema el caudal que proporciona la bomba será de menor cantidad y con esto el rendimiento disminuiría.

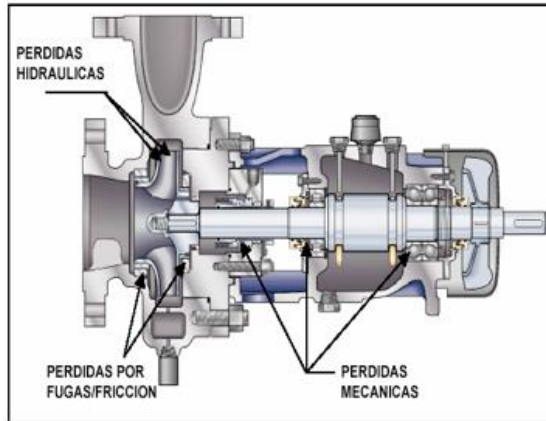
#### **Variables independientes**

##### **Rendimiento volumétrico**

Las pérdidas del rendimiento volumétrico son causadas por el gran volumen de fluido que regresa de la descarga a la succión, estas pérdidas aumentan con la anchura de rodadura general según como se muestra en la figura 4.1.

##### **Rendimiento mecánico**

En el rendimiento mecánico existen pérdidas causadas por las partes en movimiento y presión de la bomba tales como el sello mecánico como se muestra en la figura 4.1.



**Figura 4.1.** pérdidas de rendimiento.

**Fuente:** [14]

## 4.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA

### 4.1.2.1 Definición de requisitos

Definir las variables de entrada del dimensionamiento de la bomba, para establecer un análisis, así como se muestra en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Variables de entrada para el proceso de mantenimiento.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (BOMBA CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10)</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>UNIDADES</b>
diámetro total de la base de la bomba	<i>mm</i>
Delimitación del material a ser mecanizado	<i>mm</i>
Dimensionamiento del diámetro interior y exterior para la bomba	<i>mm</i>
Sistema de sello mecánico para la bomba	<i>pulg</i>
Velocidad angular del rotor	<i>Rev/min</i>
Torque	<i>N.m</i>
Eficiencia del motor	<i>%</i>
Potencia del motor	<i>kW</i>
Velocidad del fluido a la descarga	<i>m/s</i>
Velocidad del fluido a la succión	<i>m/s</i>
Caudal o flujo volumétrico	<i>m<sup>3</sup> /h</i>



#### 4.1.2.2. Técnicas de mantenimiento de la bomba centrífuga mediante el diseño

Las técnicas son la serie de pasos que se deben seguir para completar el proceso de mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10, en donde determinamos los elementos que conforma la bomba, elementos mecánicos y eléctricos, así como la planificación de sustento.

#### 4.1.2.3. Características de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10.

Se mostrará un boceto en 3d en el cual se visualizará cada uno de los componentes que componen la bomba para el mantenimiento teniendo en cuenta la norma ANSI-HI 1.4 De bombas centrifugas (instalación, operación y mantenimiento).

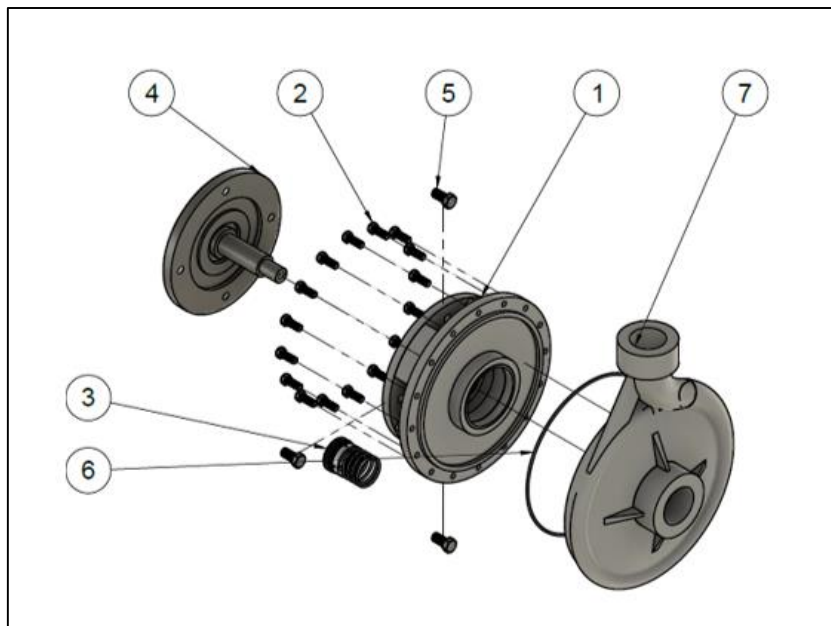
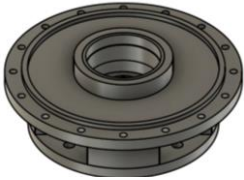
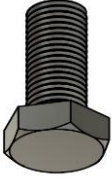

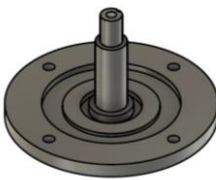
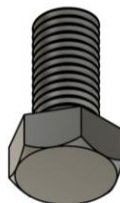
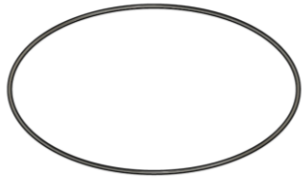



Figura 4.2. Bosquejo de la bomba centrífuga.

**Tabla 4.4.** lista de piezas.


Lista de piezas		Gráfica
1	Caja de sellos	
2	Pernos de 5/16	
3	Sello mecánico 1" ¼	
4	Base bomba centrífuga	
5	Pernos de ¼	
6	Empaque de la caja de sellos	
7	Carcasa de la bomba	

#### 4.1.2.4. Parámetros técnicos de la bomba centrífuga

Estas bombas permiten acoplar el motor integralmente. El sellado del eje está asegurado por sellos mecánicos. El rotor está equilibrado dinámicamente y el eje está protegido por un casquillo de latón.

Los siguientes datos representa las características técnicas de la bomba.

**Tabla 4.5.** Datos generales de la bomba.

<b>Bomba centrífuga</b>	<b>Características</b>
	Peso: 23.3 kg Potencia: 10 cv Revoluciones por minuto: 3500 rpm Presión: 100 m.c.a. Temperatura máxima del líquido: 80°C

#### 4.1.2.5 Especificaciones del motor

Estos motores eléctricos son de la mejor calidad, fabricados especialmente para permitir el acoplamiento monobloque dimensional con buena reserva de marcha, pudiendo así asumir sin perjuicio de las deficiencias de la red.

Los siguientes datos representa las características técnicas del motor.

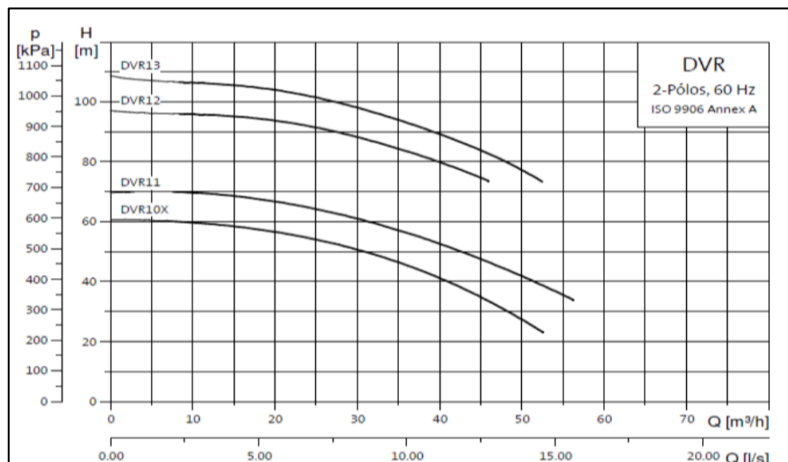
**Tabla 4.6.** Datos generales del motor.

Motor trifásico	Características
	<p>Peso: 69 kg</p> <p>Potencia: 7.5 Kw-10hp</p> <p>Voltaje: 220-380-440</p> <p>Corriente: 25-14.5-12.5 Amperios</p> <p>Revoluciones por minuto: 3515 rpm</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Factor de servicio: 1.5</p> <p>Factor de potencia: 0.88</p> <p>Temperatura: 40 °C</p> <p>Grado de protección: IP 55</p>

#### 4.1.2.6 Parámetros y curva característica de la bomba centrífuga (MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10)

Una vez recopilada información detallada en la placa de datos de la bomba, con la ayuda de catálogos que brinda el fabricante para el proceso de obtención de las curvas características, donde dichas curvas son aquellas que relacionan las variables que intervienen en el funcionamiento adecuado de la misma.

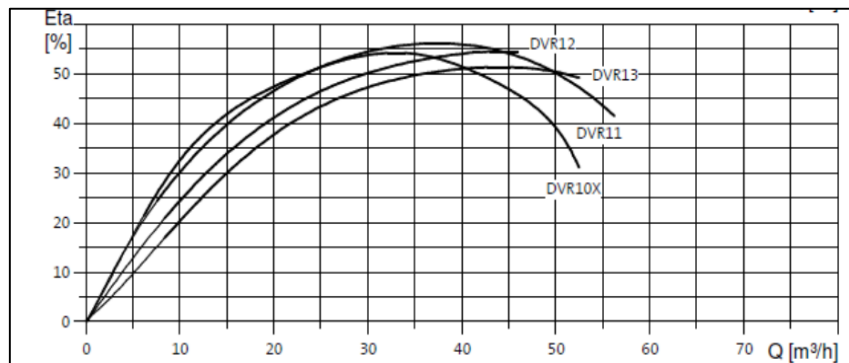
En la siguiente figura 4.3. representa la muestra las características de funcionamiento de la bomba centrífuga en relación a la presión con el caudal.



**Figura 4.3.** curva característica en relación a la presión con el caudal.

Fuente: [15]

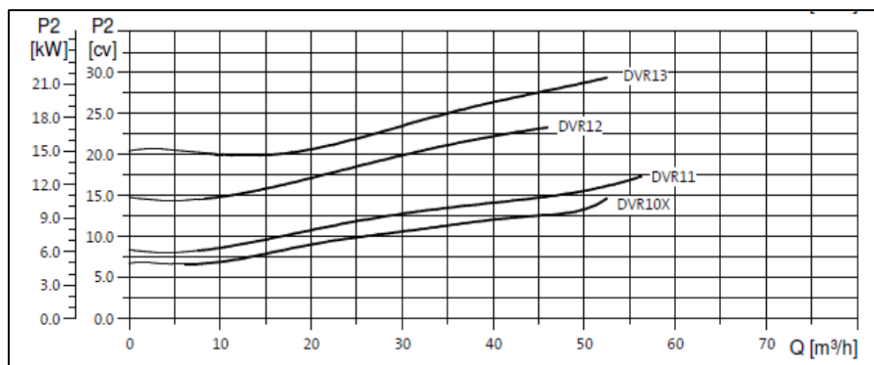
En esta figura 4.4. representa las curvas características de funcionamiento de la bomba centrífuga en relación a la eficiencia con el caudal.



**Figura 4.4.** curva característica en relación de la eficiencia con el caudal.

Fuente: [15]

En esta última figura 4.5. representa las curvas características de la bomba centrífuga en relación a la potencia de la bomba con el caudal.



**Figura 4.5.** curva característica en relación a la potencia con el caudal.

Fuente: [15]

#### 4.1.2.7 Clasificación de una bomba, según la velocidad específica.

En este punto para poder clasificar la bomba tenemos que saber que es la velocidad específica.

Esta es un indicador que nos dice mucho sobre el tipo de bomba centrífuga en donde el rango de las bombas basadas en  $N_s$  es de 10 a 300 ya que cuando más bajo sea el valor de  $N_s$  más centrífuga será la bomba [16].

Se define con la expresión:

$$n_s = 3,65 \frac{n\sqrt{Q}}{(H)^{3/4}} \quad (4.1)$$

Donde:

$N_s$  = velocidad específica de la bomba centrífuga.

$n$  = velocidad de giro de la bomba (rpm).

$Q$  = capacidad de la bomba caudal.

$H$  = carga de la bomba.

La velocidad específica,  $n_s$  se refiere a la velocidad de giro de la máquina, guardando similitud geométrica con la máquina original, opera con un caudal  $Q=1 \text{ m}^3/\text{s}$  y una elevación  $H=0,102 \text{ m}$  logrando un rendimiento de 100 %.

**Tabla 4.7.** clasificación de la bomba.

<b>Clasificación De La Bomba</b>						
$n_s(\text{rev}/\text{min})$	<40	40 ÷ 80	80 ÷ 150	150 ÷ 300	300 ÷ 600	600 ÷ 1200
$D_2/D_1$		2,2 ÷ 3,5	1,8 ÷ 2,2	1,3 ÷ 1,8	1,1 ÷ 1,3	1
<i>Denominación</i>	Volumétricas Rotativas o de Émbolo	Lenta	Normal	Rápida	Diagonal y Mixta	Axial

#### 4.1.2.8 Altura teórica para número infinito de álabes.

En esta sección se utiliza los datos disponibles en un principio y las condiciones de trabajo impuestas para obtener la altura teórica infinita ( $H_{t\infty}$ ) para cualquier número de álabes.

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g} \cdot ((\omega \cdot r_2)^2 - \frac{Q \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot b_2} \cdot \cotang\beta_2) \quad (4.2)$$

Donde:

$H_{t\infty}$  = altura teórica infinita de álabes.

$g$  = gravedad

$\omega$  = velocidad angular.

$r_2$  =radio de salida.

$Q$  =Caudal.

$b_2$  = ancho de salida del impulsor.

$\beta_2$  = Angulo de salida del álabe.

#### 4.1.2.9 Altura teórica para número finito de álaves.

Para este apartado se utiliza los datos sacados del número infinito de alabes en un principio y el coeficiente de influencia para obtener la altura teórica finita ( $H_t$ ).

$$H_{TZ} = H_{T\infty} \cdot \mu \quad (4.3)$$

Donde:

$H_{TZ}$  = Altura teórica para el número finito de álaves.

$H_{T\infty}$  =Altura teórica infinita de álaves.

$\mu$  =Coeficiente de influencia del número de álaves.

#### 4.1.2.10 Coeficiente de influencia por número de álaves

También conocido como coeficiente de disminución de trabajo en donde la siguiente ecuación permitirá aplicar la formulación para un número infinito de álaves y a su vez a un número ( $z$ ) finito de álaves y es necesario tener el valor de influencia del ángulo de salida y para obtenerlo se aplica la segunda ecuación [17].

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{2\varphi}{Z[1 - (\frac{r_1}{r_2})^2]}} \quad (4.4)$$

$$\varphi = 0,65 + 0,6 \cdot \text{sen}\beta_2 \quad (4.5)$$

Donde:

$\mu$  = Coeficiente de influencia del número de álaves.

$\varphi$  = Influencia del ángulo de salida.

$Z$  = Número de álaves.

$r_1$  = radio de entrada.

$r_2$  = radio de salida.

$\beta_2$  = Ángulo de salida del álabe.

#### 4.1.2.11 Rendimiento hidráulico de la bomba centrífuga

Para calcular rendimiento hidráulico se necesita la ecuación siguiente:

$$\eta_H = \frac{H_{BE}}{H_{TZ}} \quad (4.6)$$

Donde:

$\eta_H$  = Rendimiento hidráulico.

$H_{BE}$  = Altura de la bomba experimental.

$H_{TZ}$  = Altura teórica para el número finito de álabes.

#### 4.1.2.12 Rendimiento total de la bomba centrífuga

Teniendo en cuenta las pérdidas de la descarga de la bomba con la potencia de freno y la potencia hidráulica serían igual y dado que existen pérdidas hidráulicas, fricción y desplazamiento en la entrada es necesario calcular el rendimiento hidráulico total que posee la bomba [18].

$$\eta_T = \frac{P_s}{P_e} \quad (4.7)$$

Donde:

$\eta_T$  = Rendimiento hidráulico total.

$P_s$  = Potencia de salida.

$P_e$  = Potencia de entrada.

#### 4.1.3 Proceso de mantenimiento de la bomba centrífuga

Antes de comenzar, es importante comprender que la bomba centrífuga necesita mantenimiento tan pronto como haga ruidos o fugas. Como resultado, primero se debe limpiar el exterior de la bomba antes del desmontaje y montaje.



#### 4.1.3.1 Desmontaje y montaje de la bomba centrífuga

Antes de abordar el tema del proceso de desmontaje y montaje: deberemos identificar las herramientas necesarias para el procedimiento que se muestra en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8:** herramientas

<b>Herramientas necesarias para el proceso de montaje y desmontaje</b>
Destornillador
martillo
Llave fija y estrella
Alicate
Pie de rey
Extractor

#### 4.1.3.2. Proceso de desmontaje de la bomba centrífuga

##### **Paso 1**

Para este mantenimiento se debe iniciar el desmontaje retirando los pernos de la tapa o voluta, con una llave fija 9/16" observando la dirección de los pernos para después su montaje. Enseguida retirar la tapa de la bomba. Después de haber retirado la voluta se verifica el estado del anillo de sellado, si el anillo presenta señales de desgaste o este dilatado se procede a sustituir.



**Figura 4.6.** desmontaje de la voluta.

### **Paso 2**

Para retirar el impulsor del eje con la ayuda de una llave 3/4" se retira el perno del rotor girando en sentido horario. Una vez retirado el perno se procede a retirar el impulsor del eje.

Inspeccionar si el impulsor tiene alguna fisura o desgaste.



**Figura 4.7.** desmontaje del impulsor del eje.

### **Paso 3**

Con una llave 9/16" retiramos el plato porta estacionarios de la bomba en donde también se retira la parte inferior del sello mecánico extrayéndolo con golpes suaves con la ayuda de un tubo y un martillo por otra parte se retira la parte superior del sello del eje con un extractor.



**Figura 4.8.** desmontaje del plato porta estacionarios y sello mecánico.

#### **4.1.3.3 Proceso de montaje de la bomba centrífuga**

Después del desmontaje, sustitución y rectificación de las piezas desgastadas, se debe limpiar con cuidado todas las piezas para poder iniciar el montaje de la bomba.

##### **Paso 1**

Colocar el plato porta estacionarios en el motor con la ayuda de llaves fijas 9/16 a un torque necesario de 53 Lb/pie que transformándolo Newton metro nos da 1,3558 Nm como se muestra en el Anexo 14, después para el montaje del sello mecánico, lubricar el sello secundario del asiento estacionario con grasa neutra (vaselina), para facilitar su montaje instale la pista en el alojamiento o carcasa del equipo evitando tocar las caras. Antes del montaje del cuerpo de la bomba, se debe efectuar una evaluación del desgaste de su base y si es necesario rectificarlo.



**Figura 4.9.** montaje del plato porta estacionario.

## Paso 2

Se debe asegurar de instalar el impulsor de forma correcta en el eje en donde posteriormente instalamos el resorte posicionándolo con el perno de fijación con la ayuda de la llave 3/4 con un toque de 120 lb/pie transformando a newton metros nos da un torque de 16,2698 Nm para su respectivo ajuste como se muestra en el Anexo 14, recuerde verificar igualmente el empaque que sella entre la voluta y el cuerpo, podemos darle unos pequeños giros al impulsor para verificar que no se presenten roces internos y que el eje gire sin aplicar demasiado esfuerzo.



**Figura 4.10.** instalación del impulsor y el sello mecánico.

## Paso 3

Por último, instalamos la voluta del equipo observando que la salida de agua debe quedar arriba, después colocar los pernos de fijación con la llave 9/16 a un torque necesario de 53 Lb/pie o Newton metro nos da 1,3558 Nm para su respectivo ajuste, de esta manera concluimos con el montaje de la bomba centrífuga.



**Figura 4.11.** instalación de la voluta de la bomba.

#### 4.1.4. Estado técnico del motor

El motor trifásico de jaula de ardilla es una máquina con pocos problemas de funcionamiento si se selecciona y se cuida adecuadamente, es decir la prolongación de su ciclo de funcionamiento muchos de estos motores pueden durar más de 20 años.


Mediante un análisis utilizando el vibrometro se determinó un valor de 9.1 por lo cual no cuenta con desgaste en los rodamientos, sino que es producido por el cambio del impulsor con diferente dimensionamiento de la bomba.

Al momento de hacer las pruebas con la pinza amperimétrica se logró verificar un valor de 24,97 A, en donde concuerda con la corriente nominal de la placa de la bomba.

Con la medición de los ohmios de los 6 terminales del motor trifásico en donde cada par de terminales tienen que ser una bobina con datos de lecturas iguales, esto quiere decir que las tres bobinas están en buen estado y se pudo asegurar que no tienen una descompensación en las bobinas es decir baja temperatura y corriente estable.

En la siguiente tabla se logra observar el estado técnico de cada medición.

**Tabla 4.9:** Estado del motor trifásico.

<b>Estado técnico del motor</b>			
<b>Equipo de medición</b>	<b>Datos recolectados</b>	<b>Estado técnico</b>	<b>Motor trifásico</b>
Vibrómetro	9.1 Hz	Excelente	
Amperímetro	24.97 A	Excelente	
Multímetro	6.2 $\Omega$	Excelente	

#### 4.1.5. Proceso de mantenimiento

##### 4.1.5.1. Enfoque para el análisis y planificación de la gestión del sistema alterno de mantenimiento (SAM)

Para proceder a hacer el análisis de mantenimiento, se realizó un análisis exhaustivo del tiempo de servicio para los distintos componentes la bomba centrífuga. [19]

A cada uno de los elementos evaluados en el proceso de diagnóstico se le dio una valoración con una escala que va desde 0 a 3 donde:

- Es “0” cuando el elemento abordado en la pregunta está ausente.
- Es “1” cuando el elemento considerado se logra de manera insatisfactoria.
- Es “2” cuando se alcanza, aunque existe margen de mejora.
- Es “3” cuando se alcanza de manera eficaz.

Los aspectos que peores están evaluados mostrarán los problemas o debilidades de la gestión de mantenimiento. En función a lo antes mencionado se procede a la evaluación de la gestión del mantenimiento a través del indicador de gestión del mantenimiento (INGM).[19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100 \quad (4.8)$$

Donde:

$TA_i$ : Puntuación real obtenida por cada área evaluada.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima posible a obtener en cada área.

Se debe tener en cuenta la escala siguiente para poder evaluar este indicador:

**Tabla 4.10.** valores de intervalos INGM.

<b>Intervalos de INGM (%)</b>	<b>Evaluación de la gestión</b>
(95≤INGM≤100)	Excelente
(85≤INGM<95)	Bien
(60≤INGM<85)	Aceptable
(INGM<60)	Deficiente

Fuente: [19]

#### 4.1.5.2. Metodología para el análisis de criticidad

Este análisis nos permite establecer los niveles o prioridades de procesos, sistemas y equipos, para realizar una distribución y facilitar el proceso de toma de decisiones correctas y seguras en donde se puede dirigir esfuerzos y recursos hacia las áreas donde la mejora es más importante y necesaria la capacidad del equipo para funcionar de manera confiable. Establecer una tarea de mantenimiento preventivo eficaz que permita reducir las posibles causas de falla es una prioridad cuando un componente se considera “crítico”. [20]

### 4.1.5.3. Procedimiento para realizar un análisis de criticidad

Para obtener la criticidad de un equipo se maneja una matriz de frecuencia de las fallas por consecuencia de las mismas. En una parte se representa la frecuencia y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incidirá los elementos de estudio si les ocurre una falla. [21]



Figura 4.12. matriz de criticidad.

Fuente: [21]

La matriz tiene un código de colores que nos sirve para identificar la menor o mayor intensidad de riesgos relacionados con el valor de criticidad de la instalación, sistema, equipo elementos del equipo bajo análisis.

Al dividir la probabilidad o frecuencia de un error por el conjunto de sus repercusiones, se cuantifica la cantidad de criticidad. A continuación, se fijan valores de referencia para alinear los criterios de evaluación.

$$Cr = F.C \quad (4.9)$$

Donde:

Cr: criticidad

F: Frecuencia

C: Consecuencia

Para realizar un análisis de criticidad se debe seguir los siguientes pasos:

**Primer paso.**

#### 4.1.5.3.1. Definir el nivel de análisis.

Es necesario establecer los niveles en los cuales se llevará a cabo el análisis considerando: instalación, sistema, equipo o elementos, según las demandas de jerarquía. [21]

Es necesario disponer de la siguiente información para realizar un análisis

- Tipo de instalaciones.
- Sistemas y equipos que se encuentran en la institución.
- Ubicación (área geográfica, región) y servicio.
- Filosofía de operación de la instalación y equipo.
- Diagramas de flujo de proceso (DFP).
- Registros disponibles de fallas funcionales.
- Frecuencia de eventos de las fallas consideradas en el análisis.

**Segundo paso.**

#### 4.1.5.3.2. Definir la Criticidad.

Para el proceso de evaluación de fallas y el impacto total, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos.

Evaluación de la frecuencia de la falla funcional:

Cada elemento puede tener sus fallos, pero el que tenga mayor impacto en el sistema o proceso será el más representativo. La frecuencia de aparición de un suceso viene determinada por el número total de sucesos que han tenido lugar durante el periodo de estudio. Utiliza una base de datos si no tienes acceso a esta información y, si no es posible, basa tu elección en el consejo de especialistas. [1]

La influencia en la producción se utiliza para calibrar los efectos que tienen los imprevistos en la producción. Para evaluar este criterio se utilizará el método siguiente:

$$IP = PD.TPPR.CP \quad (4.10)$$

Donde:

PD: Producción diferida.

TPPR: Tiempo promedio de reparar.

CP: Costos de producción.



Los impactos asociados a daños de las instalaciones se evaluarán de la siguiente manera:

$$DI = CR + CRE \tag{4.11}$$

Donde:

CR: Costo de reparación

CRE: costos de reposición de equipos afectados.

CRE: costos de reposición de equipos afectados.

**Tercer Paso.**

**4.1.5.3.3. Cálculo del nivel de criticidad.**

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elementos del equipo se debe utilizar la fórmula 4.8.

Se consulta la matriz para encontrar el valor de la criticidad, con el fin de determinar el grado de criticidad conforme a los valores y la jerarquía predefinidos.

Donde el valor de la criticidad se busca en la siguiente matriz, para establecer el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.[21]



**Figura 4.13.** matriz de criticidad.

Fuente: [21]

#### **Cuarto paso.**

##### **4.1.5.3.4. Análisis y Validación de los resultados.**

Es fundamental analizar los resultados para determinar posibles estrategias que puedan mitigar los efectos de los distintos modos de fallo. [21]

#### **Quinto paso.**

##### **4.1.5.3.5. Definir el nivel de análisis.**

En función de la frecuencia de aparición indicada por el impacto, un problema, elemento, equipo, sistema o proceso puede "jerarquizarse". basado en la criticidad.

Será posible dirigir los recursos y esfuerzos hacia las áreas que más los necesitan, teniendo en cuenta al mismo tiempo su impacto en el proceso para la valoración del nivel de criticidad. [21]

#### **Sexto paso.**

##### **4.1.5.3.6. Determinar la criticidad.**

Las soluciones sugeridas para disminuir la frecuencia del incidente deben tenerse en cuenta cuando la revisión de una organización muestre una alta frecuencia de ocurrencias con el fin de disminuir la criticidad. Si el valor de la criticidad se debe a valores elevados en una de las categorías de consecuencias, las actividades deben centrarse en reducir los efectos que pueda tener el suceso (modo de fallo o fallo funcional). [21]

##### **4.1.5.4. Criterio de selección del tipo de mantenimiento a nivel de elementos de la máquina.**

La tendencia actual de seleccionar los sistemas de mantenimiento, se sitúa entre los siguientes:

- Mantenimiento preventivo definido estadísticamente (fiabilidad).
- Mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento por condición.

Se han propuesto diversas técnicas para la selección del sistema de mantenimiento. Estos enfoques se evalúan en detalle, lo que permite aplicarlos al conjunto de la máquina para elegir la estrategia de mantenimiento más útil. La elección del sistema de mantenimiento se basará en un estudio de criterios a nivel de elementos que compone la maquina (bomba centrifuga). En este caso, se ha evaluado el rendimiento de cada elemento de la bomba teniendo en cuenta sus características más cruciales. [22] [1]

Deben emplearse una serie de factores que contemplan cada uno de los aspectos a evaluar:

- C1: Costo elevado de adquisición de la máquina.
- C2: Altos gastos debido a la pérdida de producción.
- C3: Ausencia de una máquina duplicada.
- C4: Capacidad para diagnosticar la máquina con la instrumentación disponible.
- C5: Capacidad para medir parámetros globales como vibración, temperatura y flujo.
- C6: Gastos significativos en el mantenimiento de la máquina, incluyendo materiales y recursos humanos en un período específico.
- C7: Pérdida considerable de vida útil debido al desmontaje, aplicable a máquinas que sufren deterioro técnico por el desarme.
- Factor C8: Consecuencias económicas graves en caso de rotura de la máquina, considerando que la reparación de una parte afectada sería costosa.

-Los factores que no cumplen con la condición obtienen un valor de 0.

-Los factores que cumplen con la condición mencionada tienen un valor de 1.

Posteriormente, se calculan los siguientes factores:

- **Factor de mantenimiento predictivo**

$$C_{PRED} = \frac{C1+C2+C3+C6}{4} \quad (4.12)$$

- **Factor de mantenimiento correctivo/preventivo**

$$C_{\frac{CORR}{PREV}} = \frac{C_{PERDIDAS}+C_{FALLAS}}{5} \quad (4.13)$$

Donde:

$$C_{PERDIDAS} = C1 + C2 + C6 \quad (4.14)$$

$$C_{FALLAS} = C7 + C8 \quad (4.15)$$

**Tabla 4.11:** Reglas de selección del tipo de mantenimiento.

Valor de los factores	Sistema de mantenimiento
$C_{CORR}/_{PREV}=0$	Correctivo
$C_{PRED} > 0,25$ $C7 = 1$	Preventivo según índices de fiabilidad
$C_{PRED} > 0,5$ $C4 = 0$ $C5 = 1$	Planificación anticipada con la toma de mediciones de parámetros y detección de síntomas.
$0,25 \leq C_{PRED} \leq 0,5$ $C4= 1$ y/o $C5= 1$	
$C_{PRED} \geq 0,5$ $C4 = 1$	Predictivo

Fuente: [22] [1]

#### 4.1.5.5. Determinación del estado técnico en mantenimiento preventivo planificado

Al presente mantenimiento preventivo planificado se lo realiza a la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10.

El método para evaluar el estado técnico es sencillo y eficaz; una vez concluida la revisión previa, se revisa cada elemento del equipo y puede calificarse de bueno, regular, mala y muy mala. Para establecer el porcentaje de eficacia de cada elemento del equipo es necesario calcular etapas intermedias. [1]

$$Z_i = e \cdot c \tag{4.16}$$

Donde:

$Z_i$ : Puntaje asignado a los elementos con igual evaluación.

$e$ : cantidad de elementos con la misma evaluación.

$c$ : factor que refleja el estado actual del elemento.

$c = 1$ ; cuando el elemento evaluado es de calidad óptima.

$c = 0,8$ ; En caso de que el elemento evaluado sea de calidad regular.

$c = 0,6$ ; Cuando el elemento es evaluado es de calidad deficiente.

$c = 0,4$ ; Si el elemento es evaluado es de muy baja calidad.

Después de multiplicar la cantidad de elementos por la evaluación obtenida estos productos se suman utilizando la ecuación 4.17.

$$Z = \sum_{i=1}^n Zi \tag{4.17}$$

Donde:

Z = Calificación total de los elementos evaluados.

Este valor se divide por el número de elementos evaluados y se multiplica por 100 para determinar la eficiencia del equipo en relación con su estado inicial. La evaluación mencionada anteriormente se ha realizado mediante la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{z}{n} \cdot 100 \tag{4.18}$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia obtenida al efectuar la defectación [%].

$n$ : Número de elementos evaluados del equipo.

Para categorizar la condición técnica de los componentes del equipo según la eficacia lograda al identificar los fallos, se requiere usar como referencia la comparación de la siguiente Tabla. 3.10.

**Tabla 4.12:** Determinación del estado técnico del mantenimiento.

<b>Eficiencia actual</b>	<b>Estado técnico</b>	<b>Comenzar por</b>
90-100%	Bueno	Revisión
75-89%	Regular	Reparación pequeña
50-74%	Malo	Reparación media
Menos del 50%	Muy malo	Reparación general

Fuente: [1]

#### **4.1.5.6. Determinación del tiempo real de operación (HROP)**

Para verificar información real sobre el tiempo de servicio de los elementos de la maquina (bomba) se determina a partir del tiempo de trabajo de la bomba centrífuga. [3]

#### **4.1.5.7. Determinación de la cantidad de fallas (NTMC)**

Para determinar estas fallas se emplean las instrucciones de mantenimiento diseñadas para la bomba centrífuga de la Universidad Técnica De Cotopaxi, (Anexo)

Tanto si se ha producido un fallo como si hay que completar una tarea técnica planificada, se utilizan cuando el equipo entra en mantenimiento. El equipo lleva un registro de cuántas intervenciones se realizaron para mantener las cosas igual durante ese periodo de tiempo como resultado de las causas mencionadas anteriormente para saber cuántos fallos se produjeron cada mes. [3]

#### **4.1.5.8. Tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado (HTMC)**

El tiempo necesario para corregir los errores que aparecen cada mes en la bomba centrífuga viene determinado por las órdenes de mantenimiento. En ellas se almacena información sobre el tiempo (medido en horas) empleado en corregir errores o realizar tareas programadas (mantenimiento técnico o reparaciones). Cada mes, estos datos se recopilan procesando todas las solicitudes de mantenimiento que se han emitido para los distintos equipos.[3]

#### **4.1.5.9. Tiempo medio entre fallas**

El promedio de tiempo entre fallas se determina para ítems que se han reparado al ocurrir una falla. [3]

$$TMEF = \frac{HROP}{NTMC} \quad (4.19)$$

Donde:

*HROP*: Tiempo real de operación de la máquina.

*NTMC*: Cantidad total de fallas en cada mes.

#### **4.1.5.10. tiempo medio para la reparación**

Este factor se debe utilizar en ítems para los cuales se emplea un tiempo de reparación significativamente alto en comparación al tiempo de operación.. [3]

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC} \quad (4.20)$$

Donde:

*HTMC*: Tiempo para la eliminación de las fallas (horas).

*NTMC*: Cantidad total de fallas en cada mes.

#### 4.1.5.11. Disponibilidad del equipo

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \quad (4.21)$$

Donde:

TMEF: Tiempo medio entre fallas.

TMPR: Tiempo medio para la reparación.

#### 4.1.5.12. Duración del ciclo de reparación

La cantidad de horas que un equipo debe colaborar entre dos reparaciones generales, o desde el inicio de la operación y la primera reparación general, es la duración máxima del ciclo de reparación. [1]

$$T = N.M.Y.Z.K \quad (4.22)$$

Donde:

T: Duración del ciclo de reparación.

N: coeficiente que relaciona el tipo de producción.

M: coeficiente que relaciona el tipo de material que trabaja la máquina.

Y: coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo.

Z: coeficiente que relaciona el peso del equipo.

K: duración teórica del ciclo.

#### 4.1.5.13. Determinación del tiempo entre operaciones del ciclo

Una vez calculada la duración del ciclo y seleccionada una estructura viable para el mismo, puede calcularse el tiempo entre operaciones mediante la fórmula siguiente.[1]

$$t_o = \frac{T}{R+P+M+1} \quad (4.23)$$

Donde:

$t_o$ : tiempo entre operaciones.

$T$ : duración del ciclo.

$R$ : cantidad de revisiones en el ciclo.

$P$ : cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo.

$M$ : cantidad de reparaciones medianas en el ciclo.

#### **4.1.5.14. Cálculo del tiempo entre reparaciones**

El tiempo entre reparaciones se establece mediante la ecuación: [1]

$$t_r = \frac{T}{P+M+1} \quad (4.24)$$

Donde:

$t_r$  = Tiempo entre reparaciones en horas.

$T$  = Duración de ciclo en horas.

$P$  = cantidad de reparaciones pequeñas en un ciclo.

$M$  = cantidad de reparaciones medianas en el ciclo.

#### **3.1.3.16 Costo de la actividad de mantenimiento**

Se denomina coste de mantenimiento al importe gastado por los procedimientos realizados para mantener o devolver un equipo a un estado determinado. Dado que el principal cometido de un gestor es reducir costes, es imprescindible comprender los elementos de la estructura de costes para poder basar en ellos las decisiones.[3]

#### **4.1.5.15. Costo de mantenimiento por facturación y eliminación de fallas**

Tanto el coste de mantenimiento por factura como el coste mensual de reparación de diversos tipos de averías en los equipos se calculan utilizando las órdenes de mantenimiento. Incluyen información sobre el coste de la mano de obra necesaria para terminar cada proyecto, el coste de los propios materiales y el coste de los materiales utilizados en el mantenimiento o las reparaciones. [3]



- **Costo de mantenimiento por facturación**

$$COM = \frac{FEP}{CTMP} \quad (4.25)$$

Donde:

COMF: costo de mantenimiento por facturación.

FEP: facturación de la empresa en el periodo.

CTMP: costos totales de mantenimiento en ese periodo.

- **Costo de mantenimiento para eliminación de fallos**

$$COEF = CM + SD + OG \quad (4.26)$$

Donde:

COEF: costo de mantenimiento para eliminación de fallos.

CM: consumo de materiales.

SD: salarios desvengados.

OG: otros gastos.

#### **4.1.5.16. Cálculo de la frecuencia de inspección del mantenimiento predictivo**

El factor de coste, el factor de fallo y el factor de ajuste están directamente relacionados con el valor del intervalo entre inspecciones predictivas. [23]

Por lo tanto, la fórmula de la relación matemática será:

$$I = C \cdot F \cdot A \quad (4.27)$$

Donde:

C: Factor de costo.

F: Factor de falla.

A: Factor de ajuste.

#### 4.1.5.17. Factor de costo

Se calcula dividiendo el coste de una inspección predictiva por el coste incurrido por omitir el error. En caso de retraso imprevisto, este coste es igual al tiempo que se tarda en transportar el artículo desde el almacén (interno o externo) hasta el lugar del error, multiplicado por la cantidad de dinero perdido por determinado tiempo de parada por el equipo. [23]

El elemento de coste y la relación son los siguientes:

$$c = \frac{c_i}{c_f} \quad (4.28)$$

Donde:

C: Factor de costos

C<sub>i</sub>: costo de inspección predictiva (\$)

C<sub>f</sub>: costo en que se incurre por no detectar la falla (\$)

#### 4.1.5.18. Factor de falla

Se determina como la cantidad de fallas que se pueden detectarse en una inspección predictiva que está dividida entre la nota de fallas. [23]

$$F = \frac{F_i}{\lambda} \quad (4.29)$$

Donde:

F: factor de falla (años/inspección)

F<sub>i</sub>: Cantidad de modos de falla que pueden ser detectados utilizando la tecnología predictiva (fallas /inspección)

λ: Rata de fallas presentada por el equipo incluye las fallas detectadas por la tecnología (fallas /año)

#### 4.1.5.19. Factor de ajuste

Una vez calculado el producto de coste y factor de fallo, se multiplica por un factor de ajuste, que se basará en la probabilidad de que haya más de cero fallos en un proyecto concreto.

Dada una mediana de (el número total de fallos expresado en fallos por año) y una distribución de Poisson acumulativa. Este factor se calcula utilizando la función matemática del logaritmo

natural multiplicado por -1 (-ln). Cuando se tiene en cuenta la probabilidad de tener más de 0 fallos cada año, esta función actúa de forma bastante similar al incremento o decremento general del intervalo de inspección. La probabilidad de que se produzcan valores entre 0 y valores cercanos a 0,37, la función dará un resultado desde infinito hasta 1 y para aquellos valores de probabilidad que están entre 0,37 y 1 la función arroja valores que van desde 1 y 0. Entonces a mayor posibilidad de ocurrencias, el rango de inspección predictiva se reducirá de una forma radical. [23]

Para determinar el factor de ajuste se obtiene por consecuencia de la probabilidad de ocurrencias a mayor a cero fallas y se expresa como:

$$A = -ln * (1 - e^{-\lambda}) \quad (4.30)$$

Donde

A: Factor de ajuste

#### **4.1.6. Proceso tecnológico de recuperación de la bomba**

##### **4.1.6.1. Tecnología de soldadura**

Uno de los tipos de soldadura muy comúnmente utilizado para unir dos tipos de metal ya sean fijos o móviles es la unión o soldadura por fusión de material, teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas que posee cada metal, llegando así a la conclusión de visualizar y verificar que ambos metales se puedan unir sin ningún problema.

##### **4.1.6.2. Soldadura autógena**

El proceso de soldadura autógena se refiere a la unión o fusión de dos piezas de metal, esto utilizando como medio principal el calor y con la presencia de presión, estos procesos requieren que la superficie de metal adquiera una temperatura suficiente para que dé lugar a la cohesión teniendo en cuenta de que si se llegase a alcanzar la temperatura de fusión el metal fundido debe estar confinado por metal sólido a su alrededor.

Para realizar un tipo de soldadura adecuado hay que tomar en cuenta los grados centígrados en la cual el metal a estar apto para realizar la fusión con el otro metal, llegando así a un punto de fusión exacto y una buena unión entre ambos.

Para obtener una soldadura con facilidad se tiene que limpiar las superficies liberando de materiales o partículas extrañas ya sea tallándolas con cepillos de alambre o mecanizándolas.

Las impurezas son las causas para que exista una soldadura débil, haciéndolo así un material quebradizo o bien llenándola de inclusiones de gas y escoria, por ende, llegaría a una mala cohesión entre ambos metales.

#### 4.1.6.3. Selección del material para la reconstrucción de la bomba

##### Características del material utilizado en la soldadura

Teniendo en cuenta que la voluta o carcasa de la bomba está fabricada a base de hierro gris, las misma que tiene aleaciones de silicio, carbono y hierro, y acorde a las características y especificaciones de los diferentes tipos de metales se ha destacado el bronce como el material apto para realizar la fusión para posteriormente utilizar en la reconstrucción de voluta ya que es un tipo de material con aleaciones de metal que está compuesta en un 67% de cobre y en un 33% de estaño, posee gran rigidez, es resistente al desgaste y capacidad de adherirse con facilidad al hierro gris.

**Tabla 4.13:** Características del bronce.

<b>Bronce</b>	<b>Características</b>
Resistencia a la tensión	2460 $kgcm^2$
Alargamiento en 5.08 cm	12%
Dureza Brinell	65-75
Conductividad	12%
Densidad	8,93 $gr/cm^3$

#### 4.1.6.4. Tecnología de maquinado

El proceso de maquinado es el proceso final al que se llega para obtener la pieza con las medidas y estándares solicitadas por el fabricante. Este proceso se basa en remover el exceso de material con la ayuda de una herramienta de corte y respetando los rangos de tolerancias máximas y mínimas, en este apartado se detalla los parámetros necesarios que se desea calcular para obtener cada una de las piezas o elementos a reconstruir.

Para este tipo de maquinado se procede a determinar la velocidad del corte.

#### 4.1.6.5. Velocidad periférica del corte en metros minuto

$$V = \frac{D.N}{100} \quad (4.31)$$

Donde:

V: velocidad de corte

D: diámetro de la pieza en mm

N: número de revoluciones

Establecido la velocidad de corte se procede a determinar el número de revoluciones.

#### 4.1.6.6. Numero de revoluciones por minuto de la pieza

$$N = \frac{1000.V}{D} \quad (4.32)$$

Donde:

N: número de revoluciones por minuto

V: velocidad de corte

D: diámetro de la pieza en mm

Una vez establecido el número de revoluciones se procede a calcular el tiempo de duración.

#### 4.1.6.7. Tiempo de duración

$$T = \frac{L}{S.N} \quad (4.33)$$

Donde:

T: tiempo de duración de la pasada de corte en minutos

L: longitud del corte en mm

S: avance por revolución.

#### 4.1.6.8. Potencia necesaria

$$C.V = \frac{P.K}{75.60} \tag{4.34}$$

Donde:

C.V: potencia necesaria en caballos de vapor

P: potencia

K: sección en  $mm^2$  de la viruta


#### 4.1.7. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizará instrumentos como el manómetro y el flujómetro para medir la presión y el caudal en donde se analizará los resultados obtenidos y así obtener un historial para posibles fallas en las bombas centrifugas.

##### 4.1.7.1. Procedimiento para medición de presión

Para medir las presiones se cuenta con un equipo analógico (manómetro) donde se adquiere los datos de la presión que genera la bomba estos datos nos servirán para ver la intensidad del fluido que circula y esta información se archivara para su evaluación.

**Tabla 4.14:** Datos generales del manómetro.


Manómetro	Características	Unidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se adapta a un accesorio roscado hembra 1/4"</li> <li>- carcasa de polietileno resiste la oxidación y las abolladuras.</li> <li>- medición de la presión de agua de 0-100 PSI</li> </ul>	<p><i>Pa</i> bar</p>

##### 4.1.7.2. Procedimiento para medición del caudal

Para medir la velocidad del fluido que circula por un conducto, se cuenta con un equipo electrónico (caudalímetro) donde se adquiere los datos del caudal que genera la bomba estos

datos nos servirán para ver la rapidez del fluido y esta información se archivara para su evaluación en el mantenimiento.

**Tabla 4.15:** Datos generales del caudalímetro.


<b>Flujómetro (Caudalímetro)</b>	<b>Características</b>	<b>Unidad</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-0,5% de linealidad</li> <li>-0,2 % de reproducibilidad</li> <li>-4 totalizadores de caudal</li> <li>-Encendido ultrasónico de baja potencia y multi-pulso</li> <li>-Totalizadores de fecha incluidos</li> <li>-Registro de datos incluido</li> </ul>	$m^3/s$

Fuente: [24]

#### 4.1.7.3. Procedimiento para medición de vibración

Para medir las vibraciones de los equipos se cuenta con un equipo totalmente tecnológico, como es el vibrometro, este equipo electrónico mediante un sensor magnético nos permite visualizar en una pantalla digital la cantidad de vibración que tiene un equipo en funcionamiento.

**Tabla 4.16:** Datos generales del vibrometro.


<b>Vibrometro</b>	<b>Características</b>	<b>Unidad</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mide la velocidad y aceleración para determinar el nivel de vibración.</li> <li>- Funciones RMS, retención de pico, retención de datos y máx./mín.</li> <li>- Rango de frecuencia de 10 Hz a 1 kHz.</li> <li>- Precisión básica de +/-5%.</li> </ul>	Hz

Fuente. [25].

#### 4.1.7.4. Procedimiento para medición de sonido

Para realizar la medición de sonido con la cual está trabajando un equipo en se emplea un instrumento tecnológico totalmente adecuado para este tipo tareas, este instrumento se denomina como sonómetro, el cual indica mediante una pantalla digital los datos de sonido en tiempo real de la máquina.

**Tabla 4.17:** Datos generales del sonómetro.


Sonómetro	Características	Unidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta precisión de <math>\pm 1,4</math> dB-</li> <li>- Medición de rango triple (rango dinámico de 60dB).</li> <li>- Ponderación de frecuencia A y C.</li> <li>- Registre hasta 64 000 puntos de datos y realiza un seguimiento con el tiempo y fecha interno.</li> </ul>	dB

Fuente. [26].

#### 4.1.7.5. Procedimiento para la medición de corriente

Para medir la corriente y el consumo de corriente de una maquina eléctrica se tiene un instrumento electrónico como es la pinza amperimétrica, la cual mediante una pantalla digital nos muestra el valor medido.

**Tabla 4.18:** Datos generales del amperímetro.

Pinza Amperimétrica	Característica	Unidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corriente (CA) 60 A – 1,000 A.</li> <li>- Mayor precisión en mediciones de CA (True RMS).</li> <li>- Precisión <math>\pm</math> (%a de lectura + b dígitos).</li> </ul>	A

Fuente. [27].



## **4.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Es necesario realizar una verificación práctica donde debería orientarse hacia un análisis exhaustivo del proceso de implantación de SAM basado en la justificación específica que se utilizó para centrarse en la solución del problema apoyada por la introducción de la actual propuesta tecnológica.

### **4.2.1. Diagnóstico y planificación de la gestión del sistema alterno de mantenimiento (SAM).**

El diagnóstico de la gestión del mantenimiento se realizó tras una breve evaluación de todos los documentos actuales ya que no existe documentos anteriores en la Universidad Técnica De Cotopaxi, en donde se ha realizado mantenimiento a las bombas centrifugas (Anexo 2), centrandolo el trabajo en los aspectos siguientes:

#### **4.2.1.1. Administración de mantenimiento**

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, la información no está sustentada ya que no existe archivos técnicos del equipo y tampoco un registro histórico adecuado y la información es obtenida a partir de revisiones y observaciones directamente analizando los elementos del equipo. El equipo no poseía de catálogo ya que este equipo fue adquirido hace 10 años atrás pero no obstante mediante una investigación se logró adquirir el catálogo del equipo.

Menos del 40% de los componentes del equipo no están cubiertos por el mantenimiento preventivo, por lo que se recurrirá con más frecuencia a la intervención correctiva.

Mediante la evaluación en la gestión de mantenimiento de la tabla 1 del anexo 1 y aplicando la ecuación 4.8 se logra obtener mediante la división entre la sumatoria de la puntuación real más la sumatoria de la puntuación máxima y multiplicándolo por cien, nos da como resultado:

$$TA_i = 9$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 81$$

INGM, es de **11%**. En donde el INGM es menor a 60 % por lo tanto es deficiente.

#### **4.2.1.2. Servicios de terceros**

Universidad Técnica Cotopaxi no ha establecido un proceso de selección de proveedores de servicios para el mantenimiento, las actividades a tercerizar son: rectificación del anillo y la voluta de la bomba.

El contratista debe aceptar todas las garantías y ser sincero y creíble en los servicios que ofrece y la parte que suscribe el contrato debe demostrar que tiene las competencias y la estabilidad financiera para lograrlo.

Mediante la evaluación para la gestión de servicios de terceros en la tabla 2 del anexo 1 y aplicando la ecuación 4.8, se logra obtener mediante la división entre la sumatoria de la puntuación real más la sumatoria de la puntuación máxima y multiplicándolo por cien, nos da como resultado:

$$TA_i = 4 \qquad Tp_{m\acute{a}x} = 42$$

INGM, es de **10%**, En donde el INGM es menor a 60 % por lo tanto es deficiente.

#### **4.2.1.3. Gestión de piezas de repuestos**

Los equipos instalados en la Universidad Técnica De Cotopaxi son modelos antiguos y no son exactamente para mantenimiento ya que se los ocupa en talleres de mecanizado, estos equipos tienen un diseño que existe en el país, cuentan con un plan de reparaciones.

Mediante la evaluación en la gestión de piezas para los repuestos en la tabla 3 del anexo 1 y aplicando la ecuación 4.8, se logra obtener mediante la división entre la sumatoria de la puntuación real más la sumatoria de la puntuación máxima y multiplicándolo por cien, nos da como resultado:

$$TA_i = 8 \qquad Tp_{m\acute{a}x} = 69$$

INGM, es de **12%**, En donde el INGM es menor a 60 % por lo tanto es deficiente.

#### **4.2.1.4. Infraestructura**

Los talleres de la Universidad Técnica de Cotopaxi se mantienen ordenados y se encuentran en una ubicación privilegiada en cuanto a la maquinaria para hacer mantenimiento. Los recursos con los que cuenta el taller son insuficientes, a pesar de que son adecuados para el tipo de trabajo que realizan. Como no existe una política de cambio de equipo, una avería grave es la única forma de que la vida útil del equipo termine.

Mediante la evaluación en la tabla 4 del anexo 1 y aplicando la ecuación 4.8 se logra obtener mediante la división entre la sumatoria de la puntuación real más la sumatoria de la puntuación máxima y multiplicándolo por cien, nos da como resultado:

$$TA_i = 15$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 63$$

INGM, es de **24%** en donde es deficiente.

#### **4.2.1.5. Aseguramiento de la calidad**

En la universidad técnica de Cotopaxi no cuenta con las normas del proceso tecnológico por lo que en su análisis es 0.

De igual manera se aplica la tabla 5 del anexo 1 y aplicando la ecuación 4.8, se logra obtener mediante la división entre la sumatoria de la puntuación real más la sumatoria de la puntuación máxima y multiplicándolo por cien, nos da como resultado:

$$TA_i = 0$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 45$$

INGM, es de **0%** en donde es deficiente.

#### **4.2.2. Análisis de resultados del diagnóstico y planificación del mantenimiento**

El método de recopilación de datos y diagnóstico reveló que existe un amplio conjunto de problemas que repercuten en la gestión del mantenimiento y son los siguientes:

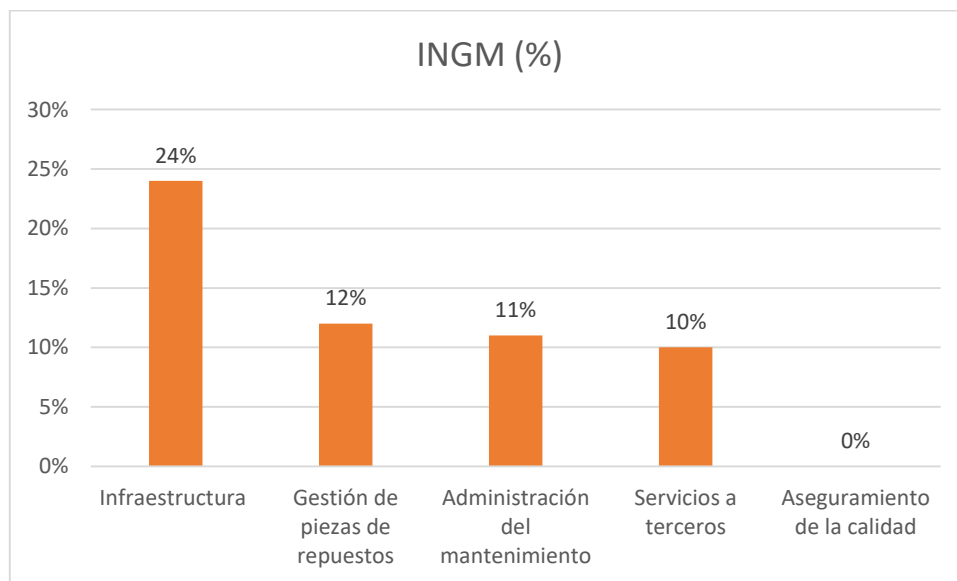
- No existe un sistema de datos informatizado que controle las actividades de mantenimiento y agilice la toma de decisiones.
- No pueden diagnosticar un fallo porque no se conoce el tiempo requerido y no se puede documentar.
- Actualmente no disponen de un procedimiento para seleccionar y evaluar a los proveedores de servicios terciarios.
- No cuenta con un sistema de compra de repuestos.

Los resultados del análisis de la gestión del mantenimiento figuran en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.19:** Resultados de la gestión de mantenimiento.

Área	$TA_i$	$Tp_{máx}$	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	9	81	11%	Deficiente
Servicios a terceros	4	42	10%	Deficiente
Gestión de piezas de repuestos	8	69	12%	Deficiente
Aseguramiento de la calidad	0	45	0%	Deficiente
Infraestructura	15	63	24%	Deficiente
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>300</b>	<b>12%</b>	<b>Deficiente</b>

Al evaluar se encontró un valor del 12% del INGM, lo que indica que la gestión del mantenimiento de la bomba centrífuga en la Universidad Técnica Cotopaxi se determinó como deficiente. En la figura 4.14 se muestra la repartición del nivel de la gestión de mantenimiento.



**Figura 4.14.** Nivel de gestión de mantenimiento.

Como se observa en la figura 4.14 todas las áreas se encuentran en un grado de evaluación deficiente en donde toca implementar un plan para mejorar cada punto planteado.

#### 4.2.3. Análisis de criticidad del equipo

Para realizar el análisis de criticidad, se tuvo en cuenta la información sobre el historial de averías, mantenimiento y reparaciones de cada elemento del equipo.

Los criterios para clasificar los elementos del equipo son los especificados en la sección de materiales y métodos literal 4.1.5.3 y las etapas de este proceso se ilustran en el Anexo 3.

**Tabla 4.20:** análisis de criticidad de los elementos de la bomba centrífuga.

Elementos	ANÁLISIS DE CRITICIDAD												
	Daños al personal		Efecto en la población		Impacto ambiental		Pérdida producción (\$)		Daños a la instalación		Consecuencia	Frecuencia de fallos	CRITICIDAD
	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	$\sum Impactos$		$Cr = F \cdot C$
Sello mecánico 1" 1/4	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños daños al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Empaque de la caja de sellos	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños daños al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Plato porta estacionarios	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños daños al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Voluta de la bomba	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños daños al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Impulsor	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños daños al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20

Para el cálculo del impacto total se realiza la sumatoria de todos los cinco criterios de las consecuencias que se encuentra en la tabla 2 (categorías de impacto) Anexo 3.

*Impacto total*

$$= \text{Daños al personal} + \text{Efecto población} + \text{Impacto ambiental} + \text{Pérdida de producción} + \text{Daños a la instalación}$$

$$\text{Impacto total} = (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 5$$

En el análisis de criticidad se utiliza la ecuación 4.9.

$$Cr = F \cdot C$$

Donde:

F: Frecuencia

C: Consecuencia

$$\text{Nivel de criticidad del sello mecánico } 1'' \frac{1}{4} = (4) \cdot (5) = 20$$

**Tabla 4.21:** nivel de criticidad.

Elementos	Nivel de criticidad
Sello mecánico 1'' ¼	20
Empaque de la caja de sellos	20
Plato porta estacionarios	20
Voluta de la bomba	20
Impulsor	20

El valor obtenido de todos los casos para el estudio de la criticidad, como se muestra en la Tabla 4.21, es de 20 en cada elemento del equipo, lo que lo convierte en uno de los valores más bajos.

Se procede a establecer en que valor se encuentra cada elemento del equipo en la siguiente tabla.

**Tabla 4.22:** valores puntuales de la criticidad.

N°	Elementos	Producción			Calidad	Mantenimiento			Seguridad	Valor de criticidad
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo de mantenimiento	Horas de paro al mes	Grado de especificación	Influencia en la seguridad o medio ambiente	
1	Sello mecánico 1'' ¼	4	4	4	4	1	1	4	2	24
2	Empaque de la caja de sellos	4	4	2	2	1	1	4	2	20
3	Plato porta estacionarios	4	4	2	2	1	1	4	2	20
4	Voluta de la bomba	4	4	4	4	1	1	4	2	24
5	Impulsor	4	4	5	5	1	1	4	2	26

Los valores de criticidad de los equipos se muestran en la Tabla 4.22 en relación con su impacto en la producción, la calidad del producto, el mantenimiento, la disponibilidad y la seguridad operativa. El método a aplicarse es el de mantenimiento preventivo a nivel de la máquina de acuerdo con las directrices esbozadas en el enfoque especificado en el Anexo 4. En este caso,

se estudiará la elección del método de mantenimiento a nivel de los elementos, método aconsejado en el uso del sistema alternativo de mantenimiento.

#### **4.2.4. Clasificación de los elementos del equipo y determinación del subsistema de mantenimiento.**

Para esta etapa, sirve de referencia el procedimiento descrito en el literal 4.1.5.4. Basándose en estas normas, los elementos del equipo se clasificaron de la siguiente manera:

los resultados de la selección del nivel de mantenimiento de los elementos se encuentran en el Anexo 5.

**Tabla 4.23:** Tipos de mantenimiento.

<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Cantidad de elementos</b>
Correctivo	2
Preventivo según índices de fiabilidad	0
Preventivo con medición de parámetros y síntomas	2
Predictivo	1

Según la tabla 4.23, la mayor parte de los elementos están relacionados con los fallos y pertenecen al mantenimiento correctivo y preventivo con medición de parámetros y síntomas y a nivel de la máquina requiere un mantenimiento preventivo con medición de parámetros y síntomas, esto se obtiene aplicando el enfoque anteriormente descrito a nivel de máquina. Este resultado concuerda con los resultados obtenidos del análisis de criticidad (Tabla 4.22) y recomienda que el mantenimiento se realice a nivel de elementos de la máquina.

#### **4.2.5. Gestión, organización y planificación del mantenimiento predictivo o de diagnóstico.**

Para la creación de esta etapa, se identificaron todos los componentes asignados al mantenimiento predictivo y se listan en la Tabla 4.24, Las ecuaciones 4.27, 4.28, 4.29 y 4.30, se utilizan para calcular la frecuencia de inspección de cada elemento.

La tabla 4.24 detalla la frecuencia de inspección de los componentes que se han seleccionado para un mantenimiento predictivo.

**Tabla 4.24:** Frecuencia de inspección.

Equipo	Elementos	$\lambda$ <i>Fallas</i> año	$F_i$ <i>Fallas</i> insp	$C_f$ (s)	$C_i$ (s)	A <i>Adim.</i>	F <i>Años</i> insp	C <i>Adim.</i>	I <i>Horas</i> insp
Bomba Centrifuga	Impulsor	0,3	2	100	10	1,3	6.6	0.1	0,858

#### 4.2.6. Organización y planificación para el sistema de mantenimiento preventivo.

En esta etapa se examinan los equipos gestionados por el sistema de mantenimiento preventivo planificado, se tiene en cuenta la metodología sugerida en el literal 4.1.5.5, se utilizan las ecuaciones 4.16, 4.17 y 4.18, se evalúa la eficiencia de la aplicación del mantenimiento preventivo en función del estado técnico de los componentes.

**Tabla 4.25:** Evaluación del mantenimiento preventivo planificado.

Elementos con mantenimiento preventivo	$Z_i$	e	C
Plato porta estacionarios	0,8	1	0,8
Voluta de la bomba	0,8	1	0,8
<b>Eficiencia que se obtiene al realizar el mantenimiento preventivo</b>	80% de eficiencia en un estado regular con 2 elementos evaluados		

El ciclo de reparación es la parte más importante del MPP, y la utilización de un ciclo programado maximiza el uso del equipo. El mantenimiento preventivo planificado para los 2 elementos examinados ha ascendido a una media del 80%, lo que se considera un estado regular, según el análisis de los resultados de la Tabla 4.25.

Para este tipo de mantenimiento, se sugiere dividir el ciclo de mantenimiento de los elementos del equipo de trabajo de succión en dos reparaciones generales.

Se han establecido cuatro categorías para las operaciones que deben realizarse durante el ciclo de funcionamiento. En función del estado técnico de cada máquina se han diseñado las siguientes fases de reparación en conjunto con la tabla 4.11:

- revisión (R)
- reparación menor (P)
- reparación media (M)



- reparación general (G)

Dado que en este caso los elementos funcionaban en estado regular, se aconseja iniciar el ciclo de reparaciones con arreglos menores. En los datos de la siguiente tabla 4.26 indican que el ciclo de reparaciones de cada elemento de la maquina con mantenimiento preventivo queda establecido.

**Tabla 4.26:** Ciclo entre reparaciones.

Equipo	Elementos para el mantenimiento preventivo	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones				Duración del ciclo de reparación (h)	Tiempo entre operaciones del ciclo (h)	Tiempo entre reparaciones del ciclo (h)
			G	R	P	M			
Bomba centrífuga	Plato porta estacionarios	G-R-R-R- P-R-R-M- R-R-R-G	2	8	1	1	28080	7020	9360
	Voluta de la bomba	G-R-R-R- P-R-R-M- R-R-R-G	2	8	1	1	28080	7020	9360

Estos ciclos de reparaciones se van a aplicar a los dos elementos analizados para su mantenimiento preventivo.

#### 4.2.7. Estructura del sistema de mantenimiento correctivo

Para este apartado se centró en cada elemento de la máquina (bomba), que necesitan mantenimiento correctivo, pero se tiene que seguir realizando revisiones funcionales diarias para identificar fallos, evitar efectos negativos en otros elementos y calibrar el ritmo de obtención y consumo de los elementos para su reemplazo (repuestos) como se muestra en la siguiente tabla 4.27.

**Tabla 4.27:** Elementos de la máquina para mantenimiento correctivo.

Máquina	Elementos de la bomba
Bomba centrífuga	Sello mecánico 1" ¼
	Empaque de la caja de sellos

Los elementos para el mantenimiento correctivo se eligieron porque sus fallos tenían efectos mínimos en los niveles de succión.

Para llevar a cabo este tipo de mantenimiento es necesario realizar un acta de averías (Anexo 7). El técnico de mantenimiento encargado recibe esta acta y pasa a dar la orden de trabajo de mantenimiento para terminar la tarea en el menor tiempo posible. El acta de mantenimiento se archiva una vez finalizado el trabajo para actualizar el historial del sustento.

#### 4.2.8. Evaluación periódica de sistema alternativo de mantenimiento (SAM).

Una vez realizado los puntos anteriores de los subsistemas de mantenimiento, se procede a la evaluación del sistema alternativo de mantenimiento (SAM) en la Universidad Técnica de Cotopaxi en donde se utiliza las ecuaciones 4.19, 4.20 y 4.21, de acuerdo a la información verbal recibida por el encargado de la maquina se procede a calcular los datos necesarios para la disponibilidad de los elementos del equipo tal como se muestra en la tabla 4.28.

**Tabla 4.28:** Disponibilidad de los elementos del equipo.

Elementos del equipo	Fallas en el mes (u)	NTMC En 8 años (u)	TROP (h)	TMEF En 8 años (h)	HTMC (h)	TMPR (h)	Disponibilidad (%)
Sello mecánico 1" 1/4	0,16	2	7680	3840	4,50	2,25	99,94%
Empaque de la caja de sellos	0,16	2	7680	3840	4,50	2,25	99,94%
Plato porta estacionarios	0,083	1	7680	7680	50	50	99,35%
Voluta de la bomba	0,083	1	7680	7680	50	50	99,35%
Impulsor	0	1	7680	7680	144	144	98,15%
<b>Disponibilidad de la máquina</b>							

Mediante un estudio y previo a la recolección de información brindado por el técnico encargado de la máquina se logra definir los datos para el cálculo de la cantidad total de fallas durante los 8 años (NTMC), ya que la máquina no tenía un seguimiento mensual de fallos para el mantenimiento de los elementos de la bomba, dando como resultado que durante los 8 años de funcionamiento de la maquina solo a existido 2 intervenciones de mantenimiento pero sin un análisis previo optando solo por reemplazar el sello mecánico.

Con los resultados obtenidos de los elementos de la máquina, se obtiene como valor mínimo de 98,15% y a su vez un valor máximo de 99,94% siendo como valor mínimo el impulsor y como

valor máximo el sello mecánico, así como el empaque de la caja de sellos, en el valor máximo se tiene mejor disponibilidad técnica, por lo cual se tiene que seguir correctamente el sistema de mantenimiento alternativo (SAM), para obtener resultados positivos a largo plazo.

#### 4.2.9. Evaluación y comparación de las características técnicas de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10

Mediante el estudio y aplicación de las ecuaciones se llega a obtener las curvas características del caudal (Q) en relación a la altura (H) vs después de haber dado el mantenimiento respectivo a la bomba, comparando con las curvas características del catálogo de la figura 4.3, mediante un análisis se puede visualizar que los resultados obtenidos son similares al del fabricante.

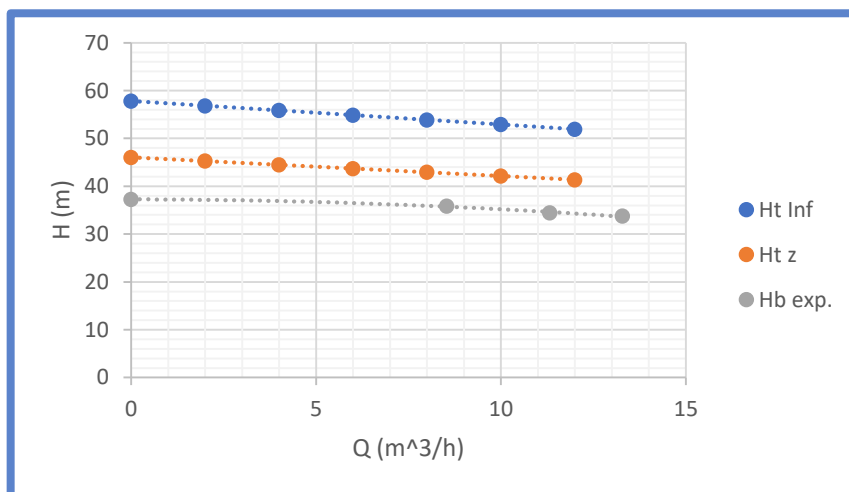
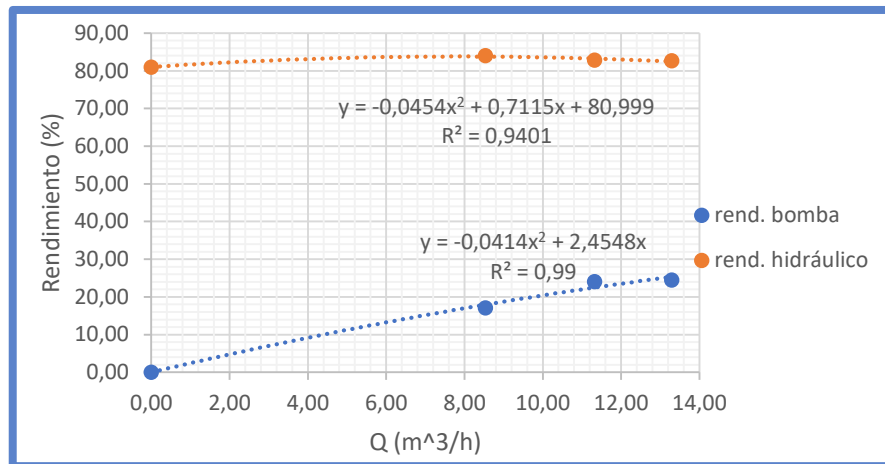


Figura 4.15. Características de la bomba.

#### Rendimiento Hidráulico y rendimiento de bombeo

Previo a terminar el mantenimiento e instalación se recolecto datos del caudal en donde se empezó por un inicial de cero, dos intermedios y un final de 0,18, presión, velocidad, corriente y voltaje; con la ayuda de las ecuaciones del apartado 4.1.2.6, se calculó mediante una tabla en Excel el rendimiento en función al caudal, los valores obtenidos como se muestra en la figura 3.15, al momento de comparar con la curva del catálogo se observa que los valores del caudal son diferentes por lo tanto existe una pequeña alteración en la bomba restaurada esto debido al reemplazo del impulsor de mayor diámetro.



**Figura 4.16.** Rendimientos de la bomba.

#### **4.2.10. Cálculos del proceso de recuperación de la bomba**

##### **4.2.10.1. Proceso para determinar la tolerancia dimensional mediante la norma internacional ISA para ajustes**

Hoy en día un operador no puede ajustar o trabajar con los rangos de tolerancia sin utilizar un procedimiento científico, con esto logrará seguridad de un ajuste perfecto en cada uno de los elementos reduciendo economía de tiempo, aumentará la producción y el resultado de todo esto será la producción y mano de obra de calidad.

La Organización Internacional de Normalización (ISA) ha normalizado un sistema de tolerancias que estudia los dimensionamientos hasta 500mm. En este sistema, el nivel de tolerancia y su posición con respecto a la línea de referencia se especifican mediante códigos (palabras y números).

##### **4.2.10.2. Ajuste por eje único**

Se empleará ajuste de eje único puesto que los agujeros se tornearán mayores o menores que el eje para de esta manera obtener la holgura y aprieto deseado.

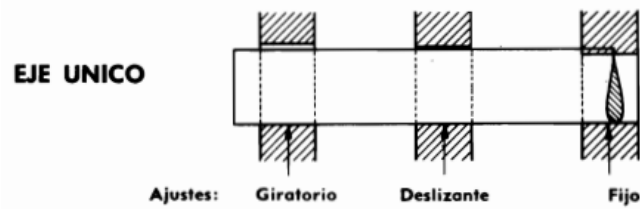


Figura 4.17. Eje único.

#### 4.2.10.3. Ajuste de juego libre: se utiliza en piezas que deban tener una holgura bien perceptible

La parte frontal de impulsor el cual tiene rozamiento con la voluta tiene una medida de 73 mm de radio, con esta medida visualizamos la figura 1 del anexo 14 que es por eje único el cual nos da nuestra tolerancia como mínimo de +0,000 mm y un máximo de +0,046, mientras que la parte posterior del impulsor que tiene rozamiento con el anillo de desgaste tiene una medida de 88 mm de diámetro, nos dirigimos a las tabla de ajuste figura, nos colocamos en la columna de H8 y en los diámetros de nuestro eje y visualizamos que los rangos de tolerancia como mínimo que debe tener el agujero es de 0,000 y un máximo de +0,054 mm

#### 4.2.11. Análisis del material

Para la selección de la materia prima a utilizar se analizaron materiales con mayor durabilidad y adherencia al hierro gris el cual está compuesta la bomba, de los cuales el más destacado es el bronce por su capacidad de fusión y resistencia al desgaste como se muestra en la tabla 3.11.

#### 4.2.12. Análisis para el proceso de maquinado

Para el análisis del maquinado se comienza por encontrar la velocidad de corte.

##### 4.2.12.1. Cálculo de la velocidad de corte

Aplicando la ecuación 4.31 se procede a calcular la velocidad específica para un rectificado eficiente como se muestra en la tabla.

Tabla 4.29: Velocidad de corte.

Variable	Valor calculado
Velocidad de corte	78.4 mm/min

#### 4.2.12.2. Cálculo del número de RPM

Una vez establecido la velocidad de corte aplicando la ecuación 4.32 se determina los RPM como se muestra en la tabla.

Tabla 4.30: RPM.

Variable	Valor calculado
RPM	280

#### 4.2.12.3. Cálculo de tiempo de duración

Para poder encontrar el tiempo que dura el desbaste se procede a calcular mediante la ecuación 4.33 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.31: Duración del desbaste.

Variable	Valor calculado
Tiempo de duración	0,18 mm/min

#### 4.2.13. Análisis de impacto y presupuesto.

##### 4.2.13.1. Impacto económico

Mediante este análisis para los costos de mantenimiento de la bomba centrífuga se optó por la reparación ya que su costo es menor como se muestra en la tabla 4.40, a diferencia de la compra de otra bomba nueva por lo cual la Universidad Técnica de Cotopaxi evitaría un gasto alto innecesario y se beneficiara con la recuperación de la misma.

##### 4.2.13.2. Impacto ambiental

Las medidas de protección de daños del medio ambiente deben concentrarse en las personas, la maquinaria y las prácticas de mantenimiento. Los elementos de causa reconocidos más significativos que podrían presagiar la aparición de daños medioambientales derivados del mantenimiento son el error humano, la falta de mantenimiento y los procedimientos de mantenimiento que no son controlados.

Se realizaron diferentes tomas de datos con instrumentos altamente adecuados y acorde a lo que se iba a medir, tales instrumentos se detallan a continuación y así mismo se mostrara mediante

tablas los datos obtenidos y medidos en las diferentes pruebas realizadas a la maquina como son: el caudal, la presión, vibraciones, nivel de ruidos y el consumo de corriente.

#### 4.2.13.3. Características de los equipos de medición

##### Caudalímetro

**Tipo:** caudalímetro por ultrasonido

**Serie N°:** TDS-100H

**Marca:** TECNOMETRICA

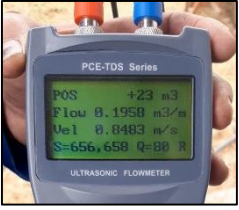
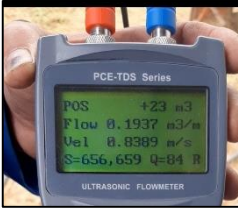


**Método de medición:** Ultrasonido

Los datos obtenidos del nivel del caudal de la bomba reparada y de una bomba nueva como se muestra en la tabla 4.32, se realizó bajo condiciones reales y estos datos de medición se asemeja a las normas establecidas en el catálogo de la misma.

**Tabla 4.32:** Nivel de caudales.

DATOS OBTENIDOS				
BOMBA ANTIGUA				BOMBA NUEVA
PUNTOS DE MEDICIÓN	DATO N°1	DATO N°2	DATO N°3	DATO N°4
Flujo	0,19	0,19	0,19	0,21
Velocidad	0,83	0,84	0,84	0,91
Caudal	80	84	86	78

GRÁFICOS			
			

##### Vibrometro

**Tipo:** Medidor de vibraciones/ registrador de datos

**Modelo:** SD-8205

**Calibración:** ISO 2954

**Marca:** REED

**Resolución:** 0,1 °C/0,1°F

**Precisión:**  $\pm 0,8$  °C/1,5°F

**Método de medición:** sensores de vibraciones

En la obtención de los datos del nivel de vibración de la bomba reparada a comparación de una nueva como se muestra la tabla 4.33 está a un nivel alto de aceptación según la norma técnica de la ordenanza ISO 10816-3, esto sucede por el tiempo de uso de la bomba y al cambio del impulsor con diferente diámetro.

**Tabla 4.33:** Nivel de vibraciones.

DATOS OBTENIDOS		
PUNTOS DE MEDICIÓN	BOMBA ANTIGUA	BOMBA NUEVA
	DATO N°1	DATO N°2
Vibración en la bomba	9,1	3,7
		

### Sonómetro

**Tipo:** sonómetro/ registrador de datos

**Precisión:**  $\pm 1,4$  dB

**Marca:** REED

**Método de medición:** medición de rango triple

**Modelo:** R8080

**Resolución:** 0,1 dB digital y analógico 2dB







El nivel de ruido fue establecido mediante 3 datos donde el primer dato es determinado cerca a la bomba, el segundo dato fue definido cerca a la bomba y el tercer dato fue analizado a nivel de todo el cuarto donde está instalada la bomba.



Los puntos de medición se atienen a las restricciones impuestas por la norma técnica de 70 a máximo 85 decibeles en la posición del oído del trabajador.

En comparación de los datos reales obtenidos de la bomba antigua con una bomba nueva, los datos se asemejan con la nueva.

**Tabla 4.34:** Niveles de ruido.

DATOS OBTENIDOS				
PUNTOS DE MEDICIÓN	BOMBA ANTIGUA		BOMBA NUEVA	
	DATOS N°1	GRÁFICOS	DATOS N°2	GRÁFICOS
Nivel de ruido alto (dB)	89,2		85,5	
Nivel de ruido medio (dB)	86,3		83,4	
Nivel de ruido bajo (dB)	84,0		82,6	

### Amperímetro

**Tipo:** Pinza perimétrica

**Modelo:** MIUT-202

**Marca:** TRUPER

**Precisión:** ± %a de lectura + b dígitos

**Serie N°:** 10404

El nivel del corriente medida de la bomba cumple con las condiciones de la eficiencia de la misma.

**Tabla 4.35:** Nivel de corriente.

DATOS OBTENIDOS	
PUNTOS DE MEDICIÓN	DATO N°1
Caja de conexiones trifásica	24,97
<b>Gráfico</b>	
	

### **Manómetro**

**Tipo:** Manómetro registra presión

**Método de medición:** medición de la presión de agua de 0-100 PSI

**Marca:** Brady

**Modelo:** BPG-100.NL

Los datos obtenidos de niveles de presión son analizados con diferentes datos de caudales en donde nos da un valor similar a los de una bomba nueva.

**Tabla 4.36:** Niveles de presión.

DATOS OBTENIDOS				
PUNTOS DE MEDICIÓN	BOMBA ANTIGUA		BOMBA NUEVA	
	DATO N°1 PRESIÓN	GRÁFICOS	DATO N°2 PRESIÓN	GRÁFICOS
Caudal de 0,13	5.4		5.4	
Caudal de 0,18	5.4		5.4	
Caudal de 0,92	5.5		5.5	

#### 4.2.14. Presupuesto

Como puede observarse en las tablas siguientes, se han considerado tanto los gastos directos como los indirectos de mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10.

##### 4.2.14.1. Presupuesto directo

Los costos directos para la propuesta tecnológica son:

**Tabla 4.37:** Costos directos de los materiales

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
<b>Parte mecánica (elementos necesarios)</b>			
Sello mecánico 1" 1/4	1	23.00	23.00
Empaque de la caja de sellos	1	6.00	6.00
<b>Total</b>			<b>29.00</b>

**Tabla 4.38:** Costos directos de ingeniería.

<b>Representación</b>	<b>Horas</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Soldado	3	12.00	36.00
Torneado	5	15.00	75.00
Corte	1	4.00	4.00
Mano de obra	40	10.00	400.00
<b>Total</b>			<b>515.00</b>

#### 4.2.14.2. Costos indirectos

En este apartado se incluyen los gastos de transporte, alimentos y otros.

**Tabla 4.39:** Costos indirectos.

<b>Representación</b>	<b>Total (\$)</b>
Transporte	45.00
Alimentación	40.00
Otros	20.00
<b>Total</b>	<b>105.00</b>

#### 4.2.14.3. Costo total del mantenimiento

**Tabla 4.40:** Presupuesto total de la propuesta tecnológica.

<b>Representación</b>	<b>Total (\$)</b>
Costos directos de elementos necesarios	29.00
Costos directos de la ingeniería	515.00
Costos indirectos por transporte, alimentación u otros	105.00
<b>Total</b>	<b>649.00</b>

Una vez analizado todos los parámetros de costos de mantenimiento, se determina que todos los elementos de la máquina tienen un cierto tiempo de vida útil de trabajo, en el determinado tiempo estos se van deteriorando, por ende, es necesario realizar un mantenimiento adecuado a la máquina.

Mediante el análisis se optó por realizar un mantenimiento y recuperación de los elementos de la máquina desgastados ya que el costo de mantenimiento es inferior a comparación de la adquisición de otra bomba centrífuga nueva.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Con la implementación del sistema alterno de mantenimiento (SAM), para la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW, de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache, se identificó tres tipos de mantenimientos (predictivo, preventivo y correctivo), adecuados para cada elemento de la máquina, así mejorar el rendimiento como también permitirá alargar la vida útil y evitar la compra de otra bomba.
- En esta propuesta tecnológica se determinó las fallas más comunes que se presentan en estos tipos de bombas, las cuales son la pérdida de presión y un bajo rendimiento volumétrico debido a desgastes internos de los elementos causada por la succión de agua con impurezas que provocan corrosión y desgaste de los mismos, una vez puesta en marcha la bomba y realizando las pruebas pertinentes se mejoró el rendimiento de la

bomba dejando así con un caudal de  $0,1960 \text{ m}^3/\text{m}$ , una velocidad del fluido de  $0,8467 \text{ m/s}$  y una presión de 80 psi o 5.5 bar.

- Se analizó y verificó cada uno de los elementos internos que tiene la bomba, de acuerdo a la criticidad, llegando a determinar un gran deterioro en la voluta y en la caja de sello, elementos que con la ayuda de la ingeniería de mecanizado se recuperó a su estado de fábrica, teniendo en cuenta que el impulsor va a tener un rozamiento entre estos elementos, dejando así una tolerancia de separación máxima de 0,054 entre pieza y pieza según sus medidas.
- Se implementó un plan de mantenimiento para la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW, tomando en cuenta las horas de trabajo diario que este realiza (8 horas), el lugar donde está instalada y las condiciones en la cual se encuentra la máquina y sus elementos (análisis de criticidad), por último, se realizó un manual en el cual se indica paso a paso el mantenimiento y puesta en marcha de la bomba.

## 5.2. Recomendaciones

- Utilizar la documentación de la propuesta tecnológica para que la gestión de mantenimiento sea óptima y así disminuir los paros innecesarios.
- De acuerdo al grado de criticidad analizado se recomienda ejecutar correctamente cada tipo de mantenimiento ya sea preventivo, predictivo o correctivo.
- Utilizar la documentación necesaria en el proceso de mantenimiento correctivo y de este modo tener un registro de averías, reparaciones y nuevas instalaciones que se realicen a la bomba centrífuga.
- Si se va a trabajar en rectificación de los elementos de la bomba centrífuga se recomienda aplicar los grados de tolerancias mediante el uso de tablas de ajuste ya sea por eje único o agujero único.
- Realizar semestralmente las pruebas necesarias a la máquina con los instrumentos adecuados para verificar que no exista pérdidas de presión, caudal, exceso de vibraciones, altas temperaturas y el alto consumo de corriente.
- Utilizar filtros adecuados en la tubería de succión para evitar el ingreso de partículas no deseadas y así evitar la corrosión y el deterioro prematuro de los elementos internos.

## BIBLIOGRAFÍA

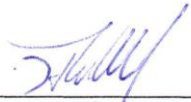
- [1] L. Cantera San Joaquín, D. LA Empresa Mapeagre Cía Ltda, R. Naranjo Rosa Angélica López Auquilla Viviana Marcela, and I. Tello Cóndor Ángel Marcelo Latacunga -Ecuador, “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PROCESAMIENTO MINERO EN,” 2017.
- [2] T. DE Grado, C. DE La Estación De Bombeo, L. Sota, E. LA Ciudad De Catamayo, and K. Javier Román Balcázar, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA AREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA "DISEÑO DEL IMPULSOR DE UNA BOMBA Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico,” 2004.
- [3] I. Andy Azoy Capote, “Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento Method for calculating maintenance indicators,” vol. 4, no. 4, pp. 45–49, 2014.
- [4] Manuel Vieljo Zubicaray and Javier Alvarez Fernández, *BOMBAS TEORIA DISEÑO Y APLICACIONES*. México, 2004.
- [5] Raymundo Reyes Salazar, *MANUAL DE SELECCION DE BOMBAS PARA LA INDUSTRIA QUIMICA*. Veracruz, 1999.
- [6] Universidad Nacional Autónoma de México, *ANALISIS Y DETERMINACION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS*. México, 2021.
- [7] T. DE Grado, C. DE La Estación De Bombeo, L. Sota, E. LA Ciudad De Catamayo, and K. Javier Román Balcázar, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA AREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA "DISEÑO DEL IMPULSOR DE UNA BOMBA Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico,” 2004.
- [8] Sergio Andres Alarez and Miguel Ricardo Quezada, “ESTADO DEL ARTE, ANÁLISIS Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍGUGAS,” Cartagena, 2008.
- [9] Ariel Marchegiani, *LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS*. Neuquen, 2006.
- [10] Santiago Fabian Vargas Badillo, “ESTUDIO DEL FENOMENO DE LA CAVITACION EN UNA BOMBA CENTRIFUGA DE 1 HP Y SU INFLUENCIA EN LOS PARAMETROS DE RENDIMIENTO ENERGETICO EN LA FACULTAD DE INGENIERIA CIIL Y MECANICA,” Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [11] Lorenzo Sanzol Iribarren, “IMPLANTACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO TPM EN PLANTA DE COGENERACION,” Pamplona, 2010.
- [12] Oliverio García Palencia, “EL MANTENIMIENTO GENERAL - ADMINISTRACION DE EMPRESAS,” Colombia, 2006.
- [13] Félix Cesario Gómez de León, “TECNOLOGIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL,” Murcia, 1998.

- [14] "3.3.- Potencia y Eficiencia en las Bombas Centrífugas - Predictiva21." <https://predictiva21.com/3-3-potencia-eficiencia-bombas-centrifugas/> (accessed Aug. 03, 2023).
- [15] Conauto, "Curvas de Performance." <https://www.conauto.com.ec/wp-content/uploads/2016/08/2308098267999.pdf> (accessed Aug. 03, 2023).
- [16] "Evaluación del desempeño de una bomba centrífuga operando como turbina." <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5423> (accessed Jul. 14, 2023).
- [17] "Cálculo Del Número de Álabes | PDF | Velocidad | Movimiento (física)." <https://es.scribd.com/document/269811758/Calculo-Del-Numero-de-Alabes> (accessed Jul. 15, 2023).
- [18] H. F. Mondragón Bravo, "Mejoramiento de la eficiencia hidráulica de una bomba centrífuga operada como turbina por medio de la modificación geométrica de los álabes del impulsor," 2021, Accessed: Jul. 15, 2023. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/55434>
- [19] Velazquez Pérez Esperanza, "Implementación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara." Accessed: Aug. 03, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/68dff24a-ea7b-446d-a293-7764c1bc39fe/content>
- [20] Huerta Mendoza, "Análisis de Criticidad | PDF | Toma de decisiones | Evaluación." <https://es.scribd.com/doc/44645225/ANALISIS-DE-CRITICIDAD#> (accessed Aug. 03, 2023).
- [21] "Metodología Análisis de Criticidad (AC). - PDF Descargar libre." <https://docplayer.es/48701629-Metodologia-analisis-de-criticidad-ac.html> (accessed Aug. 03, 2023).
- [22] "Vista de Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción de mineral." <http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistacyf/article/view/1026/532> (accessed Aug. 03, 2023).
- [23] Suarez Raphael, "CALCULO DE LA FRECUENCIA DE INSPECCION DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO ." [http://www.mantenimientomundial.com/notas/Frec\\_pred.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/notas/Frec_pred.pdf) (accessed Aug. 03, 2023).
- [24] "Manual de instrucciones de uso Caudalímetro por ultrasonido TDS-100H".
- [25] "Data Logging Vibration Meter Instruction Manual R7000SD REED Instruments", Accessed: Jul. 15, 2023. [Online]. Available: [www.reedinstruments.com](http://www.reedinstruments.com)
- [26] "Sound Level Meter/ Data Logger Instruction Manual R8080 REED Instruments", Accessed: Jul. 15, 2023. [Online]. Available: [www.reedinstruments.com](http://www.reedinstruments.com)
- [27] TRUPER, *Multímetro digital de gancho* . 2014.



## ANEXOS

### Anexo 1. Informe anti plagio de proyecto de titulación.

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Nombre del docente evaluador que emite en informe:</b>	PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta Tecnológica presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.
<b>Autores del documento:</b>	Galarza Lasluisa Oscar Alexander Iza Chicaiza Edison Fidel
<b>Programa de similitud según el programa utilizado:</b>	Sistema COMPILATIO
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li> </ul>	4%
<b>Fecha de realización del informe</b>	15/08/2023
<b>Captura de pantalla del documento analizado</b>	
 <hr/> PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso C.C. 175836725-2	

# Tesis MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW Oscar Galarza - Edisón Iza

**4%** Similitudes  
**4%** Texto entre comillas < 1% similitudes entre comillas  
**2%** Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW Oscar Galarza - Edisón Iza.docx  
 ID del documento: 44df8bf15a347c0bdaf05abd5b48a131076824fe  
 Tamaño del documento original: 8,42 MB

Depositante: HECTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO  
 Fecha de depósito: 14/8/2023  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 15/8/2023

Número de palabras: 17.586  
 Número de caracteres: 116.577

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/">repositorio.utc.edu.ec</a>   Implementación del sistema alterno de mantenimiento pa... <a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4385/3/99-000565.pdf">http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4385/3/99-000565.pdf</a> 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (367 palabras)
2	<a href="#">TESIS Jessica Brandon.docx</a>   <a href="#">TESIS Jessica Brandon</a> #667756 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	1%		Palabras idénticas: 1% (198 palabras)
3	<a href="https://es.slideshare.net/RobertRiosFlores/analisis-de-criticidad-en-equipo">es.slideshare.net</a>   Análisis de criticidad en equipos   PPT <a href="https://es.slideshare.net/RobertRiosFlores/analisis-de-criticidad-en-equipo">https://es.slideshare.net/RobertRiosFlores/analisis-de-criticidad-en-equipo</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (46 palabras)
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec/">repositorio.uta.edu.ec</a>   Estudio del fenómeno de la cavitación en una bomba cent... <a href="http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9352/1/Tesis%20I.%20M.%20Vargas%20Badillo%20Sant...">http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9352/1/Tesis I. M. 236 - Vargas Badillo Sant...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
5	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/">repositorio.utc.edu.ec</a>   Diseño y simulación de un impulsor centrífugo radial sem... <a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6766/6/T-001553.pdf">http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6766/6/T-001553.pdf</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.uptc.edu.co/">repositorio.uptc.edu.co</a> <a href="http://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf">http://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12894/3855">hdl.handle.net</a>   Identificar la criticidad de equipos para mejorar el circuito molien... <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12894/3855">http://hdl.handle.net/20.500.12894/3855</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
3	Documento de otro usuario #511a2f El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	<a href="https://docplayer.es/">docplayer.es</a>   Metodología Análisis de Criticidad (AC). - PDF Descargar libre <a href="https://docplayer.es/48701629-Metodologia-analisis-de-criticidad-ac.html">https://docplayer.es/48701629-Metodologia-analisis-de-criticidad-ac.html</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
5	Documento de otro usuario #032ac El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://predictiva21.com/3-3-potencia-eficiencia-bombas-centrifugas/>
- <https://www.conauto.com.ec/wp-content/uploads/2016/08/2308098267999.pdf>
- <https://repositorio.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5423>
- <https://es.scribd.com/document/269811758/Calculo-Del-Numero-de-Alabes>
- <http://hdl.handle.net/1992/55434>

**Anexo 2:** procedimiento del análisis y planificación para la gestión del mantenimiento.

Las actividades identificadas por los números (1.1, 1.2, 1.3) corresponden a las siguientes funciones:

1.1= Sistema de información.

1.2= Organización y planificación.

1.3= Gestión del presupuesto.

**Tabla 1.** Gestión del mantenimiento.

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
1.1	1.1.1	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción/servicio por falla?	No	Rara vez	A veces	Si
	1.1.2	¿La documentación económica se encuentra correctamente ordenada y es accesible para la toma de decisiones, (para la confección de los planes de mantenimiento, costos de mantenimiento, consumo de materiales, piezas de repuesto y acciones de mantenimiento)?	No			Si
	1.1.3	¿Posee en cada área los catálogos e información técnica de todos los equipos (marca, modelo, país de procedencia, ciclos de mantenimiento, piezas importantes del equipo y su costo, función del equipo, puesta en marcha)?	Nunca, no les es útil	Rara vez	A veces	Si, siempre, les es útil
		¿Posee registros históricos, de los mantenimientos,				

	1.1.4	para cada equipo, tipo de operación, frecuencia, duración, y causas de las averías, intervalos de mantenimiento y duración, recursos materiales y humanos empleados?	No	Inadecuado	Si, mejorable	Si, de acuerdo
	1.1.5	¿La información capturada en terreno es legible, útil y oportuna?	No	Legible pero poco útil	Es útil pero inoportuna	Si
	1.1.6	¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia y eficacia?	No	Rara vez	En ocasiones	Si
	1.1.7	¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por período?	No	Rara vez	A veces	Si
	1.1.8	¿Existe un software que arroje información suficiente y efectiva para la toma de decisiones en el área de mantenimiento?	No	Suficiente, pero inefectiva	Efectiva pero insuficiente	Si
	1.1.9	¿El sistema aporta información fiable?	No	Preocupante	Mejorable	Si
1.2	1.2.1	¿Se implementa un Plan de Mantenimiento Programado?	No	preocupante	Mejorable	Si
	1.2.2	¿Se encuentran definidos los objetivos del área de mantenimiento y están acorde con la política de la empresa?	No	Objetivos definidos, pero no acordes	Algunos objetivos no están acordes	Si
	1.2.3	¿Tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede hacer?	No	Si, pero no es valido	Mejorable	Si
	1.2.4	¿Se utilizan adecuadamente los órdenes de Trabajo y se lleva el control de avance de las mismas?	No	Se utilizan, pero no se controlan	Se utilizan, pero se controlan mal	Si
	1.2.5	¿El flujo de la orden de trabajo es adecuado?	No			Si

	1.2.6	¿Se recoge en la misma la duración de la intervención, si es preventiva o correctiva, fecha de inicio y terminación del trabajo realizado, equipo y departamento al que pertenece, materiales repuestos utilizados, personal que ejecuta el trabajo, incidencias y observaciones?	No	En alguna medida	En su mayoría	Si
	1.2.7	¿Se conoce el tiempo requerido para hacer el diagnóstico de un fallo?	No			Si
	1.2.8	¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectivo el mantenimiento?	No			Si
	1.2.9	¿Se mantiene un levantamiento de las reparaciones diarias?	No			Si
	1.2.10	¿Existe compatibilidad de la toma de decisiones entre producción y mantenimiento?	No	Preocupante	Mejorable	Si
	1.2.11	¿Se ha realizado un análisis de criticidad de los equipos?	Nunca	Si, pero inadecuado	Si, pero hay que estudiarlo	Si, y está bien hecho
	1.2.12	¿Qué porcentaje está cubierto por mantenimiento preventivo?	Menos 40	Entre 40 y 75	Entre 76 y 90	Mas de 90
	1.2.13	¿El organigrama de mantenimiento está actualizado y completo?	No existe	Desactualizado e incompleto	Actualizado e incompleto	Si
	1.2.14	¿Existe el plan de lubricación y de conservación actualizado por equipos?				
	1.2.15	El programa de mantenimiento preventivo incluye: listas de	No			

		verificación para lubricación, con inspecciones detalladas, personal específico asignado y diagnóstico (si se realiza) de análisis de vibraciones, aceite y termografía		Establece muy pocos elementos	Establece casi todos los elementos	Si
1.3	1.3.1	¿Está definido un presupuesto anual para gastos de mantenimiento y obedece a un análisis de las necesidades?	No	Si, pero no obedece las necesidades		Si
	1.3.2	¿El departamento de mantenimiento o la dirección a la cual se subordina participa en la previsión del presupuesto para mantenimiento?	No	Casi nunca	En ocasiones	Si, siempre
	1.3.3	¿El presupuesto para mantenimiento garantiza la adquisición de los recursos para la organización, planificación, ejecución y control del mantenimiento?	No	En alguna medida	En su mayoría	Si

Fuente: [19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

$TA_i$ : Puntuación real.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima.

$$TA_i = 9$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 81$$

INGM, es de **11%** en donde es deficiente.

Las actividades identificadas por los números (2.1, 2.2, 2.3) corresponden a las siguientes funciones:

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
(95 ≤ INGM ≤ 100)	Excelente
(85 ≤ INGM < 100)	Bien
(60 ≤ INGM < 85)	Aceptable
(INGM < 60)	Deficiente

2.1 = Selección y evaluación de proveedores.

2.2 = Administración de las relaciones.

2.3 = Selección de las actividades a tercerizar

**Tabla 2.** Servicios de terceros

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
2.1	2.1.1	¿Tiene definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento, y se lleva a cabo según los criterios de técnica y de competencia?	No			Si
	2.1.2	¿Los procedimientos para la selección proveedores de mantenimiento están correctamente implementados?	No	preocupante	Mejorable	Si
	2.1.3	¿Se incluyen cláusulas de resultados en los contratos con empresas contratistas?	No	Rara vez	A veces	Si
	2.1.4	¿Se desarrollan garantías de calidad y colaboración con los contratistas?	No	Casi nunca	En ocasiones	Si
	2.1.5	¿Se conoce la calificación del personal técnico que presta el servicio de tercerización?	No	En algunos casos	Casi nunca	Si
	2.1.6	¿Se verifica el cumplimiento de la garantía?	No	Casi nunca	Habitualmente	Si
	2.2.1	¿Se elabora los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?	No	Rara vez	A veces	Si
	2.2.2	¿tiene un procedimiento establecido para evaluar y homologar los proveedores?	No	Si, pero mal establecido	Si, pero mejorable	Si
	2.2.3	¿Se dispone de un procedimiento que permita llevar a cabo una acción de seguimiento que				

2.2		incluya la reevaluación de los proveedores que no han actuado satisfactoriamente?	No	Preocupante	Mejorable	Si
	2.2.4	¿Existe un presupuesto para la tercerización de mantenimiento en la empresa?	No			Si
	2.2.5	¿Se encuentra definido lo necesario para establecer el control de recepción de equipos intervenidos por el contratista?	No	Si, pero mal definido	Si, pero mejorable	si
2.3	2.3.1	¿Se encuentra definido una política para la contratación de trabajos de mantenimiento incluyendo sus metas y objetivos?	No	Si, pero mal definido	Si, pero mejorable	Si
	2.3.2	¿Sabe qué actividades es más rentable tercerizar que realizar con recursos propios?	No			Si
	2.3.3	¿Resulta efectiva la política de contratación existente?	No	En algunos casos	Casi siempre	Si

Fuente: [19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

$TA_i$ : Puntuación real.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima.

$$TA_i = 4$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 42$$

INGM, es de 10% en donde es deficiente

Las actividades identificadas por los números (3.1, 3.2) corresponden a las siguientes funciones:

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
(95 ≤ INGM ≤ 100)	Excelente
(85 ≤ INGM < 100)	Bien
(60 ≤ INGM < 85)	Aceptable
(INGM < 60)	Deficiente



4.1= Gestión de compras.

4.2= Gestión de inventarios.

**Tabla 3.** Gestión de piezas de repuesto.

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
3.1	3.1.1	¿Hay alguna persona designada para encargarse del seguimiento de los pedidos?	No			Si
	3.1.2	¿Se opina que el plazo de emisión de un pedido es lo suficientemente corto?	Muy largo	Mayormente largo	Medianamente corto	Suficientemente corto
	3.1.3	¿Se conoce el tiempo de abastecimiento para cada grupo de repuestos?	No	En casi ningún grupo	En algunos grupos	Si
	3.1.4	¿Está definido e implementado un sistema para la inspección y ensayo de las entradas de repuestos	No	Se está definiendo	Está definido, pero aún no se ha implementado	Si
	3.1.5	¿Se encuentran identificados y clasificados los proveedores de partes y repuestos?	No	Se están definiendo	Se encuentran identificados, pero aún no se han clasificado	Si
	3.1.6	Un plan de acción para darle respuesta a solicitudes de repuestos de emergencia?	No	Sí, pero está mal definido	Sí, pero es mejorable	Si
	3.1.7	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras de piezas y repuestos?	No	Existen, pero inadecuados	Existen, pero son mejorables	Si
	3.1.8	¿El sistema de		Lento	Sí, pero es	Si

		compra de piezas y repuestos es ágil?	Demasiado lento		mejorable	
3.2	3.2.1	¿Las fichas de stock se encuentran en todo momento actualizadas (manualmente o informatizada)?	No están actualizada	Fichas mal actualizadas	Actualizadas de manera manual	Sí, y están informatizadas
	3.2.2	¿Se hace correctamente un seguimiento del consumo de repuestos para los distintos equipos?	No	Se hace, pero mal	Se hace, pero puede mejorar	Si
	3.2.3	¿Se puede disponer con facilidad del valor y número de artículos en stock?	No	Rara vez	A veces	Si
	3.2.4	¿Está bien definido el punto de pedido y las cantidades a reaprovisionar para cada artículo en stock?	No	Sí, pero está mal definido	Sí, pero es mejorable	Sí
	3.2.5	¿Existe una lista de repuestos mínimos a mantener en stock y se actualiza periódicamente?	No	Existe pero no es válida	Puede ser mejorada	Si
	3.2.6	¿Con qué frecuencia las listas de nuevos pedidos son enviados a compras?	No se envían	Mensualmente	Cada 3 días	Diariamente
	3.2.7	¿Todos los criterios para seleccionar el repuesto mínimo son coherentes?	No	Casi ningún criterio es coherente	Casi todos los criterios son coherentes	Si
	3.2.8	¿Existe un sistema coherente y adecuado para realizar inventarios del material	No	Existe, pero es inadecuado	Existe, pero es mejorable	Si

		contenido en el almacén?				
	3.2.9	¿Puede definir el tamaño necesario del inventario para garantizar determinada disponibilidad del equipo?	No			Si
	3.2.10	¿Se conoce la ubicación física de todo lo existente en el almacén?	No	En algunos casos	Casi siempre	Si
	3.2.11	¿Está definido e implementado un procedimiento para el pronóstico de la demanda de piezas de repuesto?	No	Está, pero mal elaborado	Está, pero puede ser mejorado	Si
	3.2.12	¿Es adecuado el estado físico de los almacenes y los medios unitarizadores?	No	Preocupante	Mejorable	Si
	3.2.13	¿Se conoce con exactitud cuál es el costo de los repuestos de cada equipo?	No	Se conoce el costo de repuesto de algunos equipos	Se conoce el costo de repuesto de casi todos los equipos (Más del 80%)	Si
	3.2.14	¿Existen y se aplican indicadores para evaluar la eficacia del almacén?	No	Sí existen, pero se aplican rara vez	Existen, pero se aplican solo a veces	Si
	3.2.15	¿El documento para el control de materiales y repuestos a utilizar establece: número de la Orden de trabajo, número de solicitud, material solicitado, cantidad, unidad de medida,	No	Establece muy pocos de estos parámetros	Establece casi todos estos parámetros	Si

		código, precio (MN y/o USD), importe, área (entidad donde se utiliza), firma del que autoriza (nombre y apellidos) y firma del que recibe los materiales (nombre y firma)?				
--	--	--	--	--	--	--

Fuente: [19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

$TA_i$ : Puntuación real.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima.

$$TA_i = 8$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 69$$

INGM, es de **12%** en donde es deficiente

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
(95 ≤ INGM ≤ 100)	Excelente
(85 ≤ INGM < 100)	Bien
(60 ≤ INGM < 85)	Aceptable
(INGM < 60)	Deficiente

Las actividades identificadas por los números (4.1, 4.2, 4.3) corresponden a las siguientes funciones:

4.1= Instalaciones.

4.2= Equipamiento.

4.3= Medios técnicos y herramientas.

**Tabla 4. Infraestructura**

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
6.1	6.1.1	¿Está determinada proporcionada y mantenida la infraestructura necesaria para que permita alcanzar la conformidad con la prestación del servicio de mantenimiento?	No			Si
	6.1.2	¿Es suficiente el espacio disponible en el taller de mantenimiento para poder realizar los trabajos demandados?	No			Si
	6.1.3	¿El taller de mantenimiento está bien ubicado respecto a los equipos a brindarle mantenimiento?	No			Si
	6.1.4	¿Todos los equipos se encuentran colocados adecuadamente dentro del taller de mantenimiento y debidamente señalados?	No	Casi ninguno	Casi todo	Si
	6.1.5	¿El taller de mantenimiento está limpio y ordenado?	No	Casi nunca	Casi siempre	Si
	6.1.6	¿Las oficinas están limpias y ordenadas?	No	Preocupante	Mejorable	Si
	6.1.7	¿Se cuenta con los medios adecuados en las oficinas (ordenadores, impresoras, teléfonos, etc.)?	No	Preocupante	Mejorable	Si
	6.1.8	¿El taller cuenta con medios adecuados al tipo de trabajo que realizan?	No	Carencias importantes	Faltan algunos	Si
	6.2.1	Sabes el valor de adquisición y	De ninguno		De casi todos	De todos

6.2		residual de cada uno de los equipos		De casi ninguno		
	6.2.2	Tiene un levantamiento de planta que describa e identifique a todos los equipos a mantener	No	Describe a algunos equipos	Describe a casi todos los equipos	Si
	6.2.3	Tiene definida la tasa de depreciación de cada equipo	No	Describe a algunos equipos	Para casi todos los elementos	Si
	6.2.4	Se consulta el personal de mantenimiento y o producción para la Selección de nuevo equipamiento	No	Casi nunca	Para casi todos los equipos	Si
	6.2.5	Se encuentra estipulada una política de reemplazo de equipos	No	Si, pero está mal estipulada	Si, pero es mejorable	Si
	6.2.6	Los equipos están limpios y en buen estado técnico	<20%	Entre el 20 y 60%	Entre el 61 y 89%	Entre el 90 y 100%
6.3	6.3.1	¿Su organización tiene catalogadas las herramientas a utilizar en cada tarea?	No	Si, pero mal catalogado		Si
	6.3.2	¿La instrumentación utilizada en el mantenimiento tiene una calibración certificada?	No			Si
	6.3.3	¿Las herramientas existentes se corresponden con las que se necesitan?	No	Carencias importantes	Faltan algunas	Si
	6.3.4	¿Se mantienen las herramientas?	Nunca	Casi nunca	Habitualmente	Siempre
	6.3.5	¿Está garantizada suficientes herramientas para realizar las labores de mantenimiento?	No	En alguna medida	En gran medida	Si
	6.3.6	¿Existe un inventario considerable de las herramientas que se usan para el mantenimiento?	No	Mucha diferencia con lo que hay	Si, pero no es completa	Si y es correcto
	6.3.7	¿Los útiles y herramientas se encuentran cerca del taller de mantenimiento?	No	No tan cerca	Relativamente cerca	Si

Fuente: [19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

$TA_i$ : Puntuación real.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima.

$$TA_i = 15$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 63$$

INGM, es de **24%** en donde es deficiente

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
(95 ≤ INGM ≤ 100)	Excelente
(85 ≤ INGM < 100)	Bien
(60 ≤ INGM < 85)	Aceptable
(INGM < 60)	Deficiente

Las actividades identificadas por los números (5.1, 5.2, 5.3) corresponden a las siguientes funciones:

5.1= Normas del proceso tecnológico.

5.2= Normas de inspección del proceso.

5.3= código de prácticas de higiene.

**Tabla 5.** Aseguramiento a la calidad.

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
5.1	5.1.1	¿Existe las Normas del Proceso Tecnológico, por etapas de los productos a elaborar y se revisan?	No	Sí, pero está mal hecho	Es mejorable	Sí, está bien hecho
	5.1.2	¿Se conocen y utilizan las normas de proceso	No	Más o menos	En gran medida	Si

		tecnológico por la dirección y personal de mantenimiento?				
	5.1.3	¿Existe aseguramiento petrológico y cumple con los parámetros de proceso?	Nunca	A veces	En gran medida	Siempre
	5.1.4	¿Existe capacitación del personal en este aspecto?	No			Si
	5.1.5	¿La administración toma medidas necesarias cuando se violan los parámetros de las normas de los procesos?	No	A veces	En gran medida	Si
5.2	5.2.1	¿Existe las normas de inspección del proceso y se cumplen de acuerdo al tiempo establecido por etapas?	No	Sí, pero está mal hecho	Es mejorable	Si
	5.2.2	¿Se conocen las normas de inspección del proceso y se inspecciona por ellas?	No	A veces	Casi siempre	Si
	5.2.3	¿Se capacita el personal técnico y obrero para el cumplimiento de las etapas del proceso?	No			Si
	5.2.4	¿La administración toma las medidas necesarias cuando se violan los parámetros de las normas de inspección?	No	A veces	En gran medida	Si
	5.3.1	¿Existe el código de prácticas de higiene?	No	Sí, pero está mal hecho	Mejorable	Si
	5.3.2	¿Se conoce el	No	Más o	En gran	Si



5.3		código de prácticas de higiene y se practica por los operarios?		menos	medida	
	5.3.3	¿Se capacita al personal técnico y obrero para el cumplimiento?	No			Si
	5.3.4	¿Se conocen las reglas de manipulación de los procesos para lograr su inocuidad?	No	Más o menos	En gran medida	Si
	5.3.5	¿La estructura interna y el equipamiento responden a las exigencias del proceso y son fáciles de limpiar?	No	En alguna medida	Casi siempre	Si
	5.3.6	¿Se capacita al personal en materia de limpieza y desinfección?	No			Si

Fuente: [19]

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

$TA_i$ : Puntuación real.

$Tp_{m\acute{a}x}$ : Puntuación máxima.

$$TA_i = 0$$

$$Tp_{m\acute{a}x} = 45$$

INGM, es de 0% en donde es deficiente.

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
(95 ≤ INGM ≤ 100)	Excelente
(85 ≤ INGM < 100)	Bien
(60 ≤ INGM < 85)	Aceptable
(INGM < 60)	Deficiente

**Anexo 3.** Análisis de criticidad según categoría de impactos y frecuencia.

**Tabla 1.** Categoría frecuencia

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

**Fuente:** [21]

Frecuencia de los fallos que tiene el equipo por año: 4

**Tabla 2.** Categoría impacto.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Fuente: [21]

**Tabla 3.** Datos de impactos de falla y análisis de criticidad en los elementos que componen la bomba centrífuga.

Elementos	ANÁLISIS DE CRITICIDAD												
	Daños al personal		Efecto en la población		Impacto ambiental		Pérdida producción (\$)		Daños a la instalación		Consecuencia	Frecuencia de fallos	Criticidad
	R	C	R	C	C	R	C	R	C	R	$\sum$ Impactos		$Cr = F \cdot C$
Sello mecánico 1” 1/4	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños danos al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Empaque de la caja de sellos	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños danos al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Plato porta estacionarios	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños danos al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Voluta de la bomba	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños danos al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20
Impulsor	Sin impacto al personal	1	Sin efecto en la población	1	1	Pequeños danos al ambiente	1	Hasta 500 mil	1	Hasta 500 mil	5	4	20

Fuente: [1]

Para el cálculo del impacto total se realiza la sumatoria de todos los cinco criterios de las consecuencias que se encuentra en la tabla 2 (categorías de impacto).

*Impacto total*

$$= \text{Daños al personal} + \text{Efecto poblacion} + \text{Impacto ambiental} + \text{Pérdida de producción} + \text{Daños a la instalacion}$$

$$\text{Impacto total} = (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 5$$

En el análisis de criticidad se utiliza la ecuación 3.2.

$$Cr = F \cdot C$$

Donde:

F: Frecuencia

C: Consecuencia

$$\text{Nivel de criticidad del sello mecánico } 1" \frac{1}{4} = (4) \cdot (5) = 20$$

**Anexo 4.** Evaluación analítica crítica en términos de producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Para elegir los elementos que se incluirán en el programa de mantenimiento preventivo, es fundamental evaluar la reputación de cada equipo en términos de producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Los criterios utilizados para realizar el análisis crítico de cada equipo se basan en los siguientes elementos:

### **Producción**

Tasa de utilización del equipo.

**Tabla 1.** Valores para la tasa de marcha.

Calificación	Característica
4	>80%
2	Entre el 50 y 80 %
1	<50%

Fuente: [1]

Elementos auxiliares: valor que indica qué posibilidades existen de recuperar la producción con otro equipo.

**Tabla 2.** Valores para elementos auxiliares.

Calificación	Característica
5	Sin posibilidad de reemplazo, única existencia
4	Equipos de la misma clase en el proceso productivo
1	Equipo con duplicado

Fuente: [1]

Influencia del equipo en el proceso de producción.

**Tabla 3.** Valores de influencia del equipo en el proceso.

Calificación	Característica
5	Paro del proceso de producción
4	Influencia importante
2	Influencia relativa
1	No interviene en el proceso principal

Fuente: [1]

## Calidad

Influencia del equipo en la calidad final del producto.

**Tabla 4.** Valores para la influencia en la calidad final del producto.

Calidad	Característica
5	Decisiva
4	Importante
2	Sensible
1	Nula

Fuente: [1]

## Mantenimiento

Conto mensual del mantenimiento.

**Tabla 5.** Valores según costo mensual de mantenimiento.

Calificación	Característica
4	Costo de reparación > 5000 \$
2	500 \$ < conto de reparación < 5000 \$
1	Costo de reparación < 500 \$

Fuente: [1]

Número de horas de paradas por averías en el mes.

**Tabla 6.** Valores para el número de horas de paro por mes.

Calificación	Característica
4	Mayor 3 horas
2	Entre 1 a 3 horas
1	Menor a 1 hora

Fuente: [1]

Grado de especificación del equipo.

**Tabla 7.** Valores según grado de especificación del equipo.

Calificación	Característica
4	Especialista
2	Normal
1	Sin especialidad

Fuente: [1]

## Seguridad

Influencia del equipo sobre la seguridad industrial

**Tabla 8.** Valores de influencia del equipo sobre la seguridad industrial.

Calificación	Característica
5	Riesgo mortal
4	Riesgo para la instalación
2	Influencia relativa
1	Sin influencia

Fuente: [1]

Sumando todos los puntos, se establecen tres categorías de criticidad:

- I Entre los puntos 25 y 35 que han recibido el índice de criticidad, se llevará a cabo el programa de mantenimiento preventivo.
- II La criticidad de 16 a 24: Elementos de Importancia Media que pueden llegar a ser Críticos. Recibirán la documentación necesaria para otorgar a estas máquinas el control de las tareas de mantenimiento.
- III Equipos auxiliares del proceso que podrían añadirse a un programa de mantenimiento correctivo. El índice de criticidad debe ser menor 15.

En la tabla 11 se muestra la matriz de criticidad para los elementos del equipo de succión de agua de la Universidad Técnica De Cotopaxi.

**Tabla 9.** Matriz de criticidad para los elementos del equipo (bomba centrífuga)

N°	Elementos	Producción			Calidad	Mantenimiento			Seguridad	Valor de criticidad
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo de mantenimiento	Horas de paro al mes	Grado de especificación	Influencia en la seguridad o medio ambiente	
1	Sello mecánico 1" $\frac{1}{4}$	4	4	4	4	1	1	4	2	24
2	Empaque de la caja de sellos	4	4	2	2	1	1	4	2	20
3	Plato portaeleccionarios	4	4	2	2	1	1	4	2	20
4	Voluta de la bomba	4	4	4	4	1	1	4	2	24

5	Impulsor	4	4	5	5	1	1	4	2	26
---	----------	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Anexo 5.** Selección del tipo de mantenimiento.

Si cumple con el punto requerido es **1**.

Si no cumple con el punto requerido es **0**.

**C1:** Elevado costo de adquisición de la máquina.

**C2:** Alto costo por concepto de pérdidas de producción.

**C3:** No existencia de duplicado de la máquina.

**C4:** Posibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible.

**C5:** Posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: Niveles totales de vibración, temperatura, flujo.

**C6:** Elevado costo de mantenimiento de la máquina. Aquí se incluyen los gastos de materiales y de recursos humanos en un determinado período de tiempo.

**C7:** Elevadas pérdidas de vida útil debido al desarme. Se refiere a máquinas que por sus características técnicas constructivas sufren deterioro de su estado técnico con el desarme.

**C8:** Graves consecuencias económicas de una rotura para la máquina. Considera que el deterioro de una de sus partes debido a un fallo haría muy costosa su reparación.

**Tabla 1.** Sistema de mantenimiento.

Valores de los coeficientes	Sistema de mantenimiento
-----------------------------	--------------------------



$C_{CORR/PREV} = 0$	Correctivo
$C_{PRED} > 0,25$ $C_7 = 1$	Preventivo según índices de fiabilidad
$C_{PRED} > 0,5$ $C_4 = 0$ $C_5 = 1$	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
$0,25 \leq C_{PRED} \leq 0,5$ $C_4 = 1$ y/o $C_5 = 1$	
$C_{PRED} \geq 0,5$ $C_4 = 1$	Predictivo

Fuente: [22]

**Tabla 2.** Sistema de mantenimiento a nivel de máquina

Bomba centrífuga (MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10)													Tipo de mantenimiento a aplicar.
Mantenimiento a nivel de máquina.	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_{PRED}$	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PERDIDAS}$	$C_{FALLAS}$	
	1	0	0	1	1	0	0	0	0,25	0,2	1	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas

**Tabla 2.** Sistema de mantenimiento a nivel de elemento

BOMBA CENTRIFUGA														tipo de mantenimiento a aplicar
Sistema	Elemento	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_{PRED}$	$C_{CORRE/PREV}$	$C_{PERDIDAS}$	$C_{FALLAS}$	
Sistema Mecánico	Sello mecánico 1" ¼	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Empaque de la caja de sellos	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Plato porta estacionarios	1	0	1	1	1	0	0	0	0,5	0,2	1	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
	Voluta de la bomba	1	0	1	1	1	0	0	0	0,5	0,2	1	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
	Impulsor	1	0	1	1	1	1	0	1	0,75	0,6	2	1	Predictivo

**Anexo 6.** Ciclo de mantenimiento (reparación).

**Tabla 1.** Valor de los coeficientes (N).

Tipo de producción	N
En masa	1.0
En serie	1.3
En serie pequeña o individual	1.5
<b>Para todo tipo de equipos</b>	

Fuente: [19]

**Tabla 2.** Valor de los coeficientes (M).

Equipos industriales	Acero de construcción	Acero de alta calidad	Aleación de aluminio	Hierro fundido y bronce	Trabaja con abrasivos	Madera	Arena
De precisión normal	1.0	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.0

Fuente: [19]

**Tabla 3.** Valor de los coeficientes (Y).

Equipos industriales		Condiciones de abrasivos seco	Trabaja en condiciones normales	Trabaja en locales con polvo y humedad	Trabaja en locales separados especialmente
De precisión normal		.....	10	0,8	.....
De precisión		.....	12	.....	14
Trabajos con abrasivos	Precisión normal	0,7	10	0,8	.....
	Acta precisión	.....	11	.....	13

Fuente: [19]

**Tabla 4.** Valor de los coeficientes (Z).

<b>Equipos industriales</b>	<b>Z</b>
Livianas y medianas hasta $0 \leq X \leq 10ton$	1
Grandes y pesadas entre $10 \leq X \leq 100ton$	1,35
Muy pesadas y únicas con más de $100ton \leq X \leq \infty$	1,75

Fuente: [19]

**Tabla 5.** Valor de (K) para los distintos equipos.

<b>Equipos industriales</b>	
<b>Máquinas herramientas</b>	<b>K= [hrs]</b>
<b>Livianas y medianas hasta <math>0 \leq X \leq 10ton</math></b>	
a) Con tiempo de explotación 20 años	26000
b) Con tiempo de explotación mayor de años	23400
<b>Grandes y pesadas entre <math>10 \leq X \leq 100ton</math></b>	
a) Con tiempo de explotación 20 años	52700
b) Con tiempo de explotación mayor de años	47400
<b>Super pesadas con más de <math>100ton \leq X \leq \infty</math></b>	
a) Con tiempo de explotación 20 años	66300
b) Con tiempo de explotación mayor de años	59670
<b>Tabla 5. Equipos industriales</b>	
<b>Equipos de elaboración de madera</b>	<b>K= [hrs]</b>
Máquinas para acepillar madera y cepillos de cuatro caras	14000
Fresadoras y taladradoras con avance mecánico e hidráulico	19000
Sierras, tornos y taladradoras con avance manual	23500
<b>Equipos de forja y prensado</b>	<b>K= [hrs]</b>
Máquinas automáticas de forja	11700
Martillos y prensas de fricción	14000
Cortadoras	19000
Prensas mecánicas e hidráulicas, grandes y únicas	21000
<b>Equipos de fundición</b>	<b>K= [hrs]</b>
Mezcladoras y cementos	4500
Máquinas de hacer machos	7000
Máquinas moldeadoras con una capacidad de hasta 5 ton y de más de 5 ton y desmenuzadoras	9500
Transportadores de arena caliente	7000
Transportadores de arena seca	8000
transportadores de arena húmeda y centrífugas	11700

Fuente: [19]

**Anexo 7.** Acta de mantenimiento de averías de los elementos que componen la máquina.

## ACTA DE AVERÍAS

### INFORMACIÓN

FECHA				
DÍA	MES	AÑO	HORA INICIO	HORA FIN

N°	Institución:	
	Facultad:	
1- Nombre de los elementos del equipo.		
2- Nombre del operador.		
3- Nombre del supervisor para el mantenimiento.		
4- Detalles de la avería.		
5- Causas.		

6- Fallas localizadas.
7- Trabajos ejecutados.
8- duración de la reparación.
9- Encargados del mantenimiento.
10- Materiales, herramientas y piezas utilizadas.
11- Daños a la población (%).
12- Observaciones.

13- Recomendaciones.
----------------------

FIRMAS	
Técnico de mantenimiento:	Supervisor:

**Anexo 8.** Tiempo de trabajo de la máquina.

Este cuadro nos ayudara a identificar el tiempo que trabaja la máquina.

					
TIEMPO DE TRABAJO					
EQUIPO	TIEMPO DEL TRABAJO PLANIFICADO				
	Horas	Días	Semanas	Meses	Total, horas año
BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW	8	5	2	12	960



**Anexo 9.** Orden para el mantenimiento de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tabla 1.** Orden de mantenimiento.

	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Máquina</b>
<b>Orden de mantenimiento:</b>		<b>Lugar del mantenimiento:</b>	
<b>En operación</b>	<b>En mantenimiento</b>	<b>Trabajo realizado</b>	
<b>Identificación del problema</b>			



## Anexo 10. Manual de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW



### Aplicação

As bombas centrífugas monoestágio apresentam rendimentos elevados e foram concebidas para serviço contínuo e pesado em:

- Indústria
- Irrigação
- Construção
- Abastecimento de água em geral

### Características Gerais

Disponíveis numa ampla linha de modelos, desenvolvidas para atender as mais diversas condições de serviço em inúmeras aplicações:

- Vazões até 80 m<sup>3</sup>/h
- Pressão de 100 m.c.a.
- Potência de 0,25 cv até 25 cv
- Rotação de 3500 rpm
- Temperatura máxima do líquido 80°C (com componentes plásticos 35°C)

### Vantagens

- Menor consumo de potência, maior economia de energia
- Construção compacta em montagem monobloco
- Ampla cobertura hidráulica, permitindo largo campo de aplicação
- Bocais de sucção e recalque centrados
- Baixo custo de manutenção.

### Características Técnicas

Essas bombas permitem o acoplamento monobloco a motores elétricos, diesel e gasolina, ou podem ser montadas com mancais para acoplamento por luva elástica ou polias. A vedação no eixo é assegurada por selo mecânico (opcional porgaxeta).

Os rotores são equilibrados dinamicamente, o eixo é protegido por bucha de latão ou, em alguns modelos, é inteiriço.

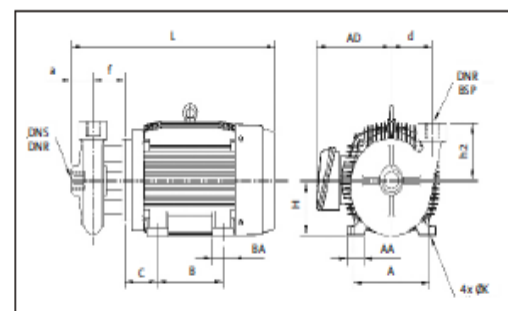
Os motores elétricos são da melhor procedência, fabricados especialmente para permitir o acoplamento monobloco, dimensionados com boa reserva de potência, podendo assim suportar sem prejuízo, as eventuais deficiências da rede.

### Codificação

<b>Exemplo</b>	<b>S</b>	<b>R</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>25</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Monoestágio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rosca = R	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taxa de vazão nominal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pressão máxima	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Válvula fechada	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rotor Ferro Fundido = F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rotor Plástico = P**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Monofásico = M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trifásico = T	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 Pólos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 Pólos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6 = 60 Hz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5 = 50 Hz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\*\* Somente para DX/DM/DF

### Dimensões



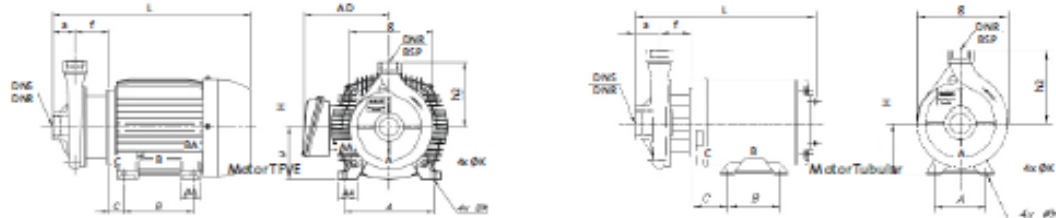
### Dimensões

Modelo		Pot. cv	Conexões*		Dimensões												
Novo	Antigo		DNS	DNR	a	f	h2	d	A	AA	B	C	H	K	BA	AD	L
SR-25-63-FT	DVR-10	10			66	95	150	140	216	51	140	89	132	12	55	208	526
SR-26-72-FT	DVR-10X	12,5			66	95	150	140	216	51	140	89	132	12	55	208	526
SR-28-81-FT	DVR-11	15	2"	1.1/2"	66	95	150	140	216	51	140	89	132	12	55	208	526
SR-30-98-FT	DVR-12	20			66	95	150	140	254	64	210	108	160	15	60	240	640
SR-32-103-FT	DVR-13	25			66	95	150	140	254	64	210	108	160	15	60	240	640

\* ROSCA BSP

# Tabela de Dimensões

SR



**Tabela de Dimensões de Bombas rosqueadas com montagem monobloco a motores monofásicos e trifásicos - 3.500 rpm**

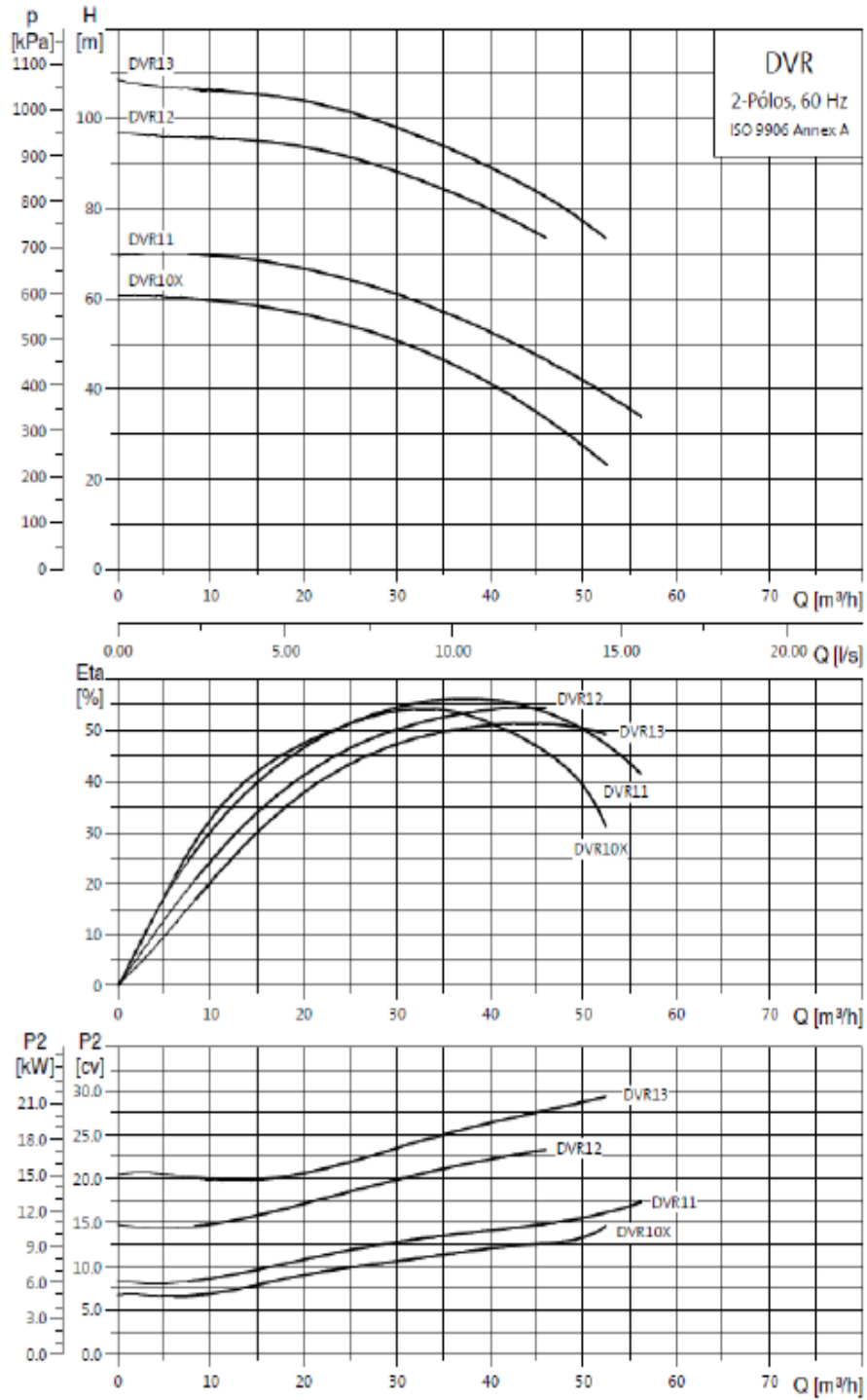
Modelo		Pot. cv	Conexões*		Dimensões														
Novo	Antigo		DNS	DNR	a	f	g	h2	A	AA	B	C	H	K	BA	AD	L		
SR-5-16-FM	XD-0	0,25	1"	1"	46	14	140	110	107,6	31	69,8	63,5	76,2	8,7	26	-	262		
SR-5-20-FM	XD-1	0,33			46	14	140	110	107,6	31	69,8	63,5	76,2	8,7	26	-	262		
SR-5-25-FM/PT	XD-2	0,5			46	14	140	110	107,6	31	69,8	63,5	76,2	8,7	26	-	262		
SR-7-25-FM/PT	XD-3	0,75			46	14	140	110	107,6	31	69,8	63,5	76,2	8,7	26	-	277		
SR-8-26-FM/PT	XD-4	1	46	14	140	110	107,6	31	69,8	63,5	76,2	8,7	26	-	297				
SR-9-22-FM/PT	DH-3C	0,75	1 1/2"	1"	46	20	164	130	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	331		
SR-9-26-FM/PT	DH-4C	1			46	20	164	130	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	331		
SR-10-30-FM/PT	DH-5C	1,5			46	20	164	130	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	331		
SR-18-16-FM/PT	DB-4C	1	2"	1 1/2"	54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-20-22-FM/PT	DB-5C	1,5			54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-20-25-FM/PT	DB-6C	2			54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-22-30-FM/PT	DB-7C	3			54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-15-18-FM/PT	DC-4C	1	2"	1 1/2"	54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-15-23-FM/PT	DC-5C	1,5			54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-15-25-FM/PT	DC-6C	2			54	63	195	155	123,8	31	76,2	65	88,9	8,7	26	-	382		
SR-7-26-FM/PT	DM-3	0,75	1 1/2"	1"	43,5	15,5	177	140	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	359		
SR-7-30-FM/PT	DM-4	1			43,5	15,5	177	140	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	359		
SR-7-36-FM/PT	DM-5	1,5			43,5	15,5	177	140	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	359		
SR-10-42-FM/PT	DF-6	2	1 1/2"	1"	43,5	15,5	177	140	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	359		
SR-11-50-FM/PT	DF-7	3			43,5	15,5	177	140	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	359		
SR-16-48-FM	DE-7X	4	1 1/2"	1"	43,5	15,5	177	140	190	48	140	70	112	12	50	240	460		
SR-16-48-FT	DE-7X	4			43,5	15,5	177	140	140	38	100	66	90	10	48	135	404		
SR-16-49-FM	DE-8	5			43,5	15,5	177	140	190	48	140	70	112	12	50	240	460		
SR-16-49-FT	DE-8	5			43,5	15,5	177	140	160	44	100	63	112	12	50	150	440		
SR-20-28-FM	DS-7	3	2"	1 1/2"	62	25	230	185	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	450		
SR-20-28-FT	DS-7	3			62	25	230	185	123,8	32	76,2	70	88,9	8,7	26	-	467		
SR-20-34-FM	DS-7X	4			62	25	230	185	190	48	140	70	112	12	50	240	481		
SR-20-34-FT	DS-7X	4			62	25	230	185	140	38	126	66	90	10	42	135	425		
SR-21-39-FM	DS-8	5			62	25	230	185	190	48	140	70	112	12	50	240	481		
SR-20-34-FT	DS-8	5			62	25	230	185	160	49	140	91	100	12	55	160	432		
SR-24-52-FM	DS-9	7,5			62	25	230	185	190	48	140	70	112	12	50	240	481		
SR-24-52-FT	DS-9	7,5			62	25	230	185	190	48	140	93	112	12	55	180	444		
SR-20-34-FM	DS-10	10			62	25	230	185	216	51	140	89	132	12	55	270	522		
SR-20-34-FT	DS-10	10			62	25	230	185	216	51	140	131	132	12	55	207	502		
SR-30-13-FM	DLP-5	1,5	2 1/2"	2"	76	25	194	160	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	401		
SR-30-13-FT	DLP-5	1,5			76	25	194	160	123,8	32	76,2	70	88	8,7	26	-	451		
SR-33-16-FM	DLP-6	2			76	25	194	160	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	401		
SR-33-16-FT	DLP-6	2			76	25	194	160	123,8	32	76,2	70	88	8,7	26	-	451		
SR-35-21-FM	DLP-7	3			76	25	194	160	123,8	31	76,2	80	88,9	8,7	26	-	401		
SR-35-21-FT	DLP-7	3			76	25	194	160	123,8	32	76,2	70	88	8,7	26	-	451		
SR-36-24-FM	DLP-7X	4			76	25	194	160	190	48	140	70	112	12	50	-	495		
SR-36-24-FT	DLP-7X	4			76	25	194	160	140	38	100	66	100	12	55	160	451		
SR-45-30-FM	DLG-8	5			2 1/2"	2"	77	30	194	215	190	48	140	70	112	12	50	240	501
SR-45-30-FT	DLG-8	5					77	30	255	215	160	49	140	91	112	12	55	160	451
SR-50-41-FM	DLG-9	7,5	77	30			194	215	190	48	140	70	112	12	50	240	501		
SR-50-41-FT	DLG-9	7,5	77	30			255	215	190	48	140	93	112	12	55	180	464		
SR-52-49-FM	DIG-10	10	77	30			194	215	216	51	140	89	132	12	55	270	542		
SR-52-49-FT	DIG-10	10	77	30			255	215	216	51	140	131	132	12	55	207	522		
SR-54-56-FT	DIG-11	15	77	30			255	215	216	51	178	130,9	132	12	55	207	560		

\* ROSCA BSP

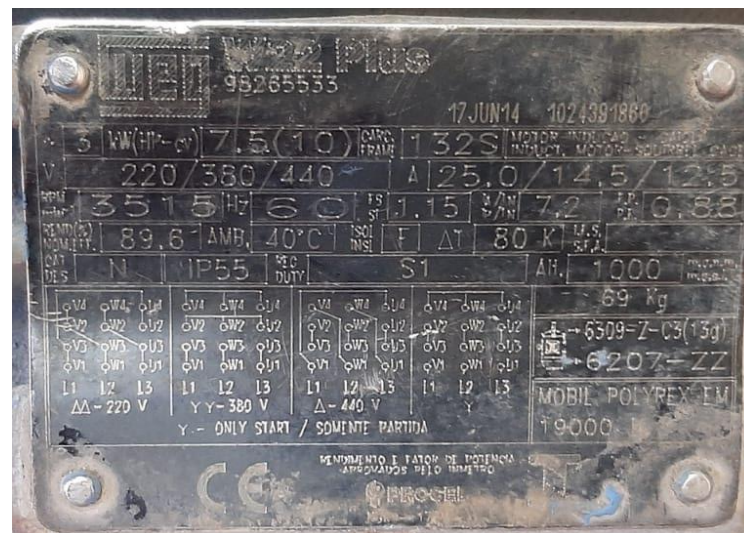
**Anexo 11.** Curvas características de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW.

**Curvas de Performance**

**Bombas Monoestágio**



**Anexo 12.** Placa de datos de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW.



**Figura 1.** Placa de datos del motor.









**Figura 2.** Placa de datos de la bomba.

**Anexo 13.** Instalación de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache.



**Anexo 14.** Recolección de datos de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW

<b>Vibración</b>	<b>Presión</b>
	
<b>Ruido</b>	<b>Corriente</b>
	
<b>Caudal</b>	
	

Anexo 15. Torque y ajuste de los pernos y tuercas en pulgadas (Nm y lb ft).



Tabla para el Par de apriete (Torque) de los pernos y tuercas en pulgadas (Nm y lb ft)

SAE Grade and Head Markings	NO MARK	1 or 2 <sup>b</sup> 	5 	5.1 	5.2 	8 	8.2 
	NO MARK	2 	5 		8 		

Size	Grade 1				Grade 2 <sup>b</sup>				Grade 5, 5.1, or 5.2				Grade 8 or 8.2			
	Lubricated <sup>a</sup>		Dry <sup>a</sup>		Lubricated <sup>a</sup>		Dry <sup>a</sup>		Lubricated <sup>a</sup>		Dry <sup>a</sup>		Lubricated <sup>a</sup>		Dry <sup>a</sup>	
	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft
1/4	3.7	2.8	4.7	3.5	6	4.5	7.5	5.5	9.5	7	12	9	13.5	10	17	12.5
5/16	7.7	5.5	10	7	12	9	15	11	20	15	25	18	28	21	35	26
3/8	14	10	17	13	22	16	27	20	35	26	44	33	50	38	63	46
7/16	22	16	28	20	35	26	44	32	55	41	70	52	80	58	100	75
1/2	33	25	42	31	53	39	67	50	85	63	110	80	120	90	150	115
9/16	48	36	60	45	75	56	95	70	125	90	155	115	175	130	225	160
5/8	67	50	85	63	105	78	135	100	170	125	215	160	215	160	300	225
3/4	120	87	150	110	190	140	240	175	300	225	375	280	425	310	550	400
7/8	190	140	240	175	300	225	400	290	490	360	625	450	700	500	875	650
1	290	210	360	270	470	350	580	430	725	540	925	675	1050	750	1300	975
1-1/8	470	300	510	375	770	570	930	690	1200	875	1400	1025	1650	1200	2000	1450
1-1/4	570	425	625	460	900	660	1050	780	1500	1100	1700	1250	2050	1500	2600	1950
1-3/8	750	550	850	620	1200	890	1300	970	1900	1400	2300	1700	2700	2000	3400	2550
1-1/2	1000	725	1150	850	1600	1175	1800	1350	2500	1850	3000	2200	3800	2800	4550	3350

NO USE estos valores de Par de apriete (Torque) si el valor de apriete y el procedimiento de ajuste de los pernos corresponde a una aplicación específica. Los Valores de Par de apriete (Torque) dados en la tabla son de uso general. Verifique periódicamente el ajuste de los pernos.

Los pernos están diseñados para soportar determinadas cargas. Reemplace los pernos siempre con otros de grado idéntico.

Deben de remplazarse los pernos con la misma calidad. Si reemplazara con pernos de una calidad mayor, estos deben apretarse a la fuerza del original.

Revise que los hilos de los pernos que estén limpios y garantice que haya suficiente longitud roscada. Esto impedirá fallos durante el apretado.

<sup>a</sup> "Lubricated" Cubra con una película delgada de aceite a la rosca interior o a la rosca del perno. "Dry" Seque completamente la rosca interior y el perno o utilice pernos galvanizados sin ninguna lubricación.

<sup>b</sup> Grado 2 aplicar a pernos de cabeza hexagonal (Excepto tornillos de cabeza hexagonal) hasta 152 mm (6 pulgadas) de largo. Grado 1 aplicar a tornillos de cabeza hexagonal con mas de 152 mm (6 pulgadas) de largo y a otros tipos de tornillos de cualquier longitud.

## Anexo 16. Selección del interruptor termomagnético Camsco C60N



### BREAKERS PARA RIEL DIN "C60N" Y NC100H"

Tipo: termomagnético      Curva "c"      Norma: bs3871/iec 898  
 Aprobación: CE      Voltaje: 1 polo 240 v, (2 y 3 polos 400 v)  
 Especiales para circuitos de distribución / para aplicación en motores      consultar

Descripción					
Imagen	Referencia	Corriente nominal	Cap. Ruptura 240 v (Icu)	Empaque	Precio USD
<b>1 polo</b>					
	C60N 1P 1A	1 A.	6 KA	12	4,53
	C60N 1P 2A	2 A.	6 KA	12	4,53
	C60N 1P 3A	3 A.	6 KA	12	4,53
	C60N 1P 4A	4 A.	6 KA	12	4,53
	C60N 1P 6A	6 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 10A	10 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 16A	16 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 20A	20 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 25A	25 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 32A	32 A.	6 KA	12	4,37
	C60N 1P 40A	40 A.	6 KA	12	4,53
	C60N 1P 50A	50 A.	6 KA	12	4,53
C60N 1P 63A	63 A.	6 KA	12	4,53	
<b>2 polos</b>					
	C60N 2P 1A	1 A.	6 KA	6	9,08
	C60N 2P 2A	2 A.	6 KA	6	9,08
	C60N 2P 3A	3 A.	6 KA	6	9,08
	C60N 2P 4A	4 A.	6 KA	6	9,08
	C60N 2P 6A	6 A.	6 KA	6	9,08
	C60N 2P 10A	10 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 16A	16 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 20A	20 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 25A	25 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 32A	32 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 40A	40 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 50A	50 A.	6 KA	6	8,77
	C60N 2P 63A	63 A.	6 KA	6	8,77
	NC-100H 2P 50A	50 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	16,94
	NC-100H 2P 63A	63 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	16,94
	NC-100H 2P 80A	80 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	16,94
	NC-100H 2P 100A	100 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	16,94
<b>3 polos</b>					
	C60N 3P 1A	1 A.	6 KA	4	13,61
	C60N 3P 6A	6 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 10A	10 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 16A	16 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 20A	20 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 25A	25 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 32A	32 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 40A	40 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 50A	50 A.	6 KA	4	13,13
	C60N 3P 63A	63 A.	6 KA	4	13,13
	NC-100H 3P 50A	50 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	26,69
	NC-100H 3P 63A	63 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	26,69
	NC-100H 3P 80A	82 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	26,69
	NC-100H 3P 100A	100 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	26,69

Mediante datos obtenidos de la placa de datos del motor se selecciona el tipo de interruptor termomagnético aplicando la formula:

$$I_{prot} = 250\% \cdot I_{motor}$$

$$I_{prot} = 2,5 \cdot 25A$$

$$I_{prot} = 62,5A$$



## Anexo 17. Selección del tipo de contactor.

**Datos para selección y pedidos**

**Accionamiento CA**



Datos asignados en la categoría de empleo		Contactos auxiliares		Tensión asignada de mando $U_c$ a 50/60 Hz	PE	Bornes de tornillo	PE	Bornes de resorte
AC-2 y AC-3, $T_{cu}$ : hasta 60 °C	AC-1, $T_{cu}$ : 40 °C	Nº caract.	Versión			Referencia		Referencia
Intensidad de empleo $I_e$ hasta 400 V	Potencias de motores trifásicos a 50/60 Hz y 400 V	Intensidad de empleo $I_e$ hasta 690 V						
A	kw	A	NA NC	V CA				
Para fijación por tornillos y por abroche en perfil TH 35								
<b>Tamaño S0<sup>1)</sup></b>								
9	4	40	11	1	1	24	▶ 3RT2023-1AC20	3RT2023-2AC20
						110	▶ 3RT2023-1AK60	3RT2023-2AK60
						230	▶ 3RT2023-1AN20	3RT2023-2AN20
						440	▶ 3RT2023-1AR60	—
12	5,5	40	11	1	1	24	▶ 3RT2024-1AC20	3RT2024-2AC20
						110	▶ 3RT2024-1AK60	3RT2024-2AK60
						230	▶ 3RT2024-1AN20	3RT2024-2AN20
						440	▶ 3RT2024-1AR60	—
16	7,5	40	11	1	1	24	▶ 3RT2025-1AC20	3RT2025-2AC20
						110	▶ 3RT2025-1AK60	3RT2025-2AK60
						230	▶ 3RT2025-1AN20	3RT2025-2AN20
						440	▶ 3RT2025-1AR60	—
25	11	40	11	1	1	24	▶ 3RT2026-1AC20	3RT2026-2AC20
						110	▶ 3RT2026-1AK60	3RT2026-2AK60
						230	▶ 3RT2026-1AN20	3RT2026-2AN20
						440	▶ 3RT2026-1AR60	—
32	15	50	11	1	1	24	▶ 3RT2027-1AC20	3RT2027-2AC20
						110	▶ 3RT2027-1AK60	3RT2027-2AK60
						230	▶ 3RT2027-1AN20	3RT2027-2AN20
						440	▶ 3RT2027-1AR60	—
38	18,5	50	11	1	1	24	▶ 3RT2028-1AC20	3RT2028-2AC20
						110	▶ 3RT2028-1AK60	3RT2028-2AK60

Con la ayuda de los datos obtenidos de la placa del motor se selecciona el tipo de contactor aplicando la siguiente ecuación.

$$\text{Voltaje del motor} = 220v$$

$$\text{potencia de la carga} = 10hp \cdot 746 = 7460w$$

$$P_e = \frac{P_m}{\eta} = \frac{7460 w}{0,90} = 8288 w$$

$$P_e = \frac{8288w}{746} = 11.1 hp$$

**Anexo 18.** Selección del tipo de Relé térmico de la marca LS MT-32.

**MT type  
Thermal Overload Relays**



Type		<b>MT-12/□</b>	<b>MT-32/□</b>
Screws clamp terminals		•	•
Lug clamp terminals		-	-
Rated operational voltage, Ue		690V	690V
Rated insulation voltage, Ui		690V	690V
Rated impulse withstand voltage, Uimp		6kV	6kV
Trip class		10A, 20	10A, 20
Setting range		0.1-18A	0.1-40A
Size and weight	Weight      kg Size(W×H×D) mm	0.1	0.17
		45×73.2×63.7	45×75×90

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	2300 volts	4600 volts	5750 volts	23000 volts
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	93	41	33	—
37.3	50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
44.8	60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56	75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
112	150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
150	200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
224	300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
261	350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
298	400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
336	450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
373	500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

Mediante la norma para la selección del relé térmico se debe tener un valor nominal no mayor al siguiente porcentaje de 125 % del valor nominal de corriente de plena carga de la placa del motor.

$$1,25 \cdot 25A = 31.25A$$

Con el resultado obtenido y los datos de la placa del motor se seleccionó el relé térmico LS MT-32.

## Anexo 19. Selección de luz piloto y interruptores selectores.

Pulsadores	PULSADORES PILOTO	ILLUMINATED PUSH BUTTON	DE EMERGENCIA	MUSHROOM HEAD PUSH BUTTON
	IRS-BW-G	IRS-BW-R	IRS-BW-Y	LMB-B55 MPB-BC2 LMB-BX5
Manipuladores	JOYSTICK CONTROLLERS	SELECTOR SWITCHES		
	JTB-PA12	JTB-PA22	JTB-PA44	JTB-PA14
		SKOS-BD21	SKOS-BD33	SKL-BG41
Pilotos LED	PILOT LAMP			
	AD16-22D	AD16-22D	AD16-22D	AD16-22D
		PWN-10 3P 10A 1.5KW	PWN-15 3P 15A 2.2KW	PWN-30 3P 30A 3.75KW
				<b>POWER PUSHBUTTONS</b> FIJACION SOBREPUESTA

Preferencia	Amperaje	K.W	Tipo
PWN-10A	10 A	1.5 K.W.	Sobre puesta
PWN-15A	15 A	2.2 K.W.	Sobre puesta
PWN-30A	30 A	3.75 K.W.	Sobre puesta

Se selecciono la luz piloto AD16-22D ya que tiene una alta resistencia a vibraciones, trabaja a una temperatura de funcionamiento de -40°C a 70°C y un alto rendimiento.

Mediante un análisis se selecciono el interruptor SKOS-BD21 en donde el tipo de contacto es de 1N/O a un tamaño de 22 mm.

**Anexo 20.** Selección del tipo de cable.

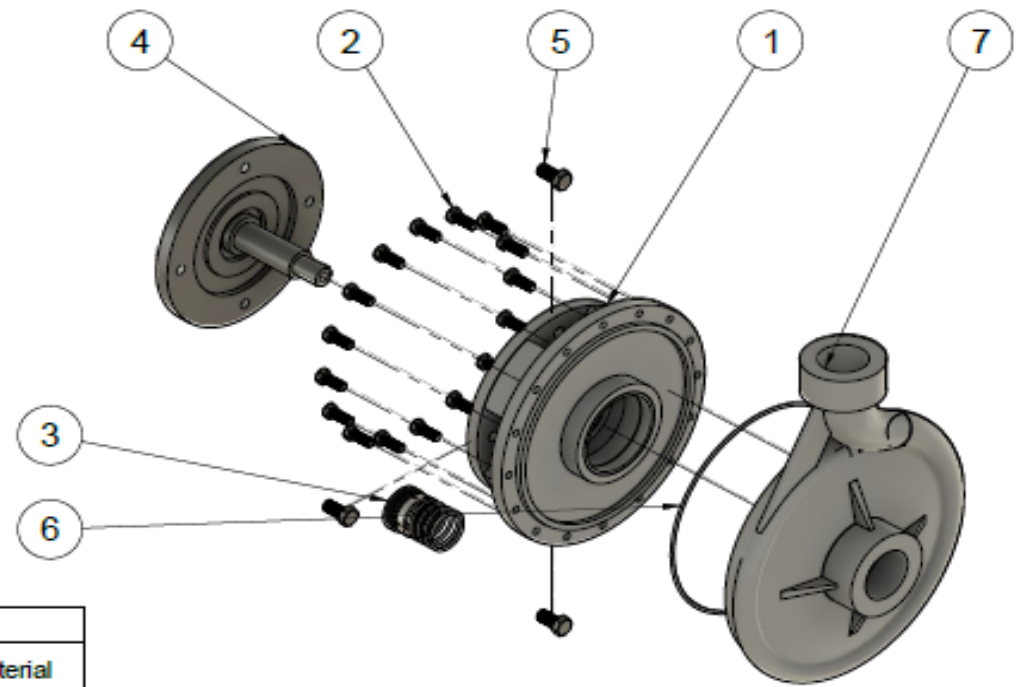
<b>AMPERAJE - CABLE DE COBRE</b>			
Tipo de aislante	TW	RHW,THW, THWN	THHN,XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

$$I = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V \cdot f_p}$$
$$I = \frac{10 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,88}$$
$$I = 24,71 A$$

**PLANOS DE LA BOMBA CENTRÍFUGA**

**Y**

**DIAGRAMA UNIFILAR**

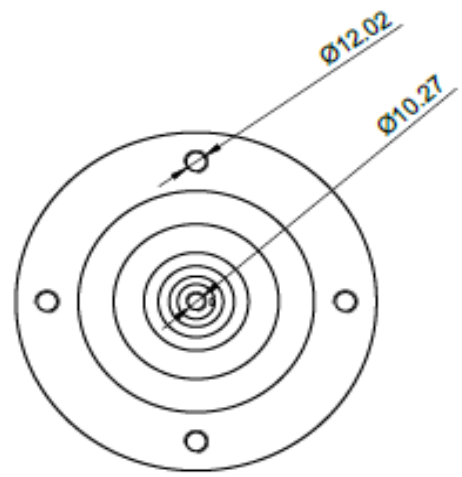
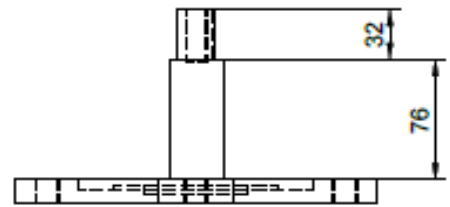
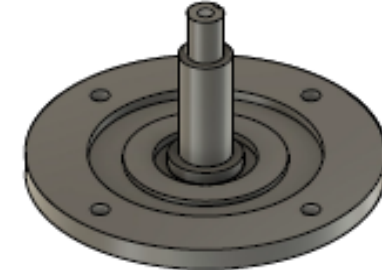
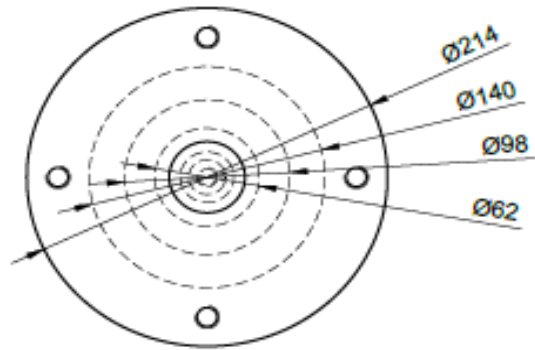


Lista de piezas

elem ento	ctd	número de pieza	descripción	material
1	1	CAJA DE SELLOS		Acero
2	16	PERNOS DE 5/16		Acero
3	1	ENSAMBLE SELLO MECANICO 1" 1/4		
4	1	BASE DE LA BOMBA CENTRIFUGA		Acero
5	4	PERNOS DE 1 1/4		Acero
6	1	EMPAQUE DE LA CAJA DE SELLOS		Acero
7	1	BOMBA CENTRIFUGA v16		Acero

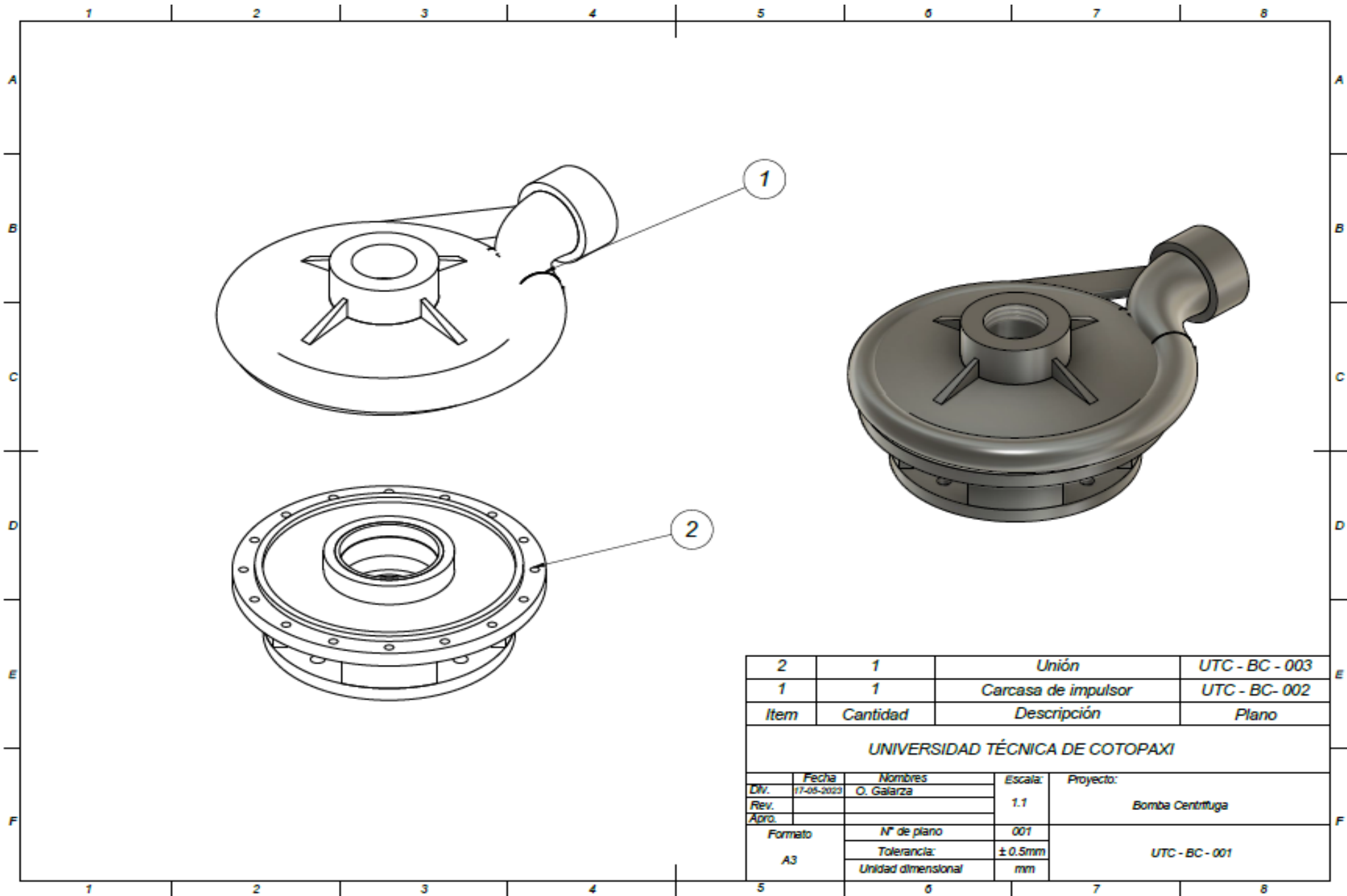
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha	Nombres	Escala:	Proyecto:
17-05-2023	O. Galarza	1.1	Bomba Centrífuga
Rev.	E. Iza		
Apro.			
Formato	N° de plano	001	UTC - BC - 001
A3	Tolerancia:	± 0.5mm	
	Unidad dimensional	mm	



1	1	Base de la bomba centrifuga 2.1		Acero
elemento	ctd	número de pieza	descripción	material
Lista de piezas				

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>					
Div.	Fecha	Nombres		Escala:	Proyecto:
Rev.	17-05-2023	O. Galarza		1.1	Bomba Centrifuga
Apro.		E. Iza			
Formato		N° de plano	001	UTC - BC - 001	
A3		Tolerancia:	± 0.5mm		
		Unidad dimensional	mm		

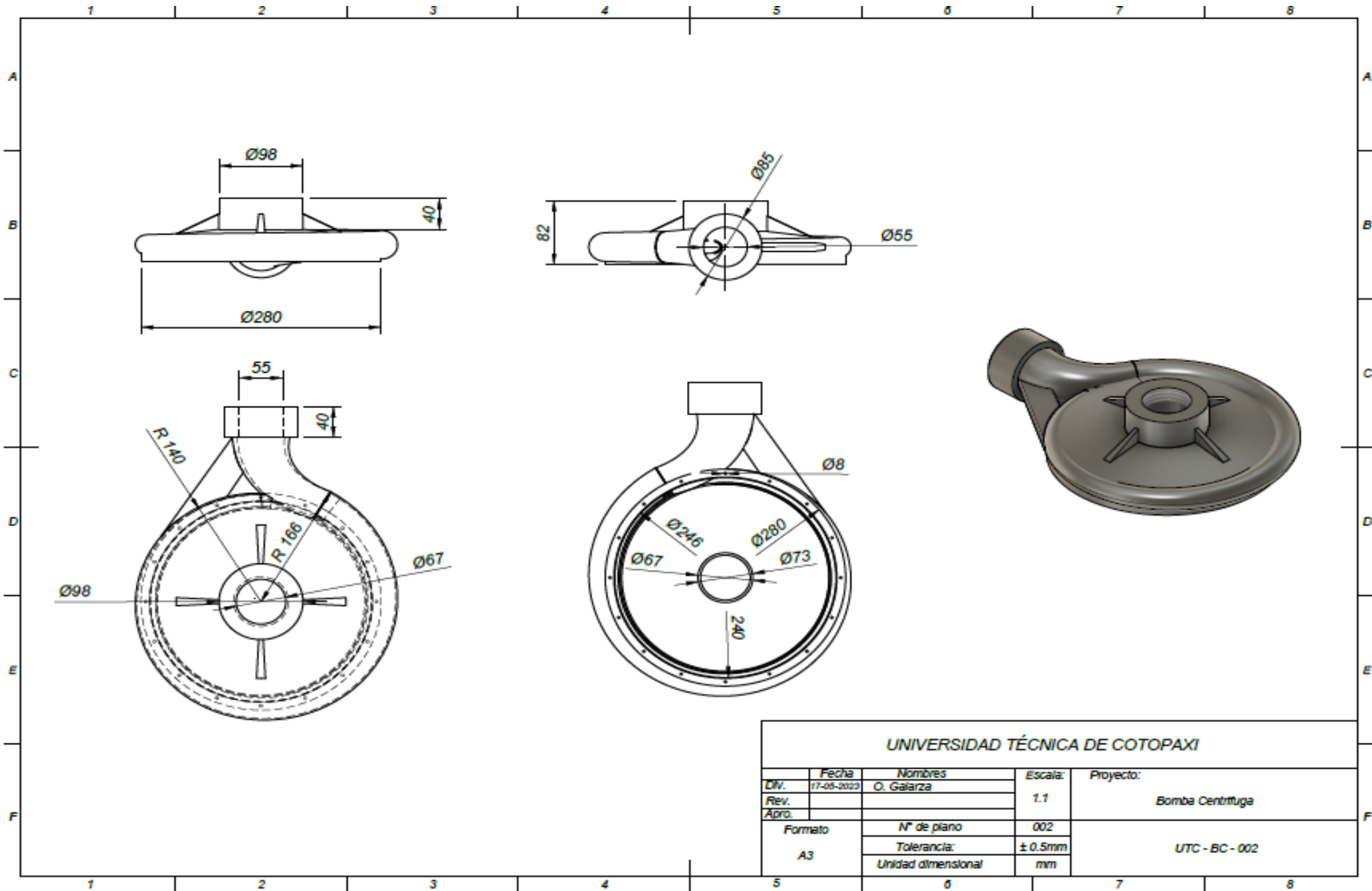


2	1	Unión	UTC - BC - 003
1	1	Carcasa de impulsor	UTC - BC - 002
<i>Item</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Plano</i>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

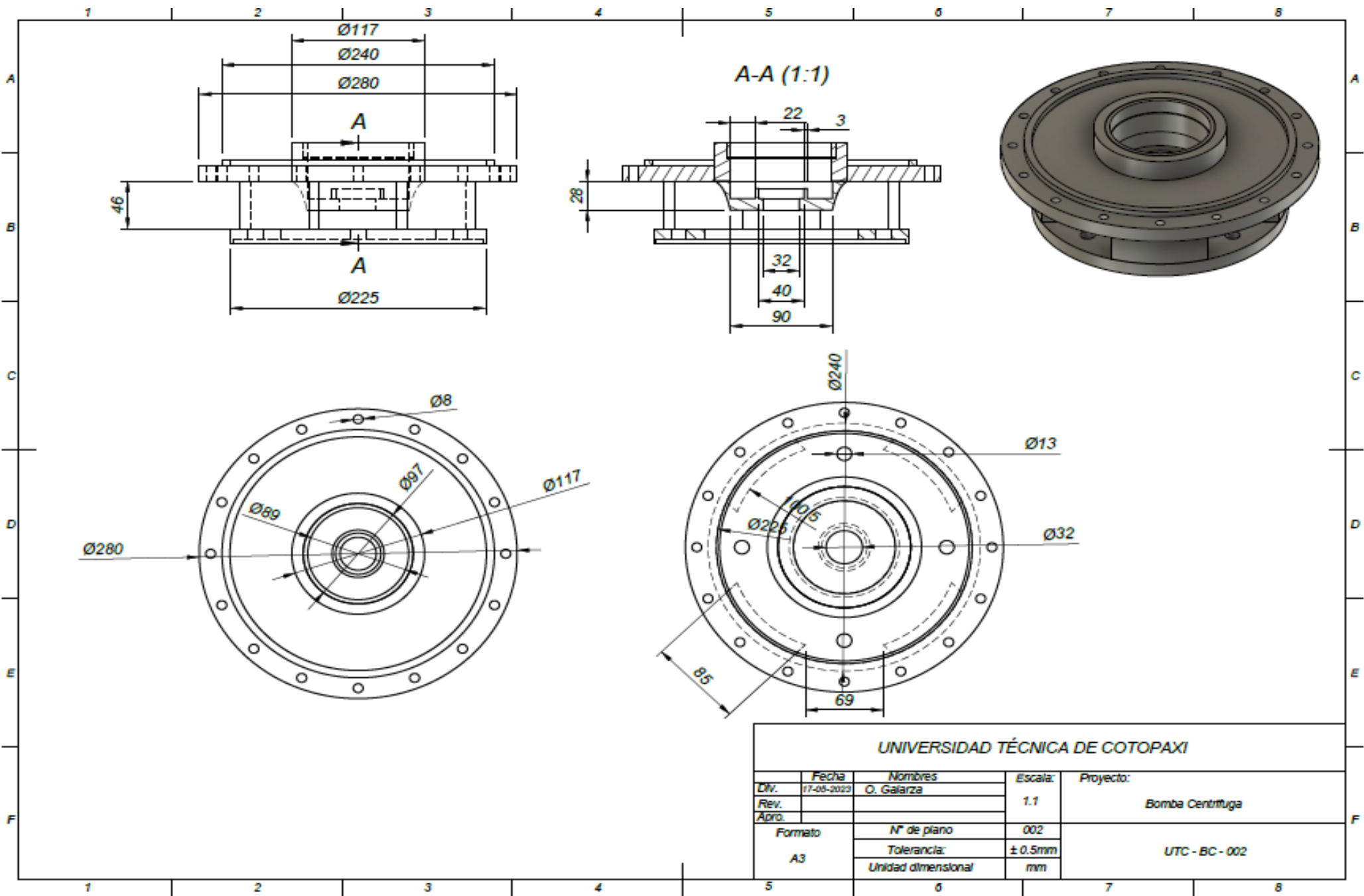
<i>Div.</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nombres</i>	<i>Escala:</i>	<i>Proyecto:</i>
<i>Rev.</i>	17-08-2023	O. Galarza	1.1	
<i>Apro.</i>				
<i>Formato</i>	<i>N° de plano</i>		001	UTC - BC - 001
A3	<i>Tolerancia:</i>		± 0.5mm	
	<i>Unidad dimensional</i>		mm	



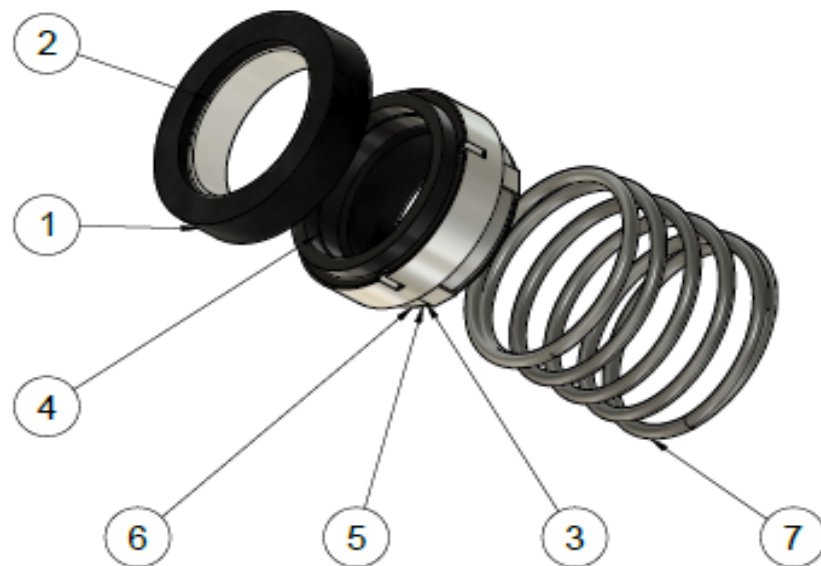


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha	Nombres	Escala:	Proyecto:
Div.	17-08-2023	O. Galarza	1.1	Bomba Centrífuga
Rev.				
Apro.				
Formato	N° de plano		002	UTC - BC - 002
A3	Tolerancia:		± 0.5mm	
	Unidad dimensional		mm	



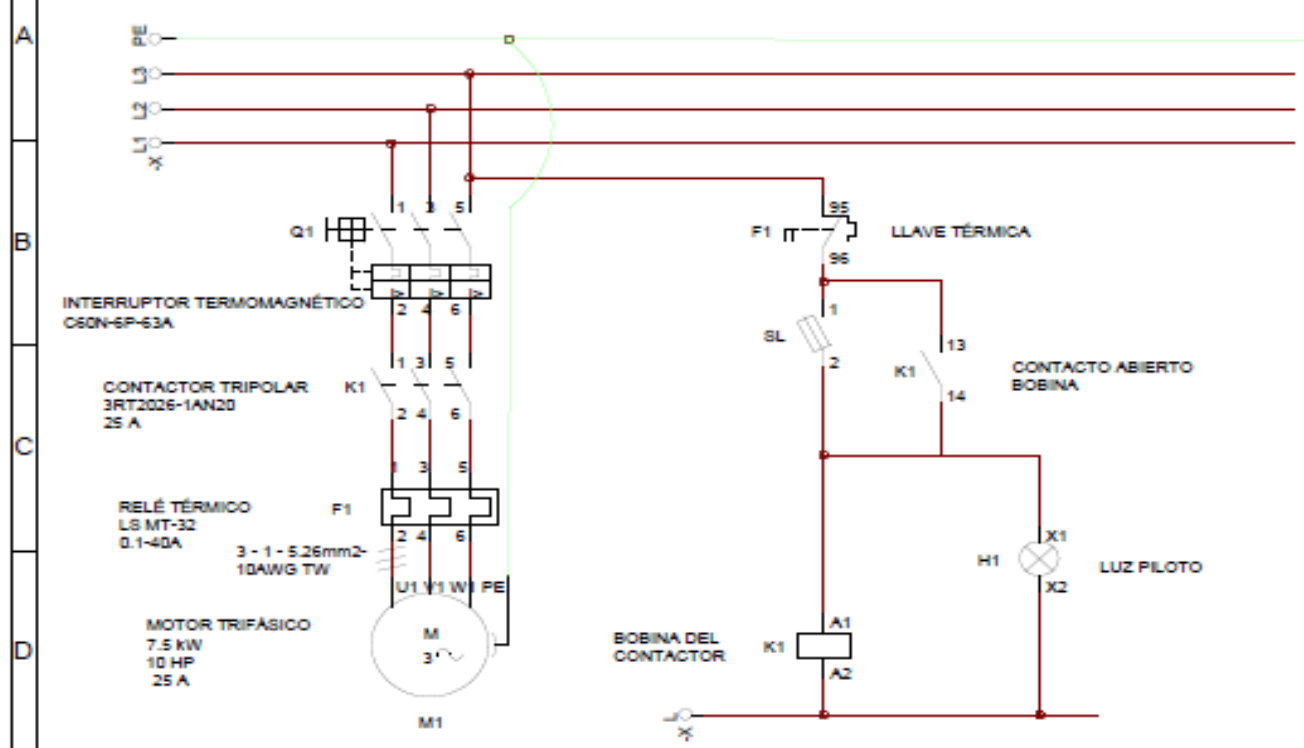
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI					
Fecha	17-05-2020	Nombres	O. Galarza	Escaia:	Proyecto:
Div.				1.1	Bomba Centrífuga
Rev.					
Apro.					
Formato	A3	Nº de plano	002	Tolerancia:	$\pm 0.5\text{mm}$
		Unidad dimensional	mm		UTC - BC - 002



7	1	RESORTE		Acero
6	1	ANILLO METAL		Acero inoxidable
5	1	ANILLO DE CAUCHO		Caucho
4	1	CERAMICA NEGRA		Resina acetálica, negra
3	1	METAL		60Sn40Pb
2	1	CERAMICA		Porcelana, vidriada
1	1	CAUCHO		Caucho
elem ento	ctd	número de pieza	descripción	material
Lista de piezas				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI					
Div.	Fecha	Nombres		Escala:	Proyecto:  Bomba Centrífuga
Rev.	17-05-2023	O. Galarza		1.1	
Apro.		E. Iza			
Formato		N° de plano		001	UTC - BC - 001
A3		Tolerancia:		± 0.5mm	
		Unidad dimensional		mm	

DIAGRAMA UNIFILAR ARRANQUE DIRECTO MOTOR TRIFÁSICO 220V CA



INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO  
C60N-6P-63A

CONTACTOR TRIPOLAR  
3RT2026-1AN20  
25 A

RELÉ TÉRMICO  
LS MT-32  
0.1-40A

3 - 1 - 5.26mm<sup>2</sup>-  
10AWG TW

MOTOR TRIFÁSICO  
7.5 kW  
10 HP  
25 A

M1

LLAVE TÉRMICA

CONTACTO ABIERTO  
BOBINA

LUZ PILOTO

BOBINA DEL  
CONTACTOR

SIMBOLOGÍA

	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
	CONTACTOR TRIPOLAR
	RELÉ TÉRMICO
	MOTOR TRIFÁSICO
	LUZ PILOTO
	BOBINA
	CONTACTO ABIERTO BOBINA
	LLAVE TÉRMICA
	5.26mm <sup>2</sup> - 10AWG TW



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escuela:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Dib.:	Galarza Oscar			
Rev.:	Iza Fidel			
Apro.:	DOCENTE			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina: 1	Asignatura:	Denominación: DIAGRAMA UNIFILAR

Activar  
Ve a Conf

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO Y  
PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA  
CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO  
DVR 10 DE 7.5 kW**

## **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA CENTRIFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW**

Antes de realizar cualquier tipo de trabajo, instalación o mantenimiento en la bomba se debe desconectar de toda alimentación eléctrica y bloquear el mismo para que no haya forma de una posible reconexión hasta terminar el trabajo.

En el siguiente manual de mantenimiento se menciona las inspecciones más comunes que se debe realizar a la bomba y a su vez al motor eléctrico para evitar paros innecesarios.

### **Inspección de rutina**

Ejecute las siguientes actividades en el momento de la inspección:

- Controle los ruidos inusuales en la bomba y en el motor.
- Visualice si la bomba y las tuberías tienen fugas.
- Inspeccione la presión de descarga.
- Verifique la temperatura del motor.
- Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico.

### **Inspecciones trimestrales:**

Realice las siguientes actividades cada tres meses:

- Con la ayuda de un amperímetro verificar el valor de la corriente sea similar al de la placa del motor de no ser el caso el problema puede ser causado por un bajo voltaje de suministro, lo que resulta en que el motor consuma mas corriente en un intento de mantener su par. También puede ser causado por conductores en cortocircuito o un suministro de voltaje excesivo.
- Verifique que la base y los pernos que sujetan a la bomba estén correctamente ajustados.
- Controle de sonido.

### **Inspecciones anuales:**

Realice las siguientes inspecciones una vez en el año:

- Mediante un vibrometro determinar el valor de vibraciones que recomienda el catálogo del motor y de la bomba para verificar que no exista desgaste en los rodamientos, cojinetes o el impulsor de no ser el caso se procederá al desmontaje para su respectivo

análisis y mantenimiento ya que si no se los repara puede causar que el motor falle prematuramente.

- Con la ayuda de un multímetro verificar la medición de los ohmios de los 6 terminales del motor trifásico en donde cada par de terminales tienen que ser una bobina con datos de lecturas iguales y así asegurar que no tienen una descompensación en las bobinas es decir altas temperaturas y corriente inestable.
- Verifique el caudal con la ayuda de un caudalímetro en caso de no contar con el valor del caudal específico de la bomba se procede a el desmontaje para su respectivo análisis y mantenimiento.
- Verifique la presión de la bomba en el manómetro.
- Verifique la potencia de la bomba.

Si el rendimiento de la bomba no satisface con las expectativas del usuario o no cumple con las especificaciones mencionada por el fabricante realice lo siguiente:

1. Desmonte la bomba.
2. Inspeccione cada uno de los elementos que conforma la bomba.
3. Reemplace los elementos o las piezas que estén desgastadas.

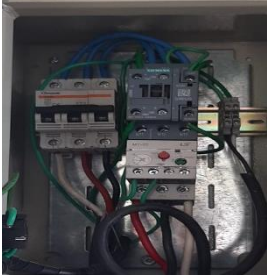




### **Herramientas necesarias**

Las herramientas que se detallan a continuación se utilizan para el desmontaje, mantenimiento, montaje y puesta en marcha de la bomba:

- Llaves mixtas (3/4, 9/16) in.
- Llave Allen
- Llave de tubería de 5 in
- Racha 11 mm
- Calibrador pie de rey
- Extractor de poleas
- Martillo de goma
- Martillo suave
- Alicata
- Pinza
- Destornilladores (estrella y plano)






## Desmontaje de la bomba

A continuación, se detalla paso a paso el procedimiento para el desmontaje de la bomba.

<b>1</b>	Antes de empezar con el mantenimiento se debe apagar o desconectar el contactor principal de la caja de mando.	
<b>2</b>	Con un destornillador estrella Desconectar los cables de la caja de bornes del motor eléctrico.	
<b>3</b>	Con la llave de tubo de 5" se procede a aflojar y retirar las tuberías tanto de succión como la tubería de salida.	
<b>4</b>	Empleando la llave mixta 1/2 se afloja las 4 tuercas que sostiene al motor con la base.	
<b>5</b>	Por último, se retira la bomba y se coloca en el área de trabajo en donde va hacer desensamblada.	



### Desensamble de la bomba y el motor

<b>1</b>	Empleando la llave mixta 9/16 y con un ligero esfuerzo se procede a aflojar los 16 pernos que sostiene la voluta o carcasa con la caja de sellos y posterior con unos golpes leves con el martillo de goma se retira con mucho cuidado y tratando de no dañar el empaque de caucho.	
<b>2</b>	Con la llave mixta 3/4 se retira el perno que sostiene al impulsor apretado con el eje y con la ayuda de un extractor de poleas se retira con mucho cuidado el impulsor, separándolo así del eje giratorio.	
<b>3</b>	Utilizando la llave mixta 3/4 se procede a retirar los cuatro pernos que sostiene la caja de sellos con la parte frontal del motor y haciendo uso del martillo de goma, con unos golpes suaves se retira la caja de sellos que este a su vez sale junto con el sello mecánico	
<b>4</b>	Con un destornillador estrella retirar los tornillos de la tapa protectora del ventilador del motor, seguidamente retirar ventilador.	
<b>5</b>	Con la ayuda de una llave hexagonal # 6 se retira los cuatro pernos de la tapa delantera como de la tapa posterior de motor y haciendo uso nuevamente del extractor, ayudándose de un desarmador plano y con unos golpes con el martillo, se retiras las respectivas tapas con cuidado, sin dañar los elementos internos del motor. Posterior a esto el motor queda desensamblado, es decir queda separado el rotor del estator, bobinado y carcasa.	

## **Mantenimiento y verificación de cada elemento**

Cada elemento de la bomba y del motor deben ser inspeccionados correctamente para su posterior ensamble, montaje y puesta en marcha.

**Voluta o carcasa:** Se debe visualizar y verificar que no exista corrosión o desgaste en la parte donde gira el impulsor, ya que esta parte es la más común a ser afectada por la succión de agua.

**Impulsor:** Verificar que el impulsor no este con desgaste en su contorno y en los alabes ya que este elemento es el mas importante para el funcionamiento de la bomba.

**Caja de sellos:** En este elemento se debe verificar el anillo de desgaste, esta parte es la que tiene contacto directo con la parte posterior del impulsor y es donde comúnmente se ocasiona un desgaste normal por el funcionamiento de la bomba.

**Sello mecánico:** este elemento es uno de los elementos que ocasiona perdidas de presión en la bomba, es por ello que se debe verificar que el caucho que tiene contacto con el eje de rotación no este cedido ni tampoco reseco.

**Motor eléctrico:** En el caso del motor eléctrico el cual mediante su eje de rotación hace que la bomba funcione, se debe verificar la lubricación de los rodamientos este en buen estado y no exista desgaste interno ya que producto de esto puede que la bomba se quede remordida, también se debe verificar que el rotor, estator y bobinado se encuentren aptos para seguir trabajando.

Los elementos de la bomba tales como son: la voluta, el impulsor y la caja de sellos (anillo de desgaste), deben ser medidos con la ayuda de un calibrador pie de ser y se debe verificar el rango de tolerancia de separación que debe tener el impulsor en relación a la voluta y anillo de desgaste, debe dar como máximo 0,9 mm de separación entre el rozamiento y un mínimo de 0,8 mm que es el recomendado por el fabricante, de no ser el caso se debe emplear las técnicas de mecanizado para su reconstrucción y recuperación.




Nota. Se debe emplear las técnicas de mecanizado porque los elementos antes mencionados no tienen similitud con otras bombas y es difícil conseguir en el mercado.



Si se detecta daños o deterioro en el sello mecánico y rodamientos del motor es mas factible reemplazarlos por unos nuevos, estos comúnmente se pueden conseguir con gran facilidad en el mercado. Es recomendable que cuando exista un desensamble total de la bomba para verificar

el estado de cada elemento el sello mecánico sea reemplazado por uno nuevo, ya que al desarmar este puede sufrir daños en su contorno.

### Ensamble de la bomba y montaje

Para realizar el ensamble y posterior el montaje de la bomba se debe seguir los mismos pasos, pero esta vez de forma contraria, es decir se debe empezar desde el último paso y terminar en el paso número uno y en vez de aflojar o desarmar lo va a armar y ajustar correctamente. Para terminar el ensamble se debe ajustar los pernos de cada elemento mediante tabla de torque y ajuste y el montaje se debe verificar que las tuberías, las tuercas que soporta el motor estén correctamente ajustados según la tabla.

<b>1</b>	Colocar el plato porta estacionarios en el motor con la ayuda de llaves fijas 9/16 a un torque necesario de 53 lb/pie que transformándolo a Newton metro da 1,3558 Nm, después para el montaje del sello mecánico, lubricar el sello secundario del asiento estacionario con grasa neutra (vaselina), para facilitar su montaje instale la pista en el alojamiento o carcasa del equipo evitando tocar las caras. Antes del montaje del cuerpo de la bomba, se debe efectuar una evaluación del desgaste de su base y si es necesario rectificarlo.	 
<b>2</b>	Se debe asegurar de instalar el impulsor de forma correcta en el eje en donde posteriormente instalamos el resorte posicionándolo con el perno de fijación con la ayuda de la llave 3/4 con un toque de 120 lb/pie transformando a newton metros nos da un torque de 16,2698 Nm para su respectivo ajuste, recuerde verificar igualmente el empaque que sella entre la voluta y el cuerpo, podemos darle unos pequeños giros al impulsor para verificar que no se presenten roces internos y que el eje gire sin aplicar demasiado esfuerzo.	 

<p><b>3</b></p>	<p>Por último, instalamos la voluta del equipo observando que la salida de agua debe quedar arriba, después colocar los pernos de fijación con la llave 9/16 a un torque necesario de 53 lb/pie o Newton metro nos da 1,3558 Nm para su respectivo ajuste, de esta manera concluimos con el ensamble de la bomba centrifuga.</p>	
<p><b>4</b></p>	<p>Con la llave de tubo de 5'' se procede a instalar las tuberías tanto de succión como la tubería de salida. Posteriormente con la ayuda de un destornillador estrella conectar los cables de la caja de bornes del motor eléctrico y por último conectar el contactor principal de la caja de mando para su respectiva puesta en marcha.</p>	

Al terminar el montaje se debe verificar que las tuberías, las tuercas que soporta el motor estén correctamente ajustados.

### **Puesta en marcha**


Antes de poner en marcha la bomba se debe realizar el respectivo cebado a la bomba, este consta en eliminar el aire de la bomba y la línea de succión de tal manera que permita eliminar la presión atmosférica y la presión de inundación hagan que el líquido fluya hacia la bomba, es importante realizar el cebado a la bomba ya que si se omite este procedimiento la bomba no funcionara, es decir no succionara agua.

Ya como antepenúltimo paso se debe alimentar a energía eléctrica y pulsar el botón o switch de encendido.

Una vez puesta en marcha la bomba centrífuga se procede a las mediciones respectivas, verificando que no tenga vibraciones el motor y la bomba, así como también el caudal y la presión, mediante el amperímetro verificar la corriente del motor sea la misma o semejante a la de la placa y por último con un multímetro medir los ohmios de cada bobina en donde deben tener datos iguales y así asegurar que no tienen una descompensación en las bobinas es decir altas temperaturas y corriente inestable.

Para terminar, se debe verificar que este funcionando correctamente y no exista fugas de agua.

## ORDEN DE MANTENIMIENTO

	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Máquina</b>
<b>Orden de mantenimiento:</b>		<b>Lugar del mantenimiento:</b>	
<b>En operación</b>	<b>En mantenimiento</b>	<b>Trabajo realizado</b>	
<b>Identificación del problema</b>			

## ACTA DE AVERÍAS

### INFORMACIÓN

FECHA				
DIA	MES	AÑO	HORA INICIO	HORA FIN

N°	Institución:	
	Facultad:	
1- Nombre de los elementos del equipo.		
2- Nombre del operador.		
3- Nombre del supervisor para el mantenimiento.		
4- Detalles de la avería.		
5- Causas.		

6- Fallas localizadas.

7- Trabajos ejecutados.

8- duración de la reparación.

9- Encargados del mantenimiento.

10- Materiales, herramientas y piezas utilizadas.

11- Daños a la población (%).

12- Observaciones.



13- Recomendaciones.

**FIRMAS**

Técnico de mantenimiento:

Supervisor:

