



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE
BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE
LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES**

Gustavo Adolfo De Jesús Marroquin Garcia
Asesorado por el Ing. Efraín Andrés Paiz Cano

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE
BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE
LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO DE JESÚS MARROQUIN GARCIA
ASESORADO POR EL ING. **EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADORA	Inga. Laura Geraldina García Álvarez
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Moro Blanco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 7 de julio de 2017.



Gustavo Adolfo De Jesús Marroquin Garcia

Guatemala, 24 de mayo de 2018

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable señor director:

Me dirijo a usted para informarle que a la presente fecha he revisado y aprobado el trabajo de graduación, titulado:

“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES.”

Del estudiante universitario GUSTAVO ADOLFO DE JESÚS MARROQUÍN GARCÍA, con número de carné estudiantil 2013-14497, de quien estoy fungiendo como asesor.

Sin otro particular me suscribo atentamente,


Ing. Efraín Andrés Paiz Cano
Colegiado 7675



REF.REV.EMI.134.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo De Jesús Marroquín García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Alberto E. Hernández García
Ingeniero Industrial
Colegiado 8658

Ing. Alberto Eulalió Hernández García
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2018.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo De Jesús Marroquín García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2018.

/mgp



Universidad de San Carlos
de Guatemala

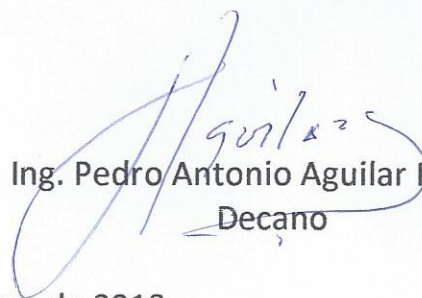


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 454.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS Y SUMERGIBLES POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS INDUSTRIALES”**, presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Adolfo De Jesús Marroquín García** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala noviembre de 2018.

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por los dones recibidos y por permitirme culminar esta etapa de mi vida llenándome de sabiduría.
- Mis padres** Arturo Mesías y Patricia García, por todo su apoyo, amor y sabiduría brindada. Los amo. Este logro es de ustedes.
- Mis hermanas** Sofía y Gabriela Mesías, por alegrarme la vida y por ayudarme a cumplir mis sueños.
- Mis abuelas** Odilia Castellanos y Arcadia Ortiz, por brindarme su sabiduría, consejos y velar siempre por que fuera un hombre de bien.
- Mis abuelos** Manuel García y Miguel Mesías, por creer en mí, brindarme su ejemplo y amor incondicional.
- Familia Mesías** Tíos, tías, primos y primas por su amor, apoyo y por demostrarme que no es necesario llevar la misma sangre para llamarse familia.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi segunda casa, quien me inspiró a realizar uno de mis mayores sueños.

Facultad de Ingeniería

Por toda la formación recibida y brindarme la mejor educación.

**Mis amigos de la
Facultad**

Rosario Escobar, Roberto Mazariegos, compañeros de la Escuela de Ingeniería Mecánica y Mecánica Industrial, por todo su apoyo y por los momentos vividos a lo largo de esta etapa.

Mis amigos

Alma Herrera, Gabriela Mejía, Eduardo Espinal, Renato De La Roca, Javier De León, Daniel Baeza, Jafeth Mesías, Jonathan y Gregory Concuan, por su amistad, por celebrar mis triunfos y estar en todo momento.

Familia Barrios Carranza

Cristian Juárez, Perla y Nathalie Barrios por todo su cariño, apoyo y por celebrar mis triunfos.

Mi madrina

Dora Orantes, por sus consejos y su apoyo brindado a lo largo de esta etapa.

Mi asesor

Ing. Efraín Paiz, por sus consejos y su tiempo brindado a lo largo del proceso de revisión de este trabajo.

Catedrático

Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes, por su apoyo durante la parte final de mi carrera y por ser una persona excepcional.

Hidrotecnia S.A.

Ing. Adolfo Rojas, por su apoyo y por la oportunidad que me otorgo de realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
1.1. Empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.2. Información general.....	1
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Misión	2
1.2.3. Visión.....	2
1.2.4. Política de calidad.....	2
1.2.5. Valores	3
1.3. Fundamentos teóricos	3
1.3.1. Definición de bomba	3
1.3.2. Tipos de bomba	4
1.3.2.1. Bombas de desplazamiento positivo	5
1.3.2.2. Bombas centrífugas o cinéticas	5
1.3.2.2.1. Partes de una bomba centrífuga	6
1.3.3. Manejo del equipo de bombeo.....	7
1.3.3.1. Uso de bombas centrífugas.....	7

1.3.3.1.1.	Clasificación de impulsor por su construcción	8
1.3.3.1.2.	Clasificación de impulsor por tipo de succión.....	10
1.3.3.1.3.	Clasificación de impulsor por su número.....	11
1.3.3.1.4.	Clasificación de impulsor por dirección de flujo.....	11
1.3.3.2.	Uso de bombas sumergibles	13
1.3.3.2.1.	Tipos de bomba sumergible.....	13
1.3.3.3.	Uso de bombas hidroneumáticas	14
1.3.3.3.1.	Tanque a presión	14
1.3.3.3.2.	Bomba.....	16
1.3.3.3.3.	Válvula de retención.....	16
1.3.3.3.4.	Manómetros	16
1.3.3.3.5.	Presostatos	17
1.3.4.	Pruebas de caudal	17
1.3.5.	Lean Manufacturing.....	19
1.3.5.1.	Definición de Lean Manufacturing.....	19
1.3.5.2.	Estructura del sistema lean	20
1.3.5.3.	Principios del sistema lean.....	20
1.3.5.4.	Técnicas lean	21
1.3.5.4.1.	5´s.....	21
1.3.5.4.2.	Estandarización.....	22

	1.3.5.4.3.	TPM.....	22		
	1.3.5.4.4.	Control visual.....	23		
	1.3.5.4.5.	Técnicas de calidad.....	23		
	1.3.5.4.6.	Ciclo PDCA.....	24		
	1.3.5.4.7.	Cero defectos	25		
	1.3.5.4.8.	Sistemas de participación del personal.....	25		
1.3.6.	Ergonomía		26		
	1.3.6.1.	Definición de ergonomía.....	26		
	1.3.6.2.	Metodología.....	27		
	1.3.6.3.	Interfaz P-M	28		
		1.3.6.3.1. Sistemas manuales	28		
		1.3.6.3.2. Sistemas mecánicos.....	28		
		1.3.6.3.3. Sistemas automáticos ..	29		
	1.3.6.4.	Antropometría.....	29		
	1.3.6.5.	Medidas antropométricas	29		
	1.3.6.6.	Diseño ergonómico y antropometría....	30		
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....		33		
	2.1.	Descripción de la situación actual del departamento de mantenimiento	33		
		2.1.1.	Descripción física del departamento.....	33	
			2.1.1.1.	Instalaciones.....	34
			2.1.1.2.	Instrumentos de medición.....	34
			2.1.1.3.	Herramienta	35
			2.1.1.4.	Personal del departamento.....	37
		2.1.2.	Distribución de áreas	38	
			2.1.2.1.	Oficina del departamento.....	39

2.1.2.2.	Área de recepción	39
2.1.2.3.	Área de trabajo para bombas hidroneumáticas.....	40
2.1.2.4.	Área de trabajo para bombas sumergibles.....	40
2.1.2.5.	Sistema hidráulico	41
2.1.2.6.	Sistema neumático.....	42
2.1.2.7.	Sistema eléctrico	42
	2.1.2.7.1. Iluminación	42
	2.1.2.7.2. Potencia	42
2.1.3.	Descripción de los proceso del taller	43
2.1.3.1.	Procedimiento de recepción de equipo.....	43
2.1.3.2.	Procedimiento de diagnóstico de bombas hidroneumáticas	45
	2.1.3.2.1. Procedimiento de diagnóstico de motor de bomba hidroneumática.....	46
2.1.3.3.	Procedimiento de diagnóstico de bombas sumergibles	47
	2.1.3.3.1. Procedimiento de diagnóstico de motor sumergible.....	48
2.1.4.	Manejo de los desechos.....	49
2.1.4.1.	Juntas y sellos.....	49
2.1.4.2.	Desechos sólidos	50
2.1.4.3.	Líquidos de trabajo.....	50

2.2.	Registros del departamento de mantenimiento y reparación de bombas.....	50
2.3.	Medidas antropométricas de técnicos mecánicos	52
3.	ANÁLISIS DE DISEÑO.....	57
3.1.	Diseño de pruebas	57
3.1.1.	Caudal	57
3.1.2.	Presión	57
3.1.3.	Temperatura	58
3.1.4.	Vibración.....	58
3.2.	Detalles del diseño	58
3.2.1.	Cálculos para la cimentación adecuada	58
3.2.2.	Sistema eléctrico	66
3.2.2.1.	Iluminación.....	66
3.2.2.2.	Potencia.....	67
3.2.3.	Sistema hidráulico	67
3.2.3.1.	Línea de ingreso	67
3.2.3.2.	Línea de retorno	68
3.2.4.	Sistema neumático	68
3.2.5.	Medición de caudal.....	68
3.2.6.	Medición de presión.....	69
3.2.7.	Medición de temperatura	69
3.2.8.	Medición de vibraciones	69
3.3.	Distribución física	70
3.3.1.	Planos de la instalación física.....	70
3.3.2.	Medidas antropométricas del personal	71
3.3.3.	Dimensiones de las estaciones de trabajo	71
3.3.3.1.	Plano de la estación de trabajo física ..	71

3.3.3.2.	Plano de la distribución de la herramienta	73
3.3.3.3.	Plano del sistema eléctrico.....	75
3.3.3.4.	Plano del sistema hidráulico.....	75
3.3.3.5.	Plano del sistema neumático.....	76
3.3.3.6.	Plano de colocación de instrumentos de medición	77
3.3.4.	Plano de la distribución de estaciones de trabajo ...	78
3.4.	Seguridad industrial.....	79
3.4.1.	Políticas de seguridad	79
3.4.1.1.	Señalización de las áreas de trabajo....	79
3.4.1.2.	Señalización de las diferentes herramientas	80
3.5.	Estandarización.....	81
3.5.1.	Instructivo de procedimientos de la estación de trabajo	81
3.5.2.	Instructivo de equipo de seguridad industrial	84
3.5.3.	Instructivo de mantenimiento.....	85
4.	PROPUESTA DE DISEÑO	87
4.1.	Presentación de la propuesta a gerencia	87
4.2.	Establecimiento de especificaciones técnicas para instrumentación	87
4.2.1.	Caudalímetro.....	87
4.2.2.	Manómetro	88
4.2.3.	Termómetro superficial.....	88
4.2.4.	Medidor de vibraciones	89
4.3.	Área de instalación.....	90
4.3.1.	Cimentación	90

4.3.2.	Sistema eléctrico	91
4.3.2.1.	Iluminación.....	91
4.3.2.2.	Potencia.....	93
4.3.3.	Sistema hidráulico	94
4.3.4.	Sistema neumático	94
4.4.	Planes de mantenimiento y limpieza	94
4.4.1.	Mantenimiento del banco de pruebas.....	94
4.4.1.1.	Inspección diaria.....	94
4.4.1.2.	Inspección semanal	95
4.4.1.3.	Inspección mensual	95
5.	SEGUIMIENTO	97
5.1.	Resultados.....	97
5.1.1.	Estándar de herramienta para la estación de trabajo.....	97
5.1.2.	Estándar de organización de herramienta para estación de trabajo	100
5.1.3.	Diseño final de estación de trabajo.....	102
5.1.4.	Plan de limpieza y mantenimiento	104
5.1.5.	Instructivos de estandarización.....	106
5.2.	Mejora continua	106
5.2.1.	Capacitación	106
5.2.1.1.	Seguridad industrial en la estación de trabajo.....	107
5.2.1.2.	Mantenimiento de estación de trabajo.....	107
5.2.1.3.	Modificaciones a instructivos de procedimiento	107

CONCLUSIONES..... 109
RECOMENDACIONES 111
BIBLIOGRAFÍA..... 113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos que constituyen una bomba.	6
2.	Impulsor abierto	8
3.	Impulsor semiabierto	9
4.	Impulsor cerrado	9
5.	Impulsor de simple succión.	10
6.	Impulsor de doble succión.....	11
7.	Impulsor de flujo radial	12
8.	Impulsor de flujo axial.....	12
9.	Ciclo de tanque a presión.....	15
10.	Manómetro de Bourdon.....	16
11.	Primer método de escuadra.	18
12.	Segundo método de escuadra.	19
13.	Ciclo PDCA	24
14.	Ciencias que utiliza la ergonomía	27
15.	Vista frontal de medidas antropométricas relevantes para el diseño de estaciones de trabajo.	30
16.	Distribución de áreas en el departamento.....	41
17.	Formato de recepción de equipos.....	44
18.	Medidas básicas para el diseño de estaciones de trabajo.	54
19.	Manómetro de inserción roscado	69
20.	Plano de área de reparación y mantenimiento de equipo de bombeo.	70
21.	Plano de estación de trabajo.....	72

22.	Distribución de herramienta (Panel perforado).	74
23.	Dimensiones de módulos de distribución de herramienta.....	74
24.	Sistema eléctrico de estación de trabajo.	75
25.	Sistema hidráulico.....	76
26.	Sistema neumático.	77
27.	Instrumentos de medición estacionarios.....	78
28.	Instrumentos de medición móviles.....	78
29.	Plano de la distribución de estaciones de trabajo en el departamento.....	79
30.	Señalización de herramientas en estación de trabajo.....	80
31.	Señalización de herramienta en gaveta.....	81
32.	Diagrama de flujo para diagnóstico de bombas hidroneumáticas.....	82
33.	Diagrama de flujo para diagnóstico de motor hidroneumático.	83
34.	Diagrama de flujo de diagnóstico de bombas sumergibles.	83
35.	Diagrama de flujo de diagnóstico de motor sumergible	84
36.	Manómetro 51100.....	88
37.	Termómetro PCE 666	89
38.	Medidor de vibraciones.....	90
39.	Estudio de iluminación. (Vista planta)	92
40.	Estudio de iluminación. (Vista frontal).....	93
41.	Estándar de herramienta.	101
42.	Estándar de herramienta ubicada en gaveta.	102
43.	Dimensiones de estación de trabajo (Vista frontal).....	103
44.	Dimensiones de estación de trabajo (Vista lateral).	103
45.	Dimensiones de estación de trabajo (Vista planta).....	104
46.	Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento semanal.	104
47.	Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento semanal.	105
48.	Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento mensual.	105

TABLAS

I.	Herramienta actual del departamento	36
II.	Reparaciones a bombas sumergibles.	51
III.	Reparaciones a bombas hidroneumáticas.	51
IV.	Mantenimiento a bombas sumergibles.....	51
V.	Mantenimiento a bombas hidroneumáticas	52
VI.	Armado de equipo de bombeo	52
VII.	Medidas para diseño de estación de trabajo. (Posición sentado)	53
VIII.	Medidas para diseño de estación de trabajo. (Posición de pie)	53
IX.	Medidas antropométricas.	55
X.	Carga permisible y coeficiente de compresión dependiendo el tipo de suelo.....	60
XI.	Asentamientos de mezclas	63
XII.	Cantidad de agua por asentamiento	63
XIII.	Proporción de agua frente a resistencia estructural	64
XIV.	Comparativo de agregado fino y grueso	65
XV.	Propiedades mecánicas de varillas de acero	66
XVI.	Niveles de iluminación en fábricas.	67
XVII.	Dimensiones de secciones de estación de trabajo.	72
XVIII.	Especificaciones de diseño	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios.
cm	Centímetro.
db	Decibeles.
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit.
g	Gramo.
Hz	Hertz.
lpm	Litro por minuto.
lps	Litro por segundo.
Lm	Lumen.
Lx	Lux.
Ph	Tipo de cabeza de tornillo, caracterizado por aristas redondeadas.
Pozidrive	Tipo de cabeza de tornillo, caracterizado por aristas lineales.
Torx	Tipo de cabeza de tornillo, caracterizado por una estrella de seis puntas.
W	Watts.

GLOSARIO

Bomba	Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía de presión y velocidad en un fluido. Toda bomba consta de tres elementos básicos: un motor, mecanismo de transmisión y un mecanismo de impulsión.
Bomba centrífuga	Bomba que aprovecha la rotación de su impulsor para poder producir un aumento de presión y velocidad al fluido que se desea desplazar. Es una de las más utilizadas.
Bomba hidroneumática	Bomba centrífuga a la que se le acopla en la tubería de descarga un cilindro, un manómetro y un interruptor eléctrico que la hacen operar de manera automática
Bomba sumergible	Es la utilizada para extraer agua de pozos mecánicos. La bomba sumergible tiene como característica que se encuentra debajo del nivel del agua dentro del pozo y posee un motor eléctrico cerrado de forma hermética.
Caudal	Es el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo) y se puede expresar en litros por segundo

(l/s.), metros cúbicos por segundo (m³/s.) o galones por minuto (GPM).

Empuje axial	Fuerza que se forma en sentido longitudinal al eje al conjunto rotante (impulsor y eje).
Golpe de ariete	Golpe violento producido por el cambio brusco de un fluido en una tubería.
Lumen	Unidad de medida para medir el flujo luminoso, una unidad de medida de la potencia luminosa irradiada por una fuente.
Lux	Unidad de medida para medir la iluminancia o nivel de iluminación.
Mantenimiento	Conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que éstas continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.
Metrología	Ciencia que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad.
Potencia	La potencia expresa la capacidad de efectuar un trabajo por unidad de tiempo. En el sistema inglés se expresa en caballos de fuerza (HP, y derivan del

idioma inglés *Horse Power*) y en el sistema internacional *Watt*.

Viscosidad

Propiedad física característica de todos los fluidos la cual es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción.

RESUMEN

El diseño de una estación de trabajo para mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles por medio de la aplicación de *lean manufacturing*, se realizará con el fin de mejorar las condiciones de trabajo de los técnicos por medio de la ergonomía, optimizando los diferentes procesos por medio de la estandarización de los mismos.

Debido al aumento en el uso de bombas hidroneumáticas y sumergibles en el mercado doméstico e industrial, es importante obtener una mayor competitividad en el mercado y esto se logrará ofreciendo un servicio de mantenimiento y reparación garantizada y en el menor tiempo posible.

Con las herramientas que brinda la ingeniería mecánica e industrial, se diseñará una estación de trabajo de acuerdo a las diferentes pruebas que se necesitan hacer al momento de dar mantenimiento o reparar bombas, además se propondrán los instrumentos de medición adecuados para las diferentes variables y por último se estandarizará la herramienta, el equipo de seguridad y los procesos que se realicen en dicha estación, además se aplicarán las diferentes herramientas que nos ofrece *lean manufacturing* para obtener un alto resultado y poder mejorar continuamente.

OBJETIVOS

General

Diseñar una estación de trabajo para mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles que ayudará a garantizar y reducir el tiempo de trabajo.

Específicos

1. Determinar las pruebas necesarias al momento de realizar un mantenimiento o reparación en una bomba hidroneumática o sumergible.
2. Definir los instrumentos de medición necesarios en la estación de trabajo.
3. Establecer las proporciones adecuadas para la estación de trabajo por medio de la ergonomía.
4. Diseñar la cimentación y el sistema eléctrico e hidráulico para la estación del banco.
5. Delimitar los procesos y procedimientos necesarios en el mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles.
6. Estipular y demarcar la herramienta necesaria para llevar a cabo los diferentes procesos.

7. Realizar instructivos de operación, seguridad y mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles ha tomado relevancia en el mercado debido a su alta demanda en el sector doméstico e industrial. La empresa de servicios industriales se dedica a la venta de bombas hidroneumáticas y sumergibles ofreciendo además de su instalación, el servicio de mantenimiento y reparación.

En el servicio de mantenimiento y reparación de bombas es muy importante brindar un trabajo altamente efectivo para lograr una mayor satisfacción del cliente y competitividad en el mercado. En diversas ocasiones los lugares en los cuales se realizan estos servicios, no son los adecuados debido a que no cuentan con las condiciones físicas necesarias.

Al momento de instalar un área con el propósito de albergar personas que se dediquen al mantenimiento y reparación de equipo industrial, se tiene que tomar en cuenta las necesidades físicas y técnicas para llevar a cabo las tareas asignadas, además de buscar un proceso definido, efectivo y de alta calidad.

En el primer capítulo del presente trabajo de graduación se describen los antecedentes de la empresa, fundamentos teóricos acerca de bombas y *lean manufacturing* realizando hincapié en las técnicas lean y ergonomía.

El segundo capítulo presenta la situación actual del departamento en donde se llevan a cabo las actividades relacionadas al mantenimiento y reparación de los tipos de bombas antes descritas. Se presenta la descripción

física del departamento así como la distribución del personal y de las áreas de trabajo. También se describe los instrumentos de medición, herramientas y procedimientos llevados a cabo en dicho lugar. Por último se dan a conocer las medidas antropométricas del personal que utilizará la estación de trabajo.

En el tercer capítulo se desarrolla el diseño de las pruebas que se aplicarán en las estaciones. También se presentan los planos de la estación de trabajo y los sistemas que conlleva. La estandarización de herramienta, procedimientos, equipo de seguridad industrial y mantenimiento de las estaciones se presenta al final de este capítulo.

El cuarto capítulo se determina las especificaciones de las estaciones de trabajo, destacando las características de los instrumentos de medición, detalles de instalación, sistemas de la estación de trabajo y planes de mantenimiento y limpieza.

En el quinto capítulo se presentan los estándares a utilizar en las estaciones de trabajo y un plan de capacitaciones debido a la rotación de personal en este departamento.

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1. Empresa

Es una de las más grandes distribuidoras de productos y servicios referentes al agua en el mercado nacional. Diseñan, suministran, instalan y reparan equipos de bombeo para diferentes sectores comerciales.

Parte esencial de la empresa es su departamento de mantenimiento, el cual posee personal altamente experimentado y capacitado garantizando las actividades de mantenimiento y reparación a los diferentes equipos de bombeo.

1.1.1. Historia

La empresa inicio operaciones en el mercado nacional hace 45 años. Se creó con el propósito de satisfacer la necesidad de servicios hidráulicos en Guatemala. Debido al crecimiento del mercado al cual se dedica, ha formado un conglomerado empresarial que ofrece productos y servicios garantizados orientados al ciclo del agua.

Con el pasar del tiempo la empresa fue expandiéndose más en el mercado nacional e inicio un área específica para reparación de equipo de bombeo y otros productos. Hoy en día, su servicio de reparación es uno de los más adquiridos en el país, por cualquier tipo de industria. Además cuenta con un área de torno y fresadora, utilizado para reparaciones más minuciosas de equipos.¹

1.2. Información general

A continuación se presenta información relevante de la empresa.

¹ Hidrotecnia S.A. *Historia*. <http://hidrotecnia.net/quienes-somos/>. Consulta: 14 abril de 2017.

1.2.1. Ubicación

La empresa cuenta con una sede central en donde se encuentra el departamento de mantenimiento y varias sucursales de ventas de equipo y servicios en diferentes puntos de la ciudad capital y algunos departamentos.

1.2.2. Misión

“Proveer soluciones hidráulicas respetando el medio ambiente y aplicando los conocimientos y experiencia de nuestro personal, que le generen satisfacción y valor agregado a los clientes.”²

1.2.3. Visión

“Ser el líder en soluciones hidráulicas, abarcando de manera general el ciclo del agua.”³

1.2.4. Política de calidad

“Establecida en la satisfacción constante del cliente, ofreciendo un servicio eficiente de diseño, suministro, instalación y reparación de equipos de bombeo. Sobrepasando las expectativas del cliente, incluyendo la calidad del servicio, la entrega a tiempo de proyectos, la garantía de sus productos, el asesoramiento y precios competitivos en el mercado.”⁴

² Hidrotecnia S.A. *Misión*. <http://hidrotecnia.net/quienes-somos/>. Consulta: 14 de abril de 2017.

³ Hidrotecnia S.A. *Visión*. <http://hidrotecnia.net/quienes-somos/>. Consulta: 14 de abril de 2017.

⁴ Hidrotecnia S.A. *Política de calidad*. <http://hidrotecnia.net/quienes-somos/>. Consulta: 14 de abril de 2017.

1.2.5. Valores

Como empresa dedicada a la satisfacción del cliente, se ofrece productos y servicios de alta calidad, todo esto ha desarrollado los valores que a continuación se presentan:

- Capital humano: Valoramos a nuestros colaboradores como el activo más importante de nuestro grupo.
- Liderazgo: tomamos la iniciativa para hacer de manera excelente lo que nos corresponde.
- Integridad: Somos y nos comportamos con profesionalismo, honradez y honestidad.
- Trabajo en equipo: Combinamos nuestros talentos para alcanzar nuestros objetivos comunes y mantenemos un ambiente motivante y retador sobre la base de la confianza y el respeto.
- Aprendizaje colectivo: Generamos, transmitimos y aplicamos siempre el conocimiento adquirido.⁵

1.3. Fundamentos teóricos

Se presentan los fundamentos utilizados para realizar el diseño de las estaciones de trabajo para mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles.

1.3.1. Definición de bomba

Máquina que transforma energía mecánica en hidráulica, la cual es transmitida a un fluido. La energía mecánica es proporcionada a la bomba por medio de un motor de cualquier tipo. Su objetivo es variar de presión, posición o velocidad a un fluido.

⁵ Hidrotecnia S.A. *Valores*. <http://hidrotecnia.net/quienes-somos/>. Consulta: 14 de abril de 2017.

1.3.2. Tipos de bomba

Existe una gran variedad de bombas, por lo cual se utilizará la clasificación que provee el “*Hydraulic Institute*”:

- Desplazamiento positivo
 - Reciprocantes
 - Pistón Embolo
 - ✓ Doble Acción
 - ✓ Simple Acción
- Diafragma
 - Rotatorias
 - Rotor Simple
 - ✓ Aspas
 - ✓ Pistón
 - ✓ Miembro flexible
 - ✓ Tornillo
 - Rotor Múltiple
 - ✓ Engranés
 - ✓ Lóbulos
 - ✓ Balancines
 - ✓ Tornillos
- Dinámicas
 - Centrifugas
 - Flujo radial
 - Simple succión
 - Doble succión
 - Flujo Mixto
 - Simple succión
 - Doble succión
 - Flujo Axial
 - Simple succión
 - Periféricas
 - Unipaso

- ✓ Autocebantes
- ✓ Cebadas por medios externos
- Multipaso
 - ✓ Autocebantes
 - ✓ Cebadas por medios externos
- Especiales
 - Electromagnéticas⁶

1.3.2.1. Bombas de desplazamiento positivo

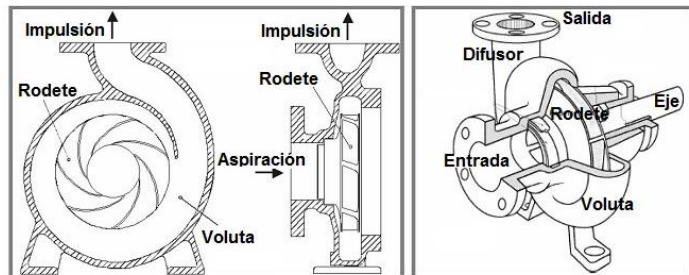
En esta clasificación las bombas suministran un caudal constante en cada revolución del rotor a una velocidad determinada. Son utilizadas para transmitir fluidos con un alto grado de viscosidad.

1.3.2.2. Bombas centrífugas o cinéticas

Su principio es simple, el fluido a tratar se dirige por medio de una tubería al impulsor y debido a la fuerza centrípeta realiza un cambio de dirección de la velocidad en un sistema. En este caso, la transmisión de caudal es constante y se puede regular sin afectar a la bomba como tal. Debido a su construcción simple y económica es una de las más utilizadas a nivel mundial.

⁶ ZUBICARAY, Manuel. *Diseño teoría y aplicación*. p. 14.

Figura 1. **Elementos que constituyen una bomba**



Fuente: DIEZ FERNÁNDEZ, Pedro. *Bombas centrífugas y volumétricas*.
www.termica.webhop.info/. Consulta: 29 de abril de 2017.

1.3.2.2.1. **Partes de una bomba centrífuga**

Como se hizo mención anteriormente, la bomba centrífuga es muy fácil de construir y esto se debe a que posee muy pocas partes. Las partes de una bomba centrífuga son:

- Impulsor

Transmite velocidad al fluido que circula en la bomba. Está conformado por álabes de diferentes formas. La forma de los álabes se especifica según la aplicación de la bomba. Es la parte esencial de la bomba y es una de las piezas a la cual se le aplica mayor mantenimiento.

- Carcasa

Esta parte de la bomba es la que transforma la energía de velocidad impartida al fluido por medio del impulsor en energía de presión. La distancia de

separación entre el impulsor y la carcasa es mínima, con el propósito de evitar fugas.

- Eje

Su función principal es transmitir el movimiento que imparte el motor a la bomba. Además soporta todas las piezas que giran en ella. En una bomba horizontal, es una única pieza a lo largo de la misma; en una bomba vertical es diferente ya que posee una serie de ejes de transmisión unidos por un acople, además del eje impulsor.

1.3.3. Manejo del equipo de bombeo

El equipo de bombeo se utiliza desde el sector doméstico hasta el industrial, cumpliendo con diferentes funciones específicas en todos los casos. En cualquiera de los casos siempre cumplen su propósito, transformar energía mecánica en hidráulica modificando la presión, posición o velocidad de un fluido en un sistema.

1.3.3.1. Uso de bombas centrífugas

Utilizada en domicilios para la circulación de agua potable, recirculación de agua en piscinas, etc. También utilizada en industrias para refrigeración de maquinaria y circulación de fluidos en procesos.

1.3.3.1.1. Clasificación de impulsor por su construcción

Los impulsores mecánicamente pueden ser:

- Impulsor abierto

Debido a que los álabes solamente están unidos al eje de giro. Estos impulsores se utilizan para el bombeo de fluidos abrasivos o aguas residuales, debido a que presentan su ventaja de su mantenimiento es simple.

Figura 2. **Impulsor abierto**



Fuente: Consejo de Educación Técnico Profesional. *Metalmecánica, mantenimiento de bombas centrífugas*. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general>. Consulta: 24 de abril de 2017.

- Impulsor semiabierto

En este caso, el impulsor posee una pared lateral unida al eje, en la cual se colocan los álabes. La ventaja de este tipo de impulsor es que evita la acumulación de materias extrañas que puedan interferir con la operación de la

bomba. Son utilizadas para trabajar con fluidos de algo grado de viscosidad y también con fluidos a altas temperaturas.

Figura 3. **Impulsor semiabierto**

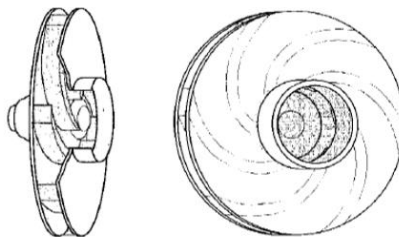


Fuente: Consejo de Educación Técnico Profesional. *Metalmecánica, mantenimiento de bombas centrífugas*. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general>. Consulta: 24 de abril de 2017.

- Impulsor cerrado

En esta clasificación el impulsor cuenta con dos paredes laterales y los álabes son colados en medio. Este tipo de impulsores se utiliza solamente para trabajar con fluidos limpios.

Figura 4. **Impulsor cerrado**



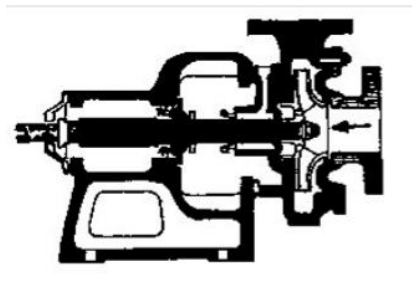
Fuente: Consejo de Educación Técnico Profesional. *Metalmecánica, mantenimiento de bombas centrífugas*. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general>. Consulta: 24 de abril de 2017.

1.3.3.1.2. Clasificación de impulsor por tipo de succión

- Simple succión

En este caso el fluido entra al sistema solamente por un lado. Es muy utilizado debido a su estructura y a que la tubería no está dividida.

Figura 5. Impulsor de simple succión

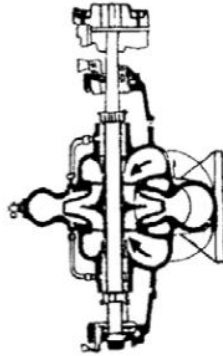


Fuente: Consejo de Educación Técnico Profesional. *Metalmecánica, mantenimiento de bombas centrífugas*. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general>. Consulta: 24 de abril de 2017.

- Doble succión

En este caso el impulsor tiene entrada en ambos extremos y una salida en común. Debido a la succión que se realiza en ambos extremos no produce un empuje axial.

Figura 6. **Impulsor de doble succión**



Fuente: Consejo de Educación Técnico Profesional. *Metalmecánica, mantenimiento de bombas centrífugas*. <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general>. Consulta: 24 de abril de 2017.

1.3.3.1.3. Clasificación de impulsor por su número

En este caso se hace referencia a una bomba de una etapa y una bomba multi-etapa. La bomba multi-etapa tiene una serie de impulsores, esta bomba es utilizada en pozos de agua.

1.3.3.1.4. Clasificación de impulsor por dirección de flujo

- Impulsor de flujo radial

Estos han sido diseñados para trabajar con caudales pequeños a altas presiones. En este caso se utilizan para trabaja con fluidos limpios.

Figura 7. **Impulsor de flujo radial**



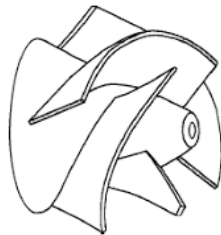
Fuente: Gass Llave. *Procesos industriales*. <https://gasslave.wordpress.com/author/diferquisi/>.

Consulta: 30 de agosto de 2018.

- Impulsor de flujo axial

En esta clasificación los impulsores son de alta velocidad. Utilizado para grandes caudales y pequeñas presiones, además, pueden manejar líquidos con sólidos en suspensión de tamaño relativamente grande. Utilizadas para el movimiento de aguas residuales.

Figura 8. **Impulsor de flujo axial**



Fuente: Deza. *Mecánica de fluidos, turbo maquinaria*.

http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/APOSTILA_MH/Bombas_MH.pdf. Consulta: 30 de agosto de 2018.

- Impulsor de flujo mixto

Se utiliza para caudales mayores y presiones relativamente similares. Puede manejar fluidos con sólidos en suspensión. Los álabes tienen una doble curvatura, comparados con las clasificaciones anteriores.

1.3.3.2. Uso de bombas sumergibles

Esta clasificación está diseñada para sumergirse en pozos de extracción de agua. Cuenta con un motor eléctrico en el final de la bomba y una serie de impulsores. La capacidad de dicha bomba depende de la profundidad del pozo, por lo regular poseen un diámetro reducido, haciéndolas más largas y con más impulsores en ella.

1.3.3.2.1. Tipos de bomba sumergible

- Bombas verticales de turbina

Esta clasificación se utilizaba únicamente en riego de pozos y perforaciones. Posee rendimientos muy altos debido a su diseño alargado y con diámetro reducido.

- Bombas verticales de hélice o helicoidales

Se han diseñado principalmente para bombear grandes caudales de agua. Tienen un alto rendimiento y una elevada fiabilidad, utilizadas en muchos casos para aguas pluviales, parques acuáticos, etc.

1.3.3.3. Uso de bombas hidroneumáticas

En este caso las bombas tienen acoplado un tanque de almacenamiento en donde se abastece agua y se retiene. El volumen de agua y aire en el tanque puede variar. Su funcionamiento es básico, al momento de ingresar agua al depósito, comprime el aire y aumenta la presión. Al momento de elevar la presión al máximo, por medio de un sensor se produce una señal indicando que se detenga el ingreso de agua. De la misma manera, al llegar al nivel mínimo de presión, por medio de un sensor adicional se reinicia el ciclo.

Las bombas hidroneumáticas como tal, se utilizan en tanques donde los procesos son automatizados; también en se pueden utilizar domésticamente.

1.3.3.3.1. Tanque a presión

Su propósito es albergar cierta carga de aire de forma permanente por medio de una bolsa o vejiga. Esto se realiza para minimizar el número de encendidos y apagados en la bomba. Se pueden clasificar en tanques a presión con membrana o los tanques a presión sin membrana.

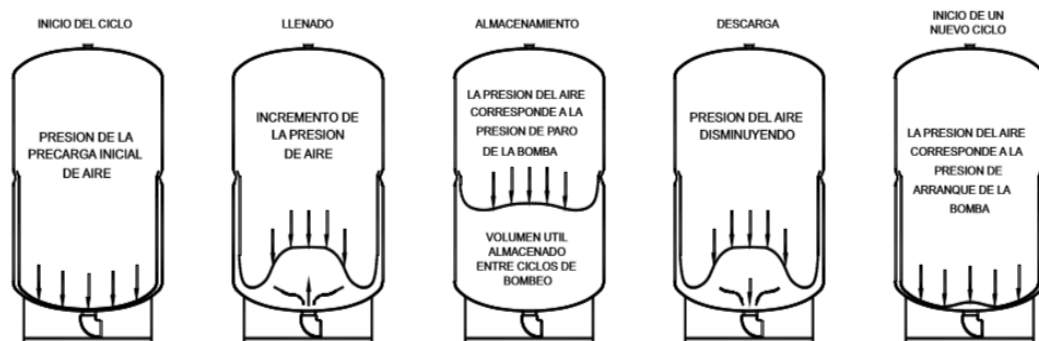
Los tanques a presión con membrana, separan cierta cantidad de agua y de aire por medio de la misma. La membrana se precarga con aire, su propósito es mantener un intervalo deseado de presión de agua en el sistema de distribución.

El ciclo de operación de un tanque de presión con membrana es el siguiente:

- Inicio: En este momento el tanque está vacío.
- Llenado: Se bombea agua hacia el tanque, elevando la membrana hacia la cámara de aire.

- Almacenamiento: El tanque está lleno y la bomba se ha apagado.
- Descarga: la bomba permanece apagada mientras que la presión del aire presiona a la membrana, liberando el agua en el sistema de distribución.
- Inicio de un nuevo ciclo: El tanque está vacío. La bomba inicia su operación.⁷

Figura 9. **Ciclo de tanque a presión**



Fuente: Franklin Electric. *Tanques hidroneumáticos GM*. www.franklinagua.com. Consulta: 29 de abril de 2017.

Los tanques a presión sin membrana se utilizan en servicios pesados en la industria, en este caso el aire está en contacto con el agua permitiendo que el volumen de aire en el tanque se pierda, debido a la capacidad de absorción del agua.

⁷ Hidrosta. *Equipo hidroneumático con tanque de membrana*. <http://www.hidrosta-peru.com/pdf/catalogos/L1/CATALOGO%20LINEA-1%20HidroneumaticoMembrana.pdf>. Consulta: 29 de abril de 2017.

1.3.3.3.2. Bomba

Para este caso puede ser cualquier tipo de bomba dinámica. La más utilizada son las centrifugas.

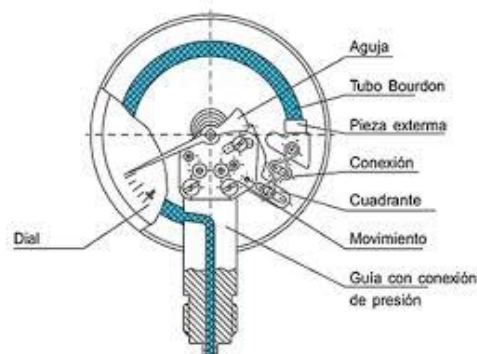
1.3.3.3.3. Válvula de retención

También llamadas anti-retorno, su objetivo es cerrar por completo el paso de fluido en un sistema en un sentido dado. Con ella se evitan golpes de ariete en las líneas de descarga.

1.3.3.3.4. Manómetros

Instrumento mecánico de medición de presiones. Está constituido principalmente por un tubo curvo de metal, el cual con el aumento de presión adquiere una sección circular se endereza. El extremo libre del tubo mide la presión interior y provoca el movimiento del medidor, indicando la presión acumulada en ese punto.

Figura 10. Manómetro de Bourdon



Fuente: Wika. *Manómetros*. www.bloginstrumentacion.com. Consulta: 30 de abril de 2017.

1.3.3.3.5. Presostatos

Es un instrumento que funciona como sensor, su función es abrir o cerrar el circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión del fluido. Está constituido por un pistón el cual percibe la presión del fluido haciendo que se unan dos contactos. Cuando el nivel de presión es baja, un resorte se encarga de impulsar el pistón en sentido contrario para separar los contactos.

1.3.4. Pruebas de caudal

Al momento de realizar pruebas de bombeo, la determinación de caudal es esencial en la misma. Existe una serie de métodos, pero los más utilizados son:

- Volumétrico

Esta prueba como tal, consiste en medir el tiempo en el cual se llena una cantidad de fluido conocida. Se utiliza para caudales pequeños, pertenecientes a bombas de caudales pequeños.

- Escuadra

Existen dos métodos diferentes, los cuales son:

- Primer método

Consiste en medir la distancia horizontal que existe entre el extremo del tubo de descarga y el punto donde cae el chorro de agua en el suelo y la altura H" a la que se encuentra la tubería. El caudal está dado por la siguiente fórmula:

$$Q = 0.002215 \frac{D * A}{H}$$

Donde:

Q = Caudal l/s

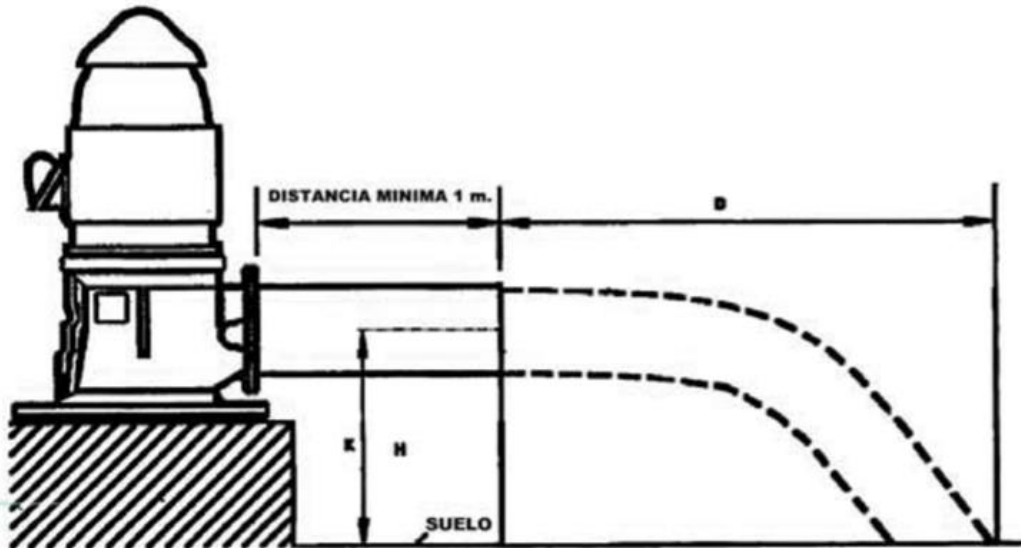
D = Distancia a la que cae el chorro de agua cm.

A = Sección de la tubería de descarga cm².

H = Altura del centro de la tubería sobre la superficie del terreno cm.⁸

⁸ Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. p. 35.

Figura 11. Primer método de escuadra



Fuente: Conagua. *Pruebas de bombeo; agua potable, alcantarillado y saneamiento*.
www.conagua.gob.mx. Consulta: 30 de abril de 2017.

- Segundo método

En este caso se trata de medir la distancia horizontal "D" entre la extremidad del tubo de descarga y un punto situado a 1 pie, por encima de la caída del agua. La fórmula para obtener el caudal es:

$$Q = 0.004 * D * A$$

Donde:

Q = Caudal l/s

D = Distancia cm.

A = Sección de la tubería de descarga cm².⁹

⁹ Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. p. 35.

Figura 12. Segundo método de escuadra



Fuente: Conagua. *Pruebas de bombeo; agua potable, alcantarillado y saneamiento*.
www.conagua.gob.mx. Consulta: 30 de abril de 2017.

1.3.5. Lean Manufacturing

Lean manufacturing o manufactura esbelta es una alternativa a considerar por las empresas que quieren ser competitivas en los aspectos de organización y producción a través de la reducción de “desperdicios”.

1.3.5.1. Definición de Lean Manufacturing

Es el método para mejorar y optimizar los diferentes sistemas en una empresa, enfocándose en la identificación y eliminación de desperdicios, haciendo referencia a procesos o actividades que utilizan más recursos de los que realmente se necesitan.

Es importante resaltar que se enfoca en el cliente, agregando un valor al servicio o producto por medio de la mejora continua en los procesos y en el nivel de calidad.

1.3.5.2. Estructura del sistema lean

El sistema se encuentra conformado por varias técnicas con las cuales se lleva a cabo su propósito.

La base del sistema son herramientas tales como:

- 5´s
- TPM
- SMED
- KANBAN
- KPI´s
- Gestión Visual

Las herramientas descritas anteriormente se tienen que ejecutar en conjunto con el factor humano. El factor humano tiene que desarrollar compromiso, comunicación, motivación y liderazgo; las cuales son necesarias para obtener los objetivos del sistema *lean*.

Con las herramientas del sistema *lean* y su correcta aplicación se obtiene una mejor calidad en los productos, costos menores, tiempos de entrega más cortos, seguridad en la planta y disminución de desperdicios.

Como podemos notar, el factor humano es clave para el sistema *lean*, el factor humano se presenta en el compromiso, la capacitación constante y la motivación continua por medio de metas claras y constantes.¹⁰

1.3.5.3. Principios del sistema lean

Los principios más frecuentes agrupados al sistema *lean*, orientados en el factor humano son:

- Comprobar que todo esté en su sitio.
- Formar líderes de grupo que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Crea cultura de mejora continua.
- Identificar y eliminar actividades y procesos innecesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarias.
- Obtener el compromiso de la dirección.¹¹

¹⁰ HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. p. 19.

¹¹ Ibid.

1.3.5.4. Técnicas lean

A continuación se presentan técnicas lean empleadas para mejorar la eficiencia de procesos, procedimientos, calidad y tiempos de entrega.

1.3.5.4.1. 5's

Es una herramienta que se utiliza con el propósito de mejorar las condiciones de trabajo por medio del orden, limpieza y organización en una empresa. Las 5's son:

- Eliminar (*Seiri*)

Su objetivo es clasificar y eliminar elementos que en el área de trabajo sean innecesarios para llevar a cabo las tareas asignadas. Determina y controla la cantidad de materiales en el área de trabajo evitando estorbos y elementos que originen desperdicios ya que pueden causar un retraso o incrementar la manipulación de elementos, como resultado aumenta los tiempos de trabajo.

- Ordenar (*Seiton*)

Se dedica a la organización de los elementos, clasificándolos en base a su necesidad en el área de trabajo. Se debe de encontrar con facilidad los más utilizados, para ellos es necesario determinar e identificar su ubicación en las áreas de trabajo. Se debe de disponer de un lugar adecuado para trabajar, que cumpla con lo requerido por el técnico.

- Limpieza e inspección (*Seiro*)

Se enfoca en la limpieza e inspección continua de los alrededores a las áreas de trabajo. Determina defectos y los elimina constantemente, con lo cual se previene defectos debido a un lugar de trabajo inadecuado. En este caso se desarrollan e implementan sistemas de limpieza diarios en las áreas de trabajo.

- Estandarizar (*Seiketsu*)

Se define los procesos o métodos que la empresa desarrolla llevando un orden establecido. Además determina la limpieza y organización en las áreas de trabajo. Desarrolla sistemas específicos de estándares y se verifica que se lleve a cabo de manera que se actualicen constantemente a las necesidades.

Se logra crear hábitos de orden, limpieza y organización; se evitan errores y se homogeniza las actividades de cada área de trabajo.

- Disciplina (*Shitsuke*)

El propósito es convertir en hábito los métodos que se han estandarizado. Además desarrolla conciencia en los técnicos acerca del orden y de la limpieza que debe de existir creando sistemas de autocontrol.¹²

1.3.5.4.2. Estandarización

Su objetivo es la homogenización de los procesos, procedimientos, materiales e información con el fin de crear un producto o servicio de alta calidad, fiable y en el menor tiempo posible.

Con las condiciones iniciales se realiza un estándar que con la implementación del mismo se va mejorando y verificando el efecto obtenido se estandariza de nuevo. A este ciclo se le llama mejora continua.

Para una correcta estandarización debe de tener:

- Descripciones simples y claras de los métodos a seguir.
- Proceder con las mejores técnicas y herramienta disponible.
- Garantizar el cumplimiento de los estándares.
- Considerar siempre los estándares establecidos como puntos de partida para mejoras.¹³

1.3.5.4.3. TPM

TPM (*Total Productive Maintenance*) se enfoca en la eliminación del mantenimiento correctivo y preventivo, por medio del factor humano. Esta técnica se propone los siguientes objetivos:

- Que el equipo siempre esté disponible.

¹² HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. p. 46.

¹³ Ibid.

- Desarrollar e implementar un sistema de mantenimiento con el cual se logre una mejora en la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Involucrar a todo el personal que tenga contacto con las áreas de producción.

Concientizar al factor humano acerca de la importancia de mantener el equipo en perfectas condiciones de trabajo es vital, para un funcionamiento estable en una empresa.

1.3.5.4.4. Control visual

Se enfoca en las pérdidas ocurridas en los sistemas de producción y equipos, con el propósito de su reducción y mejora. Identifica la situación actual de la empresa llevando un control de las mermas y peculiaridades en los estándares de control de calidad. Se logra por medio del cumplimiento de los siguientes puntos:

- Determinación de espacios y equipos.
- Identificación de actividades, recursos y productos.
- Determinación de estándares.
- Orden y limpieza.¹⁴

1.3.5.4.5. Técnicas de calidad

Calidad es el conjunto de características que definen la satisfacción de un cliente al momento de consumir un producto u obtener un servicio. Definir estándares y cumplirlos al pie de la letra, reduce los errores en los procesos de producción, con lo cual se garantiza la calidad del producto.

Para tener procesos de calidad, es necesario incorporar a todo el personal de la empresa, con el objetivo de concientizar la importancia de realizar las tareas de buena forma a la primera. También se pretende determinar puntos críticos de control en las líneas de producción.¹⁵

¹⁴ HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. p. 50.

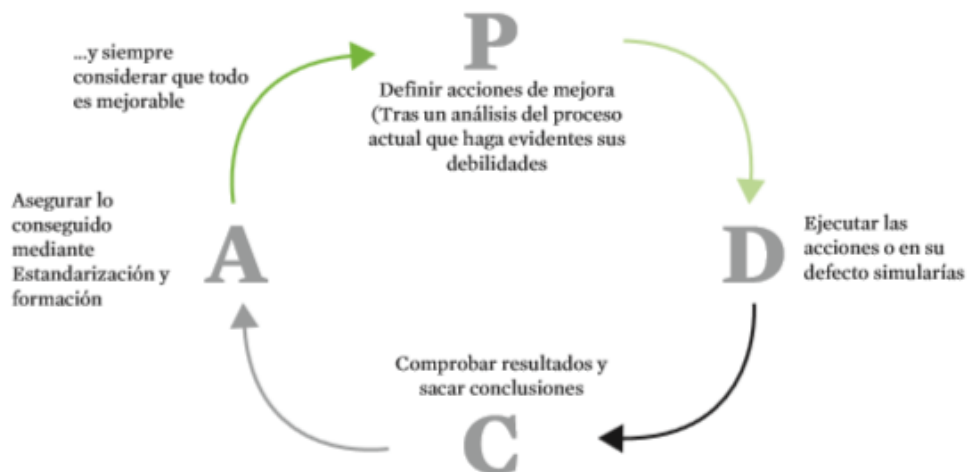
¹⁵ Ibid.

1.3.5.4.6. Ciclo PDCA

Su objetivo principal es identificar y corregir errores. El ciclo PDCA como tal debe regir el proceso de mejora continua, no importando la categoría de las actividades. Este ciclo conlleva las siguientes acciones:

- P (*Plan*): Diagnosticar los problemas, definir objetivos y estrategias para abordarlos.
- D (*Do*): Llevar a cabo el plan.
- C (*Control*): Analizar los resultados.
- A (*Act*): Ajustar y aprender de la experiencia.

Figura 13. Ciclo PDCA



Fuente: HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. www.eoi.lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion. Consulta: 1 de mayo de 2017.

1.3.5.4.7. Cero defectos

Esta herramienta se logra al momento en que se abarcan lo elementos más importantes de una empresa:

- Técnicos.
- Materiales.
- Máquinas.
- Métodos.
- Información.

Se necesita la implementación de capacitaciones constantes, con los cuales se lograrán estándares en sus procesos y por lo tanto en sus productos. Las capacitaciones tienen el propósito de que el personal tome el control del proceso y evitar contratiempos. El personal como tal creara habilidad para inspeccionar y verificar que se cumplan los estándares de calidad desde el inicio hasta el final del proceso.

Sí el personal logra un conocimiento adecuado de la maquinaria se podrá lograr el control de la misma y al momento de presentar alguna rareza se pueda prevenir una falla más grande. Teniendo al personal informado sobre los materiales y la maquinaria se puede proceder a homogenizar los métodos de producción con lo cual se obtendrá la información necesaria para poder mejorar continuamente. ¹⁶

1.3.5.4.8. Sistemas de participación del personal

Esta herramienta permite determinar de forma eficiente las decisiones que pueden aumentar la competitividad de la empresa. Identifica problemas o puntos de mejora, analiza e implementa acciones con las cuales se puedan resolver. Esto se realiza debido a que el

¹⁶ HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. p. 53.

personal operativo tiene más experiencia en la planta que el personal administrativo.

Para hacer efectivo este sistema de trabajo hay que tomar en cuenta:

- Condiciones de trabajo.
- Seguridad en el trabajo.
- Capacitación.
- Comunicación personal.
- Participación en la mejora.
- Implicación de todos.

Si las actividades anteriormente planteadas se realizan de buena manera, se puede obtener las siguientes ventajas:

- Mejora en las relaciones interpersonales entre los diferentes niveles jerárquicos de la empresa.
- Aumento en la motivación del personal de la empresa. ¹⁷

1.3.6. Ergonomía

Se presentan los conceptos y metodologías más relevantes sobre la ergonomía.

1.3.6.1. Definición de ergonomía

Estudia la adaptación del trabajo a las medidas corporales del personal. Establece las condiciones óptimas para desarrollar cada actividad designada al factor humano, ya que éste tiene límites. Además determina las ventajas para el factor humano y como pueden favorecer a realizar las actividades con mayor eficiencia.

El objetivo principal es certificar que las condiciones de trabajo sean las apropiadas para llevar a cabo las actividades que realiza el técnico.

¹⁷ HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. p. 66.

Figura 14. **Ciencias que utiliza la ergonomía**

FÍSICO	MENTAL	SOCIAL	SALUD
CONDICIONES MATERIALES AMBIENTE DE TRABAJO	CONTENIDO DEL TRABAJO	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	EVITAR DAÑO
SEGURIDAD HIGIENE INGENIERÍA FÍSICA FISIOLOGÍA PSICOLOGÍA ESTADÍSTICA	PSICOLOGÍA SOCIOLOGÍA INGENIERÍA FISIOLOGÍA	INGENIERÍA PSICOLOGÍA ECONOMÍA SOCIOLOGÍA LEGISLACIÓN	
ERGONOMÍA			BIENESTAR
"LA SALUD ES EL BIENESTAR FÍSICO, PSÍQUICO Y SOCIAL DE LAS PERSONAS"			

Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*.

www.inpahu.edu.co/biblioteca/imagenes/libros/Ergonomia1. Consulta: 3 de mayo de 2017.

1.3.6.2. Metodología

Algunos métodos que la ergonomía ha utilizado para desarrollar su propósito inicial son:

- Informes subjetivos de las personas, ya que el grado de bienestar de una situación no sólo depende de las variables externas, sino de la consideración que de éstas haga el usuario.
- Observación y mediciones, esta técnica permite recoger datos cargados de contenido.
- Simulación y modelos, debido a la complejidad de los sistemas, o a la innovación, en ciertos momentos debemos recurrir a la modelación o simplemente a la simulación de las posibles respuestas del sistema.

- Método de incidentes críticos, mediante el análisis de estos incidentes, podemos encontrar las situaciones caracterizadas como fuentes de error, y profundizar en el análisis explorativo de éstas.¹⁸

1.3.6.3. Interfaz P-M

La ergonomía toma los medios que el técnico utiliza para satisfacer sus necesidades en el trabajo y los adapta a él. El ambiente del técnico está conformado por el diseño de los diferentes espacios, maquinaria, herramienta y sistemas de control. Este conjunto de medios conforma una unidad como tal, llamada interfaz P-M. Los tres tipos básicos de sistemas de interacción son: manuales, mecánicos y automáticos.¹⁹

1.3.6.3.1. Sistemas manuales

Tiene la característica que el técnico realiza todas las actividades para llevar a cabo el funcionamiento, teniendo como resultado, el control directo del sistema.

1.3.6.3.2. Sistemas mecánicos

El técnico aporta solamente una pequeña cantidad de funciones, ya que las funciones de la maquinaria se realizan por medio de una fuente externa. Estos sistemas actualmente son muy utilizados ya que el técnico solamente recibe información y por medio de ella controla el proceso.

¹⁸ MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 23.

¹⁹ *Ibid.* p. 29.

1.3.6.3.3. Sistemas automáticos

“Estos sistemas una vez programados, se autorregulan. Actualmente no existen este tipo de sistemas ya que siempre se necesita la supervisión y mantenimiento de los mismos por medio del técnico.”²⁰

1.3.6.4. Antropometría

“Tomando en cuenta las distintas estructuras del cuerpo humano, determina las diferencias de las medidas del cuerpo humano. En la ergonomía es muy relevante debido a que acomoda el entorno a las personas.”²¹

1.3.6.5. Medidas antropométricas

Las medidas que se deben poseer de la población a estudiar dependerán de la aplicación funcional que se le quiera dar a las mismas. Las medidas que se deben de tomar para diseñar estaciones de trabajo son las siguientes:

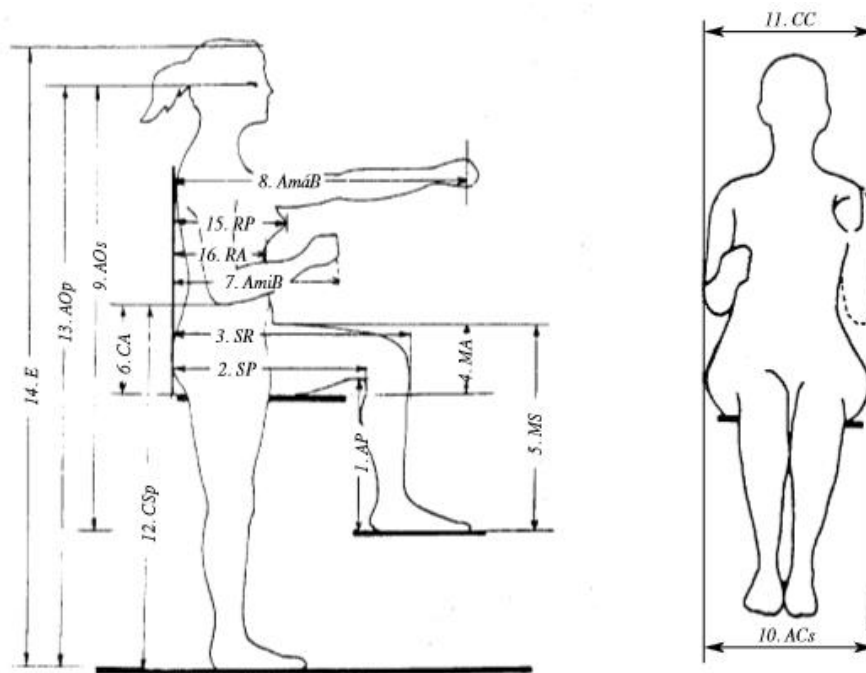
- Posición sentado
 - (AP) Altura poplítea
 - (SP) Distancia sacro-poplítea
 - (SR) Distancia sacro-rótula
 - (MA) Altura de muslo desde el asiento
 - (MS) Altura del muslo desde el suelo
 - (CA) Altura del codo desde el asiento
 - (AmínB) Alcance mínimo del brazo
 - (AmáxB) Alcance máximo del brazo
 - (AOs) Altura de los ojos desde el suelo
 - (ACs) Anchura de caderas sentado
 - (CC) Anchura de codo a codo
 - (RP) Distancia respaldo-pecho
 - (RA) Distancia respaldo-abdomen
- Posición de pie

²⁰ MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 29.

²¹ *Ibid.* p. 61.

- (E) Estatura
- (CSp) Altura de codos de pie
- (AOp) Altura de ojos de pie
- (Anhh) Ancho de hombro a hombro²²

Figura 15. **Vista frontal de medidas antropométricas relevantes para el diseño de estaciones de trabajo**



Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*.

www.inpahu.edu.co/biblioteca/imagenes/libros/Ergonomia1. Consulta: 3 de abril de 2017.

1.3.6.6. Diseño ergonómico y antropometría

Al momento de diseñar antropométricamente una estación de trabajo, se debe de tomar en cuenta tres casos aparentes:

²² MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 64.

- Diseño para una persona en específico

Es como diseñar un traje a la medida; es lo mejor, pero tiene la desventaja que es más costoso. Para un diseño individual, se debe de tomar las medidas antropométricas del sujeto.

- Diseño para un grupo poco numeroso y diseño para población numerosa

En estos casos el diseño antropométrico tiene tres principios, los cuales son:

- Principio de diseño para extremos.

“En el caso de que se tenga que diseñar una estación de trabajo para cinco personas, donde existen dimensiones relevantes, se tiene que decidir la distancia por el que tendría dificultades para alcanzar ese punto, es decir, de los cinco, el que tiene un alcance menor. Así se habrá diseñado para el mínimo, de esta forma, los cinco alcanzarán.”²³

- Principio de diseño para promedio.

Generalmente el promedio es un engaño y más en ergonomía. Sólo se utiliza en contadas situaciones, cuando la precisión de la dimensión tiene poca importancia o su frecuencia de uso es muy baja, siendo cualquier otra solución o muy costosa o técnicamente muy compleja.

²³ MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 68.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción de la situación actual del departamento de mantenimiento

El departamento se dedica al mantenimiento y reparación de equipos de bombeo, turbinas, calentadores de agua, motobombas y fabricación de paneles eléctricos de automatización.

Este cuenta con siete estaciones de trabajo: dos destinados a la reparación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas, dos determinadas a la reparación y mantenimiento de bombas sumergibles, una para reparación de motobombas y dos destinados a la fabricación de paneles de automatización. Ninguna de ellas maneja un estándar de dimensiones y no se acoplan a la ergonomía del trabajador.

Además, el departamento cuenta con un torno, una fresadora y una prensa neumática para la realización de trabajos minuciosos.

2.1.1. Descripción física del departamento

Es un área de aproximadamente 210 metros cuadrados. Posee un techo de dos aguas, con lo cual ofrece mayor iluminación natural. Alberga seis áreas distintas, las cuales son: oficina del departamento, área de bombas hidroneumáticas, área de bombas sumergibles, área de torno, área de combustión y área de fabricación de paneles de automatización.

2.1.1.1. Instalaciones

Posee una instalación eléctrica trifásica, debido a que la mayoría de los motores sumergibles son de esta clase. Cuenta con un sistema neumático simple y posee una fosa con una capacidad de 200 galones de agua, en donde se realizan las pruebas de caudal a los equipos, específicamente, la prueba volumétrica.

2.1.1.2. Instrumentos de medición

Para llevar a cabo las diferentes actividades de diagnóstico, el departamento cuenta con los siguientes instrumentos de medición:

- Multímetro

Es utilizado para realizar las pruebas de aislamiento y resistencia en las bobinas de los motores, sin importar si son sumergibles o de bombas centrífugas. La prueba de aislamiento se realiza con el fin de localizar fallas y para evaluar la condición de los embobinados.

- Multímetro de gancho

Utilizado para medir el amperaje que consumen las bombas mientras se realiza la prueba de caudal, con el propósito de medir cuánto consume y compararlo con los datos del fabricante.

- Vernier

Se utiliza para verificar la altura de la columna central en la bomba sumergible.

- Cronómetro

Utilizado principalmente para la prueba volumétrica en el equipo de bombeo, ya que mide el tiempo que tarda una bomba en transmitir 100 galones de agua.

- Manómetros

Se utiliza para verificar la presión a la que las bombas trabajan, al momento de realizar las pruebas de caudal.

2.1.1.3. Herramienta

Actualmente el personal no cuenta con la herramienta necesaria; poseen herramienta que es inservible para llevar a cabo las reparaciones o mantenimiento debido a la metrología del equipo que se trabaja.

Debido a que las estaciones de trabajo no contienen la misma herramienta, los técnicos, a falta de herramienta necesaria para continuar con las tareas asignadas, deben prestar herramienta a algún compañero saliendo de su área de trabajo o en el peor de los casos, improvisar con herramienta inadecuada, provocando que los equipos muestren desperfectos en su pintura o abolladuras. Esto evidencia de la necesidad de contar con un estándar para garantizar mejor calidad en las reparaciones y eliminar pérdidas de tiempo por

no contar con la herramienta necesaria en el momento necesario. A continuación, se presenta un listado con la herramienta actual de las estaciones de trabajo para bombas hidroneumáticas y sumergibles:

Tabla I. **Herramienta actual del departamento**

Herramienta	Utilidad
Destornillador de castigadera 4*100	Importante
Destornillador de castigadera 6*38	Nula
Destornillador de castigadera 5,5*100	Importante
Destornillador de castigadera 6,5*100	Importante
Destornillador de castigadera 8*175	Importante
Destornillador Philips 2*38	Nula
Destornillador Philips 1*75	Importante
Destornillador Philips 3*150	Importante
Brocha para limpieza	Importante
Multímetro	Importante
Martillo de bola	Importante
Navaja torx de 10-40	Importante
Llave de cola-corona No.6	Importante
Llave de cola-corona No. 8	Importante
Alicate 6"	Importante
Pinza recta plana 8"	Importante
Corta alambre 6"	Nula
Navajas de electricistas	Nula
Pinza plana para abrir seguros 1,8*170 mm.	Importante
Pinza plana para cerrar seguros 1,8*180 mm.	Importante
Vice gripe punta curva y cortador 7"	Importante
Vice gripe punta curva y cortador 9"	Importante
Llave ajustable 30*250 mm.	Importante
Llave allen cabeza esférica de 2	Nula
Llave allen cabeza esférica de 8	Nula
Amperímetro de gancho	Importante
Llave tipo "L" hexagonal No. 8*200	Nula
Llave tipo "L" hexagonal No. 6*150	Nula
Tijera	Nula

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Personal del departamento

El departamento cuenta con personal altamente calificado para realizar las diferentes tareas asignadas a cada uno de ellos. El departamento cuenta con ocho técnicos divididos de la siguiente manera:

- Personal de mantenimiento y reparación de bombas centrifugas

Esta área cuenta con dos técnicos mecánicos altamente experimentados, los cuales se dedican a realizar el diagnóstico y la reparación o mantenimiento a los diferentes equipos de bombeo que ingresan al departamento. Además se encargan de llevar a cabo la reparación de calentadores de agua.

- Personal de mantenimiento y reparación de bombas sumergibles:

Esta área cuenta con dos técnicos mecánicos que llevan a cabo los diagnósticos, reparaciones o mantenimientos a los diferentes tipos de bombas sumergibles. Además se encargan de realizar la reparación de turbinas.

- Personal de torno y fresadora:

Debido a que en esta área se realizan trabajos muy minuciosos y para equipo especial, cuenta únicamente con un tornero calificado para el manejo del equipo y que garantice la calidad del servicio. Un ejemplo de los trabajos que se llevan a cabo en esta área son las rectificaciones, que se realizan al ojo del impulsor para evitar juego radial.

- Personal de mantenimiento y reparación de bombas combustión

Destinada a la reparación o mantenimiento de este tipo de equipo de bombeo. Esta área cuenta únicamente con un técnico mecánico.

- Personal de fabricación de paneles de automatización:

Al momento de diseñar un sistema de bombeo es importante tomar en cuenta el tipo de control que requiere el cliente. En esta área, los dos técnicos electricistas se dedican a la fabricación de paneles para cualquier sistema y con cualquier característica que se requiera. Se fabrican paneles desde un T-0 hasta un T-5.

2.1.2. Distribución de áreas

El departamento se divide en siete áreas diferentes en donde se realizan los trabajos asignados. Tres de estas áreas son:

- Área de torno

El departamento cuenta con un torno de dos metros y medio de bancada y usillo de tres pulgadas. Además, posee una fresadora vertical y una prensa neumática.

- Área de Combustión

Cuenta con una estación de trabajo y una estantería para colocar la herramienta y aceites necesarios para realizar el trabajo. Esta estación de trabajo no cuenta con la herramienta adecuada.

- Área de paneles de automatización

Cuenta con dos estaciones de trabajo y una estantería para colocar los diferentes componentes que necesiten. Además, poseen un barreno eléctrico de 1 hp y una pistola de calor para terminales eléctricas.

El resto de estas áreas están relacionadas directamente con equipos hidroneumáticos y sumergibles; las que son:

2.1.2.1. Oficina del departamento

En esta, el jefe del departamento realiza los reportes sobre avances en ciertos proyectos, realiza cotizaciones de repuestos, envía los reportes de diagnóstico a los clientes y asigna los diferentes trabajos que ingresan al departamento. Además, se localiza el supervisor del departamento, encargado de inspeccionar los trabajos terminados por los técnicos.

2.1.2.2. Área de recepción

Se realiza la recepción de los diferentes equipos de bombeo u otros productos que la empresa distribuye, para llevar a cabo su mantenimiento o reparación. En este lugar también se entregan los equipos ya reparados a los clientes. Al momento de realizar la recepción de cualquier equipo, el supervisor del departamento toma los datos necesarios del equipo y hace que el cliente verifique que todo esté en orden para evitar inconvenientes en el futuro. De igual manera, al entregar cualquier trabajo, el supervisor hace notar las reparaciones en el equipo, por medio de una serie de fotos tomadas durante el proceso de reparación o mantenimiento.

2.1.2.3. Área de trabajo para bombas hidroneumáticas

En esta área se encuentran dos estaciones de trabajo. No cuentan con la misma herramienta ni con los suficientes instrumentos de medición. Solamente una estación de trabajo cuenta con sistema neumático, utilizado para las pruebas a tanques a presión y para limpiar ciertos componentes.

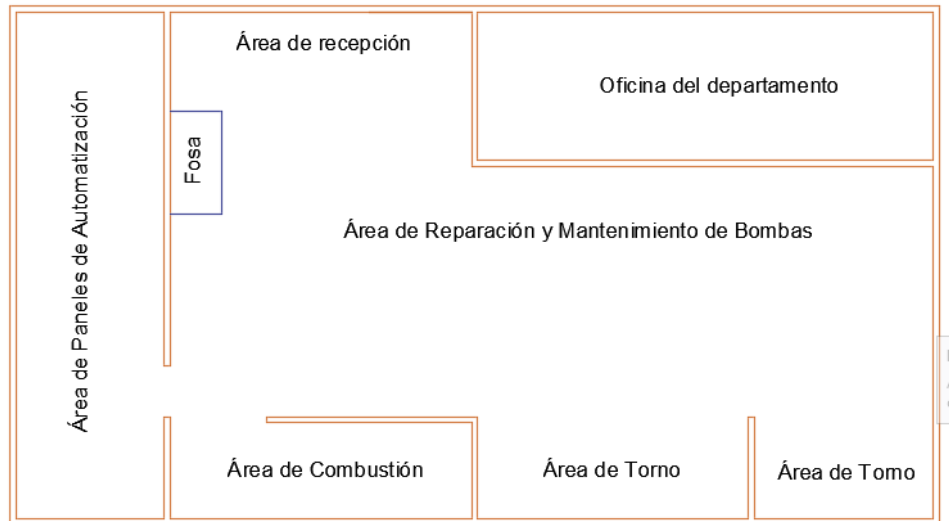
Al momento en que un técnico tiene que realizar una prueba de caudal, tiene que llevar a la fosa el equipo y colocar en ese lugar la tubería para realizar la prueba. También debe llevar el amperímetro de gancho para verificar la corriente que utiliza el equipo en la prueba.

2.1.2.4. Área de trabajo para bombas sumergibles

Cuenta con dos estaciones de trabajo. De igual manera, no cuenta con herramienta homogénea. Una estación de trabajo cuenta con dos mordazas tipo cadena, con el objetivo de poder sostener de mejor manera los motores sumergibles de gran tamaño y la bomba como tal.

Cerca de esta área de trabajo se encuentra un polipasto eléctrico. Su objetivo es poder levantar y trasladar de una forma más sencilla la bomba y el motor sumergible acoplados a la fosa para poder realizar las pruebas requeridas, de la misma manera poder retirarlo y desmotarlo de nuevo para poder realizar el procedimiento adecuado.

Figura 16. **Distribución de áreas en el departamento**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

2.1.2.5. Sistema hidráulico

Para realizar las pruebas de caudal, el departamento cuenta únicamente con una fosa que contiene 200 galones de agua. Cerca de ella existe una estantería en donde se almacena tubería de diferente diámetro, adicional almacena manómetros de diferentes rangos de presión.

El departamento no cuenta con sistema hidráulico individual para cada estación de trabajo que facilite la realización de la prueba de caudal y de amperaje. Debido a esto, los técnicos mecánicos desperdician tiempo que pueden utilizar en otras actividades.

2.1.2.6. Sistema neumático

El departamento cuenta con un sistema neumático simple, el cual es utilizado únicamente para la prensa neumática, pruebas a los tanques a presión y para una pistola de pintura. Este sistema se utiliza ocasionalmente en el departamento.

2.1.2.7. Sistema eléctrico

A continuación se describe el sistema eléctrico actual del departamento.

2.1.2.7.1. Iluminación

Cuenta con un sistema de iluminación general y no localizada. La mayor parte de la iluminación en el departamento es natural, por lo cual solo cuenta con dos luminarias tipo *metalarc* de 450 W para el área de mantenimiento y reparación de bombas. En el caso del área de combustión, el área de paneles de automatización y el área de torno cuenta con luminarias fluorescentes de doble tubo de 32 W.

2.1.2.7.2. Potencia

La potencia utilizada en el departamento es de 480 voltios de corriente trifásica. Estos entran a un tablero principal, que a su vez distribuye la corriente a dos tableros secundarios.

El primer tablero secundario es utilizado para la iluminación y equipo de cómputo. El segundo tablero secundario contiene los flipones específicos para

el torno y la fresadora. También contiene flipones de los tomacorrientes de 110 y 220 voltios, utilizados para las pruebas en motores.

2.1.3. Descripción de los proceso del taller

Los procesos del departamento en general son dos: mantenimiento o reparación de los diferentes equipo y fabricación de paneles eléctricos de automatización. A continuación se describirá los procedimientos que conllevan el mantenimiento o reparación de equipo de bombeo.

2.1.3.1. Procedimiento de recepción de equipo

En el momento en que un cliente arribe al departamento con un equipo de bombeo, el jefe o el supervisor del departamento proceden a tomar los datos necesarios del equipo, tales como: marca, modelo, serie, hp, etapas, entre otros. Además toma la falla reportada.

Luego, se procede a asignar un técnico para llevar a cabo el diagnóstico. El diagnóstico del equipo conlleva una serie de pruebas con las cuales se determinará las posibles fallas. Luego de las pruebas, se procede a desarmar el equipo y tomar fotografías de los componentes dañados o de la falla encontrada.

Una vez realizado el diagnóstico, el técnico procede a realizar un reporte, en el cual, describe el estado del equipo, los resultados de las pruebas realizadas y brinda su conclusión y la posible solución. Este reporte es revisado por el supervisor del departamento, quien realiza observación y verifica que todo concuerde.

El técnico procede a entregarle el reporte al jefe de departamento, y este se encarga de realizar el listado de componente para la reparación y el costo de los mismos. Luego le informa al cliente. Este decidirá si se realiza el mantenimiento o la reparación, o retira su equipo del departamento.

Si el cliente decide realizar la reparación, el técnico mecánico se encarga de recoger los repuestos en la bodega, hacer los cambios y realizar las pruebas necesarias para garantizar el trabajo.

Figura 17. Formato de recepción de equipos

RECEPCION DE EQUIPO A TALLER																
RET-AQP-V-001-015																
Cliente															Tel.	
Fecha de recibido					Nombre de la persona que ingresa											
Tipo de Equipo:	Sumergible			Centrifuga			Piscina			Calentador			Quick Pack			
	Otro															
Ingresado por																
DATOS DE EQUIPO QUE INGRESA																
Marca de Bomba				Modelo				Serie				HP				
Marca de Motor				Modelo				Serie				HP				
Voltaje	115		208 1F.	208 3F	240		480	FS		FP		Amperios Placa				
Componentes que ingresan con el equipo				Via. De Check		Si	Ø	No	Niple de Descarga			Si	Ø			
Coladera	Si		No	Funda enfriamiento		Si	No	Coleta	Si	No	Empalme	Si	No			
Presostato	Si	No	Manómetro	Si	No	Protector de Cable		Si	No	Tornillo Ac	Si	No	Otro			
TIPO DE RECLAMO																
1	No arranca			5	Ruido Extraño			9	Deficiencia en Caudal			13	Bomba abuchea			
2	No levanta presión			6	Fugas			10	No Bombea			14	Se Dispara			
3	Se calienta la bomba			7	No se apaga			11	Amperaje Alto			15	Caudal Intermitente			
4	Recalentamiento en motor			8	Vibración Excesiva			12	Motor perforado			16				
Observaciones Generales.																

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

2.1.3.2. Procedimiento de diagnóstico de bombas hidroneumáticas

Según la falla reportada en el reporte de recepción de equipo al departamento, el técnico tendrá que proceder de la siguiente manera:

- Falta de presión
 - Verificar la entrada de succión, ya que puede contener entrada de aire.
 - Comprobar que no esté obstruido el *nozzly*.
 - Probar que el anillo del difusor no esté cristalizado.
 - Examinar que el impulsor y el eje no presenten desgaste excesivo.
 - Revisar los sellos mecánicos.
 - Inspeccionar la voluta.
 - Verificar plato porta sellos.

- Tanque hidroneumático
 - Verificar el estado del diafragma o membrana.
 - Comprobar que el interruptor de presión no tenga cortocircuito.

- Vibración excesiva
 - Comprobar el estado de los cojinetes.
 - Verificar el estado de las cuñas de los cojinetes.

- Caudal deficiente
 - Verificar el desgaste del impulsor.
 - Comprobar el estado del difusor.

2.1.3.2.1. Procedimiento de diagnóstico de motor de bomba hidroneumática

El técnico tendrá que proceder de la siguiente manera al momento de realizar el diagnóstico al motor de una bomba hidroneumática:

- Prueba de aislamiento a la bobina.
- Prueba de resistencia a la bobina.
- Comprobar que el giro no esté atascado.
- Verificar los siguientes componentes mecánicos:
 - Cojinete superior e inferior.
 - Cuñas de cojinete.
 - Ventilador.
 - Rotor y enchapado.
- Verificar los siguientes componentes eléctricos:
 - Interruptor de presión.
 - Capacitor de arranque.
 - Capacitor de marcha.
 - Platinos de arranque.

- Protector térmico.
- Placa bornera.
- Colocar cada componente en el lugar de origen.
- Realizar reporte, en el cual se dará a conocer las fallas, las posibles causas de las mismas y las soluciones.

2.1.3.3. Procedimiento de diagnóstico de bombas sumergibles

El técnico llevará a cabo los siguientes pasos al momento de realizar el diagnóstico a una bomba sumergible en cualquiera de sus tipos:

- Verificar el giro del eje.
- Colocar polipasto a la bomba y alzar hasta alcanzar una altura adecuada para unificarla con un motor sumergible adecuado.
- Sumergir bomba y motor en fosa de pruebas.
- Acoplar tubería adecuada para la recirculación de agua.
- Colocar un manómetro de acuerdo a la presión que opera la bomba.
- Realizar un arranque libre, en el cual se determine la presión a operar.
- Tomar la presión a la cual operó el arranque libre y determinar las presiones adecuadas para las siguientes cuatro pruebas.

- Realizar cuatro pruebas consecutivas, tomando el tiempo en el cual la bomba transmite 100 galones de agua a las presiones antes determinadas. En cada prueba se verificará el amperaje que se está consumiendo.
- Retirar bomba y motor de la fosa de prueba desacoplando el manómetro y tubería usada.
- Trasladar bomba y motor a la estación de trabajo, retirar el polipasto y retirar el motor de la bomba.
- Medir el juego axial y radial del eje de la bomba.
- Desarmar la bomba y verificar el estado del ojo del impulsor, *bushing*, impulsores y cojinetes.
- Armar la bomba y comparar el caudal obtenido en las pruebas realizadas con las teóricas.
- Realizar reporte, en el cual se dará a conocer las fallas, las posibles causas de las mismas y las soluciones.

2.1.3.3.1. Procedimiento de diagnóstico de motor sumergible

- Realizar pruebas de aislamiento a las bobinas del motor desde la coleta.
- Ejecutar pruebas de resistencia a las bobinas del motor desde la coleta.

- Retirar coleta.
- Realizar pruebas de aislamiento y resistencia nuevamente, pero ahora medir en las puntas de las bobinas del motor.
- Verificar giro del eje.
- Verificar juego axial y radial.
- Realizar reporte, en el cual se dará a conocer las fallas, las posibles causas de las mismas y las soluciones.

2.1.4. Manejo de los desechos

En el momento en que se realiza una actividad de mantenimiento o reparación, automáticamente se crean desechos. Existen tres clases de desechos en el departamento, los cuales son: juntas y sellos, desechos sólidos y líquidos de trabajo.

2.1.4.1. Juntas y sellos

Las juntas y sellos son elementos primordiales en cualquier tipo de bomba, ya sea sumergibles o hidroneumáticas. Este tipo de desecho es constante en el departamento, ya que siempre que se repara un equipo, estos son removidos sin importar su estado. En el departamento no se maneja ningún tipo de control sobre este tipo de desechos.

2.1.4.2. Desechos sólidos

Desechos sólidos, se refiere a todos los desechos que produce el departamento al cambiar piezas metálicas al momento de reparar o dar mantenimiento a un equipo. Se puede nombrar como desechos sólidos a los cojinetes, volutas, impulsores, *bushing*, entre otros. En este caso, la empresa maneja un plan de reciclaje para tener un mejor control sobre ellos.

2.1.4.3. Líquidos de trabajo

El departamento utiliza una serie de líquidos necesarios para el trabajo de mantenimiento y reparación de bombas. Algunos de estos son: Aceite de corte, aceite lubricador, pegamento 680, pegamento 271 y grasa NLGI. El departamento no maneja ningún tipo de control sobre este tipo de desechos.

2.2. Registros del departamento de mantenimiento y reparación de bombas

A continuación, se presenta el registro de bombas armadas, reparadas o que se les realizó mantenimiento en el departamento durante dos meses. En estos registros se puede notar cuáles son las reparaciones más frecuentes y los mantenimientos más comunes practicados a los equipos de bombeo. Esto es importante, ya que al momento de diseñar la estación de trabajo, esta debe ser bosquejada, tomando en cuenta las actividades más comunes y las necesidades que se tienen que tomar en cuenta al momento de proceder.

Tabla II. **Reparaciones a bombas sumergibles**

Reparación por	Cantidad
Sobrecalentamiento	2
Impulsor dañado	10
Juego Axial y Radial	13
Falta de Presión	4
Vibraciones Excesivas	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Reparaciones a bombas hidroneumáticas**

Reparación por	Cantidad
Sobrecalentamiento	9
Capacitor de arranque	6
Capacitor de marcha	5
Cojinetes	13
Ojo del impulsor	3
Tanque a presión	5
Válvula de succión	3
Anillo de difusor cristalizado	2
Sellos mecánicos	2
Impulsor desgastado	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Mantenimiento a bombas sumergibles**

Mantenimiento por	Cantidad
Sellos	3
Juego axial	4
Juego radial	2
Desgaste de impulsores	13
Daños eléctricos al motor	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Mantenimiento a bombas hidroneumáticas**

Mantenimiento por	Cantidad
Presión	9
Caudal	7
Motor	5
Tanque a presión	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Armado de equipo de bombeo**

Armado de	Cantidad
Bombas sumergibles	4
Bombas hidroneumáticas	17

Fuente: elaboración propia.

2.3. Medidas antropométricas de técnicos mecánicos

En el departamento, el área de mantenimiento y reparación de bombas se conforma por cuatro técnicos mecánicos, los cuales poseen medidas antropométricas similares.

Debido a que se realizará un diseño para un grupo pequeño de personas, se tomará como base el principio de diseño para extremos; ya que en este caso se tomarán las medidas del mínimo, para que el resto de personas realicen las mismas actividades sin ningún inconveniente. Para realizar correctamente el diseño e interpretar de la mejor manera las medidas antropométricas de los técnicos mecánicos, se debe realizar un análisis de las siguientes situaciones:

- Métodos de trabajo que se realizarán en las estaciones de trabajo.

- Posturas y movimientos más frecuentes.
- A partir del análisis de las situaciones anteriores y de las medidas antropométricas, se puede conocer cuáles son herramientas e instrumentos y su frecuencia.

Tabla VII. **Medidas para diseño de estación de trabajo (Posición sentado)**

Abreviatura	Descripción
AP	Altura Poplítea
SP	Distancia sacro-poplítea
SR	Distancia sacro-rótula
MA	Altura de muslo desde el asiento
MS	Altura del muslo desde el suelo
CA	Altura del codo desde el asiento
AmínB	Alcance mínimo del brazo
AmáxB	Alcance máximo del brazo
AOs	Altura de los ojos desde el suelo
Acs	Anchura de caderas sentado
CC	Anchura de codo a codo
RP	Distancia respaldo-pecho
RA	Distancia respaldo-abdomen

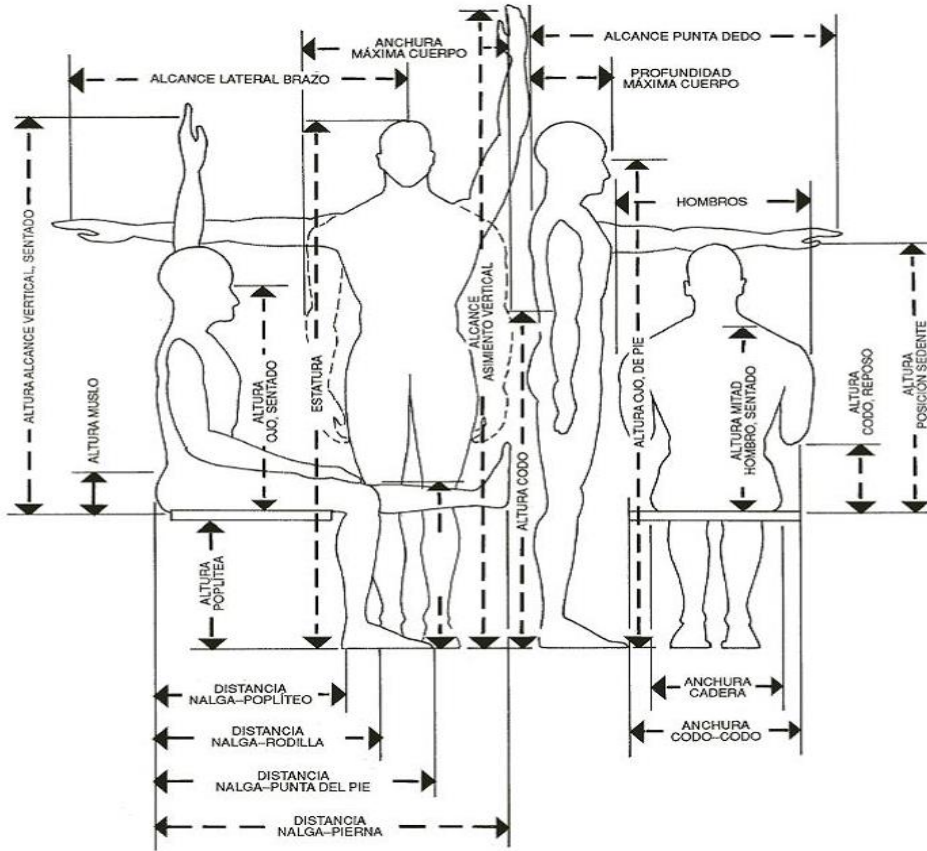
Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 64.

Tabla VIII. **Medidas para diseño de estación de trabajo (Posición de pie)**

Abreviatura	Descripción
E	Estatura
CSp	Altura de codos de pie
AOp	Altura de ojos de pie
Anhh	Ancho de hombro a hombro

Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1, Fundamentos*. p. 64.

Figura 18. **Medidas básicas para el diseño de estaciones de trabajo**



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Prevención: Diseño de puestos de trabajo*. https://www.uv.es/sfpenlinia/cas/264_prevencion_diseño_puestos_de_trabajo.html.

Consulta: 30 de agosto de 2018.

En la siguiente tabla se muestran las medidas antropométricas de los técnicos mecánicos, tanto de pie como sentados:

Tabla IX. **Medidas antropométricas**

Medida	Técnico 1 (cm)	Técnico 2 (cm)	Técnico 3 (cm)	Técnico 4 (cm)	Técnico 5 (cm)
Ap	43	45	40	47	48
Sp	46	49	40	51	51
Sr	56	60	52	64	65
Ma	12	15	9	19	23
Ms	56	60	53	63	63
Ca	18	22	15	27	29
AminB	54	60	51	65	68
AmaxB	66	70	60	75	79
AOs	105	107	99	111	112
ACs	35	42	32	50	57
CC	42	47	36	52	57
RP	15	17	12	20	22
RA	21	23	19	26	29
E	166	170	160	175	180
CSp	95	97	89	100	105
AOp	150	156	146	163	170
Anhh	45	52	37	62	67

Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE DISEÑO

3.1. Diseño de pruebas

Se describen las pruebas a realizar en el mantenimiento de bombas hidroneumáticas o sumergibles.

3.1.1. Caudal

Dentro de los síntomas de falla de un caudal demasiado reducido se procede a analizar las causas, entre las cuales están:

- Sentido de giro falso.
- Fuga en la tubería de presión.
- Cojinetes gastados.

Luego de encontrar la causa por la cual el caudal es demasiado reducido, la bomba se integra a un circuito, en el cual dicha variable se medirá por medio de un caudalímetro o de alguna prueba de caudal, dando una lectura en galones por minuto; seguidamente, se realizará una comparación de la lectura con el valor que recomienda el fabricante.

3.1.2. Presión

En sistemas de circulación de agua se necesita mantener un nivel de caudal a una velocidad adecuada, con el propósito de evitar turbulencias en el circuito. Por lo tanto, se necesita aplicar cierta energía en forma de presión. En

este caso, la presión podrá ser medida por medio de un manómetro, situación en la cual podremos comparar la lectura con el valor que el fabricante recomienda.

3.1.3. Temperatura

El exceso de temperatura en una bomba puede ser causado por componentes mal ajustados y, debido a la fricción de este, se provoca el calentamiento de la bomba.

3.1.4. Vibración

Las vibraciones en una bomba pueden ser causadas mecánica o hidráulicamente. Mecánicamente puede afectar componentes des balanceados, contacto entre la cara rotativa y la estacionaria, rodamientos desgastados, entre otros. Hidráulicamente, puede afectar la manera de operación, flujo turbulento, recirculación, entre otras.

3.2. Detalles del diseño

Se describen los detalles de diseño para el área de trabajo.

3.2.1. Cálculos para la cimentación adecuada

Dado que todas las bombas tienen diferente peso y necesitan estar en una base horizontal perfectamente nivelada, se tiene que realizar una cimentación adecuada.

Los requisitos fundamentales de una cimentación son los siguientes:

- Tipo de suelo.
- El nivel de la misma deberá estar a una profundidad que se encuentre libre de cambios de volumen de suelo, excavaciones posteriores, entre otros.
- Sus dimensiones no deben superar la estabilidad portante del suelo.

Para el diseño de la cimentación se utiliza el método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. Primero, se definirá el tipo de suelo del área.

- Tipo de suelo

El suelo de la empresa fue previamente evaluado antes de la construcción de las diferentes áreas. Con base en dicho análisis del sitio, realizado por el Ingeniero Carlos Solares, el tipo de terreno corresponde a la categoría III, integrado por arcilla, grava y roca.

Por medio de los valores de diseño para suelos bajo cargas estáticas se podrá obtener la carga permisible y el coeficiente de compresión elástica uniforme con lo cual se podrá obtener las especificaciones de la cimentación adecuada.

Tabla X. **Carga permisible y coeficiente de compresión dependiendo el tipo de suelo**

Categoría de suelo	Grupo de suelo	Carga permisible (kg/cm²)	Coeficiente de compresión elástica uniforme (kg/cm³)
I	Suelos poco resistentes (arcillas fangosas con arena en estado plástico); barro y arena fangosa. También suelos de categoría II y III con capa orgánica y turba.	0-1,5	0-3,0
II	Suelos de resistencia media (arcillas y arcillas fangosas cerca del límite plástico, arenas).	1,5-3,5	3,0-5,0
III	Suelos fuertes (arcillas y arcillas fangosas con arena de consistencia dura; grava y arena gravosa; marga y suelos margosos).	3,5-5,0	5,0-10,0
IV	Roca	Mayor a 5,0	Mayor a 10,0

Fuente: CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. p. 31.

- Carga producida por la estación de trabajo

En el lugar únicamente se tendrán cargas estáticas debido al tamaño del equipo con el que se trabajará, las cuales son el peso de la bomba y el de la estación de trabajo. Se tiene que estimar el valor del peso del cimient, excediendo por lo general un 50 % el peso de la estación de trabajo y de la bomba. En el peso de la bomba se tomará el mayor de los históricos de equipos que manejan.

- Peso de estación de trabajo: 30 kg.
- Peso de bomba sumergible: 25 kg.

- Determinar si es necesario una cimentación especial

En algunos casos el equipo puede generar cargas de gran tamaño y otros pueden ser insignificantes para requerir un diseño especializado. Se realiza una comparativa del valor del soporte del suelo con las dimensiones del lugar, obteniendo la carga soportada por unidad de área. En este caso el tipo de suelo III, tiene una carga permisible en el rango de 3,5 y 5 kg/cm².

Con la carga estática se conocerá el esfuerzo que tendrá que soportar la cimentación:

- $$Esfuerzo = \frac{(30+25)kg}{9\ 600m^2} = 0,0057kg/cm^2$$

En este caso el esfuerzo dinámico no aplica ya que es una carga muy pequeña, por lo tanto se tomará únicamente el estático.

- Asentamiento

Debido a que la estructura a instalar representa un esfuerzo pequeño, se utilizará la medida de asentamiento de una losa con un valor de 8 cm con un espesor de 15 cm.

- Masa del cimiento

La cimentación debe soportar las cargas aparentes y las vibraciones producidas por los elementos complementarios del equipo. Los criterios con los que se planificará son los siguientes:

- La masa del cimiento debe ser el doble que la de la maquinaria cuando está sometida a cargas estáticas.
- De dos a tres veces la masa de la maquinaria cuando esta presenta movimientos que crean fuerzas centrífugas.
- De tres a cinco veces la masa de la maquinaria si esta presenta movimientos oscilantes.
- El Grosor del cimiento debe ser mayor que 1/5 de la dimensión más pequeña del cimiento o 1/10 de la dimensión mayor del cimiento.
- Los lineamientos generales también especifican que un 75-80 % del grosor del cimiento debe permanecer empotrado en el suelo.²⁴

Basándonos en los criterios anteriores el grosor del cimiento debe ser:

$$\text{Grosor} = \frac{1}{10} * (160 \text{ cm}) = 16,0\text{cm}$$

Con una masa igual a:

$$\text{Masa cimiento} = 3 * 55\text{kg} = 165,0\text{kg}$$

Materiales:

El cimiento se conforma de cemento, arena y grava en conjunto con agua y un refuerzo de metal.

²⁴ CANO LÓPEZ, Ariel. *Gestión y diseño del montaje de una línea de producción de aglomerados del centro de investigaciones de la facultad de ingeniería*. p. 119.

Tabla XI. **Asentamientos de mezclas**

Estructura	Asentamiento (cm)
Cimientos, muros reforzados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Pavimentos y losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería de la USAC.

Tabla XII. **Cantidad de agua por asentamiento**

Asentamiento en cm	Cantidad de agua litro/metro cúbico				
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1"	1 1/2 "
3 – 5	205	200	185	180	175
8 – 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería de la USAC.

En la tabla XI se propone un asentamiento de 10 cm para una estructura de cimiento. En este caso se utilizará un agregado de 1" y se recomienda utilizar 195 litros de agua por metro cubico, como se observa en la tabla XII.

La resistencia de la estructura es vital, por lo cual se determinará la proporción de agua adecuada por medio de la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Proporción de agua frente a resistencia estructural**

Resistencia en kg/cm ²	Relación agua/cemento
352	0,47
316	0,50
281	0,54
246	0,57
210	0,60
176	0,64

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería de la USAC.

De acuerdo con la tabla anterior podemos determinar que la proporción adecuada es 0,57 de agua y cemento para llevar a cabo la mezcla.

La proporción de cemento adecuada la obtenemos por medio del siguiente cálculo:

$$\text{Cemento: } \frac{\frac{195 \text{ kg agua}}{\text{m}^3}}{0,57} = 342 \text{ kg cemento/m}^3$$

Proporción de arena o agregado fino:

En este caso se determinará la proporción comparando el tamaño del agregado grueso:

Tabla XIV. **Comparativo de agregado fino y grueso**

Tamaño máximo del agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado Total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería de la USAC.

Para un agregado grueso de 1" se utiliza un porcentaje de arena sobre agregado total de 42 %. Utilizando el peso unitario del cemento y la cantidad de agua con cemento y realizando una diferencia podemos encontrar la cantidad total de agregado total. En este caso se utilizará un peso de concreto igual a 2 400 kg/m³.

$$2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 342 \text{kg} \frac{\text{cemento}}{\text{m}^3} - 195 \text{kg} \frac{\text{agua}}{\text{m}^3} = \frac{1\,863 \text{ kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado total}$$

El 42 % de agregado fino es de:

$$\frac{1\,863 \text{ kg agregado total}}{\text{m}^3} * 0,42 = 782 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado fino}$$

Y el agregado grueso es la resta del agregado total y del agregado fino.

$$\frac{1\,863 \text{ kg}}{\text{m}^3} - \frac{782 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{1\,081 \text{ kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado grueso}$$

Estructura metálica:

Debido a que la estructura de cemento soporta de mejor manera las cargas de compresión; las cargas estáticas así como los esfuerzos vibratorios y de tensión recaen directamente a la estructura metálica proporcionando un resguardo completo.

Tabla XV. **Propiedades mecánicas de varillas de acero**

Propiedades mecánicas mínimas	Grado 40	Grado 60
Límite de fluencia	40 000 psi	60 000 psi
Máxima resistencia	60 000 psi	90 000 psi

Fuente: Aceros de Guatemala. <http://www.acerosdeguatemala.com/>. Consulta: 28 de enero de 2018

3.2.2. Sistema eléctrico

A continuación se presentan propuestas de mejora en el sistema eléctrico del departamento.

3.2.2.1. Iluminación

En cualquier actividad es de gran importancia la iluminación, ya que permite una mejor productividad y un mejor desarrollo por parte del personal. Actualmente, la empresa cuenta únicamente con dos luminarias de *metalarc* de 450 Watts, las cuales no proveen el nivel de iluminación adecuada para la actividad que se realiza en el área.

El Acuerdo Gubernativo 33 – 2 016, emitido por el Ministerio de Trabajo y Prevención Social de Guatemala, indica la cantidad adecuada de Lux para

diferentes actividades. En este caso, el nivel adecuado es de 200 - 500 Lux. A continuación, se presenta un fragmento de este acuerdo.

Tabla XVI. **Niveles de iluminación en fábricas**

Zona de trabajo	Exigencia visual	Nivel mínimo de lux
Áreas de tránsito y pasillo	Baja	100-150
Tanques y bombas	Baja	100-150
Sala de calderas y C.C.	Media	150-200
Bandas transportadoras	Media	150-200
Bodegas de almacenaje	Alta	200-500
Bancos de trabajo	Alta	200-500
Control de calidad	Alta	500-1000
Laboratorios	Alta	500-1000

Fuente: Ministerio de Trabajo y Prevención Social. *Acuerdo Gubernativo 33-2016*. p. 7.

3.2.2.2. Potencia

Para el área de potencia se utilizarán tomacorrientes con un grado IP 68, debido al constante trabajo con agua. Habrá un tomacorriente para 120 voltios y 220 voltios.

3.2.3. Sistema hidráulico

En el sistema hidráulico de las estaciones de trabajo se utilizará agua como medio transmisor de energía, ya que en algunos casos se utiliza aceite.

3.2.3.1. Línea de ingreso

Debido a la colocación actual de la fosa en el departamento, las bombas a prueba llevarán a cabo una succión negativa, por lo que será importante cebar

las bombas. La línea de ingreso deberá llevar un filtro, con lo cual se pretende retirar partículas sólidas en suspensión que puedan afectar el funcionamiento de las bombas.

3.2.3.2. Línea de retorno

Es necesaria una línea de retorno que se dirija a la fosa, debido a que el fluido se utilizará una y otra vez. También se debe colocar un filtro en la línea de retorno, ya que en el circuito pueden existir ciertas partículas. Con esto se asegura que no entren partículas extrañas a la bomba.

3.2.4. Sistema neumático

Las estaciones de trabajo utilizarán aire como medio de comprobación del buen estado del tanque a presión de las bombas hidroneumáticas. Se colocará una línea en cada estación de trabajo.

3.2.5. Medición de caudal

Se utilizará un caudalímetro, realizando la prueba se cinco veces, con el fin de tener una mayor exactitud. Luego, se comparará con los datos del fabricante. El método volumétrico para realizar la medición de caudal es una alternativa a tomar en cuenta. La fosa actual tiene una capacidad de doscientos galones, que es el volumen conocido. Con esto solamente se tiene que conocer el tiempo en el cual el volumen conocido se trasladó. Esta prueba también se repetirá cinco veces con el fin de tener una mayor exactitud y se comparará con los resultados del fabricante.

3.2.6. Medición de presión

Para realizar una medición adecuada se utilizará un manómetro de inserción roscado, con lo cual se podrá determinar el valor y comparar con el del fabricante.

Figura 19. **Manómetro de inserción roscado**



Fuente: Wika. *Manómetros*. www.bloginstrumentacion.com/. Consulta: 28 de enero de 2018

3.2.7. Medición de temperatura

Se utilizará un medidor de temperatura superficial, con el cual se pueda determinar de manera rápida y fácil la temperatura de un objeto.

3.2.8. Medición de vibraciones

Un medidor de vibraciones realiza lecturas de vibraciones globales o específicas, como el estado de los rodamientos de una maquinaria. Estos medidores normalmente contienen una punta de sensor de fuerza y vibraciones que proporcionan lecturas precisas y fáciles.

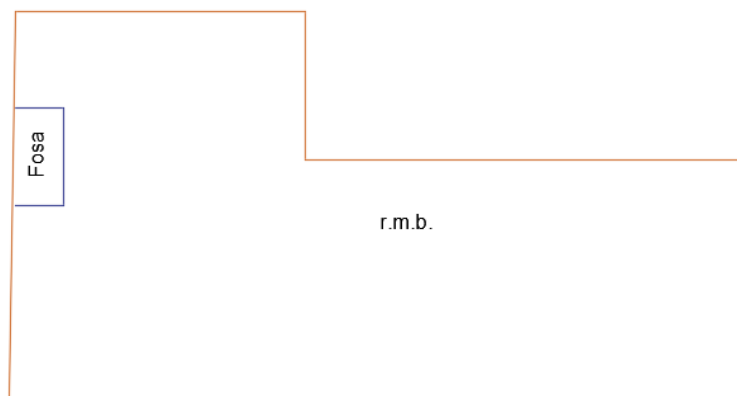
3.3. Distribución física

Se debe encontrar la distribución apropiada para la colocación de cada estación de trabajo. Además, se delimitan las áreas y se debe señalar adecuadamente.

3.3.1. Planos de la instalación física

El departamento cuenta con seis áreas, debido a que las estaciones de trabajo son únicamente para el mantenimiento y reparación de bombas hidroneumáticas y sumergibles, se tendrá que localizar dentro del área propuesta para esta actividad.

Figura 20. **Plano de área de reparación y mantenimiento de equipo de bombeo**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

3.3.2. Medidas antropométricas del personal

Las medidas antropométricas del personal mencionadas en el segundo capítulo del presente trabajo de graduación, fueron utilizadas para determinar las dimensiones estructurales de las estaciones de trabajo con el propósito de mejorar considerablemente su seguridad, productividad y salud. En este caso, se utilizó el principio de diseño para extremos, debido a que son solo cuatro técnicos los que se tomarán en cuenta para el diseño. Con esto se determinó utilizar las medidas del técnico más pequeño, de esta manera, los demás podrán alcanzar sin dificultad el resto de herramientas o instrumentos.

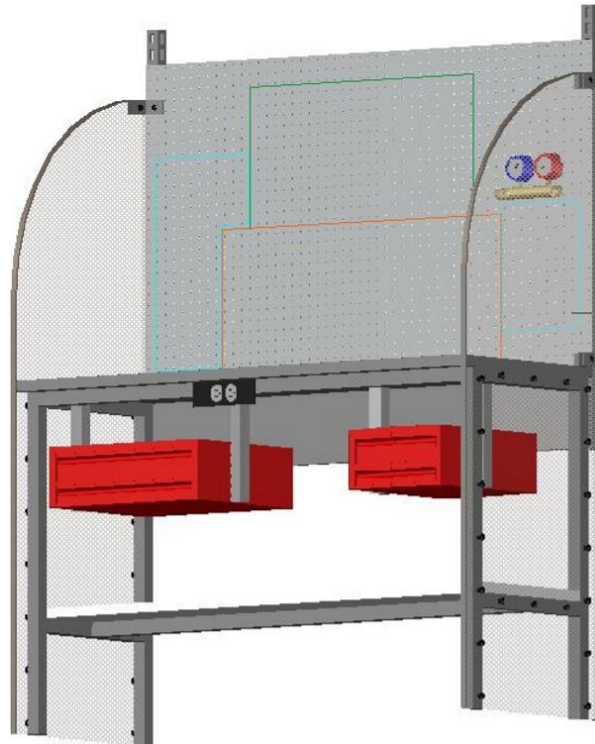
3.3.3. Dimensiones de las estaciones de trabajo

A continuación se presentan las diferentes vistas de la estación de trabajo y los planos de los diferentes sistemas que la conforman.

3.3.3.1. Plano de la estación de trabajo física

Se determinó el diseño final de la estación de trabajo. Las dimensiones de la misma se establecieron para definir el estándar, las cuales se obtuvieron por medio del método de extremos anteriormente nombrado. Las dimensiones se detallan a continuación junto con el plano:

Figura 21. **Plano de estación de trabajo**



Fuente: elaboración propia, utilizando programa SketchUp.

Tabla XVII. **Dimensiones de secciones de estación de trabajo**

Descripción	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
Mesa de trabajo	160	60	3
Panel perforado	160	-----	93
Gaveta de herramientas	53	25	10
Gaveta de instrumentos	20	25	10
Separador de estación	-----	64	180

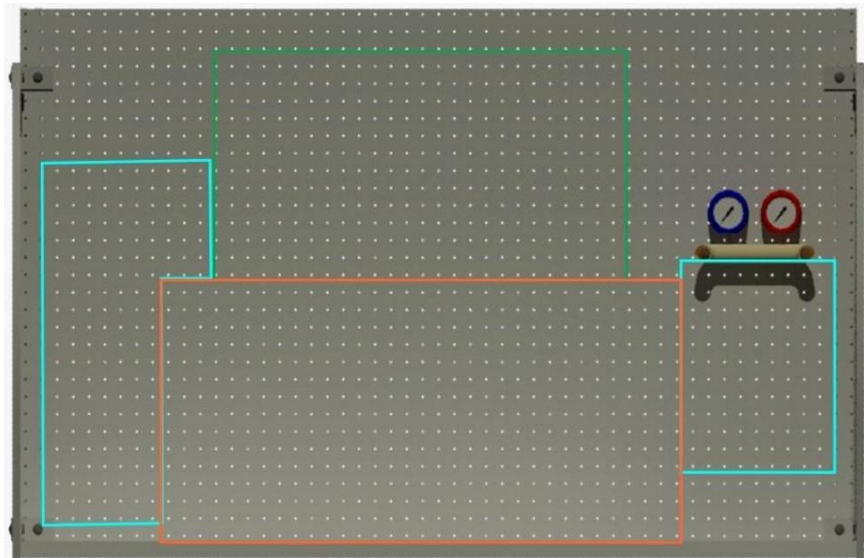
Fuente: elaboración propia.

3.3.3.2. Plano de la distribución de la herramienta

Para la distribución de la herramienta se utilizó la técnica *seiri*, ya que se eliminó todos aquellos objetos que eran innecesarios para las tareas llevadas a cabo en las estaciones de trabajo. Por medio de *seiton*, se organizó los elementos necesarios clasificándolos según la cantidad de veces utilizadas en las diferentes actividades y por último se estandarizó la herramienta en todas las estaciones de trabajo. A continuación se describe el criterio de distribución y su señalización:

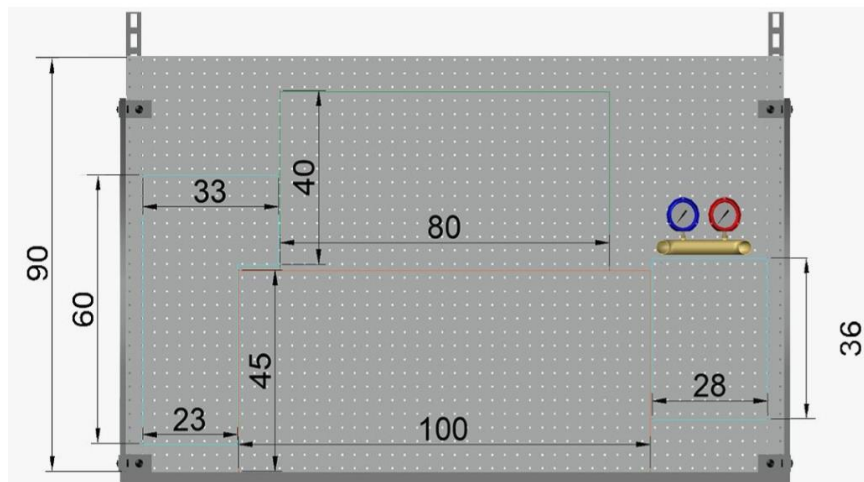
- Herramienta de uso habitual: se enmarca de color naranja e indica herramientas utilizadas en cada una de las operaciones efectuadas para los procedimientos que siguen en las reparaciones. Están directamente enfrente de la posición de trabajo del técnico, con el objetivo que obtenga la herramienta que necesite sin realizar mayor esfuerzo o pérdida de tiempo.
- Herramienta de uso eventual: se enmarca de color verde e indica herramientas usadas al menos un 50 % de las veces en los procedimientos de la estación de trabajo.
- Unidad de herramienta de poco uso: se enmarca de color naranja e indica herramientas de poco uso en las operaciones de la estación de trabajo.
- Gaveta de herramienta: en esta sección se ubicarán únicamente copas especiales para atornilladores eléctricos, utilizados para el despiece del equipo.

Figura 22. **Distribución de herramienta (Panel perforado)**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

Figura 23. **Dimensiones de módulos de distribución de herramienta**

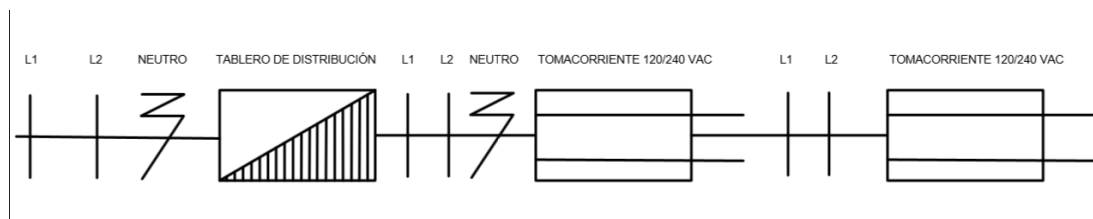


Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

3.3.3.3. Plano del sistema eléctrico

El sistema eléctrico para la estación de trabajo es un circuito simple, en donde se tomará del tablero de distribución, una línea hacia el tomacorriente 120 VAC, el cual se utilizará para conectar bombas hidroneumáticas. Además, se tomarán dos líneas hacia el tomacorriente 220 VAC, para las bombas sumergibles.

Figura 24. Sistema eléctrico de estación de trabajo

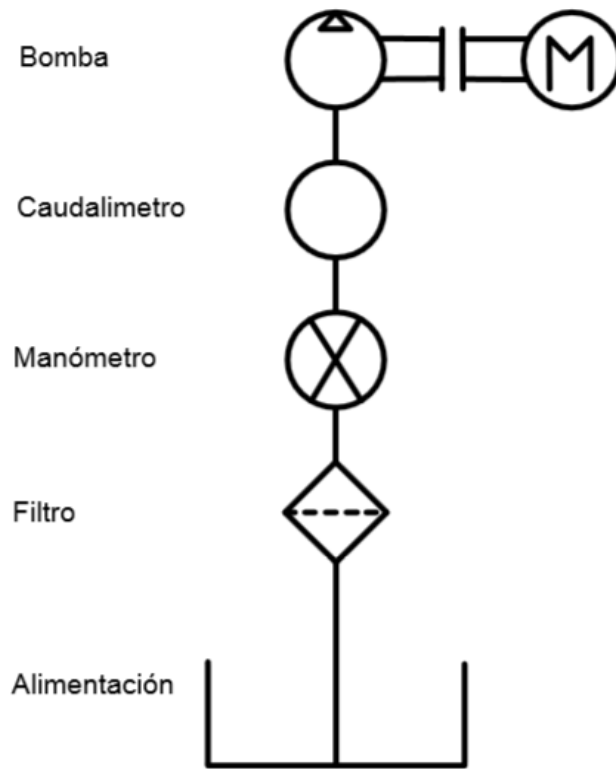


Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

3.3.3.4. Plano del sistema hidráulico

El sistema hidráulico se utilizará para realizar las pruebas correspondientes a las bombas, luego de haber aplicado una reparación. Este contará con un filtro en la línea de succión para evitar que partículas extrañas puedan entrar al circuito, y por ende, a la bomba. También contará con un manómetro y un caudalímetro antes de la bomba. A continuación, se presenta el plano del sistema:

Figura 25. Sistema hidráulico

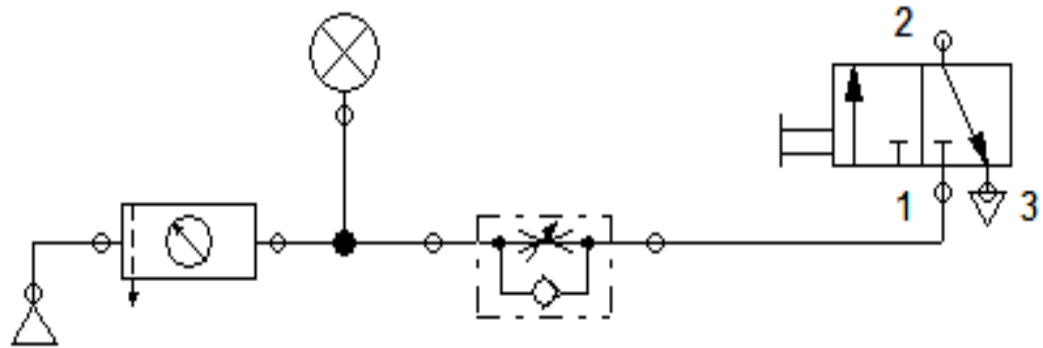


Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

3.3.3.5. Plano del sistema neumático

El sistema neumático estará constituido por una unidad de aire comprimido; seguidamente, por la unidad de mantenimiento, la cual ya tiene incorporado un filtro. Luego se colocará un manómetro y una válvula anti-retorno para concluir con una válvula de tres vías normalmente cerrada.

Figura 26. **Sistema neumático**

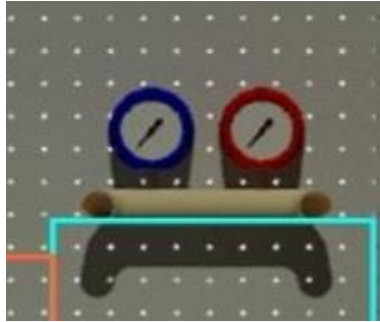


Fuente: elaboración propia, utilizando FluidSim.

3.3.3.6. **Plano de colocación de instrumentos de medición**

Los instrumentos de medición se dividirán en estacionarios, que tienen una posición exacta dentro del circuito hidráulico. En este caso, son el manómetro y el caudalímetro, y los instrumentos móviles; siendo estos, el medidor de vibraciones y el termómetro superficial, los cuales se encontrarán en la gaveta de menor tamaño.

Figura 27. **Instrumentos de medición estacionarios**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

Figura 28. **Instrumentos de medición móviles**

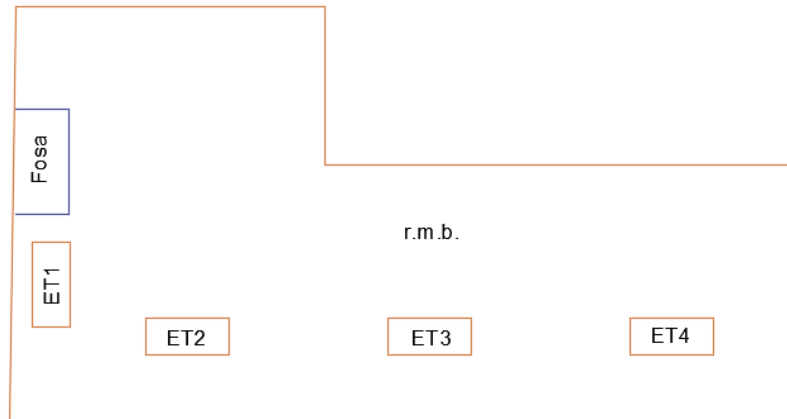


Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

3.3.4. Plano de la distribución de estaciones de trabajo

Se colocará una estación cerca de la fosa, debido a que en ella se llevarán a cabo los trabajos en bombas sumergibles, mientras que el resto se utilizará para trabajos en bombas hidroneumáticas.

Figura 29. **Plano de la distribución de estaciones de trabajo en el departamento**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

3.4. Seguridad industrial

Debido a las actividades industriales que se realizan en el departamento, se presentan algunas políticas de seguridad.

3.4.1. Políticas de seguridad

Las políticas de seguridad son un instrumento para identificar y analizar riesgos laborales asociados a las operaciones del lugar y describen las medidas que deben implementarse para su prevención y control.

3.4.1.1. Señalización de las áreas de trabajo

Dentro del departamento se tendrá que señalar cada área de trabajo, herramientas, salidas de emergencia y encaminamientos. De esta manera, se

tendrá un mejor control de los trabajos que se pueden realizar en las diferentes áreas, de las herramientas y suministros para que no dificulten en caso ocurra un sismo y, por último, los técnicos podrán saber a dónde dirigirse si ocurre un siniestro.

3.4.1.2. Señalización de las diferentes herramientas

La señalización de la herramienta, además de ayudar a un estándar, evita accidentes en un departamento de mantenimiento. Al dejarlas de utilizar, estas serán colocadas en su respectivo lugar señalizado, evitando que alguien por error las haga caer o por estar en un lugar equivocado, provoque algún suceso no planeado.

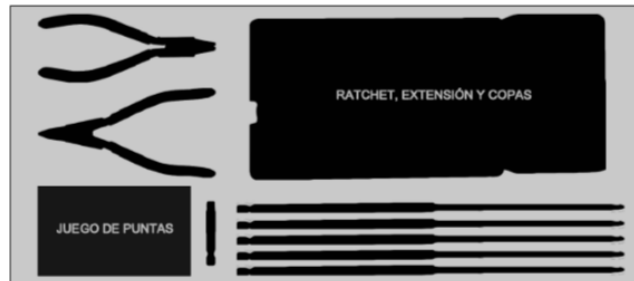
A continuación, se muestra la señalización de las herramientas en el panel perforado y en la gaveta de herramientas:

Figura 30. **Señalización de herramientas en estación de trabajo**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

Figura 31. **Señalización de herramienta en gaveta**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

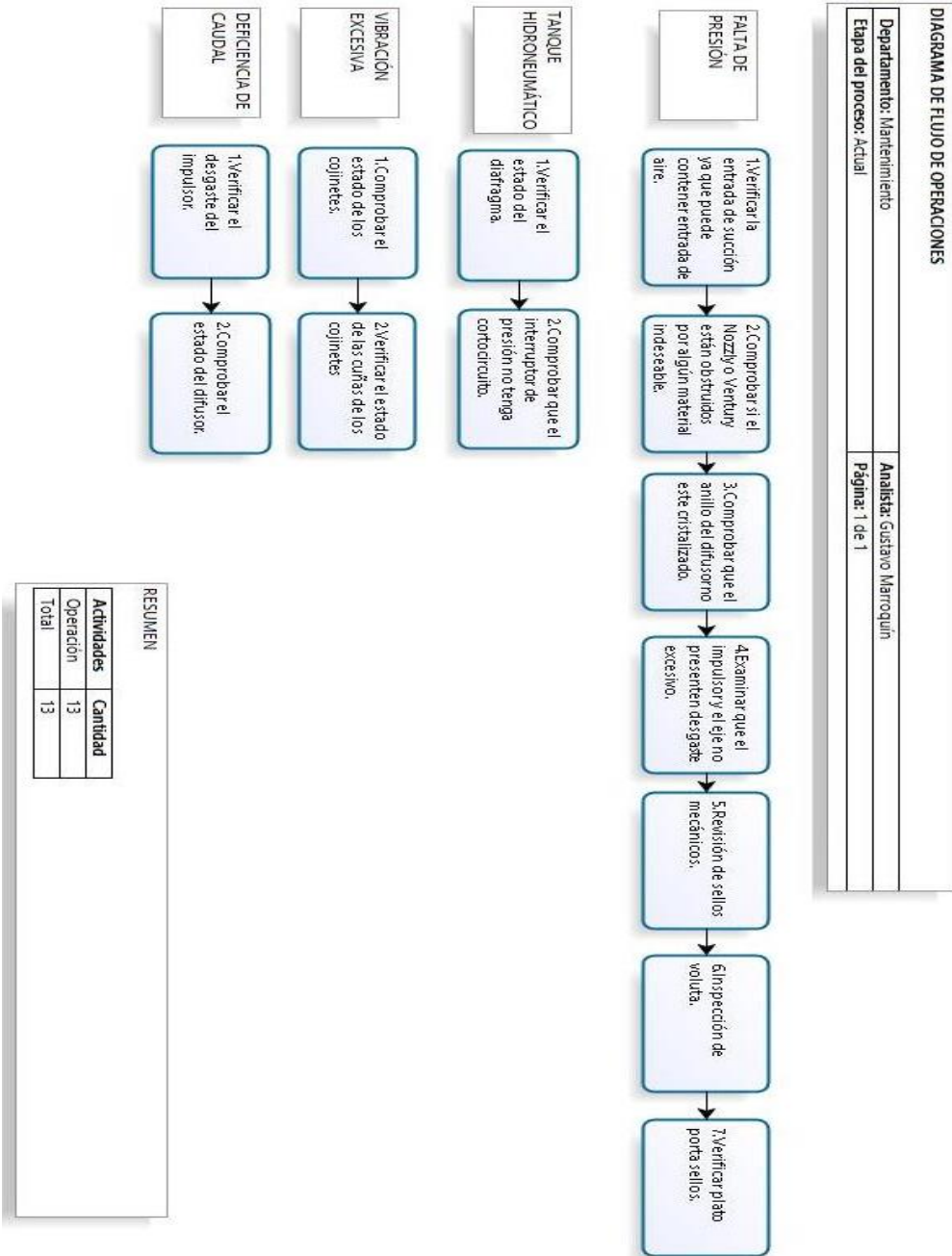
3.5. Estandarización

Se presentan los diagramas de flujo de los diferentes procedimientos del departamento.

3.5.1. Instructivo de procedimientos de la estación de trabajo

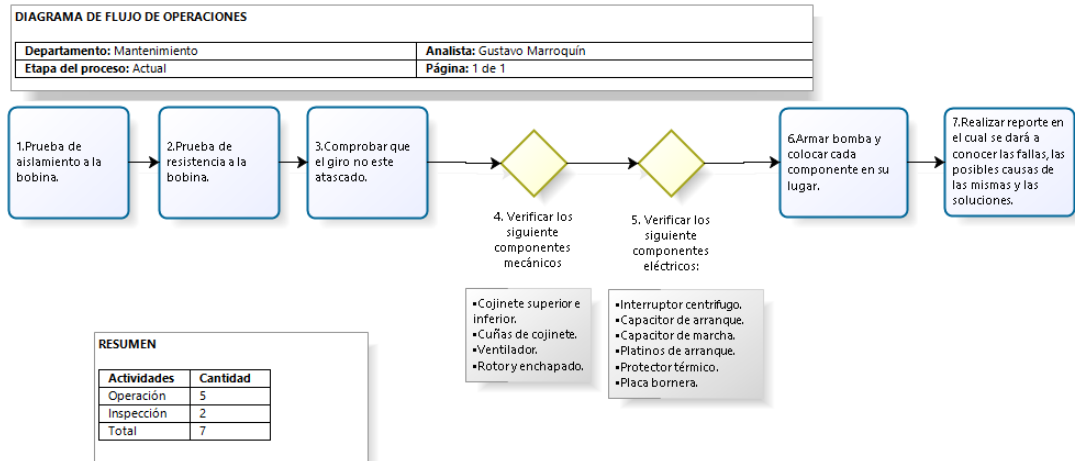
Se presentan los diagramas de flujo de los diferentes procedimientos que se llevan a cabo en las estaciones de trabajo:

Figura 32. Diagrama de flujo para diagnóstico de bombas hidroneumáticas



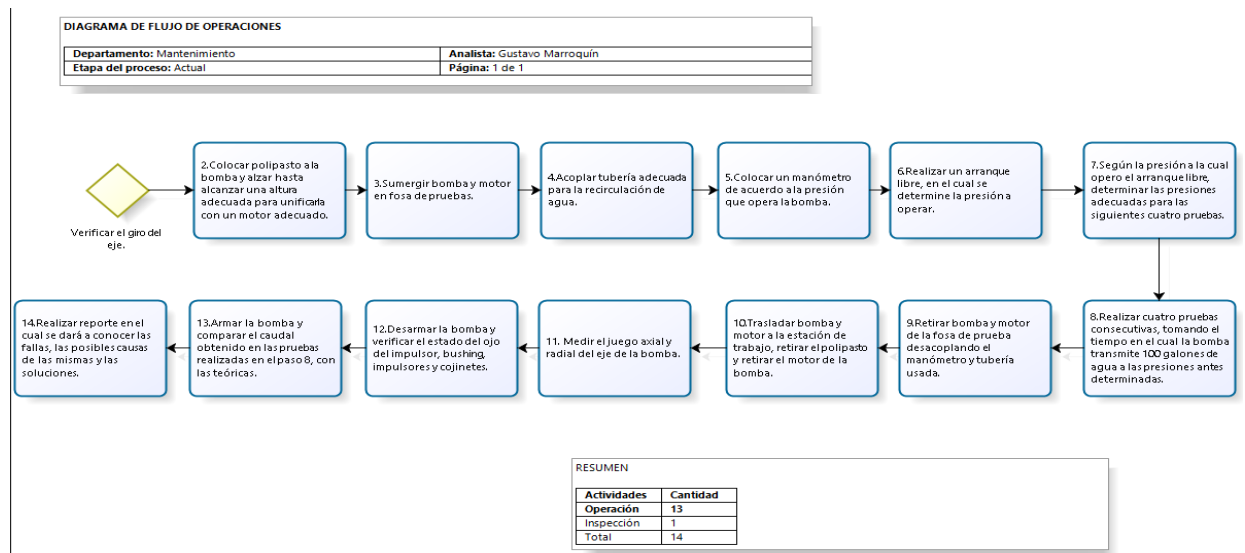
Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

Figura 33. Diagrama de flujo para diagnóstico de motor hidroneumático



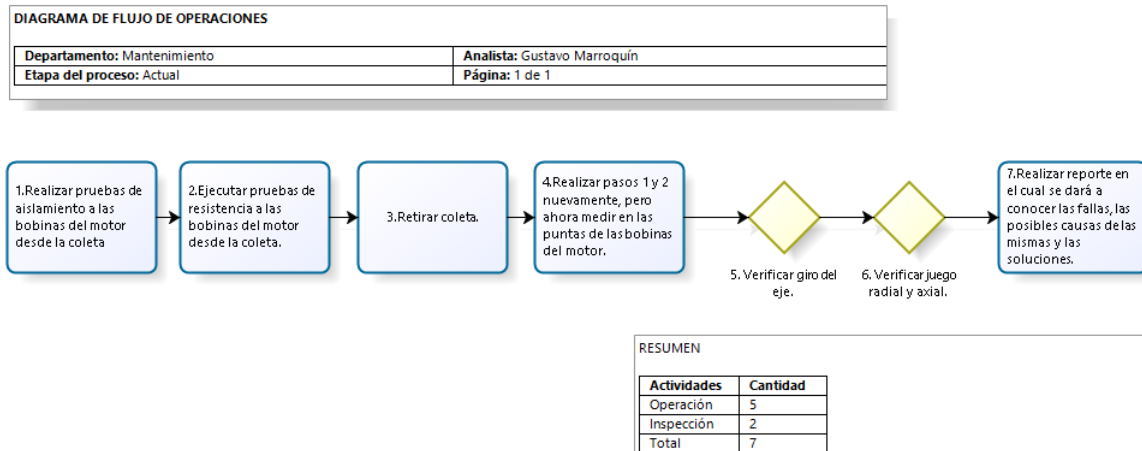
Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

Figura 34. Diagrama de flujo de diagnóstico de bombas sumergibles



Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

Figura 35. Diagrama de flujo de diagnóstico de motor sumergible



Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

3.5.2. Instructivo de equipo de seguridad industrial

El personal debe contar con el equipo de protección personal para la realización de las labores de inspección, reparación y mantenimiento de las diferentes bombas. Esto con el fin de evitar condiciones inseguras de trabajo, por lo que se plantea realizar charlas de información y concientización del buen uso del equipo de seguridad.

Entre el equipo de seguridad que tienen que utilizar se puede nombrar:

- Casco protector.
- Gafas protectores.
- Guantes.
- Botas con punta de acero.

3.5.3. Instructivo de mantenimiento

El departamento debe contar con procedimientos de limpieza enfocados en las estaciones de trabajo, debido a su constante contacto con grasas y líquidos, ya que esto puede causarle caídas o cortaduras al personal.

- Herramienta de la estación de trabajo: el empleado a cargo debe proceder a retirar la grasa acumulada en cada una de las herramientas utilizadas a lo largo de la jornada laboral.
- Mesa de trabajo: el empleado a cargo debe retirar la grasa acumulada sobre la parte superior de la mesa. Es importante retirar cualquier resto de grasa, aceite o restos de metal, ya que a largo plazo pueden causar un desgaste o perforaciones sobre la mesa. La limpieza se hará por medio de un producto limpia grasa y se retirará mediante un paño desechable.

Al final de cada jornada, los alrededores de las estaciones de trabajo se deberán limpiar, retirando cualquier residuo de grasa, aceite, polvo, etc.

4. PROPUESTA DE DISEÑO

4.1. Presentación de la propuesta a gerencia

El diseño final de la estación de trabajo se presentará al jefe del departamento y al gerente de la empresa, con el objetivo de mostrar las bondades que conlleva el diseño de las estaciones.

4.2. Establecimiento de especificaciones técnicas para instrumentación

Las especificaciones técnicas son necesarias para presentar un estándar en los instrumentos de medición de pruebas.

4.2.1. Caudalímetro

El caudalímetro propuesto es el “TN520”, ya que es ideal para medición de agua. Sus especificaciones son las siguientes:

- “Rosca NPT 1”
- De 8 a 75 litros/min
- $\pm 0.5 \%$
- Apto: Intemperie NEMA 4”²⁵

²⁵ TN. *Catálogo de medidores de caudal.* p. 20.

4.2.2. Manómetro

El manómetro sugerido es el “Modelo 51100”, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Conexión: 1/4” NPT.
- Caratula: 2”
- Caja y bisel: Acero al carbón con acabado en pintura electrostática color negro.
- Bourdón: Bronce fosforado.
- Mat. de Conexión: Latón.
- Mirilla: Vidrio.
- Clase de exactitud: 2,0 % ²⁶

Figura 36. **Manómetro 51100**



Fuente: Infra Metron. *Catálogo de manómetros*. <http://dominion.com.mx/fichas/termometro-metron-313.pdf>. Consulta: 25 de febrero de 2018

4.2.3. Termómetro superficial

En este caso se recomienda el modelo PCE 666, el cual es un instrumento combinado que puede realizar mediciones con contacto o sin él. Además, posee una piza de medición y una punta. En este caso, la sonda del instrumento medirá automáticamente la temperatura. Sus rangos de temperatura son:

²⁶ InfraMetron. *Catálogo de manómetros*. <http://dominion.com.mx/fichas/termometro-metron-313.pdf>. Consulta: 25 de febrero de 2018

- “Rango de temperatura Infrarrojo: -35 °C a +260 °C (-31 °F a +500 °F).
- Rango de temperatura Sonda: -40 °C a +260 °C (-40°F a +500 °F).
- Rango de temperatura Pinza: -40 °C a +230 °C (-40 °F a –446 °F).”²⁷

Figura 37. **Termómetro PCE 666**



Fuente: PCE. *Catálogo de termómetros*. www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-laser-de-temperatura-pce-instruments-medidor-de-temperatura.

Consulta: 25 de febrero de 2018

4.2.4. **Medidor de vibraciones**

Para esta variable se puede utilizar el medidor de vibraciones *Fluke 805*, el cual presenta las siguientes características:

- “Rango de baja frecuencia: De 10 a 1,000 Hz.
- Rango de alta frecuencia: De 4,000 a 20,000 Hz.
- Límite de vibración: Pico de 50 g.

²⁷ PCE. *Catálogo de termómetros*. www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-laser-de-temperatura-pce-instruments-medidor-de-temperatura. Consulta: 25 de febrero de 2018.

- Convertidor: 16 bits
- Relación señal/ruido: 80 db.”²⁸

Figura 38. **Medidor de vibraciones**



Fuente: Fluke. *Catálogo de medidor de vibraciones*. www.fluke.com/fluke/gtes/analizadores-de-vibraciones/fluke-805-vibration-meter.htm?pid=74298. Consulta: 25 de febrero de 2018.

4.3. Área de instalación

El área de instalación comprende alrededor de 210 metros cuadrados en los cuales se tendrá que realizar una cimentación con las especificaciones que se detallan más adelante.

4.3.1. Cimentación

De acuerdo con los cálculos realizados en el capítulo anterior, las especificaciones para el diseño de cimentación son las siguientes:

²⁸ Fluke. *Catálogo de medidor de vibraciones*. www.fluke.com/fluke/gtes/analizadores-de-vibraciones/fluke-805-vibration-meter.htm?pid=74298. Consulta: 25 de febrero de 2018.

Tabla XVIII. **Especificaciones de diseño**

Detalle	Especificaciones
Masa del cimiento	165,00 kg
Dimensiones	(1,60*0,60*0,160) con 10 cm de holgura 0,25 m ³
Peso del cemento	2 400 kg/m ³
Arena	782 kg
Agua	195 kg
Cemento	342 kg
Piedrín	1 081 kg
Instalación	12 cm alrededor del equipo
Porcentaje empotrado	0,16 m
Estructura metálica	Barras de acero corrugado ASTM A615/A615 M

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico deberá de cumplir con las especificaciones de diseño que a continuación se describen.

4.3.2.1. Iluminación

Como se hizo mención anteriormente, según el acuerdo gubernativo 33-2016, el área del departamento en la que se realizará mantenimiento y reparaciones a equipos de bombeo necesita una cantidad de 200 a 500 Lx; con lo cual se realizó un estudio de iluminación con las luminarias 402 LUXEM LED de 12,000 lúmenes, de lo que se obtiene la cantidad descrita por el acuerdo. Las características de la luminaria son las siguientes:

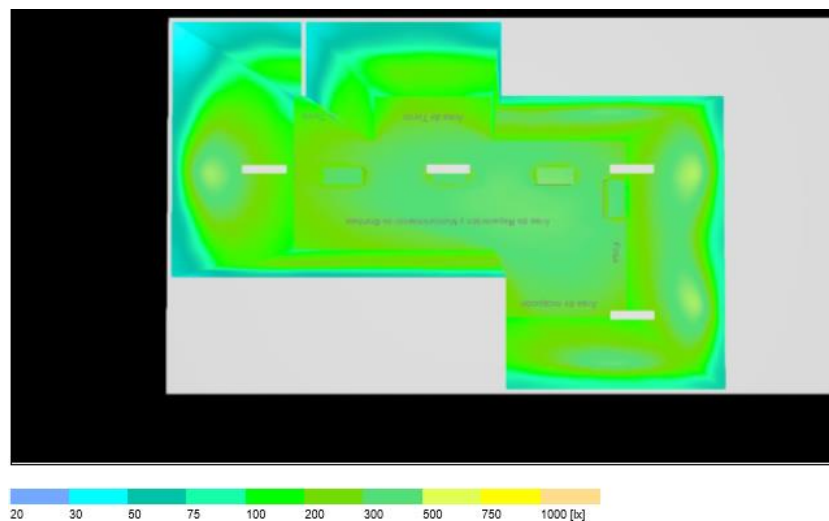
- Tipo LED: SMD-S2
- Cantidad de barras: 4 barras
- Flujo Lumínico: 12.000 lm.
- Tamaño: 48"
- Voltaje: Multivoltaje

- Potencia: 90 W
- Eficacia: 133 lm/w²⁹

Para el estudio de iluminación se utilizó el programa Dialux Evo, el cual tiene la ventaja de que simula las áreas necesarias totalmente en penumbra, con lo cual el nivel de iluminación alcanzado será más que suficiente en el día y en la noche. Los niveles de iluminación alcanzados a una altura de 0,9 metros en este caso son los siguientes:

- Media: 279 lx.
- Máxima: 379 lx.

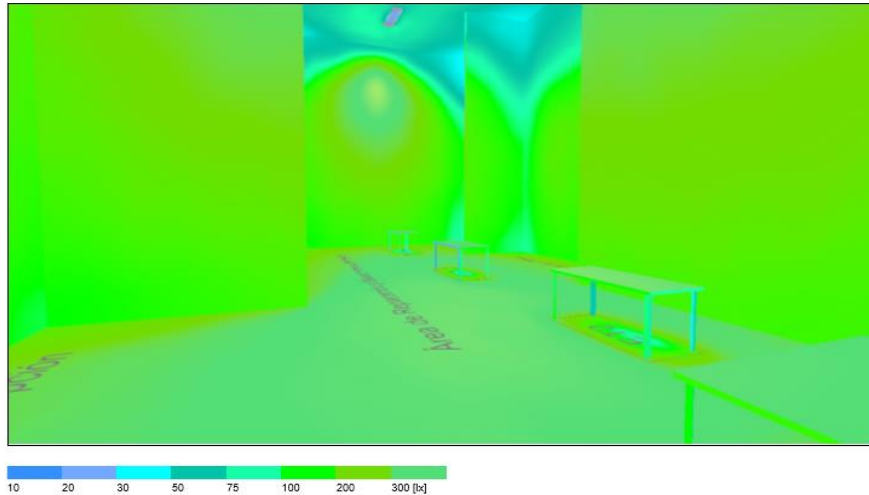
Figura 39. **Estudio de iluminación (Vista planta)**



Fuente: elaboración propia, utilizando Dialux Evo.

²⁹ Feilo Sylvania. *Catalogo Industrial de iluminación*. www.sylvania-america.com. Consulta: 12 febrero 2018.

Figura 40. **Estudio de iluminación (Vista frontal)**



Fuente: elaboración propia, utilizando Dialux Evo.

4.3.2.2. Potencia

Debido a que en las estaciones de trabajo se llevarán a cabo actividades en las cuales se pueda derramar líquidos, los tomacorrientes recomendados tendrán las siguientes características:

- Voltaje: 120-250 V.
- Bornes de conexión para alojar 3 cables o alambre de calibre 12 AWG.
- Total aislamiento del contacto de tierra.
- Bornes biselados.
- IP 65.
- Tornillos con bornes de conexión con cabeza mixta. ³⁰

³⁰ Bticino. *Catalogo Industrial*. www.bticino.cl. Consulta: febrero de 2018.

4.3.3. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico contará con un filtro de aspiración en la fosa, con lo que se evita el paso de impurezas y polvo muy fino, con efectos poco notables en el caudal.

4.3.4. Sistema neumático

El sistema neumático del departamento contará con un filtro general y una unidad de mantenimiento. Las estaciones de trabajo contarán con dos conectores neumáticos de 8 mm y una llave.

4.4. Planes de mantenimiento y limpieza

El plan de mantenimiento y limpieza no es más que el conjunto de rutinas elaboradas para preservar la instalación y las estaciones de trabajo.

4.4.1. Mantenimiento del banco de pruebas

El mantenimiento del banco de pruebas consta de una serie de inspecciones minuciosas en cada parte del banco.

4.4.1.1. Inspección diaria

En este caso se comprobará el estado de la estación de trabajo, que no tenga grasa acumulada, aceite o restos de metal, ya que puede provocar un desgaste prematuro.

4.4.1.2. Inspección semanal

Verificar el estado, pulcritud y orden de la herramienta en la estación de trabajo. De esta manera se preservará la estandarización de la misma y el buen estado físico. Además, se tendrá que observar el estado del adhesivo con las figuras de la herramienta.

También se debe revisar el estado de la gaveta de instrumentos de medición, ya que estos deben estar ubicados en su posición, y comprobando que no exista polvo u otra suciedad.

4.4.1.3. Inspección mensual

Se deberá realizar pruebas con los instrumentos de medición, con lo cual, se determinará su buen funcionamiento. El objetivo principal es que los instrumentos realicen mediciones exactas, y con esto, se pueda presentar un buen servicio al cliente final.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Resultados

Se presentan los resultados de la propuesta realizada para las mejoras del área de mantenimiento.

5.1.1. Estándar de herramienta para la estación de trabajo

A continuación, se presenta la herramienta necesaria para cubrir todas las actividades en las estaciones de trabajo:

- Módulo de herramienta de uso habitual.
 - Pinza curva para cerrar seguros 1*170 mm.
 - Pinza curva para abrir seguros 1*170 mm.
 - Pinza plana para cerrar seguros 5-1/2”.
 - Pinza plana para abrir seguros 5-1/2”.
 - Pinza plana 8”
 - Alicata 6”
 - Destornillador punta castigadera no. 2
 - Destornillador punta castigadera no. 3
 - Destornillador punta castigadera no. 4
 - Destornillador punta castigadera no. 5
 - Destornillador punta castigadera no. 6
 - Destornillador punta castigadera no. 7
 - Destornillador punta castigadera no. 8

- Destornillador punta Phillips PH1.
 - Destornillador punta Phillips PH2.
 - Destornillador punta Phillips PH3.
 - Destornillador Torx 10
 - Destornillador Torx 15
 - Destornillador Torx 20
 - Llave tipo “L” hexagonal No. 5*150.
 - Llave tipo “L” hexagonal No. 6*150.
 - Llave tipo “L” hexagonal No. 8*200.
 - Llave tipo “L” hexagonal No. 10*200.
 - Llave tipo “L” hexagonal No. 12*200.
 - Navaja torx 10-40.
 - Navaja para cortar.
- Módulo de herramienta de uso eventual.
 - Llave cola-corona no. 11
 - Llave cola-corona no. 12
 - Llave cola-corona no. 13
 - Llave cola-corona no. 14
 - Llave cola-corona no. 15
 - Llave cola-corona no. 16
 - Llave cola-corona no. 17
 - Llave cola-corona no. 19
 - Pelacables para electricista.
 - Multimetro.
 - Llave ajustable grip

- Módulo de herramienta de poco uso.
 - Llave cola-corona no. 6.
 - Llave cola-corona no. 7.
 - Llave cola-corona no. 8.
 - Llave cola-corona no. 9.
 - Llave cola-corona no. 10.
 - Llave ajustable inglesa.
 - Vice grip punta curva y cortadora 5”.
 - Vice grip punta curva y cortadora 7”.
 - Vice grip punta curva y cortadora 9”.
 - Mazo 2 lbs.
 - Destornillador Torx 25.
 - Destornillador Torx 27.
 - Destornillador Torx 30.
 - Destornillador Torx 40.
 - Punzón de golpe 4”.
 - Punzón de golpe 6”.
 - Punzón de golpe 10”.
 - Brocha para limpieza.

- Gaveta de herramienta.
 - Pinza plana para cerrar seguros 5-1/2”.
 - Pinza plana para abrir seguros 5-1/2”.
 - Copa milimétrica raíz 1/4 torx 10.
 - Copa milimétrica raíz 1/4 torx 15.
 - Copa milimétrica raíz 1/4 torx 20.
 - Copa milimétrica raíz 1/4 tprx 25.

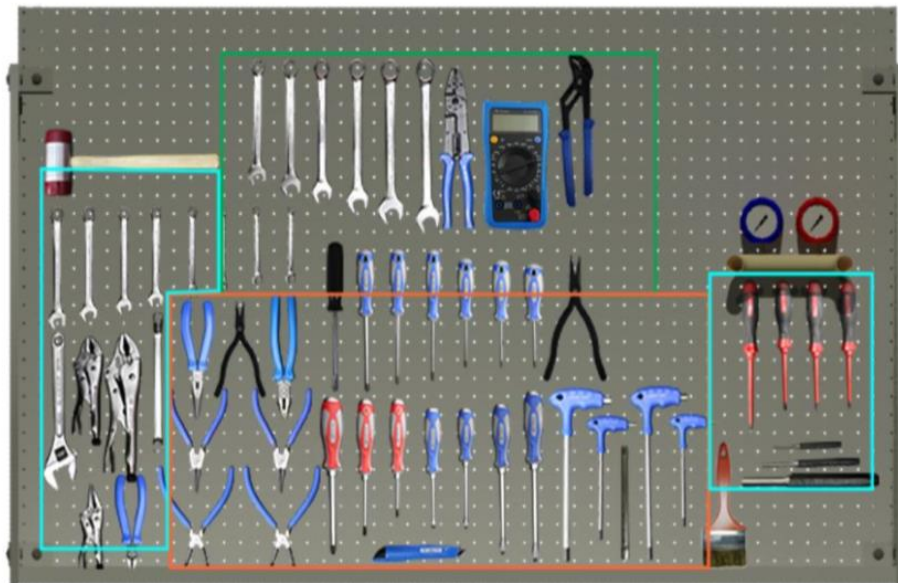
- Copa milimétrica raíz 1/4 torx 30.
- Punta pozidriv PZ1.
- Punta pozidriv PZ2.
- Punta pozidriv PZ3.
- Punta Torx T10.
- Punta Torx T15.
- Punta Torx T20.
- Punta Torx T25.
- Punta Torx T30.
- Punta Torx T40.
- Punta Torx Hole T10H.
- Punta Torx Hole T15H.
- Punta Torx Hole T20H.
- Adaptador tipo bola raíz 1/4”.
- Adaptador tipo bola raíz 3/8”.
- Ratchet raíz 1/4” * 5-1/8”.
- Extensión para ratchet.
- Punta hexagonal no. 3.
- Punta hexagonal no. 4.
- Punta hexagonal no. 5.
- Punta hexagonal no. 6.
- Punta hexagonal no. 8.

5.1.2. Estándar de organización de herramienta para estación de trabajo

Se presenta el estándar de la herramienta, el cual cumple con la delimitación de áreas según la frecuencia de uso, la etiqueta de cada herramienta según el lugar definido y el código de colores de las diferentes

áreas en el tablero perforado. Cada espacio contendrá la una sombra de color negro con el tamaño real de cada herramienta, asegurando el orden de la misma.

Figura 41. **Estándar de herramienta**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

También se presenta el estándar de la herramienta en la gaveta, conformado por un juego de copas, juego de puntas, pinzas para cerrar y abrir seguros, entre otros.

Figura 42. **Estándar de herramienta ubicada en gaveta**



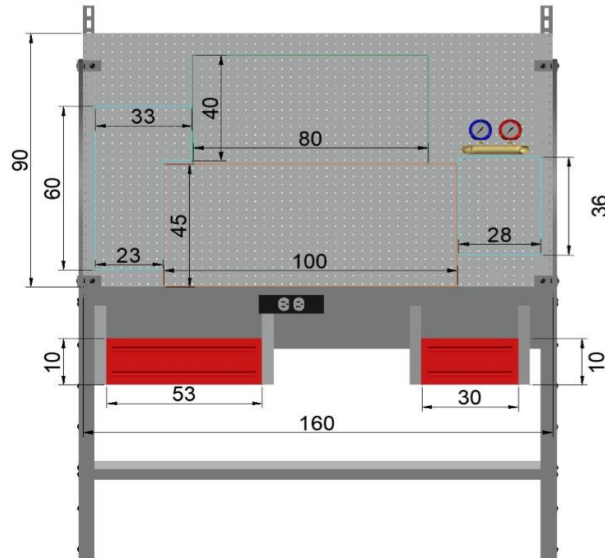
Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

5.1.3. **Diseño final de estación de trabajo**

Se presenta el diseño final de la estación de trabajo con sus respectivas medidas las cuales se tienen que cumplir a cabalidad en cada una de las que se vaya a construir.

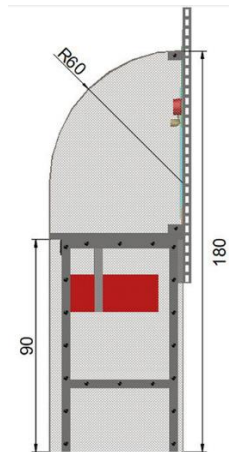
También se representa el adhesivo que contendrá el patrón de colores para la organización de los espacios para las herramientas en las estaciones de trabajo. Se muestra la vista frontal, lateral y de planta; con lo cual se abarca todos los aspectos de diseño de la estación para el operario.

Figura 43. Dimensiones de estación de trabajo (Vista frontal)



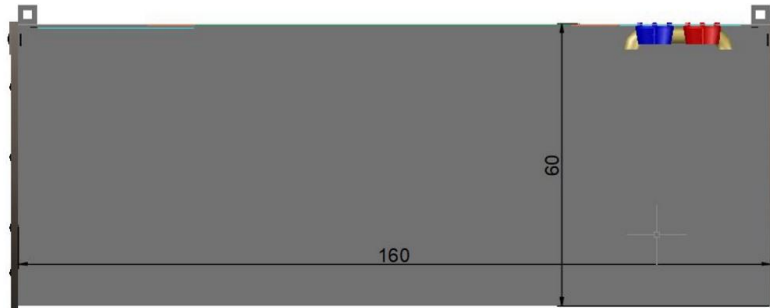
Fuente: elaboración propia, utilizando programa SketchUp.

Figura 44. Dimensiones de estación de trabajo (Vista lateral)



Fuente: elaboración propia, utilizando programa SketchUp.

Figura 45. Dimensiones de estación de trabajo (Vista planta)

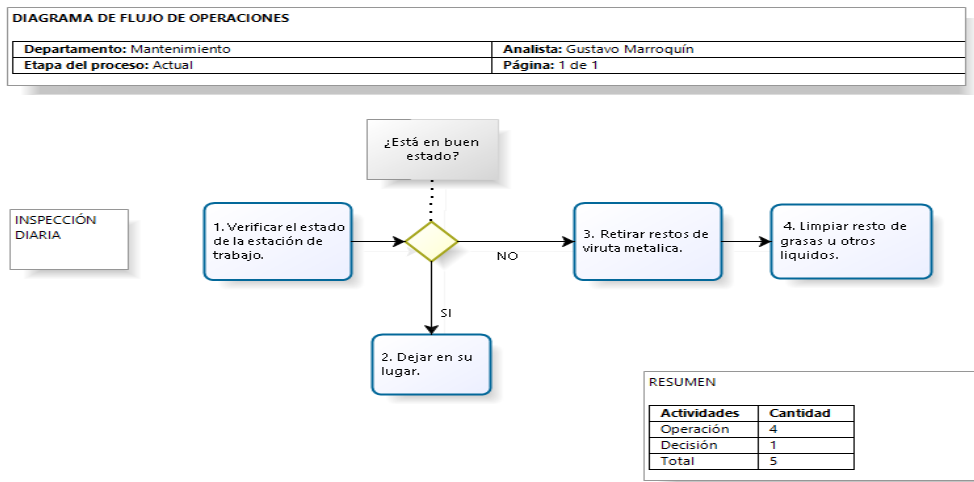


Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp.

5.1.4. Plan de limpieza y mantenimiento

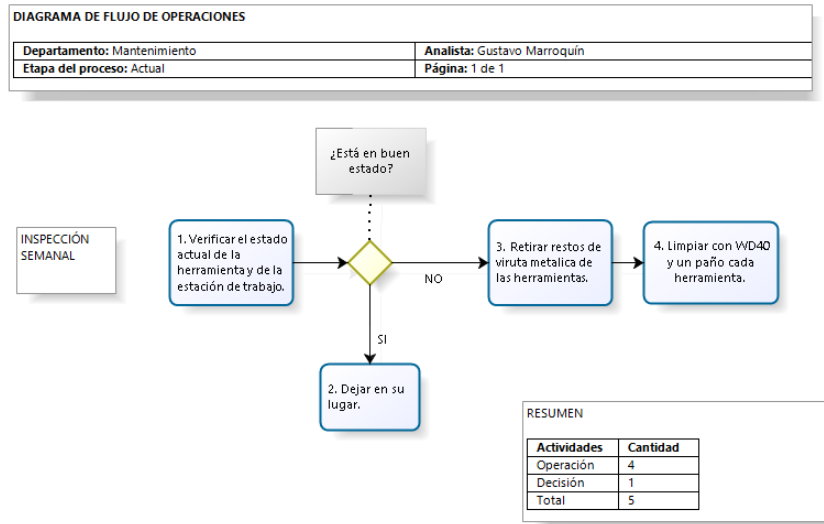
A continuación, se presenta un diagrama de flujo con el plan de limpieza y mantenimiento descrito en los capítulos anteriores.

Figura 46. Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento semanal



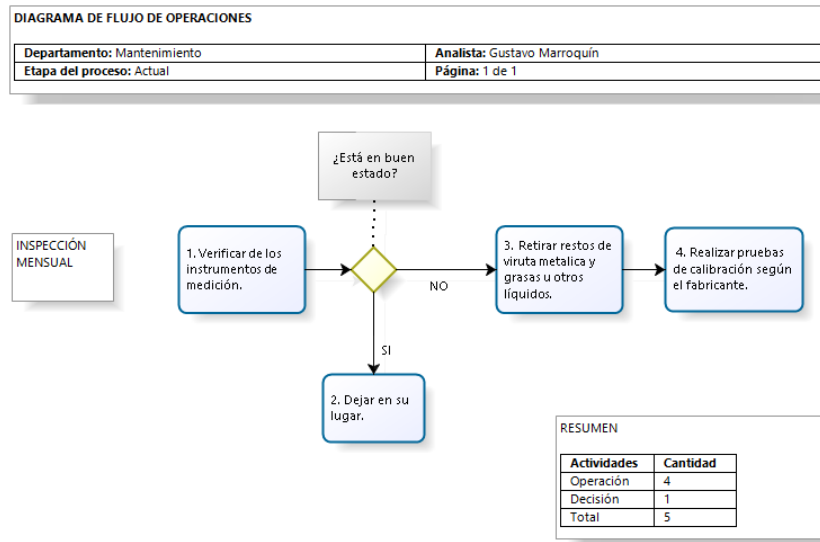
Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

Figura 47. Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento semanal



Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

Figura 48. Diagrama de flujo de limpieza y mantenimiento mensual



Fuente: elaboración propia, utilizando Bizagi.

5.1.5. Instructivos de estandarización

Los instructivos de estandarización serán pequeños folletos, en los que se encuentren el diseño de las estaciones de trabajo con sus respectivas dimensiones, el listado de herramientas a utilizar y cómo se debe ordenar en el panel perforado, las herramientas en la gaveta y las características de los diversos instrumentos de medición, adicional a su colocación.

También tendrá contemplado los procesos que se pueden llevar a cabo en las estaciones de trabajo y se colocará los diagramas de flujo antes especificado. Por último, se colocará el equipo de seguridad industrial que debe utilizar el técnico y los diagramas de flujo del mantenimiento y limpieza.

5.2. Mejora continua

Radica en una serie de capacitaciones para los técnicos acerca del uso de la estación de trabajo, seguridad industrial y la importancia del mantenimiento y limpieza de la misma.

5.2.1. Capacitación

La capacitación adiestrará al técnico sobre la forma adecuada de utilizar las estaciones de trabajo y de cómo mantenerlas en buen estado. Se llevará a cabo por medio de material demostrativo de manera digital para que el técnico entienda el mensaje y lo difunda a sus compañeros en cualquier ocasión.

Además, será un apoyo al momento en que ocurra una rotación de personal o que ingrese personal al área.

5.2.1.1. Seguridad industrial en la estación de trabajo

Debido a que la mayoría de técnicos cuenta solo con una formación educativa a nivel medio, es necesario darles a conocer la importancia de la seguridad industrial dentro del departamento y que esta no solo se trata de utilizar el equipo de protección personal, además encontrará información de que hacer en caso de un incidente.

5.2.1.2. Mantenimiento de estación de trabajo

En este caso, se les capacitará antes de llevar a cabo la implementación de las estaciones de trabajo. Los puntos a tratar serán los procedimientos que se pueden trabajar dentro de la estación de trabajo, el uso de los instrumentos de medición y los procedimientos de mantenimiento y limpieza de las mismas.

5.2.1.3. Modificaciones a instructivos de procedimiento

Debido a que constantemente los equipos cambian, las modificaciones a los instructivos de procedimiento son esenciales. Además, hay que tomar en cuenta que si los equipos cambian, también las estaciones de trabajo, las herramientas y los equipos de medición.

El encargado del departamento debe tener el control de las modificaciones, ya que él estará en contacto con los nuevos equipos y sabrá las nuevas necesidades de los técnicos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que las pruebas de caudal, presión, temperatura superficial y vibraciones son esenciales para establecer y asegurar el perfecto funcionamiento de los equipos de bombeo sin importar su capacidad.
2. Se definieron los instrumentos adecuados para las pruebas, siendo estos un caudalímetro TN520, un manómetro 51100, un termómetro superficial PCE 666 y un medidor de vibraciones Fluke 805; mejorando la disposición del servicio debido a la certeza y calidad de los instrumentos.
3. Se establecieron las proporciones adecuadas para la estación de trabajo tomando en cuenta el método de extremos, diseñando de acuerdo a las medidas del operador más pequeño; con lo cual se pretende que todos los operarios cuente con un espacio ergonómico para llevar a cabo sus diferentes actividades.
4. Se diseñó la cimentación, sistema eléctrico y neumático tomando en cuenta ciertas características que se debían de cumplir como cargas estáticas máximas, grados de protección contra polvo y humedad, entre otros.
5. Se delimitó y estandarizó cada procedimiento ligado a la reparación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas y sumergibles, además se realizaron diagramas de flujo individuales describiendo cada actividad de manera que el operario tenga claro que acciones realizar en cada caso.

6. Se estipuló y posteriormente se determinó la herramienta necesaria para llevar a cabo cada procedimiento de reparación o mantenimiento, además se señalizó un lugar específico para cada herramienta según la cantidad de veces utilizadas, con esto se mantendrá el orden, la limpieza y cada operario tendrá lo adecuado en el momento que lo necesite.

7. Se realizó el instructivo de operación en donde se indica los procedimientos estandarizados, también se realizó el instructivo de seguridad el cual regula el equipo necesario que deben de utilizar los operarios para entrar al área de trabajo y por último se determinó el instructivo de mantenimiento con el cual se preserva el orden, limpieza y vida útil de la estación de trabajo y de las herramientas colocadas en ella.

RECOMENDACIONES

1. Delimitar las variables de las pruebas que se van a medir en la estación de trabajo ya que difieren dependiendo de la capacidad, marca y aplicación de cada equipo. Es importante realizar siempre una comparativa entre el resultado obtenido en cada prueba y el resultado que el fabricante determina.
2. No golpear, dejar caer o abrir por curiosidad los instrumentos de medición ya que pueden perder su calibración de fábrica o averiarse definitivamente. También es importante calibrar los instrumentos según lo indique el manual del fabricante.
3. Efectuar el diseño de la estación de trabajo según las medidas determinadas permitiendo la estandarización y la ergonomía adecuada para el operador.
4. Desarrollar el diseño de cimentación según las especificaciones dadas en el capítulo IV, con lo cual se evitará agrietamiento prematuro.
5. Cualquier cambio o actividad que se desee agregar a un procedimiento ya establecido se tiene que dar a conocer al Jefe del departamento para su respectiva aprobación, de esta manera se mantendrá el estándar en los procedimientos.

6. Eventualmente verificar el estado de las etiquetas que delimitan la posición de la herramienta en el panel perforado con el objetivo de mantener el estándar de la misma.

7. Llevar a cabo el cumplimiento de los instructivos de operación, mantenimiento y limpieza; con lo cual se preservara el orden, limpieza, estandarización y vida útil de la estación de trabajo y herramienta. Además los operadores deben de cumplir con el uso del equipo de seguridad con lo cual se evitarán golpes o lesiones graves.

BIBLIOGRAFÍA

1. CANO LÓPEZ, Ariel. *Gestión y diseño del montaje de una línea de producción de aglomerados del centro de investigaciones de la facultad de ingeniería*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala 2015. 119p.
2. CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala 1970. 67p.
3. DE LEÓN DE LEÓN, Alexander Ottoniel. *Implementación de un banco de pruebas para transmisiones, bombas, motores, cilindros y válvulas hidráulicas de maquinaria pesada para la construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Química, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, 2008. 97 p.
4. DIEZ FERNÁNDEZ, Pedro. *Bombas centrifugas y volumétricas*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, Facultad de Ingeniería. España, 2008. 97 p
5. DORBESSAN, José Ricardo. *Las 5S, herramientas de cambio. Convierte la organización en una organización de aprendizaje*. 1a ed. Argentina: Designio, 2001. 139 p.

6. FERNÁNDEZ FIGUEROA, Francisco Javier. *Guía general para el cálculo, instalación y mantenimiento de bombas sumergibles*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, 2012. 80 p.
7. FLORES, Cecilia. *Ergonomía para el diseño*. 1a ed. México: Pitágoras, 2001. 165 p.
8. FLUKE. *Catálogo de medidor de vibraciones*. [en línea]. <www.fluke.com/fluke/gtes/analizadores-de-vibraciones/fluke-805-vibration-meter.htm?pid=74298>.[Consulta: 26 de abril de 2018].
9. GILES, Randal V. *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. 1a ed. U.S.A.: Mc Graw Hill, 2005. 133p.
10. HERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implementación*. 1a ed. España: EQI, 2013. 178 p.
11. HIDROSTAL. *Equipo hidroneumático con tanque de membrana*. [en línea]. <<http://hidrostal-peru.com>>. [Consulta: 30 de abril de 2017].
12. HIDROTECNIA. *¿Quiénes somos?* [en línea]. <<http://hidrotecnia.net/>>. [Consulta: 30 de abril de 2017].
13. INFRAMETRON. *Catálogo de manómetros*. [en línea]. <<http://dominion.com.mx/fichas/termometro-metron-313.pdf>>. [Consulta: 26 de abril de 2018].

14. MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1: Fundamentos*. 3a ed. España: Mutua universal, 1999. 182 p.
15. MOTT, Robert L. *Mecánica de fluidos*. 13a ed. México: Pearson, 2006. 647 p.
16. PCE. *Catálogo de termómetros* [en línea]. < www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-laser-de-temperatura-pce-instruments-medidor-de-temperatura>. [Consulta: 26 de abril de 2018].
17. RIBA ROMEVA, Carles. *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. 3a ed. España: Politext, 2001. 72 p.
18. ZUBICARAY, Manuel. *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. 6a ed. México: Limusa, 1999. 262p.

