



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

**PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA
MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN
DIVECO S. A.**

Jefferson Josue Ortíz Villatoro

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA
MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN
DIVECO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JEFFERSON JOSUE ORTÍZ VILLATORO
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
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:

**PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA
MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN
DIVECO S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 15 de octubre de 2015.

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and diagonal strokes, enclosed within a hand-drawn oval. A long horizontal line extends from the right side of the oval.

Jefferson Josue Ortiz Villatoro



Guatemala, 25 de abril de 2016
Ref.EPS.DOC.283.04.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

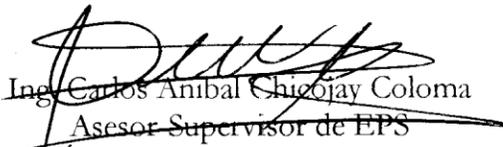
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jefferson Josue Ortíz Villatoro** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200924882, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN DIVECO S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Anibal Chicojey Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 25 de abril de 2016
REF.EPS.D.177.04.16

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

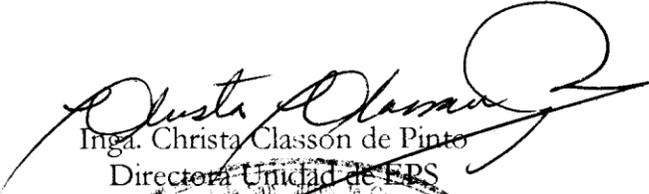
Estimado Ingeniero Guzmán:

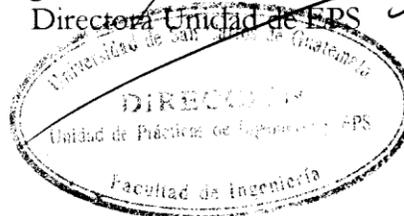
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN DIVECO S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jefferson Josue Ortíz Villatoro** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y *existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.*

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.253.2016

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN DIVECO S.A.** desarrollado por el estudiante **Jefferson Josue Orfíz Villatoro**, carné **200924882** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Alvaro Antonio Avila Pinzón
Coordinador Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio de 2016



USAC
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.285.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN DIVECO S.A.** del estudiante **Jefferson Josue Ortíz Villatoro**, carné No. **200924882** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



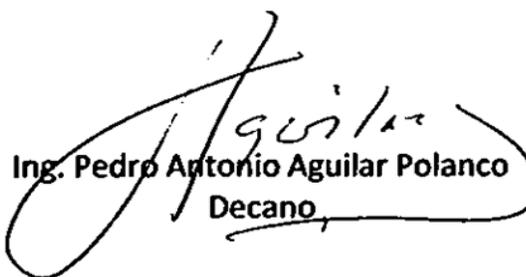
Guatemala, octubre de 2016

/aej



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, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MULTIENGUATADORA CHINA PARA LA FABRICACIÓN DE COLCHONES EN DIVECO S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Jefferson Josue Ortiz Villatoro**, 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, octubre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Jehová Dios

Por ser una guía en cada instante de mi vida; por darme salud y proyectar su amor a través de quienes me rodean.

Mi padre

César Ortíz, por su ejemplo, perseverancia y constancia que lo caracterizan; por su apoyo, por demostrarme que con poco se puede realizar todo un sueño.

Mi madre

Thelma de Ortíz, por siempre darme esas palabras de aliento, sus consejos y valores; por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que todo por su amor.

Mi novia

Maritza Godoy, por apoyarme, animarme y vivir toda esta aventura a mi lado llena de retos; gracias por amarme siempre y por tus lindas palabras de amor; te amo.

Mis hermanas

Lesly y Sindy Ortíz, por su ejemplo de hermana mayor; de quienes aprendí aciertos y de momentos difíciles.

Mis tíos y primos

Por el apoyo y consejos que me han brindado, por su participación en mi formación, directa o indirectamente.

Mis amigos

Por su apoyo mutuo en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por acogerme en sus aulas y permitirme desarrollarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por todo el conocimiento que me fue transmitido y que aplicaré para dar un cambio positivo a mi entorno.
Escuela de Ingeniería Mecánica	Especialmente a los Ingenieros Roberto Guzmán y Álvaro Ávila, por su ayuda en este trabajo de graduación.
Diveco S. A.	Por la oportunidad que me brindó de realizar el EPS y la confianza que depositó en mi persona.
Ing. Carlos Chicojay	Por la asesoría y constante ayuda en la realización del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Datos generales.	2
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Visión.....	2
1.2.3. Misión.....	3
1.2.4. Valores.....	3
1.2.5. Objetivos.....	4
1.2.6. Políticas	4
1.3. Organización de la empresa.....	4
1.3.1. Organigrama.....	5
1.3.2. Departamento de Ventas / Compras.....	6
1.3.3. Departamento de Contabilidad.....	6
1.3.4. Departamento de Producción.....	7
1.4. Descripción del producto	7
1.4.1. Base.....	7
1.4.2. Colchón.....	8
1.4.3. Tamaños.....	8

1.5.	Análisis FODA.....	9
1.5.1.	Fortalezas.....	9
1.5.2.	Oportunidades.....	10
1.5.3.	Debilidades.....	10
1.5.4.	Amenazas.....	11
1.6.	Situación actual.....	11
1.6.1.	Descripción del proceso de producción.....	12
1.6.1.1.	Área de esponja.....	12
1.6.1.2.	Área de alambre.....	17
1.6.1.3.	Área de enguatadoras.....	20
1.6.1.4.	Área de revestido.....	21
1.6.1.5.	Área de colchones.....	24
1.6.1.6.	Área de carpintería o <i>somier</i>	25
1.6.1.7.	Área de producto terminado.....	27
1.7.	Descripción del problema.....	28
1.8.	Características técnicas de la máquina.....	29
1.8.1.	Dimensiones de la máquina.....	29
1.8.2.	Partes de la máquina.....	30
1.8.3.	Elementos y componentes adicionales del equipo.....	34
1.8.4.	Condiciones de operación.....	36
1.9.	Montaje de máquina enguatadora.....	37
1.9.1.	Cimiento.....	37
1.9.2.	Tipo de cimiento.....	37
1.9.2.1.	Cimientos de obras civiles.....	38
1.9.2.2.	Cimentaciones de máquinas.....	38
1.9.3.	Tipos de enclavamientos.....	42
1.9.3.1.	Enclavamiento o anclaje tipo L.....	43
1.9.3.2.	Perno arponado.....	44
1.9.3.3.	Pernos con cabeza.....	44

	1.9.3.4.	Par de pernos	45
	1.9.3.5.	Perno Hilti.....	46
1.9.4.		Amortiguamiento o aisladores para vibración	46
1.9.5.		Tipos de amortiguamiento.....	47
	1.9.5.1.	Hidráulicamente	47
	1.9.5.2.	Aisladores de plástico	48
	1.9.5.3.	Resortes de metal.....	49
	1.9.5.4.	Resortes helicoidales.....	49
	1.9.5.5.	Resortes de anillo	50
	1.9.5.6.	Resorte tipo arandela.....	50
	1.9.5.7.	Resorte de malla de alambre	50
	1.9.5.8.	Amortiguador de aire (neumáticos).....	51
1.9.6.		Instalaciones eléctricas	51
1.9.7.		Componentes.....	52
	1.9.7.1.	Alimentación	52
	1.9.7.2.	Protecciones	52
	1.9.7.3.	Conductores	53
1.9.8.		Tipos de instalaciones	55
	1.9.8.1.	Según su tensión	55
	1.9.8.2.	Según su uso.....	56
1.9.9.		Instalaciones neumáticas	56
	1.9.9.1.	Componentes	57
	1.9.9.2.	Tipos de instalaciones	58
	1.9.9.3.	Mantenimiento	58
	1.9.9.4.	Tipos de mantenimiento.....	58
1.10.		Ahorro energético.....	60
	1.10.1.	¿Cómo ahorrar energía eléctrica?	60
	1.10.2.	Análisis de energía en el área de engratadoras.....	60
	1.10.3.	Ahorro energético en el área de engratadoras.....	61

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	65
2.1.	Ubicación de multienguatadora.....	65
2.1.1.	Ubicación propuesta.....	65
2.1.2.	Plano de ubicación	66
2.1.3.	Plano de ubicación actual.....	66
2.1.3.1.	Área de enguatadora.....	67
2.1.3.2.	Área de revestido	67
2.1.3.3.	Plano de bodega disponible.	68
2.1.4.	Reubicación de áreas.....	69
2.1.4.1.	Área de enguatadoras	69
2.1.4.2.	Área de revestido	70
2.1.4.3.	Área de bodega disponible.....	70
2.1.5.	Plano de reubicación de áreas	71
2.1.5.1.	Área de enguatadores	71
2.1.5.2.	Área de revestido	72
2.1.5.3.	Área de bodega.....	73
2.2.	Propuesta para el montaje	73
2.2.1.	Materiales y equipo necesario para montaje.	74
2.2.2.	Cimiento	75
2.2.3.	Amortiguamiento	77
2.2.4.	Instalaciones eléctricas.....	80
2.2.4.1.	Lista de componentes eléctricos	81
2.2.4.2.	Plano de instalaciones eléctricas.....	82
2.2.5.	Instalaciones neumáticas	82
2.2.5.1.	Componentes neumáticos.....	83
2.2.5.2.	Plano de instalaciones neumáticas	83
2.2.6.	Propuesta para su puesta marcha.....	93
2.2.6.1.	Materia prima para abastecimiento	93
2.2.6.2.	Plano del área de materia prima.....	94

2.2.7.	Mantenimiento preventivo	95
2.2.7.1.	Rutinas de mantenimiento preventivo....	95
2.2.7.2.	Materiales para mantenimiento preventivo	99
3.	FASE DE DOCENCIA	101
3.1.	Importancia de la capacitación en Diveco S. A.....	101
3.1.1.	Capacitación de equipo de seguridad personal.	105
3.1.2.	Capacitación de extintores.....	107
3.1.3.	Capacitación de hidrantes.....	108
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICES	117
	ANEXOS	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Diveco S. A.....	5
2.	Organigrama proceso de producción.	13
3.	Formas de espumado de esponja.	14
4.	Proceso de corte de esponja.....	15
5.	Proceso de laminado de rollos.	16
6.	Proceso de compactado de esponja.	17
7.	Componentes de carcasa.	18
8.	Proceso de fabricación de carcasas.....	19
9.	Proceso de fabricación de carcasas con bolsa.	20
10.	Capa y borde enguatados	21
11.	Haladores de colchones.....	22
12.	Funda del <i>somier</i> y fibra guardapolvo (<i>dust cover</i>).	23
13.	Componentes del colchón.....	25
14.	Base y costilla del camastrón.....	26
15.	Componentes del <i>somier</i>	27
16.	Dimensiones de espacio en planta.	30
17.	Estructura de soporte de rollos.	31
18.	Máquina multiagujas.	32
19.	Módulo de corte y mesa.	33
20.	Panel eléctrico.....	34
21.	Anclaje tipo L.....	44
22.	Perno arponado.	44
23.	Perno con cabeza.	45

24.	Par de pernos.	45
25.	Perno hilti.	46
26.	Plano de ubicación propuesta.	66
27.	Plano de multienguatadoras.	67
28.	Plano de revestido.	68
29.	Plano de bodega disponible.	68
30.	Área de enguatadoras libre.	69
31.	Área de revestido.	70
32.	Área disponible.	71
33.	Distribución área de enguatadoras final.	72
34.	Distribución área de revestido final.	72
35.	Distribución de bodega disponible final.	73
36.	Cronograma de actividades para el montaje del equipo de multienguatadora	74
37.	Amortiguamiento.	77
38.	Planchas de distribución de carga.	78
39.	Amortiguadores propuestos.	79
40.	Cálculo de presión de aire.	79
41.	Plano de instalaciones eléctricas.	82
42.	Plano de instalaciones neumáticas.	84
43.	Posibles configuraciones de las redes de aire	84
44.	Configuración abierta y su inclinación.	85
45.	Dirección del flujo en una red cerrada	86
46.	Configuración cerrada y su ausencia de inclinación	86
47.	Pérdidas ocasionadas por accesorios.	87
48.	Pérdidas ocasionadas por accesorios en codos.	88
49.	Valor de accesorios en codos equivalentes.	89
50.	Factor (F) de cálculo de pérdidas de presión debido a la fricción en tuberías para cualquier presión inicial.	91

51.	Factores de pérdida por fricción en accesorios.....	92
52.	Cronograma de actividades para la puesta en marcha.....	93
53.	Tela.....	93
54.	Plano de materia prima.....	94
55.	Cronograma de capacitaciones.....	103
56.	Equipo de protección personal.....	104
57.	Práctica de uso de equipo de seguridad industrial.....	105
58.	Capacitación de extintores e hidrantes.....	105
59.	Práctica de extintores.....	106
60.	Partes de un extintor.....	106
61.	Tipos de hidrantes.....	108
62.	Capacitación de hidrantes en planta.....	109
63.	Material de apoyo para capacitación de hidrantes y extintores.....	109

TABLAS

I.	Medidas de colchón.....	9
II.	Condiciones de operación.....	36
III.	Valores de diseño recomendables del coeficiente de compresión elástica uniforme y de cargas permisibles en suelos bajo acción de cargas estáticas solamente.....	42
IV.	Valores del coeficiente de compresión elástica no uniforme “CØ” para diferentes suelos y tamaños de cimentaciones.....	43
V.	Corte y tensión permisible en pernos.....	47
VI.	Intensidad de corriente permisible en conductores de cobre.....	54
VII.	Iluminación área de enguatadoras.....	60
VIII.	Listado de equipo.....	61
IX.	Descripción de luminaria.....	62
X.	Potencia nominal área de enguatadoras.....	62

XI.	Ahorro energético.....	63
XII.	Medidas de esponja.....	94
XIII.	Mantenimiento preventivo diario	95
XIV.	Mantenimiento preventivo semanal	96
XV.	Mantenimiento preventivo trimestral	97
XVI.	Mantenimiento preventivo semestral	98
XVII.	Lista de repuestos necesarios.	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Amp	Amperios
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetros cúbicos
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
Hp	Caballos de potencia
Hz	Hertz
Kg	Kilogramo
Kg_f	Kilogramo fuerza
KV	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
kWh/Q	Kilovatio hora por cada quetzal
kva	Kilovatio reactivo
Psi	Libras de presión por cada pulgada cuadrada
CFM	Medida de caudal pies ³ /min
Watt	Medida de potencia
m	Metro
m³	Metros cúbicos
Mpa	Megapascales de presión
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Bar	Presión de aire
”	Pulgada

RPM	Revoluciones por minuto
Ton	Toneladas métricas
V	Vatio

GLOSARIO

Aislamiento	Material que disipa o elimina el contacto o la transmisión de un objeto o movimiento con otro.
ASTM	Asociación Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés.
AWG	Calibre de alambre estadounidense, por sus siglas en inglés.
Carcasa	Armazón elaborada de alambre o de cualquier metal de una cosa.
Cimiento	Parte de una construcción que está bajo tierra y la da solidez; le sirve de base y apoyo.
Colchón	Es una pieza almohadillada y flexible que se coloca sobre la cama y se utiliza para dormir.
Compactado	Materia elaborada bajo presión de algún equipo o acción manual.
Conductos	Tubo que sirve para conducir generalmente líquidos o gases y llevarlos de un lugar a otro.

Confort	Condiciones materiales que proporcionan bienestar o comodidad.
Cuasiestáticos	Es un estado infinitesimalmente cercano al estado de equilibrio.
Curado	Acción de dejar secar o reposar alguna sustancia o materia.
Enclavamiento	Acción de enclavarse, ajustarse al piso o a cualquier superficie.
Enguatadora	Máquina destinada para la confección de tela con diseño, o confeccionados en hilo.
Enguatar	Conjunto respunteado de 2 telas con una capa de esponja intermedia.
Espumado	Proceso de verter una mezcla química en moldes de madera o acero.
Flange	Tela delgada destinada para la elaboración de colchones.
Flexibilidad	Capacidad de doblarse un cuerpo fácilmente y sin que exista peligro de que se rompa.

Halotron	Es un agente extintor limpio apto para el combate de fuegos, que no deja residuos y no daña los circuitos impresos.
ISO	Organización Internacional de Estandarización, por sus siglas en inglés.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
MCM	Miles de Circular Mils, unidad de área.
Mezcla	Combinación de dos o más sustancias para la fabricación de otra necesaria en algún proceso.
Rigidez	Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan en la superficie.
SAE	Asociación de ingenieros automotores, por sus siglas en inglés
Somier	Es un soporte donde se coloca el colchón, fabricado especialmente con madera de pino.
Tela	Tejido hecho con fibras textiles, principalmente para la confección de ropa, forrar diversos objetos, entre otros.

RESUMEN

La mejora continua en la fabricación de camas, desarrolla constantemente nuevos productos y técnicas de trabajo; por lo tanto, la innovación y compra de nuevos equipos es inminente en la fabricación, elaboración, confección y ensamble de colchones.

En el siguiente trabajo se visualizará el manejo apropiado para nuevos equipos, y se puede considerar con el mismo formato futuras adquisiciones que la empresa Diveco S. A. considere necesario; por lo tanto, se tomarán en cuenta factores importantes desde el montaje hasta su puesta en marcha.

Se conocerán las instalaciones apropiadas para el funcionamiento del equipo, los componentes adicionales, la planeación y propuesta de la ubicación, para impedir la intervención en el proceso de producción, la cimentación del equipo, método apropiado de colocación de anclajes al suelo, entre otros.

El uso adecuado para sistemas de amortiguamiento, seleccionando un método de aislamiento de vibraciones recomendado para el equipo, sí requiere de algún equipo adicional eléctrico o mecánico; dado que es un equipo complejo se considerará la materia prima necesaria para el arranque del mismo y sus funciones serán correctamente aplicadas a las necesidades del área.

Es importante la conservación de equipos, dado que su mantenimiento es necesario para su operación óptima; para ello se investigará el mantenimiento preventivo, la rutina de mantenimiento y la materia prima necesaria que se utilizará.

OBJETIVOS

General

Realizar la propuesta del montaje, puesta en marcha y mantenimiento preventivo de multienguatadora china en la fabricación de colchones.

Específicos

1. Realizar un estudio de ubicación para el montaje de una multienguatadora china.
2. Investigar el tipo de cimiento, amortiguamiento y enclavamiento adecuado para el montaje de la multienguatadora china.
3. Realizar el estudio de las instalaciones eléctricas, materiales eléctricos, y planos de la instalación.
4. Realizar un estudio de las instalaciones neumáticas, materiales neumáticos y planos de la instalación.
5. Determinar qué se necesita para la puesta en marcha (materia prima) del equipo en área de revestido.
6. Elaborar una propuesta para el mantenimiento preventivo de la multienguatadora china.

INTRODUCCIÓN

El ingeniero mecánico establece mecanismos de colaboración en la planificación, organización, ejecución, evaluación, asesoría y control de procesos que se llevan a cabo en el Departamento de Infraestructura/Mantenimiento. Actualmente, el ingeniero mecánico en su pénsum de estudios, en el Área Complementaria, realiza actividades muy importantes, las cuales están enfocadas en la administración de mantenimiento, montaje de máquinas, instalaciones mecánicas, instrumentación mecánica y mecánica de suelos; se complementa con el área de diseño para determinar esfuerzos cortantes en tornillos y anclajes que se necesiten.

Se dan a conocer las distintas actividades que el profesional de ingeniería mecánica desempeña, tales como la investigación, servicio técnico profesional y docencia, actividades que se realizan en los seis meses del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Ingeniería Mecánica dentro de Diveco S. A. 48 avenida, 1-56, zona 3 de Mixco colonia El Rosario, institución que permitió la realización y desempeño de las actividades.

Por medio del Departamento de Infraestructura/Mantenimiento se realizará la propuesta de la administración del montaje y puesta en marcha; esto es esencial dado que la multienguatadora debe iniciar operaciones en el menor tiempo posible para estar a disposición, realizando la propuesta desde su ubicación física en planta, instalaciones eléctricas y neumáticas, la materia prima para su puesta en marcha y su mantenimiento preventivo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

En esta fase se presenta la información en general de la empresa Diveco S. A. para la mejor comprensión y evaluación del proyecto designado, montaje y puesta en marcha de una multienguatadora china para la fabricación de colchones.

1.1. Historia de la empresa

Esta empresa dio inicios a sus operaciones como una fábrica de esponja en 1974, la cual ha evolucionado hasta convertirse, hoy en día en la empresa de fabricación de camas más grande y exitosa en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. Su alcance ha sido posible gracias a la agresiva y permanente competencia e implementación de creatividad, innovación, tecnología y administración eficiente de recursos.

En Guatemala se cuenta con la planta más moderna y acondicionada con tecnología de vanguardia, maquinaria única en la región. Asimismo cuenta con un sistema avanzado de telecomunicaciones que unifica los países donde se tienen operaciones. Inicialmente, atendió al mercado hondureño, a través de la planta en Guatemala. Sin embargo en 1999, las operaciones se consolidaron en diseñar y construir una fábrica en Tegucigalpa, Honduras. Su destino primario es el mercado local y Nicaragua.

En Honduras se encuentra además un segundo centro de distribución, estratégicamente ubicado en San Pedro Sula, para abastecer las necesidades de los clientes de esa localidad. Debido al crecimiento de la marca a nivel local y en varios países de Centroamérica, se estableció un centro de distribución en Managua, Nicaragua, para así atender al mercado de mejor forma con mayor prontitud.

1.2. Datos generales

A consecuencia de la demanda de un mercado exigente de clientes que buscan camas de calidad, Diveco S. A. se debe contar con cimientos importantes como por ejemplo la visión, misión y valores, los cuales se describen a continuación.

1.2.1. Ubicación

La ubicación en el mercado de Diveco S. A. la coloca como una empresa líder en el mercado guatemalteco, por su calidad en camas y costos competitivos.

1.2.2. Visión

“Ser el líder de productos y servicios de calidad para dormir y descansar bien, en la región de Centroamérica”¹.

¹ Diveco S. A.

1.2.3. Misión

“Cambiamos la vida de la gente positivamente, brindándoles una mejor calidad de vida a través del desarrollo”².

1.2.4. Valores

- Integridad: rectitud+ intachable + valentía.
- Respeto a la dignidad humana: es el respeto incondicional a la dignidad de la persona a través del trato justo y a la generación de compensaciones que propicien su beneficio personal y familiar.
- Trabajo arduo: trabajar positivamente con productividad, eficiencia y constancia en el desempeño de las actividades diarias, desarrollando la capacidad de hacer mayores esfuerzos para lograr cada tarea propuesta.
- Lealtad: reconocer que somos parte integral de la familia grupo Diveco S. A. correspondiendo con nuestro desempeño, respeto y fidelidad a la marca y a todo lo que representen principios o activos valiosos para la empresa.
- Trabajo en equipo: meta común + organizarse + humildad.
- Excelencia: extraordinario + superación de expectativas.
- Responsabilidad empresarial: capacidad de reconocer que somos parte de una sociedad y de un entorno ambiental, apoyando con diligencia y generosidad en la ejecución³.

² Diveco S. A.

³ Ibíd.

1.2.5. Objetivos

- Respetar y comprender a las personas por igual sin hacer distinción de su origen, creencias o clase social.
- Desarrollar productos con los más altos estándares de calidad y competitivos en la región centroamericana.
- Mejorar la calidad de vida de los clientes a través de un portafolio de marcas que brindan *confort*, confiabilidad y calidad superior comprobados, a un precio competitivo.

1.2.6. Políticas

Las políticas son importantes para establecer, desplegar y autocontrolar la visión y los objetivos de una organización, por lo que a continuación se describen las políticas internas de la empresa:

- Respeto a la dignidad humana.
- Fomentar la responsabilidad social a través de programas de apoyo a la comunidad.
- Ser líder en Guatemala a través de la innovación de colchones para camas.
- Estrategia de segmentación de producto, para cubrir las necesidades del segmento medio.

1.3. Organización de la empresa

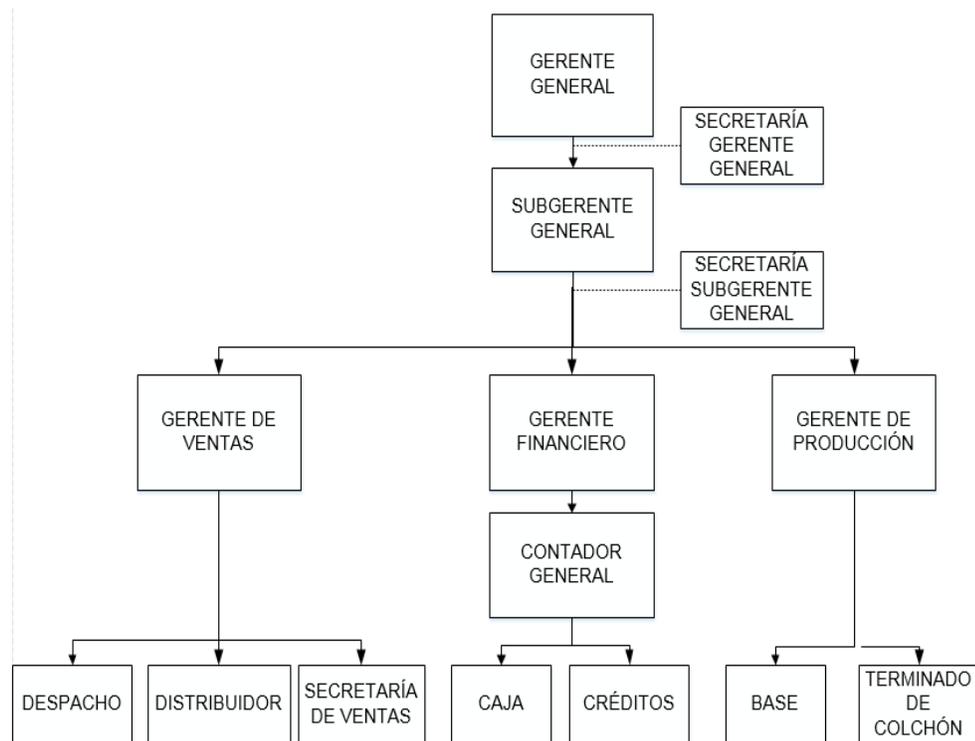
La organización que se tiene en la empresa en Diveco S.A. se caracteriza por ser de tipo funcional, porque se agrupa a los empleados, según su habilidad y capacidad en los siguientes departamentos:

- Contabilidad / Finanzas
- Ventas / Compras
- Producción

1.3.1. Organigrama

Para tener éxito en una empresa, es necesaria la organización de la misma. A continuación se muestra la organización en general de los departamentos dentro de la empresa Diveco S.A. que ya fueron divididos anteriormente.

Figura 1. Organigrama de Diveco S. A.



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

1.3.2. Departamento de Ventas / Compras

El Departamento de Ventas tiene a cargo la responsabilidad de realizar las ventas, los cobros, atención a los clientes, búsqueda de nuevos clientes, promociones y publicidad. El gerente de Ventas lleva un control sobre los vendedores, evaluando la venta de camas, la realización de cobros y la cantidad en dinero vendida en comparación con las proyecciones que se han realizado para cada mes.

A su vez el gerente de Ventas lleva un estricto control de la cuenta corriente en la que se revisa constantemente el saldo que tiene cada cliente, para que este no se convierta en cliente moroso y así ejercer un estricto control de cobros y ventas.

Dicho departamento asume la responsabilidad de un programa exitoso de ventas, fija las metas de ventas, asume la responsabilidad de mercadeo y publicidad de la empresa y para lograr los objetivos de ventas.

1.3.3. Departamento de Contabilidad

En el Departamento de Contabilidad se tiene a cargo el control el manejo y registros de los libros contables (caja, inventario, diario, mayor, balance general, el pago de impuestos, detalle de ventas, y de compras, realización de planillas, resultados de estados financieros, entre otros).

1.3.4. Departamento de Producción

Este departamento es el más importante ya que tiene a su cargo la producción de colchones y *somier*, donde se deben mantener los estándares de calidad necesarios y la planeación de la producción para cumplir con la demanda. Manejar los registros de bodega de materia prima, bodega de producto terminado, control de calidad y producción.

El Departamento de Producción se fija las metas de producción que pueden ser diarias, mensuales, semestrales y anuales, incluyendo planes de incentivos de salarios por productividad y procedimientos mejorados, estudios constantes y las formas actuales para lograrlas.

Es la encargada de planificar y escribir los registros de producción y detalles de operación de trabajo. Se debe informar a gerencia sobre todos los detalles de producción, adiestramiento, seguridad y eficiencia de la producción de camas.

1.4. Descripción del producto

La cama se integra de dos partes, la base o *somier* y el colchón, los cuales tienen delicados y finos acabados, brindan *confort* y un descanso apropiado.

1.4.1. Base

La base de colchón también es llamado *somier* es la parte inferior de la cama que sirve de soporte al colchón; es conformada por una estructura de madera de pino; las medidas de cada *somier* son específicas para cada colchón, poseen una cubierta de esponja de alta densidad, entretela de color que depende del diseño y estilos de los colchones; también se agregan esquineros plásticos

para una mayor protección. La estructura está sostenida por patas plásticas de alta duración, colocadas en forma simétrica, varía según el tamaño del *somier*, la cual proporciona una mejor estabilidad.

1.4.2. Colchón

El colchón, dependiendo de su tamaño y estilo, tiene diversas capas de esponja y capas de tela. Está formado por una estructura metálica llamada camastrón que está hecha con alambre de acero calibre 8 que es preformado en resortes; en la parte superior, de acuerdo con el estilo de cama se tiene recubierta de esponja de alta densidad, mantillón y capa de tela enguatada; estas son unidas por un pegamento especial, luego se procede a cerrarlos con una máquina designada para unir el borde con las capas por medio de listones o bies de distintos diseños.

1.4.3. Tamaños

Existen cinco tamaños de camas: imperial, semimatrimonial, matrimonial, *queen* y *king*, en su fabricación el colchón de tamaño semimatrimonial, por sus medidas similares a la matrimonial es de poca comercialización en el mercado centroamericano, aunque en algunos estilos de colchones aún se tiene esa medida. A continuación se detallan las medidas de los tamaños de cada cama promedio; todas las medidas están dadas en metros.

Tabla I. **Medidas de colchón**

Tamaño	Ancho (m)	Largo (m)
Imperial	1,00	1,90
Semimatrimonial	1,20	1,90
Matrimonial	1,40	1,90
<i>Queen</i>	1,55	2,00
<i>King</i>	2,00	2,00

Fuente: elaboración propia.

1.5. Análisis FODA

Se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. En un ambiente interno de la empresa se tienen las fortalezas y debilidades, y a su vez en un ambiente externo, las amenazas y oportunidades.

1.5.1. Fortalezas

Las fortalezas son características y condiciones por las cuales la empresa se diferencia de la competencia y por ende hace que su producto sea único y exclusivo, por lo que las fortalezas de la empresa son las siguientes:

- Durabilidad en los productos
- Precios cómodos
- Marca reconocida en el mercado guatemalteco
- Maquinaria completamente innovadora
- Mejora continua en la fabricación de colchones
- Mano de obra calificada
- Diversidad de productos

1.5.2. Oportunidades

Las oportunidades van de la mano con la visión de una empresa para ver cómo crecer o realizar estrategias, por lo que las oportunidades analizadas son las siguientes:

- Expansión al resto de Centro América
- Creación de nuevos productos
- Cadenas de tiendas
- Manejar marcas internacionales
- Mercados emergentes
- Alianzas estratégicas
- Certificación con Normas ISO 9001

1.5.3. Debilidades

Tener claras las debilidades de una empresa es el comienzo de los puntos a mejorar ya sea a corto, mediano o largo plazo; según lo visto en el mercado, las debilidades de la empresa son las siguientes:

- Poca comunicación entre personal operativo, técnicos con jefe de cada área.
- Pocas capacitaciones al personal en relación con diversos incidentes y plan de emergencia en planta en caso de evacuación.
- No certificarse en normas internacionales de calidad.

1.5.4. Amenazas

Las amenazas en una empresa son muy comunes, por lo que es clave contar con diferentes estrategias para contrarrestar algún tipo de competencia, según lo visto en el mercado las amenazas son las siguientes:

- Creación de nuevas empresas que se dedican a la elaboración de camas
- Tratado de Libre Comercio
- Empresas calificadas en el resto de Centro América

1.6. Situación actual

El proceso de producción actual es mantener una existencia de camas y *somier* en bodega de producto terminado, para alcanzar una eficiencia operativa en planta, con la finalidad de tener producto en existencia para el abastecimiento de Centro América.

Dichas eficiencias son calculadas, diaria, semanal, mensual y anualmente, con base en un pronóstico anual de ventas. Sin embargo, este diseño no contempla la proporcionalidad de modelos, tamaños y colores de nuevos diseños de colchones, necesaria para brindar disponibilidad de producto en el momento que el cliente así lo requiera.

Esta situación no permite que el proceso de producción sea flexible a las exigencias inmediatas del mercado, eleva los costos de inventario de producto terminado e inventario en proceso, e impide que el tiempo de respuesta a un pedido sea el menor posible.

1.6.1. Descripción del proceso de producción

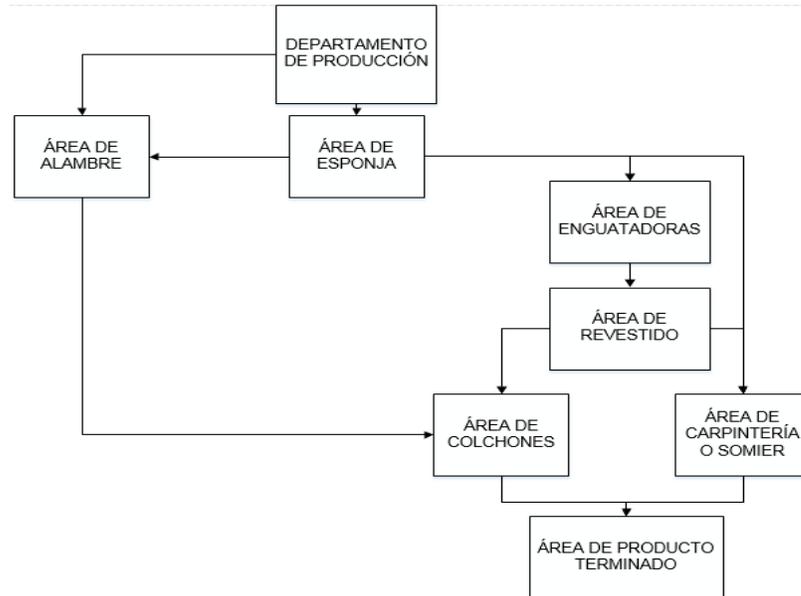
El proceso de producción de camas está integrado por seis áreas: esponja, alambre, enguatadoras, revestido, colchones y carpintería o *somier*; en el área de esponja así como su nombre lo indica esta es encargada de producir toda la esponja necesaria para el abastecimiento en planta; el área de alambre se encarga de elaborar carcasas, que están formadas de resortes, espitales y soportes laterales, que forman parte importante en la fabricación del colchones; en el área de enguatadoras se confeccionan rollos de tela enguatados, listos para su confección final en el área de revestido, esta área utiliza máquinas de costura industriales para confeccionar el acabado de capas y bordes.

En el área de colchones es donde se realizan el ensamble, es decir la última costura de los colchones por medio de máquinas industriales, dejándolos listos para su entrega en bodega de producto terminado y por último en el área de carpintería o *somier* es donde se fabrica el camastrón, el cual es la base de la cama; este es fabricado con madera de pino y ensamblada por medio de pistolas de clavos neumáticas; estas áreas de producción están entrelazadas entre sí como se puede observar en el organigrama en la figura 2.

1.6.1.1. Área de esponja

Es la encargada de la fabricación de esponja; en esta área existen 3 procesos en general, los cuales se dividen en espumado, esponja y esponja corrugada.

Figura 2. Organigrama proceso de producción



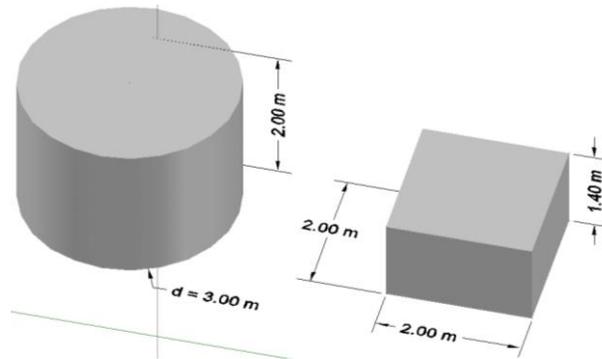
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

El proceso de espumado comienza con la formulación de la mezcla de químicos, donde la densidad de esponja depende de la formulación química, para aumentar o disminuir la densidad según sea requerida, a partir de la cual se determina la proporción de los químicos a utilizar.

En la fabricación de esponja se dan en dos formas, de acuerdo con su posterior utilización:

- Bloques, dependiendo del tamaño de cama
- Cilindros

Figura 3. **Formas de espumado de esponja**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

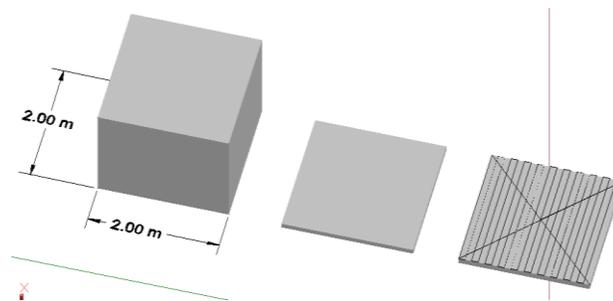
En ambos casos se utilizan moldes a la medida, teniendo en cuenta que sin importar el molde la esponja puede ser modificada, para obtener una mayor o menor densidad; el proceso de espumado requiere de verter mezcla química a moldes; estos pueden variar de ser cúbicos o cilíndricos.

En los moldes cúbicos su tamaño depende del tamaño de colchón y de *somier*. Después de verter en los moldes cúbicos se requiere de un curado; este refiere a dejar secar en el molde la mezcla de espuma, para que sea transformada en bloques de esponja.

En el caso de moldes cilíndricos su tamaño depende de la altura, ya que estos moldes tienen un diámetro constante. Los moldes están fabricados de metal y recubrimiento de plástico, para que su separación con la esponja sea fácil; en el proceso de curado de los cilindros de esponja se requiere aproximadamente de 12 horas, para que esté completamente seco para el siguiente proceso en esta área.

El siguiente proceso en el área de esponja es el de cortado; los bloques de esponja son cortados o laminados de distintos espesores, dependiendo de la utilización de la misma. El cortado de la esponja es realizado por laminadoras de bloques horizontales o verticales, dependiendo del tamaño del colchón que se requiera elaborar.

Figura 4. **Proceso de corte de esponja**

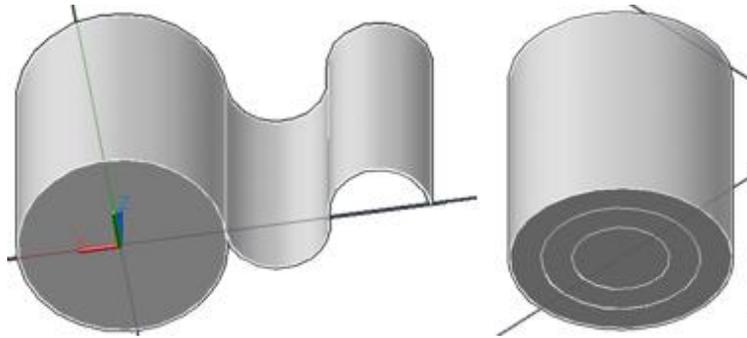


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los bloques de esponja pueden ser cortados y luego corrugados añadiendo un proceso de laminado adicional con una máquina cortadora especial que utiliza 2 rodillos y una cuchilla intermedia para darle un corte no uniforme a la esponja.

En el caso de los cilindros de esponja, estos son cortados por laminadoras de cilindros, a distintos espesores, según sea necesario; los rollos laminados son designados específicamente para el área de enguatadoras dado que en este proceso es necesario abastecer las máquinas con un rollo continuo de esponja, para ser confeccionado junto con el rollo de tela y rollo de fibra.

Figura 5. **Proceso de laminado de rollos**

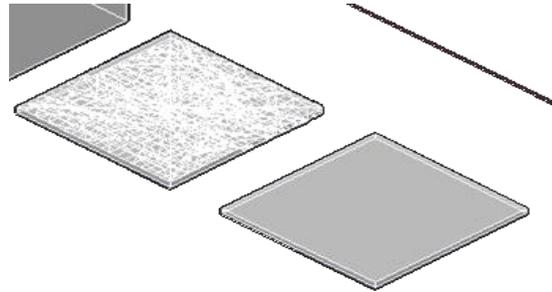


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El tercer proceso en área de esponja es la elaboración de esponja corrugada, consta de reutilización de esponja y desperdicios de tela. El proceso de compactado es exclusivo para realizar cubos de esponja a una medida máxima de un metro; la esponja compactada se utiliza para la elaboración de colchones ortopédicos con una mayor densidad de esponja a la que se obtiene por formulación de esponja normal.

Este proceso es completado cuando se agrega esponja y desperdicio de tela; se agrega a un molino, el cual se encarga de transformar en pequeños trozos, se transporta a un silo que mezcla toda la esponja y desperdicio de tela, luego a un contenedor de esponja molida, en el cual se agrega una mezcla de químicos, se vierte en moldes cuadrados y al finalizar el proceso es compactada por medio de una tapadera, accionada por gravedad; este proceso tarda en secar 12 horas aproximadamente, antes de ser laminada por cortadoras especiales de esponja compactado.

Figura 6. **Proceso de compactado de esponja**



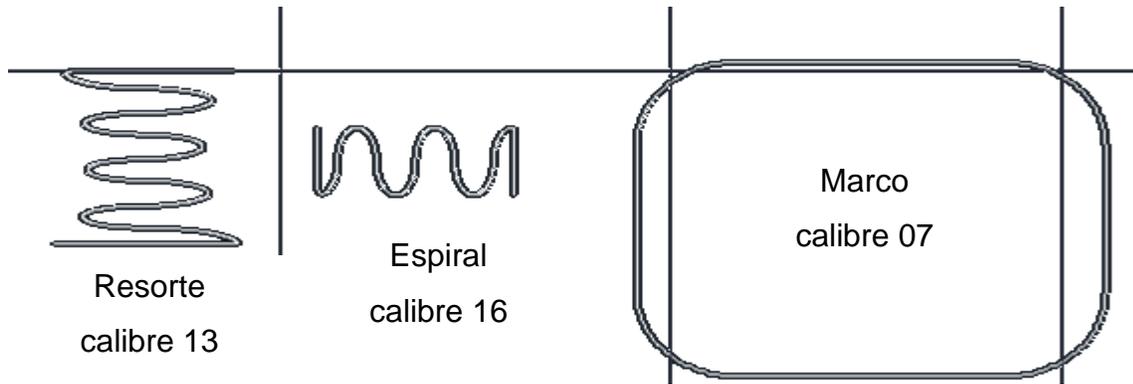
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.6.1.2. Área de alambre

Es la encargada de fabricar resortes y ensamblar unidades de resorte que después servirán de estructura interna para la fabricación de colchones. Dichas unidades son mejor conocidas como carcasas. Las carcasas están compuestas por resortes, espirales y marcos de acero, dependiendo del modelo y marca de cada colchón; en ciertos modelos la carcasa puede añadirse esponja en el perímetro de la carcasa para mayor *comfort*.

Los resortes son fabricados con rollos de acero calibre 13 mediante las máquinas designadas para su elaboración; las cuales utilizan como material atriles de alambre; el proceso de elaboración de resortes es automático, obteniendo como resultado un resorte debidamente fabricado sin intervención humana y con su debido procedimiento de temple realizado por medio de dos electrodos que aumentan su temperatura alrededor de 250 °C; esto agrega al acero mayor resistencia a la compresión, los resortes pueden variar de 4 a 5 vueltas y la forma de la base del resorte según lo requiera el modelo del colchón a realizar.

Figura 7. **Componentes de carcasa**

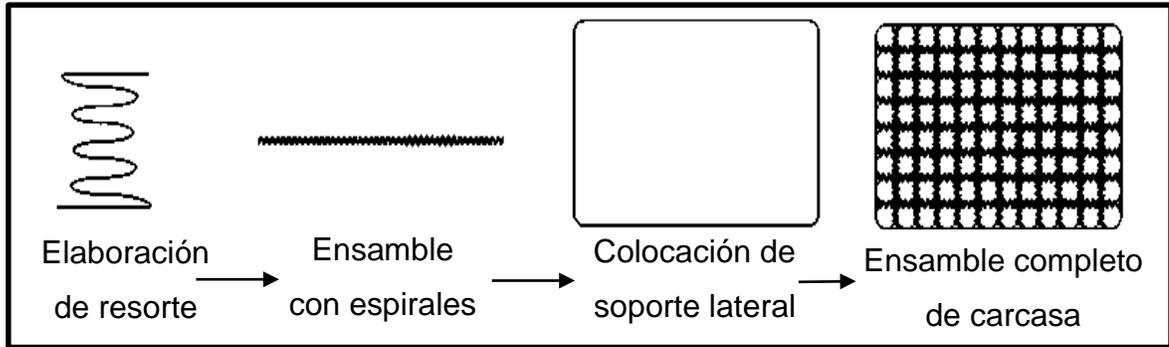


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En el segundo proceso se agrupa una cantidad de resortes; a esto se le llama ensamble; los resortes son enfilados dependiendo del tamaño y del modelo del colchón y alimentados manualmente a las máquinas ensambladoras. Dichas máquinas se encargan de unir automáticamente todos los resortes a través de espirales de acero calibre 16; este proceso añade soporte a los resortes y mayor *confort* de flexibilidad, dando como resultado una carcasa ensamblada de alta calidad.

En el tercer proceso añade a la carcasa ensamblada un marco de acero calibre 7, dado que en los extremos esta no tiene el mismo apoyo que en su centro. Este marco es previamente doblado con un brazo neumático que ejerce aproximadamente una presión de 115 psi mediante grapas de acero añadidas con pistolas neumáticas de engrapado. Una vez concluido este proceso, se obtiene una carcasa terminada dependiendo del diseño, ya que en algunos modelos se requiere de pequeños pedazos de esponja compactada en todo alrededor de la carcasa, quedando lista para ser trasladada al área de ensamble de colchón o colchones.

Figura 8. **Proceso de fabricación de carcacas**

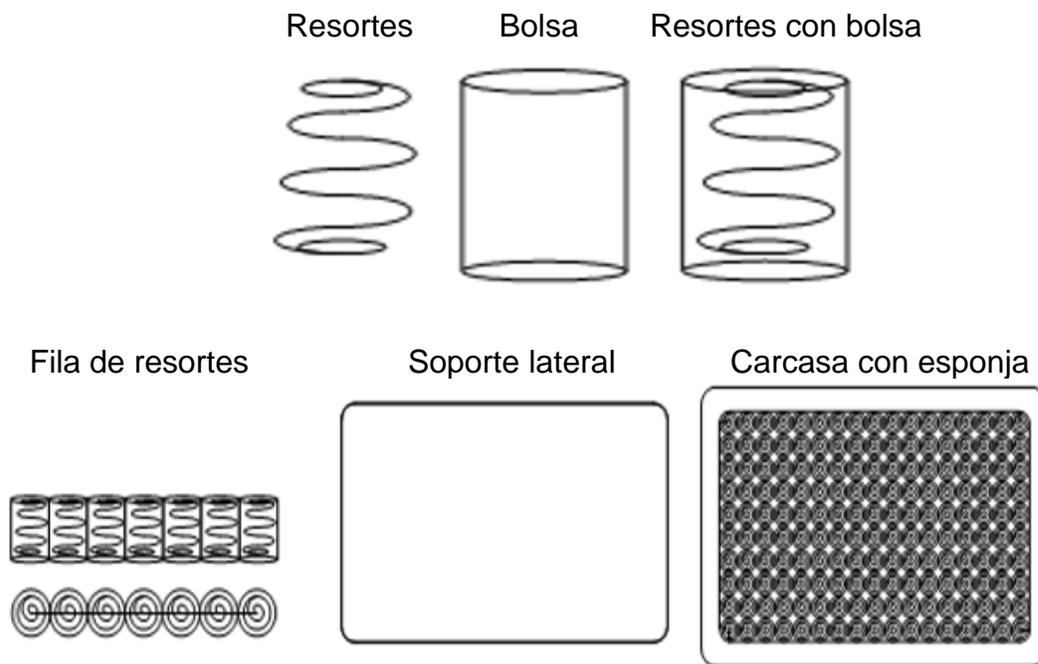


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En el caso de los colchones de mayor *confort* la carcasa tiene distintas características de fabricación, los resortes son fabricados por una máquina especial llamada resortera de bolsa; esta cubre los resortes por medio de bolsas de tela y elabora filas de resortes dependiendo del tamaño del colchón; este procedimiento sirve para que el resorte no esté en contacto metal-metal y añade una bolsa de aire adicional a la calidad de los resortes.

En el siguiente proceso los resortes de acero calibre 13 son unidos por una ensambladora de bolsa que añade un pegamento especial fila a fila de resortes, uniéndolos para llegar al tamaño deseado por medio de compresión. Se añade a las filas de resortes un soporte lateral de acero calibre 7; este proceso es el único realizado por grapas metálicas en su alrededor; este diseño de colchón requiere añadir en el perímetro esponja compactada, al finalizar es unida por medio de un pegamento en *spray* especial para telas en la base del colchón; la tela gruesa llamada mantillón proporciona una protección adicional para que la distribución del peso sea expandida a todos los resortes; es conveniente agregar que la elaboración de estos colchones es artesanal por su mayor complejidad, dado que su rigidez se notará al finalizar el proceso.

Figura 9. **Proceso de fabricación de carcasas con bolsa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.6.1.3. **Área de enguatadoras**

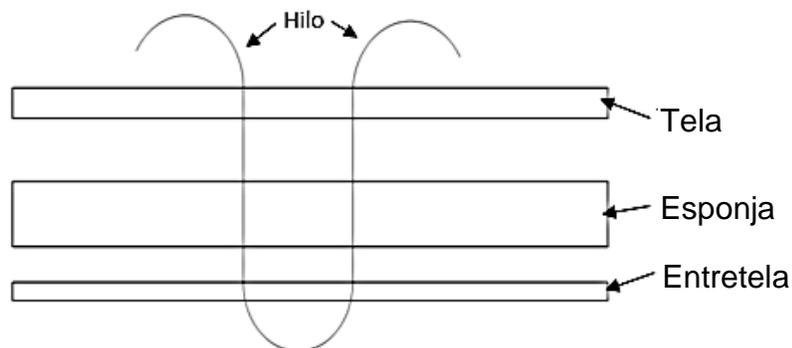
Es la encargada de confeccionar rollos de esponja, telas de distintos diseños y fibra de distintos espesores que se utilizan para la elaboración de capas, bordes, haladores y capa *fuelle* de distintos tamaños. Este proceso trata de una producción lineal de tela enguatada, encargada de proporcionar la tela al área de revestido y de colchones para su ensamble.

En esta área se ubican 4 máquinas multienguatadoras, 2 cortadoras para bordes y capa *fuelle* y una máquina de coser; por lo tanto, 2 máquinas multienguatadoras son las encargadas de confeccionar el diseño de rollos para bordes, haladores y capa *fuelle*; este proceso de costura cubre las necesidades,

dado que los diseños son sencillos y no requieren mucho tiempo en su confección; los rollos para bordes requieren de un proceso adicional de cortado para cada medida del borde que se utilizan en cada colchón y 2 enguatadoras que realizan el diseño de capas con diseños complejos de confección que requieren de mayor tiempo de costura.

Es evidente que la demanda del diseño con mayor complejidad de cada colchón a fabricar puede llegar a ser demasiada, dado que el proceso es muy tardado, complicando dicho proceso en el área de revestido, colchones y carpintería o *somier*.

Figura 10. **Capa y borde enguatados**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.6.1.4. **Área de revestido**

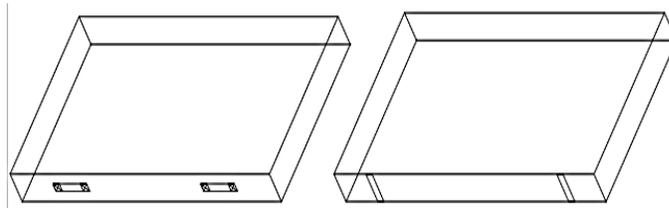
En esta área se realizan los acabados de costura para las capas, bordes, haladores y capa *fuelle* para colchones, en esta área se tienen diferentes máquinas de costura industriales, dado que en ciertos modelos se requiere de la utilización de puntadas distintas, es decir, existen 3 tipos de costuras, *overlock*, puntada invisible y cadeneta; la puntada *overlock* es la que se utiliza para cerrar

las capas de los colchones, ya que estas máquinas tienen 2 agujas, una que hace la puntada en la orilla y la otra puntada de seguridad; la puntada invisible, así como su nombre lo indica sirve para realizar costuras que solo sean visibles en un solo lado y la puntada de cadena o de cadeneta, sirve para realizar la costura de las etiquetas de los colchones.

El propósito en general del área de revestido es la entrega de producto confeccionado final para el área de ensamble de colchones.

- Capas terminadas
- Bordes terminados
- Capa *fuelle*
- Haladores de tela

Figura 11. **Haladores de colchones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Al área de carpintería o *somier*:

- Fundas para recubrir el camastrón
- Bordes para el camastrón

Figura 12. **Funda del somier y fibra guardapolvo (*dust cover*)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Todos los productos semielaborados del área de enguatadoras tienen concordancia con el tamaño de cama que se esté produciendo, es decir, que existen capas y bordes en tamaños imperial, semimatrimonial, matrimonial, *queen* y *king*. De la misma forma, la calidad de las telas a utilizar va acorde con el modelo de cama. En el proceso se manejan cinco modelos de camas y quince tonalidades de color (tres por cada modelo).

Las capas y bordes semiterminados son confeccionadas, operación en la cual se añade la costura *flange* al perímetro; por último se añade la costura de etiqueta y banda en la máquina de zigzag puntada de cadena, que identifica al modelo de cama al que pertenecen, quedando listas para su costura final.

Los haladores de tela son medidos y cortados en tiras continuas que fueron cortadas en el área de enguatadoras; estas tiras continuas son confeccionadas por medio de un equipo de costura de 3 agujas para darles la forma de haladores; finalmente, son cortados en haladores individuales según sea el tamaño asignado, quedando listos para ser confeccionados al borde del colchón.

Los rollos de borde, son cosidos, medidos y cortados de acuerdo con el tamaño, cerrados en la máquina plana, con puntada sencilla y por último, se agregan los cuatro haladores, quedando listos para ser ensamblados.

Las capas antideslizantes son compradas en rollo, se obtienen al cortar dicho rollo en una máquina cortadora de capas, a la cual se le ajusta el tamaño requerido y automáticamente realiza un corte transversal; de la misma manera se obtienen las fibras guardapolvo o *dust cover*.

Los bordes de *somier* son enguatados y cortados de igual forma que el borde del colchón, y posteriormente son añadidos con bies a la capa antideslizante; este proceso manufactura las fundas de *somier*, listas para ser ensambladas y empacadas.

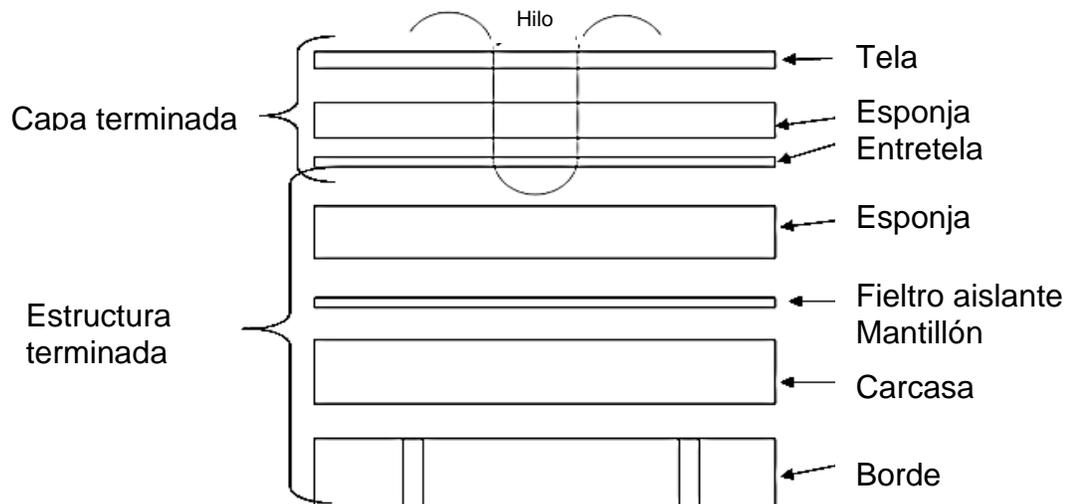
1.6.1.5. Área de colchones

El área de colchón se encarga de ensamblar la carcasa, la tela terminada, esponja y tela estabilizadora en colchones, que posteriormente, son ingresados a la bodega como producto terminado.

A la carcasa se añade una tela estabilizadora llamada mantillón; esta sirve para darle un mejor soporte y distribuir correctamente el peso; este se agrega por medio de grapas y posteriormente son unidas a la carcasa, las esponjas lisas o corrugadas, según el modelo de cada colchón y engrapadas mediante tela llamada *flange*, la cual fue agregada anteriormente en el área de revestido; este proceso es ubicado en mesas de estación de ensamble, la grapa que se utiliza es de 2". Posteriormente se le colocan los bordes al perímetro del colchón, teniendo cuidado de que los haladores queden centrados en los dos extremos largos.

Por último, los colchones son cerrados por listones o bies, utilizando máquinas cerradoras de colchones, que no son más que máquinas de puntada de cadena con una inclinación de 35 grados, las cuales son montadas en una mesa con el mecanismo de girar la máquina alrededor del colchón. Posteriormente, al igual que los *somieres*, los colchones pasan por una etapa de control de calidad y empaque final, para luego ser trasladados a la bodega de producto terminado.

Figura 13. **Componentes del colchón**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

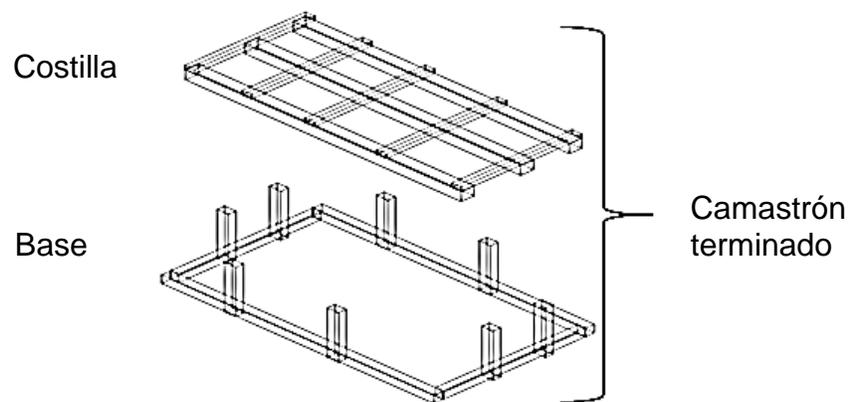
1.6.1.6. Área de carpintería o *somier*

En esta área son ensambladas estructuras de madera de pino, tela enguatada y antideslizante; en algunos casos se agregan las patas plásticas, que después servirán de base para la fabricación de los *somieres*. Dichas estructuras se conocen como camastrón.

El camastrón está compuesto de dos partes:

- Base (parte inferior)
- Costilla (parte superior)

Figura 14. **Base y costilla del camastrón**



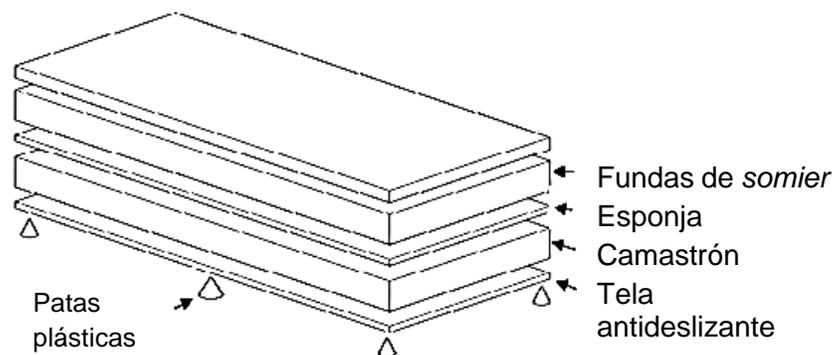
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tanto la costilla como la base están conformadas por piezas de madera unidas entre sí con grapas de 2", mediante pistolas neumáticas. Los camastrones se fabrican en el tamaño imperial, semimatrimonial, matrimonial, *queen* y *king*; según el tamaño de colchón que sea asignado y la fabricación del camastrón deben ser simétricos, dado que sirven como el soporte del colchón.

La fabricación del camastrón inicia con la selección de madera de acuerdo con sus atributos físicos, nudos en la madera y rectitud de estas, según el porcentaje de humedad que las referidas piezas tengan. Una vez pasado este filtro, se fabrican simultáneamente las bases y costillas, se ensamblan ambas para obtener como resultado el camastrón terminado.

El subárea de ensamble de *somier* se encarga de convertir el camastrón en *somier* e ingresarlo a la bodega como producto terminado. Para esto, se le engrapa una plancha de esponja al camastrón en la parte superior (atendiendo a la idiosincrasia del cliente centroamericano, que utiliza el *somier* para dormir al momento que recibe invitados en casa), cumpliendo la función de aislante entre la madera y la tela. Posteriormente, se le engrapa la funda de *somier*, asegurando de esta manera la esponja. Por último, se engrapa la fibra guardapolvo en la parte inferior y se remata con la colocación de esquineras plásticas indicativas de la marca de la cama, en los cuatro extremos inferiores.

Figura 15. **Componentes del *somier***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.6.1.7. **Área de producto terminado**

Esta área es la bodega central de almacenamiento de colchones y de *somier* de todas las marcas, es ordenada por producto existente entre colchones y *somier*, esta distribución es realizada por códigos asignados a cada colchón y *somier*, según sea el diseño y el tamaño del mismo, en concordancia entre ellos.

El área de producto terminado se encarga de exportar al resto de centroamérica colchones y *somieres* bajo pedido para su abastecimiento. En ella se encuentran 4 jaulas de electromalla en las cuales preparan los envíos de colchones; con estas 4 jaulas se puede preparar no solo 1 envío sino 4 a la vez, y cargar al contenedor o camión el producto terminado.

1.7. Descripción del problema

Diveco S. A. es una empresa que se dedica a la fabricación de áreas de descanso amueblados de sala y colchones, entre ellos ortopédicos, colchones especiales, colchones duros, semiduros y suaves, así como los tamaños que existen *king* (200 cm x 200 cm), *queen* (160 cm x 200 cm), matrimonial (140 cm x 190 cm), semimatrimonial (120 cm x 190 cm) e imperial (100 cm x 190 cm).

Por la gran variedad y demanda que existe en la fabricación de colchones se consideró comprar una nueva multienguatadora china; el proceso de enguatado de tela para capas es el más tardado y de mayor importancia, dado que no se puede elaborar un colchón sin capas, debido a que las telas enguatadas, requieren de un control de saltos de costura apropiados; por lo tanto, el equipo es de suma importancia en la producción.

Con la instalación de un nuevo equipo de enguatadora se requiere aumentar la producción en un 10 % y el 100 % para nuevos diseños de capa completa en el momento de puesta en operación; por lo tanto, es evidente la importancia que la máquina esté en funcionamiento en el menor tiempo posible. La producción actual de las enguatadoras cumple con el 100 % en la demanda, sin embargo, se requiere aumentar la producción y realizar nuevos diseños.

En el montaje de la multienguatadora China es conveniente tener en cuenta, aspectos tales como el cimiento, enclavamiento al suelo, tipo de amortiguamiento, instalaciones neumáticas, eléctricas y de planos de ubicación para no interferir con el flujo de producción actual. En la puesta en marcha se llevará un listado de materia prima necesaria y se realizará una propuesta de mantenimiento preventivo antes de iniciar sus funciones.

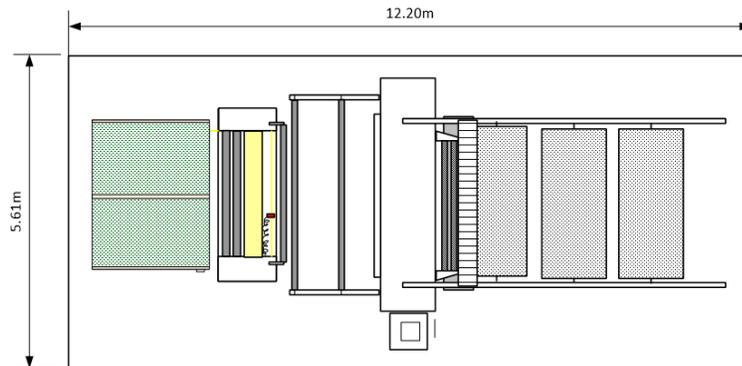
1.8. Características técnicas de la máquina

Es importante conocer las características técnicas de la máquina, ya que sin ellas no podría realizar la propuesta del montaje y puesta en marcha, es necesario realizar acciones previas antes de que el equipo sea recibido en planta para ser eficiente el montaje.

1.8.1. Dimensiones de la máquina

Las dimensiones de la máquina multienguatadora china son variables, ya que de esta no se tiene aún previsto el modelo ni marca; la multienguatadora está entre distintos diseños y diferentes propuestas, entre ellas se tienen marcas americanas, europeas y asiáticas. Las propuestas de montaje se enfocan en una multienguatadora asiática específicamente china; las medidas están basadas en un equipo instalado en planta, dado que el costo de una máquina es menor al ser proveniente de Asia y tiene un mejor beneficio en diseños innovadores que presenta una máquina multienguatadora de China.

Figura 16. **Dimensiones de espacio en planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

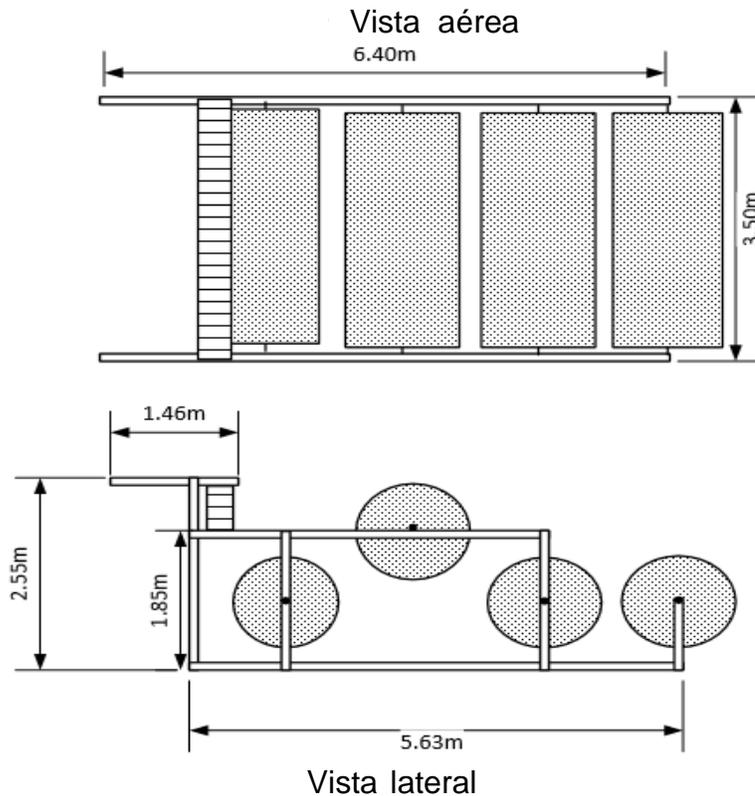
Considerando el espacio necesario, se tomarán las medidas necesarias para el montaje de la misma; este equipo no requiere de gran espacio, ya que en su proceso de producción no requiere de espacio adicional de movimiento de material.

1.8.2. Partes de la máquina

Las partes de mayor tamaño e importancia en una multienguatadora común están consideradas como 4 módulos; estos completan el proceso de confección de telas enguatadas para la elaboración de colchones. Estos módulos se considerarán por partes, dado que requieren de un manejo cuidadoso.

- Estructura de soporte de rollos: se debe tener en cuenta que está formada de tubos de 2" de ancho; este soporte es enviado por partes separadas, para su posterior ensamblaje en planta; el peso puede variar según el modelo de la multienguatadora; el rango de peso aproximado es de 350 a 700 kg; este peso es solo de la estructura metálica sin el peso de los rollos, estos rollos pueden variar de 25 a 40 kg, como se muestra.

Figura 17. Estructura de soporte de rollos

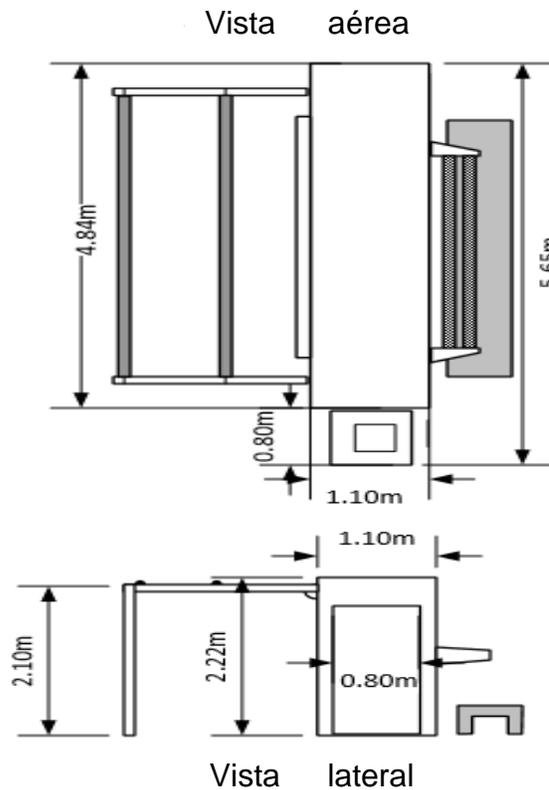


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Máquina multiagujas: esta parte de la enguatadora es de mayor importancia, ya que en ella se realiza la costura del diseño de rollos enguataados destinados para capas, bordes, haladores y capa *fuelle*. Esta parte de la enguatadora se debe manejar con extrema precaución, ya que es sensible a los golpes por sus componentes mecánicos y neumáticos, dado que es la parte de mayor peso contiene un mecanismo con 3 barras de aluminio, en las cuales están montadas agujas en serie; para un diseño sencillo o con cilindros neumáticos, para un diseño de mayor complejidad, se puede modificar el diseño de las condiciones y estilos deseados; el diseño puede variar según la época del año o del estilo, según sea la

marca del colchón y del *somier*; el peso puede variar en un rango de 4 500 a 5 000 kg según será el modelo deseado.

Figura 18. **Máquina multiagujas**

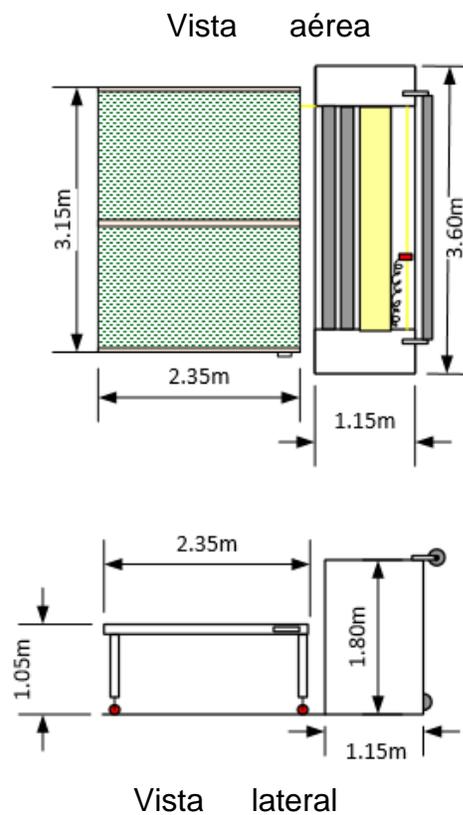


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Módulo de corte y mesa de corte: el equipo consta con una cortadora automática controlada con el mecanismo de corte interno; este módulo de corte puede ser añadido a la máquina multiagujas para elaborar el proceso de cortado de capas y bordes de distintos tamaños; la función principal de la mesa de corte facilitar el proceso de medición de capas y transportar la capa enguatada para el siguiente proceso de confección en el área de revestido, el peso del módulo de corte puede variar de 1 800 a 2 000 kg y

el peso de mesa de corte varía según largo y ancho, su rango de peso es de 300 a 900 kg.

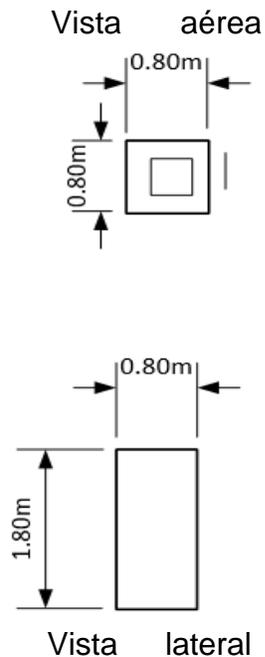
Figura 19. **Módulo de corte y mesa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Panel eléctrico: es el que recibe la corriente eléctrica del tablero eléctrico instalado en planta; el panel eléctrico es donde se conectan todos los componentes eléctricos y tarjetas electrónicas, dado que sirven en el manejo de la engratadora china, según sea el modelo y marca de la engratadora su peso varia en 50 a 80 kg.

Figura 20. **Panel eléctrico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.8.3. **Elementos y componentes adicionales del equipo**

Son elementos y componentes adicionales necesarios para el funcionamiento de la enguatadora china; es importante tener en cuenta que estos equipos deben estar instalados correctamente antes que inicie sus operaciones de confección para el diseño de capas, bordes, haladores y capa *fuelle*, para la fabricación de colchones.

- Aire comprimido: se tiene un sistema de aire comprimido en funcionamiento actual con una presión de trabajo de 125 psi. El cual cuenta con 4 compresores Kaeser ASD 25, el cual proporciona un caudal de aire de 112 CFM cada uno, 2 secadores de aire TD 76, un tanque de

1 000 L de capacidad y filtros de condensado en cada salida de los compresores.

- Electricidad: este equipo está diseñado para que su funcionamiento sea de 380 V o 220 V, el equipo en el momento de la compra se debe seleccionar con un voltaje de 220 V, aplicado en planta de 220 V trifásica, la engratadora necesita un regulador de voltaje y un transformador de voltaje, dado que necesita un voltaje regulado de 220 V.
- Aceites lubricantes, grasas y repuestos: se debe tener en bodega de repuestos, aceite mineral ISO 32 que es el que se utiliza en las engratadoras, ya en planta, para el sistema de aire comprimido y grasa grado 2; para lubricar los elementos en movimiento en la engratadora, también es importante tener repuesto de agujas; sin embargo, la engratadora es empacada con una serie de repuestos de agujas y repuestos adicionales que se pudieran requerir en el momento de puesta en operación.
- Regulador automático trifásico de voltaje alterno: como su nombre lo indica es un regulador automático que sirve para nivelar el voltaje alterno que ingresa a la engratadora, registrado por un sistema incorporado de voltímetros y amperímetros análogos; es importante tener en cuenta que en el panel eléctrico en el interior está instalado un transformador de voltaje que debe de recibir un voltaje nivelado; este panel trabaja con voltaje 220 V y en su interior tiene un transformador de voltaje de 40 V y 12 V, dado que el de 220 V se utiliza en mecanismos y motores instalados, 40 V y 12 V para todos los componentes electrónicos y componentes de computadora.
- Transformado de potencia: este dispositivo eléctrico permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna

de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente.

1.8.4. Condiciones de operación

Es importante tener en cuenta las condiciones de operación de la máquina, dado que proporcionan información necesaria para obtener la mejor ubicación para su mayor productividad:

Tabla II. **Condiciones de operación**

Campo	Descripción
Temperatura de funcionamiento	+ 5 °C a + 40 °C
Temperatura de almacenamiento	-25 °C a + 55 °C
Altitud	Reducción de potencia de motor 1 % por cada 100 metros hasta un máximo de 4 000 metros sobre el nivel del mar
Humedad	Máximo 85 % de humedad relativa en 40 °C sin condensación
Ambiente	Inflamable, corrosivo y libre de polvo
Consumo de aire comprimido	10 CFM
Voltaje necesario	3 ~ 220±10 % 60 Hz
Presión de operación:	72,5 psi
Temperatura ambiente	<+ 40 °C
Motor de 1,5 hp	450 RPM
Carga cíclica puntual	11 kgf

Fuente: Diveco S. A. *Manual de enguatadora en planta. Área de mantenimiento.* p. 12.

1.9. Montaje de máquina enguatadora

La multienguatadora es un equipo complejo de funcionamiento industrial de alta importancia, por lo tanto, se deben tener en cuenta todos los aspectos de instalación, cimentación, enclavamiento, instalaciones complementarias y la materia prima e investigar si existe algún tipo de procedimiento adecuado por el fabricante, por lo tanto, la prolongación del funcionamiento de alta calidad de la enguatadora depende de su montaje adecuado.

1.9.1. Cimentación

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o maquinaria al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados.

La cimentación en un equipo es importante, dado que transmite gran parte de la vibración del equipo al suelo. Hay que prestar especial atención, al tipo de movimiento y el peso del equipo.

1.9.2. Tipo de cimentación

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno para obras civiles, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación. Siempre que sea posible deben emplearse

cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar.

Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del mismo no es posible usar cimentación superficial se valoran otros tipos de cimentaciones; es necesario dividir los cimientos de obras civiles y cimientos de maquinaria, dado que normalmente el cimiento en equipos en planta de producción se realiza un cimiento relacionado con el peso del equipo, debido a que el suelo es uniforme; en el presente caso se tendrá que el suelo contiene arena saturada.

1.9.2.1. Cimientos de obras civiles

Esta es básicamente la cimentación de obras como edificios, centros comerciales, proyectos de construcción en general, entre otros. Es importante separar, debido a que estos cimientos no son iguales a los de la maquinaria. Anteriormente se tenía pensado que el cimiento de obras civiles debería ser mayor que la profundidad del cimiento de máquinas, ya que esto reduciría la vibración; sin embargo, con el tiempo y con los equipos que se tienen para el monitoreo de vibraciones, se sabe que era un mal concepto en la práctica para la cimentación de equipos.

1.9.2.2. Cimentaciones de máquinas

A diferencia de las cimentaciones de edificación, que generalmente están sometidas a cargas estáticas o cuasiestáticas, las cimentaciones de maquinaria están sometidas frecuentemente a cargas cíclicas (anexo 1).

- Tipos de cimientos de maquinaria: los cálculos de las cimentaciones para maquinaria se consideran dentro del medio práctico ingenieril, el cual debe ser con experiencia y mucha intuición para proporcionar, de manera adecuada, los elementos que servirán para soportar y transmitir al suelo las cargas, tanto estáticas, como dinámicas, sin producir alteraciones en el funcionamiento normal de las máquinas, ni en la estructura en la cual son instaladas.
 - Cimentación sobre suelos de roca: el bloque de concreto, cuyo volumen debe ser tal que pese unas cinco veces más que el grupo completo del motor, debe apoyarse sobre terreno suficientemente firme. Lo ideal sería un asiento de roca, pues es el terreno más firme; ahora bien, la roca es un excelente transmisor de las vibraciones, por lo cual no es aconsejable asentar una fundación sobre esta. En el caso que se tuviera que instalar una fundación sobre roca será necesario montar el bloque de concreto sobre placas elásticas de goma u otro material. La parte superior del cimiento debe quedar tan baja como sea posible, con el objeto de facilitar el trabajo sobre el equipo, por lo cual la excavación deberá hacerse bastante profunda.
 - Cimentación sobre terreno firme: este tipo de cimiento es relativamente parecido al de terreno rocoso, pero difiere en que su cimiento es mucho más grande. Debido a que existe una gran variedad de este tipo de cimiento, la posición se puede adoptar para el pozo de concentración o alguna instalación adicional, dado que se puede realizar un cimiento inferior y luego realizar un cimiento de mayor tamaño para el aislamiento de vibración.
 - Cimentación sobre terrenos blandos: el pie del cimiento sobre terrenos blandos debe ser grande, con el objeto de cubrir la mayor

superficie posible. En raros casos, es necesario proporcionar a estos cimientos el sostén adicional de un pilotaje, aunque sean considerablemente anchos; en los materiales blandos se debe impedir la desnivelación del equipo y el hundimiento del terreno; puede considerarse la ejecución de una base ancha en el cimiento.

- Material base: los diversos materiales de construcción empleados ofrecen distintas posibilidades del tipo de anclaje que va a ser utilizado. Las características del material base determinan de forma decisiva la elección de un medio de fijación adecuado, así como las fuerzas de tracción y compresión que se pueden soportar.
 - Concreto: es el material base comúnmente utilizado para los anclajes mecánicos y consiste en cuatro elementos específicos: cemento (principalmente el cemento a gran carga de compresión); agregado fino (arena); agregado grueso (grava o piedra triturada) y agua. El concreto tiene una resistencia a la compresión relativamente alta, pero su resistencia a la tracción es escasa. Así pues, las barras de refuerzos de acero son coladas en el concreto para llevar las fuerzas a la tracción y a esta combinación se le llama concreto reforzado. Debe evitarse cortar a través del refuerzo del concreto, cuando se perforan agujeros para anclajes.
 - Concreto liviano: se utiliza cuando se desea reducir la carga muerta de una estructura; el concreto aislante liviano se utiliza cuando la propiedad de aislamiento termal es de primera consideración. Las propiedades mecánicas y el tipo de agregado de concreto tienen una influencia mayor en el comportamiento de las brocas de perforación, que se va a utilizar al perforar los agujeros. Los clavos o pernos pueden perforar agregados suaves, pero cuando los

agregados duros están cerca de la superficie del concreto, esto puede provocar efectos negativos para la penetración de los fijadores. Como resultado de esto, el poder de sujeción puede ser reducido enormemente.

- Mampostería: la mampostería puede ser considerada similar al concreto, porque se realiza utilizando ingredientes del cemento, agregado de piedra caliza pulverizada y agua. La mampostería incluye el ladrillo, piedra, baldosas, bloques de concreto u otros materiales similares, que son unidos con mortero. Los componentes de mampostería son fabricados en una gran variedad de tamaños, formas, materiales y configuraciones solidas y huecas. Estas variaciones exigen que la selección del sistema de anclajes o fijaciones sea realizada cuidadosamente, así como el tipo de aplicación y mampostería que se va a utilizar.
- Esfuerzos dinámicos periódicos: es el más frecuente en cimientos de máquinas, es necesario adoptar disposiciones para que el número de oscilaciones propias de la cimentación no coincida con el número de revoluciones de la máquina, con el objeto de evitar el fenómeno de resonancia. Se han desarrollado procedimientos analíticos para diferentes tipos de movimiento en la cimentación, a saber: traslación vertical; traslación horizontal, y balanceo o cabeceo (anexo 2).

Tabla III. **Valores de diseño recomendables del coeficiente de compresión elástica uniforme y de cargas permisibles en suelos bajo acción de cargas estáticas solamente**

Categoría de suelo	Grupo de suelos	Carga permisible (kg/cm²)	Coeficiente compresión elástica uniforme Cu (kg/cm³)
I	Suelos poca resistentes (arcillas fangosas con arenas en estado plástico); barro y arena fangosa. También suelos de categoría II y III con capa orgánica y turba.	0-1,5	0-30
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 de 5,0	Mayor de 10,0

Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 18.

1.9.3. Tipos de enclavamientos

Es importante conocer los tipos de enclavamiento que existen, ya que la colocación del anclaje al cimiento es un proceso importante, por lo tanto, a la hora de realizar el cimiento es importante tener en cuenta qué tipo de anclaje se realizará para que se fundan con la cimentación; en la actualidad existen métodos de anclaje al suelo sencillos de utilizar.

Tabla IV. **Valores del coeficiente de compresión elástica no uniforme “CØ” para diferentes suelos y tamaños de cimentaciones**

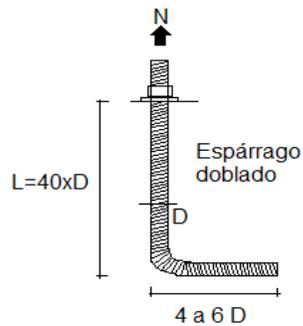
Descripción del suelo	Área de contacto (m ²)	Cu, kg/cm ³	CØ, kg/cm ³
Arcillas fangosas con contenido de arena (oscuras)	2,0	4,40	12,0
	4,0	2,50	4,0
	8,0	2,05	3,0
Arcillas fangosas blandas con contenido de arena (grises)	0,5	3,50	3,55
	1,0	2,52	3,61
	1,5	2,11	3,75
Marga natural con contenido de humedad	0,81	14,20	25,0
	1,40	10,80	17,6
	2,00	10,20	15,5
	4,00	8,00	12,9
Arenas Saturadas	4,0	7,5	14,5
	8,0	5,60	9,5
	13,0	4,0	9,2

Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 18.

1.9.3.1. Enclavamiento o anclaje tipo L

El tipo de enclavamiento o anclaje más usado es el de pata en el externo, que mejora el anclaje y evita el giro del perno. Usualmente la longitud de la pata es de 4 a 6 diámetros del perno y la longitud mínima de 40 diámetros. Es de fácil fabricación y bajo costo.

Figura 21. **Anclaje tipo L**

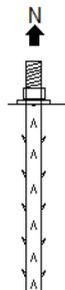


Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 16.

1.9.3.2. **Perno arponado**

Este se fabrica de barras lisas. Pueden ser de difícil adquisición y costo elevado, siendo su uso limitado en el enclavamiento o anclaje de una maquinaria.

Figura 22. **Perno arponado**



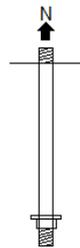
Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 16.

1.9.3.3. **Pernos con cabeza**

Pueden lograrse agregando una tuerca y una arandela a la parte empotrada en el concreto para resistir la tracción. El área de la arandela se calcula para

resistir la carga de tensión en el perno y transmitirla al concreto por aplastamiento.

Figura 23. **Perno con cabeza**

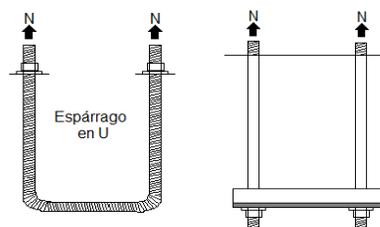


Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 16.

1.9.3.4. **Par de pernos**

Cuando se necesita más de un perno, una solución es utilizar una sola varilla doblada que garantiza un buen anclaje de tensión. Otra solución es utilizar dos o más pernos unidos mediante un canal o angular de acero. Si el canal o angular se diseña adecuadamente constituye un excelente anclaje mecánico; sin embargo, se deben tomar precauciones en la fundición para garantizar que el concreto penetre debajo del canal o angular.

Figura 24. **Par de pernos**

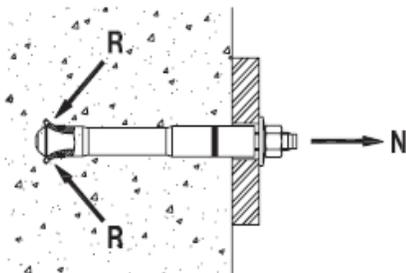


Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 16.

1.9.3.5. Perno Hilti

Este proceso de enclavamiento es utilizado en equipos de gran tamaño y peso; este anclaje es de gran utilización en la industria ya que son económicos y de fácil instalación; para el procedimiento de instalación basta con un barreno y una broca para concreto; su funcionamiento trata de un mecanismo de fricción en la cabeza del tornillo luego es ajustado por una tuerca hasta quedar ajustado.

Figura 25. Perno Hilti



Fuente: Hilti. *Manual técnico Hilti*. p. 23.

El Uniform Building Code 1979, presenta una tabla que se da a continuación, en la cual están las cargas permisibles, tanto de corte como de tensión para los diferentes pernos y tipos de concreto. Los pernos deben ser como mínimo de calidad A 307 (acero estructural) especificado por la ASTM.

1.9.4. Amortiguamiento o aisladores para vibración

Es útil el amortiguamiento de los equipos ya que limitan el movimiento dinámico; el amortiguamiento puede ser de varios tipos, dependiendo de que esfuerzos estén actuando en el equipo; estos evitan el desgaste prematuro de las piezas.

Tabla V. **Corte y tensión permisible en pernos**

Diámetro (pulgadas)	Anclaje mínimo (cm)	Esfuerzo mínimo en el concreto (kg/cm ²)		
		Corte		Tensión
		141	211	141 a 352
1/4	6,4	227	227	91
3/8	7,6	499	499	227
1/2	10,0	907	907	431
5/8	10,0	1 247	1 361	680
3/4	12,7	1 334	1 615	1 021
7/8	15,2	1 624	1 882	1 451
1	17,8	1 624	1 882	1 451
1 1/8	20,3	1 624	2 041	1 451
1 1/4	22,9	1 624	2 404	1 451

Fuente: MONROY, Fredy. *Montaje y mantenimiento de equipo*. p. 19.

1.9.5. Tipos de amortiguamiento

Existen varios tipos de amortiguamiento para evitar la vibración en extremo de los equipos. El sistema de amortiguamiento puede ser de distintas aplicaciones:

1.9.5.1. Hidráulicamente

La amortiguación hidráulica de vibración es la combinación de un amortiguador y un fluido en una sola unidad compacta que permite ajustarse de forma independiente. Esto proporciona flexibilidad en la adecuación de las características dinámicas del aislador a los requisitos de la aplicación. Los soportes hidráulicos se han utilizado principalmente en los motores y los aisladores de la cabina del operador en los vehículos.

El aislador de amortiguación hidráulica tiene un elemento de goma flexible que encapsula un fluido incompresible que se hace pasar a través de una variedad de puertos y orificios para desarrollar la dinámica requerida. La cavidad del líquido se divide en dos cámaras con un orificio en medio, de manera que el movimiento del elemento de elastómero hace que el líquido fluya de una cámara a otra, disipando la energía.

Para el control de movimiento, se requiere de alto amortiguamiento. Los amortiguadores hidráulicos resuelven estos requisitos conflictivos. Un aislador de vibración hidráulico puede también actuar como un amortiguador ajustado por el aumento del diámetro del orificio, modificando la inercia del fluido en movimiento; el aislador actúa como una masa sintonizada en una frecuencia específica (que es determinada por el diámetro del orificio). Esta característica se utiliza cuando se requiere aislamiento de vibración en una frecuencia particular.

1.9.5.2. Aisladores de plástico

Los aisladores fabricados de plástico resistentes están disponibles y tienen características de rendimiento similares a los de goma y algún tipo de aislador de metal en la configuración equivalente. Los elementos estructurales son fabricados a partir de un termoplástico rígido y un elemento elástico de un elastómero termoplástico. Estos elementos son compatibles en el sentido de que son capaces de estar unidos unos a otros por fusión. Los más utilizados son los materiales de poliestireno para los elementos estructurales y butadieno de estireno para elastómeros resistentes.

Estos tipos de aisladores tienen las siguientes ventajas: bajo costo, la uniformidad excepcional en el rendimiento dinámico, estabilidad dimensional y capacidad para mantener una estrecha tolerancia. La desventaja de estos

aisladores es el limitado rango de temperatura, por lo general de un máximo de alrededor de 180 °F (82 °C) a un mínimo de -40 °F (-40 °C). Las ventajas de los aisladores: resisten altas tensiones estáticas y buena resistencia estructural.

1.9.5.3. Resortes de metal

Los resortes de metal se utilizan habitualmente en grandes desviaciones de estática, en donde la temperatura u otras condiciones ambientales hacen que los elastómeros sean inadecuados (en algunas circunstancias) y donde se requiere un bajo costo de aislamiento.

Los aisladores neumáticos (aire) proporcionan ventajas en que se requiere aislamiento a baja frecuencia, pueden ser utilizados en muchas aplicaciones como los resortes de metal, pero sin algunos inconvenientes de este último. Los resortes de metal utilizados en el control de las vibraciones suelen clasificarse en los siguientes tipos: resortes helicoidales (muelles), resortes de anillo, resorte tipo arandela (cónico o discos cónicos), resorte enrollado en espiral, de hojas de ballesta y de malla de alambre.

1.9.5.4. Resortes helicoidales

Los resortes helicoidales son fabricados de barra o alambre enrollado en una forma helicoidal. La carga se aplica a lo largo del eje del espiral. En un muelle de compresión el espiral se comprime; en un resorte de tensión se expande. El resorte helicoidal tiene una recta de carga-deformación. Este es el más simple y más ampliamente utilizado para almacenar energía. La energía almacenada en los muelles está representada por el área bajo la curva carga-deformación.

1.9.5.5. Resortes de anillo

Un resorte de anillo, absorbe la energía del movimiento en algunos ciclos, disipando la fricción entre sus secciones. Con alta capacidad de carga para su tamaño y peso, un muelle de anillo absorbe la energía lineal con un mínimo de retroceso. Tiene una carga deflexión lineal, los resortes de este tipo a menudo se utilizan para cargas de (4 000 a 200 000) libras (1 814 a 90 720) kg, con deflexiones entre 1 pulgada (25 mm) y 12 pulgadas (305 mm).

1.9.5.6. Resorte tipo arandela

También llamado disco de resortes cónicos, absorben más energía en un espacio determinado a comparación de los muelles helicoidales. Los resortes de este tipo son excelentes para grandes cargas y deflexiones pequeñas. Sus inherentes características de amortiguación son como las hojas de ballesta: oscilaciones rápidas y se detiene tras el impacto. Los discos de este tipo de resorte tienen un diámetro de sección transversal.

1.9.5.7. Resorte de malla de alambre

El alambre de malla actúa como un colchón de alta amortiguación y constantes no lineales de amortiguamiento. Para la fabricación del resorte de malla se utiliza un proceso de tejido circular para producir múltiples capas o mallas entrelazadas. Un resorte de malla tiene una orientación multidireccional en los bucles del resorte, es decir, cada bucle se puede mover libremente en tres direcciones, proporcionando dos vías estrechas. Bajo cargas de tensión o de compresión, cada bucle se comporta como un pequeño resorte; cuando se elimina la tensión, inmediatamente vuelve a su forma original.

1.9.5.8. Amortiguador de aire (neumáticos)

Un resorte neumático emplea gas como elemento resistente. Dado que el gas es por lo general aire, no se requiere una deflexión estática grande; esto se debe a que el gas puede ser comprimido a la presión necesaria para soportar la carga mientras mantiene la rigidez baja necesaria para el aislamiento de vibraciones. La capacidad en almacenamiento de energía del aire es mucho mayor por unidad de peso que los materiales de resortes o aisladores mecánicos, como el acero y el caucho.

La ventaja del aire es menor que de lo que se indica mediante una comparación de la capacidad de almacenamiento de energía por kilogramo de material, porque el aire debe ser contenido. Sin embargo, si la carga estática y la desviación son grandes, el uso de amortiguadores de aire por lo general resulta en una reducción de peso.

Debido a la eficiencia de almacenamiento de energía potencial de los amortiguadores de este tipo, su uso en un sistema de aislamiento de vibración puede resultar en una frecuencia natural del sistema que es casi 10 veces inferior a la de un sistema que emplea aisladores de vibración de acero y caucho.

1.9.6. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos, que colocados en un lugar específico, tienen como objetivo un uso específico. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes.

1.9.7. Componentes

En la instalación se requiere un sistema de transformación, regulación que actúen como protección, estos equipos o componentes son necesarios en las instalaciones eléctricas.

1.9.7.1. Alimentación

Es la parte de la instalación que recibe energía del exterior. Generalmente esta energía es eléctrica, pero en el caso de las centrales eléctricas, puede ser energía térmica, mecánica, química o radiante.

1.9.7.2. Protecciones

Las protecciones son los dispositivos o sistemas encargados de garantizar la seguridad de las personas y los bienes en el contexto de la instalación eléctrica, destinadas a la seguridad de las instalaciones y del equipo que se desea montar en planta.

- Transformadores
- Reguladores de voltaje
- Sistema de emergencia
- Fusibles
- Interruptor de control de potencia
- Interruptor magneto térmico

Destinadas a la seguridad de las personas:

- Esquemas de conexión a tierra
- Interruptor diferencial

- Equipo de protección adecuado
 - Zapatos dieléctricos
 - Guantes de hule o cuero
 - Protección facial

1.9.7.3. Conductores

Son los encargados de dirigir la corriente a todos los componentes de la instalación eléctrica. Sin ellos, la instalación como tal, no podría existir. Los alambres y los cables se diferencian por su construcción. Un alambre consiste en un solo hilo que suele ser de cobre o aluminio. Un cable está constituido por varios hilos. La ventaja del segundo sobre el primero es que es capaz de conducir más cantidad de corriente para la misma sección; su desventaja es que es más caro (la corriente no emplea toda la sección del mismo modo: emplea principalmente la superficie del conductor, de modo que el cable, para la misma sección, tiene más superficie).

Para empotrar, se emplean normalmente solo hilos, salvo en algunos usos de pequeñas corrientes, en caso que se desee transportar un rango alto de corriente se debe de montar un cable de varios hilos, entre mayor cantidad de hilos tenga el conductor, mayor será la eficiencia.

Tabla VI. **Intensidad de corriente permisible en conductores de cobre**

Área de sección nominal (mm ²)	Calibre del conductor (AWG)	Corriente permisible en conductos con diferente temperatura		
		60 °C	75 °C	90 °C
0,32	22	3	3	
0,51	20	5	5	
0,82	18	7,5	7,5	
1,31	16	10	10	
2,08	14	15	15	25
3,31	12	20	20	30
5,26	10	30	30	40
8,36	8	40	45	50
13,30	6	55	65	70
21,15	4	70	85	90
26,67	3	80	100	105
33,62	2	95	115	120
42,41	1	110	130	140
53,49	1/0	125	150	155
67,42	2/0	145	175	185
85,01	3/0	165	200	210
107,2	4/0	195	230	235
127	250 MCM	215	255	270
152,0	300 MCM	240	285	300
177,3	350 MCM	260	310	325
202,7	400 MCM	280	355	360
253,4	500 MCM	320	380	405
304	600 MCM	355	420	455
354,7	700 MCM	385	460	
380	750 MCM	400	475	500
405,4	800 MCM	410	490	
456	900 MCM	435	520	
506,7	1 000 MCM	455	545	585
633,4	1 250 MCM	495	590	
760,1	1 500 MCM	520	625	
886,7	1 750 MCM	545	650	
1 013	2 000 MCM	560	665	

Fuente: PROCOBRE. *Conductores eléctricos*. p. 9.

1.9.8. Tipos de instalaciones

Existen diversos tipos de instalaciones como de alta o baja tensión, así como según su uso o su tensión.

1.9.8.1. Según su tensión

Es importante conocer la tensión o voltaje que se va a utilizar, ya que sin ello se podría realizar una conexión irregular o incorrecta, por lo tanto, crear un corto circuito.

- Instalaciones de alta y media tensión: son aquellas instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es superior a 1 000 voltios (1 kV). Generalmente son instalaciones de gran potencia en las que es necesario disminuir las pérdidas por efecto Joule (calentamiento de los conductores). En ocasiones se emplean instalaciones de alta tensión con bajas potencias para aprovechar los efectos del campo eléctrico.
- Instalaciones de baja tensión: son el caso más general de instalación eléctrica. En estas, la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es inferior a 1 000 voltios (1 kV), pero superior a 24 voltios.
- Instalaciones de muy baja tensión: son aquellas instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es inferior a 24 voltios. Se emplean en el caso de bajas potencias o necesidad de gran seguridad de utilización.

1.9.8.2. Según su uso

- Instalaciones generadoras: las instalaciones generadoras son aquellas que generan una fuerza electromotriz, y por tanto, energía eléctrica, a partir de otras formas de energía. La energía eléctrica, en corriente alterna debe recorrer largos caminos hasta llegar a los centros de consumo, sean estas plantas industriales o bien ciudades; para ello se utilizan las líneas de transmisión de alta tensión y extra alta tensión. La red de distribución en Guatemala es trifásica con una línea adicional neutra y de 500 000 voltios entre fases igual a 500 kV.
- Instalaciones de transporte: las instalaciones de transporte son las líneas eléctricas que conectan el resto de instalaciones. Pueden ser aéreas, con los conductores instalados sobre apoyos, o subterráneas, con los conductores instalados en zanjas y galerías.

1.9.9. Instalaciones neumáticas

En general una red de aire comprimido de cualquier industria cuenta con elementos que conforman la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Un compresor ASD 25 en tu ficha técnica indica una presión máxima de 125 psi y proporciona un caudal de 110 CFM y conexión de tubería de 1 ½", se debe de calcular el diámetro de la tubería para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red de aire comprimido con su consecuente aumento de caudal.

- Tubería principal: se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería.

- Tuberías de servicio: son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobrepasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se calculará el diámetro necesario para el correcto funcionamiento del equipo.

1.9.9.1. Componentes

En un sistema de aire comprimido se necesitan los siguientes componentes o equipos para su correcto funcionamiento, puede ser un área de servicio donde se instalen los compresores o un compresor por cada máquina que no es conveniente.

- Filtro del compresor: este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión, con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
- Compresor: es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo; en planta se tiene un rango de presión de 90 a 115 psi, y se tienen unidades de mantenimiento que añaden al sistema aceite mineral ISO 32.
- Tanque de almacenamiento: almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
- Filtros de línea: se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
- Secadores: se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco. Aplicaciones con sus purgas, unidades de

mantenimiento (filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

1.9.9.2. Tipos de instalaciones

- Sin calor
- Atmosférico
- Vacío
- Soplado
- Con calor
- Calentadores internos
- Calentadores externos
- Calor de compresión

1.9.9.3. Mantenimiento

Son todas las acciones que tienen como objetivo mantener un equipo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

1.9.9.4. Tipos de mantenimiento

Es importante comprender la diferencia que existe entre los distintos tipos de mantenimiento, ya que son útiles en distintas condiciones.

- Mantenimiento de conservación: es el destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos u otras causas; ayuda a que los equipos estén en buenas condiciones mecánicas y eléctricas.

- Mantenimiento correctivo: corrige los defectos o averías observadas, este mantenimiento se realiza en caso de emergencia de alguna pieza falla; es necesario cambiarla y tener repuesto en la bodega.
- Mantenimiento correctivo diferido: al producirse la avería o defecto, se produce un paro del equipo, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.
- Mantenimiento preventivo: garantiza la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. Es importante realizar un mantenimiento preventivo a equipos en planta, ya que se debe de realizar una revisión detenida en el menor tiempo posible de componentes mecánicos y eléctricos.
- Mantenimiento programado: como el que se realiza por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, entre otros.
- Mantenimiento predictivo: que realiza las intervenciones prediciendo el momento en que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento, determinando su evolución; por tanto, el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.
- Mantenimiento de oportunidad: aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.
- Mantenimiento de actualización: su propósito es compensar la obsolescencia tecnológica, o las nuevas exigencias, que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta, pero que en la actualidad sí tienen que serlo; el mantenimiento de actualización consiste en mejorar los atributos del equipo instalado, por medio, de un añadido de un equipo o parte de un equipo, el cual no estaba a disposición en el momento de adquisición de un equipo.

1.10. Ahorro energético

Es importante realizar el estudio de ahorro energético en el área de enguatadoras; se observa cuánto es el consumo real de potencia eléctrica y se podrá saber cuánto consumirá el nuevo equipo en consideración de los equipos ya instalados; el siguiente estudio de energía considerará la nueva distribución en el área de enguatadoras.

1.10.1. ¿Cómo ahorrar energía eléctrica?

La energía se puede ahorrar de distintas maneras: apagando un bombillo o utilizando menor tiempo la energía eléctrica. En el área de enguatadora no se puede dejar de usar un equipo, por lo tanto, debe realizarse un análisis energético para la maquinaria y bombillos eléctricos; estos son utilizados 4 horas en promedio en el área en una jornada de 8 horas.

1.10.2. Análisis de energía en el área de enguatadoras

Se tiene en el área de enguatadoras los siguientes equipos de iluminación; estas son lámparas ahorradoras aunque no de tipo led.

Tabla VII. Iluminación área de enguatadoras

Cantidad	Descripción	Consumo (watts)
7	Lámparas tipo campana grandes	400
4	Lámparas tipo campana medianas	175

Fuente: elaboración propia.

En el área existen diversos equipos, entre los cuales están las enguatadoras, cortadoras para el cortado de haladores y capa *fuelle*, una máquina de costura de puntada simple designada a reparar costuras de capas enguatadas.

Tabla VIII. **Listado de equipo**

Descripción	Consumo (watts)
Cortadora de bordes 1	1 490
Cortadora de bordes 2	1 490
Multienguatadora #1	7 000
Multienguatadora #2	7 000
Multienguatadora #3	7 000
Multienguatadora #4	7 000
Máquina de costura brazo largo	350

Fuente: elaboración propia.

1.10.3. Ahorro energético en el área de enguatadoras

Puede reducirse el consumo energético en el área realizando una conversión de bombillas, ya que no se pueden disminuir las horas de funcionamiento del equipo en el área de enguatadoras; las bombillas se encienden en promedio 4 horas diarias; en el caso de los equipos se tiene que una jornada de trabajo normal en el área de enguatadoras es de 8 horas.

Las bombillas utilizadas son de 400 W y de 175 W; esto se puede reducir 8 veces aproximadamente en la bombilla de 400 W y 3 veces, aproximadamente en el de 175 W; estas bombillas son de bulbo de mercurio. Se considerará cambiar las bombillas por luces led de alta duración en el área de enguatadoras.

Tabla IX. Descripción de luminaria

Descripción	Cantidad
Cantidad de led	162 leds
Lumens	5 600 lm
Potencia	54 W
Voltaje	85-265 V/AC
Temperatura	2 700 – 6 500 K
Peso	808 gr.
Factor de potencia	0,95

Fuente: cotización a empresa Lumus en noviembre de 2015.

Es conveniente realizar un análisis energético en planta, es una inversión que presenta el consumo real, por lo tanto, en el estudio energético se puede considerar el remplazo de lámparas de alta potencia.

Tabla X. Potencia nominal área de enguatadoras

Núm.	Maquinaria	Potencia total (kW)	Horas promedio (h)	Potencia nominal (kWh)
4	Lámparas medianas	0,18	4,00	2,80
7	Lámparas grandes	0,40	4,00	11,20
1	Multienguatadora #1	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #2	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #3	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #4	7,00	8,00	56,00
1	Cortador #1	1,49	8,00	11,94
1	Cortador #2	1,49	8,00	11,94
1	Máquina de costura	0,37	8,00	2,96
	Total de potencia	31,56		264,84

Fuente: elaboración propia.

El ahorro energético se reduce de gran manera solicitando el cambio de bombillas y en lámparas tipo campana, por unas bombillas led; el ahorro

energético es significativo; el consumo actual en cada bombilla es de 400 W y en las luminarias led de 54 W.

Tabla XI. **Ahorro energético**

Núm.	Maquinaria	Potencia total (kW)	Horas promedio (h)	Potencia nominal (kWh)
4	Lámparas medianas	0,05	4,00	0,80
7	Lámparas grandes	0,05	4,00	1,40
1	Multienguatadora #1	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #2	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #3	7,00	8,00	56,00
1	Multienguatadora #4	7,00	8,00	56,00
1	Cortador #1	1,49	8,00	11,94
1	Cortador #2	1,49	8,00	11,94
1	Máquina de costura	0,37	8,00	2,96
	Total de potencia	31,56		251,96

Fuente: elaboración propia.

El ahorro energético calculará de la siguiente manera: ahorro diario 12,88 kW; dato obtenido en relación con el análisis de energía, por lo tanto, se calcula un ahorro mensual de 296,24 kWh, considerando que el mes tiene 23 días hábiles de trabajo. La tarifa correspondiente a contadores en Diveco S. A. es de 1,15 kWh/Q tarifa baja tensión normal impuesta por la empresa distribuidora de energía eléctrica que presta el servicio; esto quiere decir que solo con el área de enguatadoras el ahorro anual de iluminación es de Q 4 088,11, aunque se tiene el gasto de compra inicial de bombillas led.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

Esta fase se comprende el conocimiento ingenieril, del estudiante en ingeniería Mecánica, para aplicar su conocimiento obtenido en el transcurso de su carrera. Se realizará en el área de intervención para la mejor ubicación de la máquina multienguatadora china, realizando el estudio de espacio disponible en planta.

2.1. Ubicación de multienguatadora

La ubicación del equipo nuevo de multienguatadora debe de ser correctamente ubicado en dirección y flujo de producción en el área.

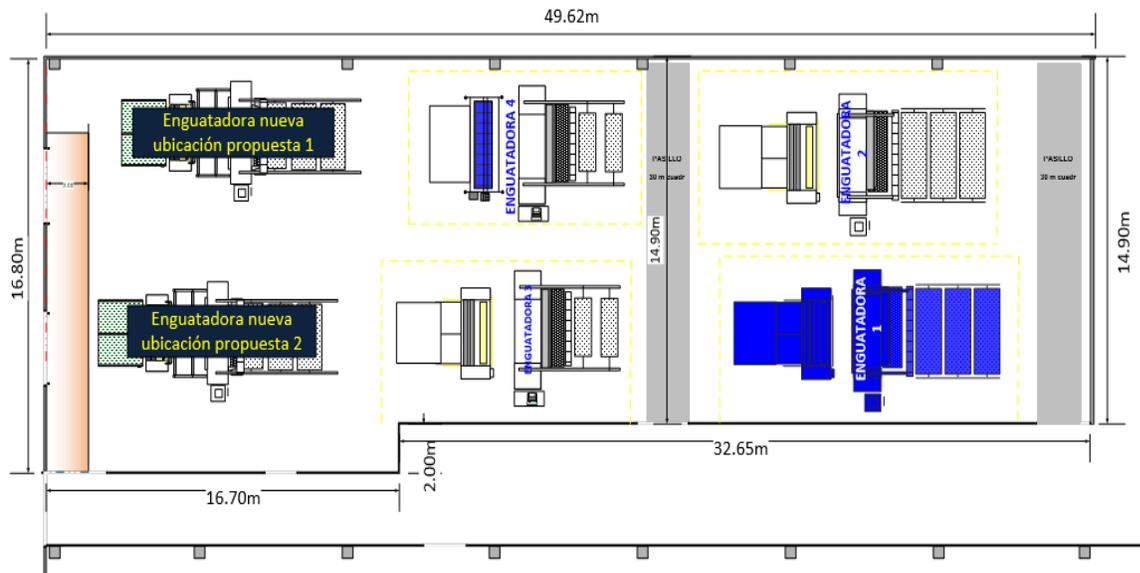
2.1.1. Ubicación propuesta

En el área de enguatadora se tienen ubicadas 4 multienguatadoras y se realizará un plano de reubicación de cada área que se necesite reubicar, para tener un conocimiento exacto, de los equipos que se deben de reubicar; en el área de multienguatadoras se considerará cambiar la ubicación de equipos de costura y cortadoras de bordes; en el área de revestido se realizará de preferencia el traslado de una subárea llamada fundas; la reubicación se dará en un espacio disponible en planta; el subárea de fundas será trasladada a una bodega de fácil acceso y relativamente cercana al área de carpintería, donde se requiere para el siguiente proceso de confección.

2.1.2. Plano de ubicación

Las dos posiciones propuestas, para la ubicación de la multienguatadora china en el área de enguatadoras, considerando que esta tendrá una operación de cortado de capas, bordes, haladores y capa *fuelle*.

Figura 26. Plano de ubicación propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3. Plano de ubicación actual

Actualmente es importante tener el conocimiento de distribución de máquinas de costura en el área de enguatadoras, para poder realizar un aproximado de máquinas de costuras que se desean reubicar; actualmente, en la parte cercana a la bodega de telas se realiza la confección de rollos y de capas; en esta misma área se tienen máquinas que confeccionan el acabado de capas.

2.1.3.1. Área de enguatadora

Se mostrara en el siguiente plano la ubicación actual en el área de enguatadora, como se puede observar el equipo de multienguatadora abarca aproximadamente la mitad del espacio disponible.

Figura 27. Plano de multienguatadoras

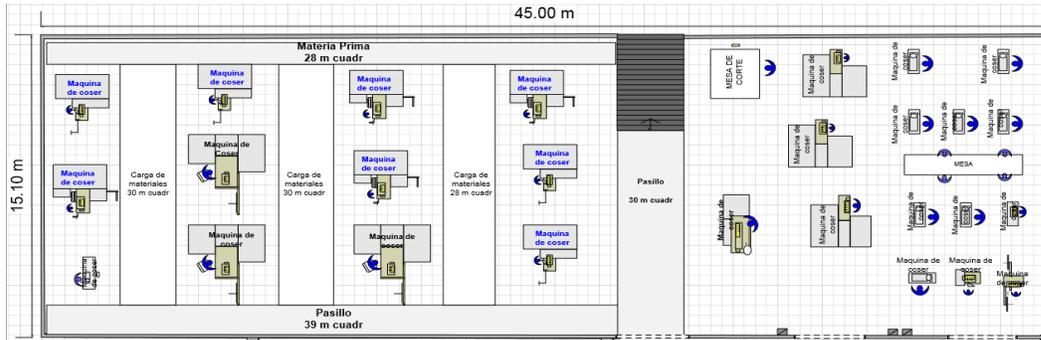


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.2. Área de revestido

En el área de revestido se reubicarán los equipos de costura necesarios del área de enguatadoras, por lo tanto, según la producción en subárea de fundas se deberá reubicar en un espacio disponible cercano al área de carpintería o *somier*, estas fundas son utilizadas en esta área, por lo tanto, se facilitará la transportación de materia prima de fundas para carpintería o *somier*.

Figura 28. Plano de revestido

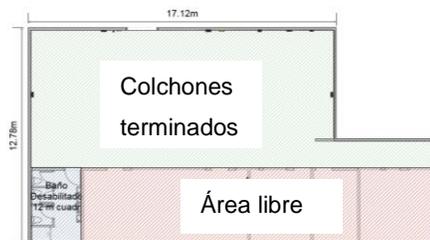


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.3. Plano de bodega disponible

El espacio disponible en planta de producción es utilizado actualmente como bodega de producto terminado; anteriormente este espacio era utilizado como oficinas administrativas, aproximadamente se deberá de transportar a este espacio un total de 5 a 6 máquinas de costura, por lo cual se deberán de realizar instalaciones eléctricas y abastecimiento de aire comprimido; por lo tanto, estas instalaciones se deben tener listas antes de la ubicación de la multienguatadora china en planta.

Figura 29. Plano de bodega disponible



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

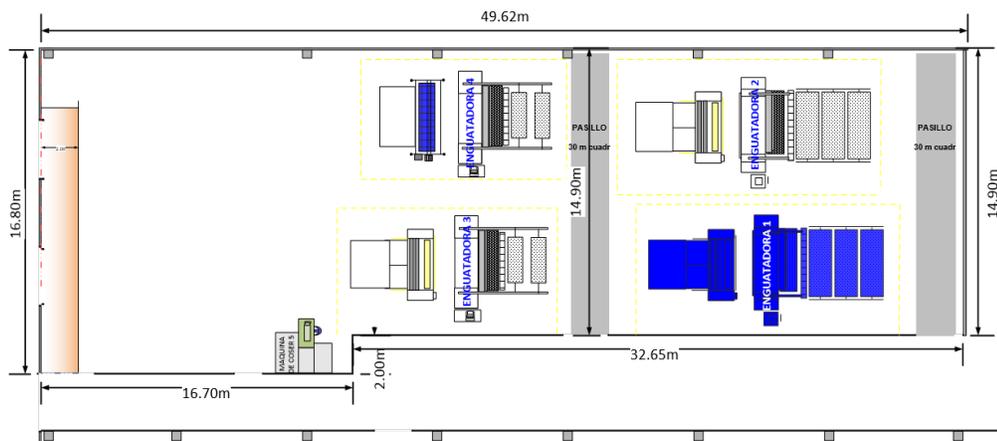
2.1.4. Reubicación de áreas

Es importante conocer el espacio disponible, sin intervenir en la producción en ningún aspecto, por lo tanto, hay que tener en cuenta que máquinas de costura procederá a realizar la reubicación, por lo tanto es importante ya tener el conocimiento de la nueva distribución en los equipos; sin embargo, para la realización de planeación adecuada en el montaje de la multienguatadora se debe de tener claro la ubicación de este equipo.

2.1.4.1. Área de enguatadoras

En el área de enguatadora se reubicaran las máquinas de coser 1, 2, 3 y 4, vistan en el plano de enguatadoras figura 23; sin embargo, estas máquinas se procederá a reubicar estas máquinas y posteriormente a instalarlas en el área de revestido; este proceso es conveniente ya que se unificará el proceso en un área; estos equipos de costura realizan la costura final a cada capa.

Figura 30. Área de enguatadoras libre

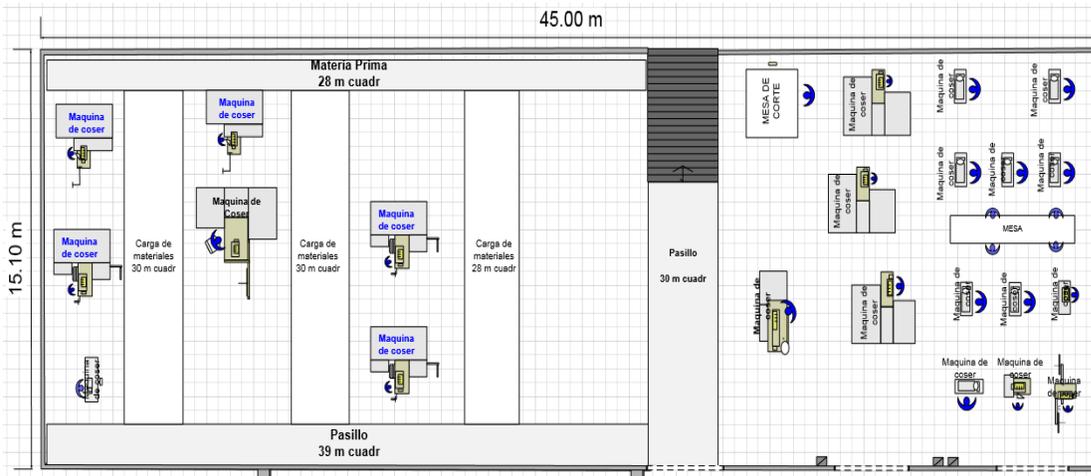


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.2. Área de revestido

En la reubicación de equipos el subárea de fundas en el área de revestido será reubicado, por lo tanto el área de revestido se tendrá un espacio disponible aproximado.

Figura 31. Área de revestido

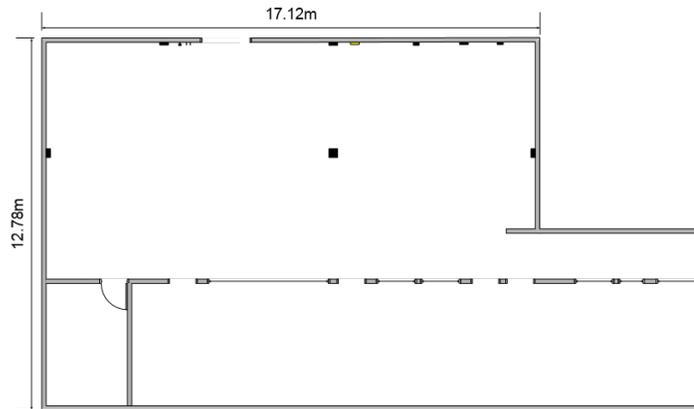


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.3. Área de bodega disponible

Para la realización de trabajos de instalaciones en esta área, se debe de realizar primero el desalojamiento de colchones terminados; es conveniente realizar trabajos de albañilería para tener un espacio mayor disponible, sin la intervención de paredes de tabla yeso y remover el servicio de sanitarios; sin embargo, en esta área también deben considerarse trabajos eléctricos y neumáticos.

Figura 32. **Área disponible**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

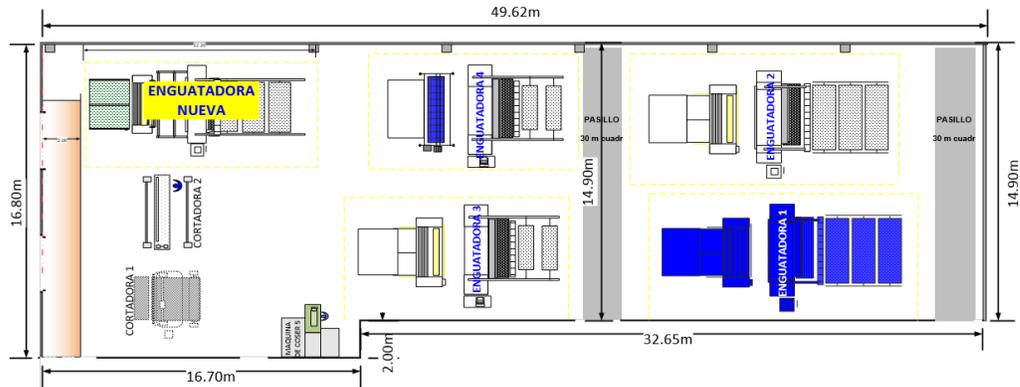
2.1.5. Plano de reubicación de áreas

Para conocer el lugar específico ideal para el montado de la multienguatadora, es de gran ayuda conocer planos de ubicación de todas las áreas reubicadas, para que posteriormente en la entrega de la máquina multienguatadora ya esté disponible algún lugar; sin embargo, no se tiene comprendido en cuánto tiempo será el montaje real de la multienguatadora, así que se deben realizar con un plan aproximado de montaje.

2.1.5.1. Área de enguatadores

En este caso por observación la mejor ubicación de la multienguatadora en el área de enguatadoras es en la parte cerca al área de revestido, al costado derecho, por lo tanto, proporciona espacio para instalar las cortadoras de bordes en el área y reubicar 5 máquinas de costura; sin embargo, se debe de tener previsto que se realizarán trabajos de albañilería para el cimiento de la máquina multiaguja y conexiones eléctricas que serán por vía subterránea.

Figura 33. Distribución área de enguatadoras final

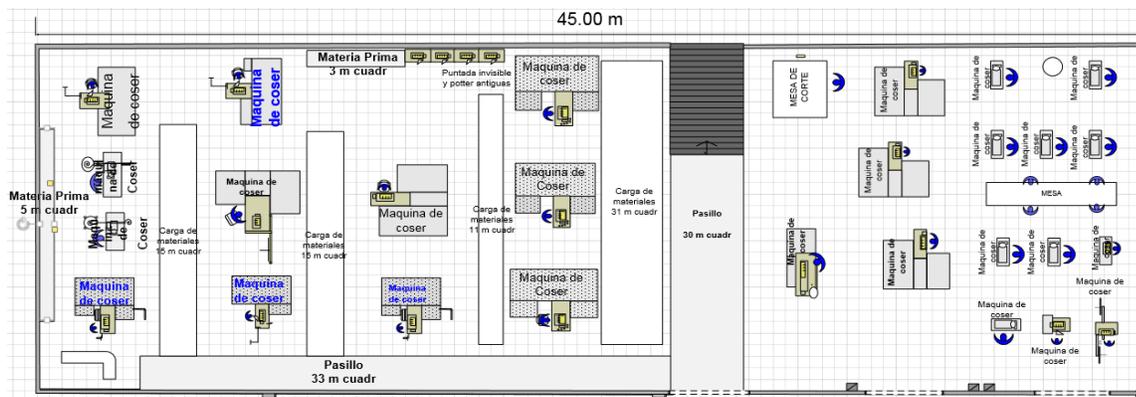


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.5.2. Área de revestido

Estos equipos son los que realizan la costura final de capa, borde, haladores y capa *fuelle* para la realización de colchones; en el proceso de producción actual se tendrá unificada el área de costura final, por lo tanto, el flujo de producción no será afectado por el movimiento de equipos en esta área.

Figura 34. Distribución área de revestido final

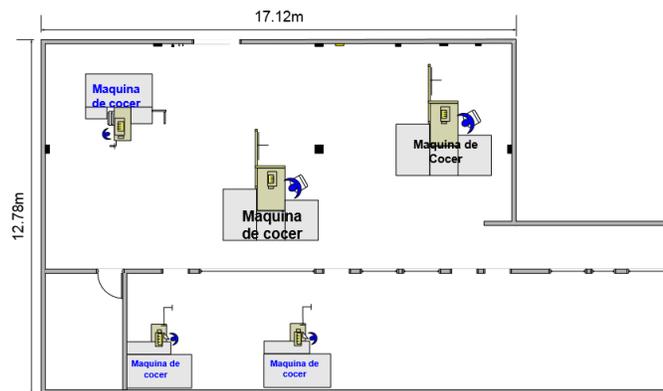


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.5.3. Área de bodega

Las instalaciones eléctricas y neumáticas deben de estar terminadas para para no afectar; en la reubicación de máquinas de costura en esta área desalojada, se muestra la distribución de equipos convenientes para el proceso de confección de fundas para el área de carpintería o *somier*.

Figura 35. Distribución de bodega disponible final

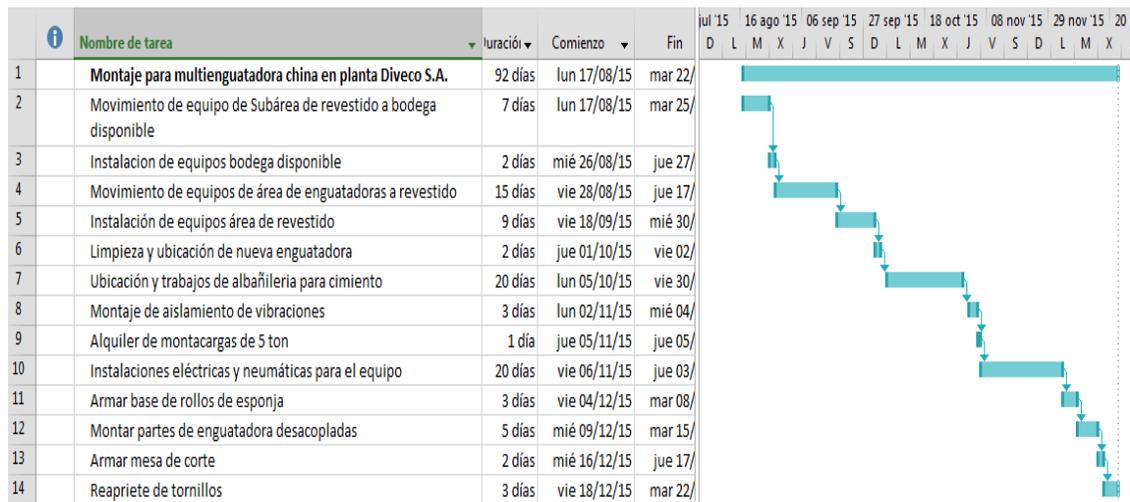


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2. Propuesta para el montaje

La planificación, coordinación, y ejecución en el proceso de montaje para la multienguatadora china, de mayor importancia; sería conveniente que tener una foto del equipo ensamblado, sin embargo, la empresa Diveco S. A. maneja su información específica de forma confidencial, ya que este equipo es considerado uno de los más críticos para la elaboración de colchones, según marcas reconocidas en Centro América.

Figura 36. **Cronograma de actividades para el montaje del equipo de multienguatadora**



Fuente: elaboración propia, empleando Project.

2.2.1. Materiales y equipo necesario para montaje

Materiales:

- Cemento de alta resistencia a la compresión
- Materiales eléctricos
- Materiales neumáticos
- Varillas de metal
- Sistema de amortiguamiento
- Pernos de anclaje
- Alambre de amare
- Cinta limitadora de espacio

Es importante tener en cuenta que el equipo multiagujas es de mayor peso que el soportado de montacargas en planta; es evidente el alquiler de un montacargas de 5 toneladas o más para mayor seguridad.

Los equipos y herramienta necesarios:

- Montacargas de 5 toneladas
- Extensiones de cuchillas de montacargas
- *Pallets* de 2,5 toneladas
- Montacargas de 2,5 toneladas
- Fajas de tensión de 5 toneladas
- Cadenas que soporten 5 toneladas
- Cuchilla
- Tijeras
- Escuadra
- Corta alambre industrial
- Juego de llaves hexagonales milimétricas
- Equipo de seguridad para trabajadores

2.2.2. Cimiento

Existen diferentes métodos de análisis para cimentaciones, dependiendo del tipo de maquinaria; se debe de tener claro si existe el tipo de esfuerzos estáticos, cuasiestáticos y dinámicos; es de gran importancia el peso del equipo, y movimiento dinámico generado.

En primer lugar se debe de tener un conocimiento adecuado a las condiciones del suelo y agua subterránea en donde se va a cimentar (en este caso no se tiene el estudio de suelo; por lo tanto, se tendrá la peor condición de

suelo que será arenoso saturado); si no se cuenta con esto se deberán asumir valores de diseño conservadores; no obstante si el ingeniero constructor duda de la capacidad del suelo deberá hacerse obligatoriamente un estudio racional del mismo. En el caso de la multienguatadora, como no se tiene un estudio de suelo en el área de enguatadoras, se procedió a investigar los trabajos anteriores de infraestructura en el área, con la ayuda del encargado.

Simultáneamente con la realización o no, de la investigación del subsuelo, debe prepararse un plano con dimensiones de la máquina por cimentar (ver figura 18, dimensiones de máquina multiagujas); estos datos pueden obtenerse de los catálogos distribuidos por los fabricantes de las mismas, cuyos datos básicos por investigar son los siguientes:

- Velocidad y fuerza normal de la máquina: este valor es aproximado de las revoluciones de 450 RPM de un motor de 1,5 hp.
- Carácter, magnitud y punto de aplicación de las cargas dinámicas: la magnitud es dada por el fabricante de 11 kg y a una altura aproximada de 80 cm de la base de la máquina.
- Recomendaciones del equipo para el amortiguamiento y enclavamiento del equipo por el fabricante.
- Las cargas estáticas impuestas por la máquina: el peso de la máquina son 5 000 kg = 5 toneladas, tomando el valor máximo superior del rango de peso dado anteriormente en las especificaciones de la máquina; las dimensiones de la misma son de 4,85 m x 1,10 m x 2,20 m.
- Localización de pernos de anclaje, tuberías, y ranuras de conexión: especificaciones dadas por el fabricante; por tanto, se tomará en cuenta que la conexión eléctrica y neumática a la máquina es en la parte más alejada de la misma y que los pernos de anclaje son 4 uno en cada esquina de la máquina.

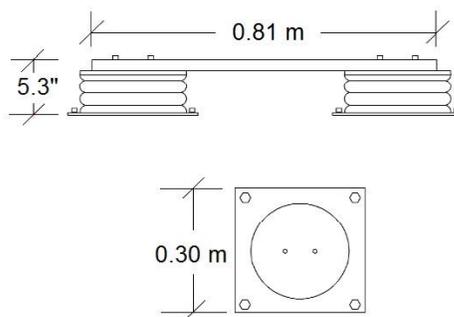
El cimiento del equipo deberá de tener las siguientes dimensiones 5,5 metros de largo por 2,0 metros de ancho, por 26 centímetros de alto (anexo 2).

Según se recomienda en el manual de usuario de las enguatadoras en planta, la máquina necesita pernos de 7/8". En la tabla V se recomienda una altura de 6", sin embargo, esta altura será si la máquina está anclada directamente al suelo sin un sistema de amortiguamiento; por lo tanto, el anclaje al suelo será determinado según la altura de dicho sistema de acuerdo con las indicaciones del manual técnico de fabricante; si no lo indica, los pernos utilizados serán seleccionados por los agujeros de cada soporte o pata del equipo.

2.2.3. Amortiguamiento

Según recomendación del manual técnico del fabricante, el sistema de amortiguamiento necesario para el equipo multienguatadora china, es un aislamiento de vibraciones neumático, que será aplicado a las cuatro esquinas de cada soporte o pata; la compra este tipo de amortiguamiento se debe realizar anticipadamente, ya que la recepción de este sistema tarda aproximadamente 40 días.

Figura 37. Amortiguamiento

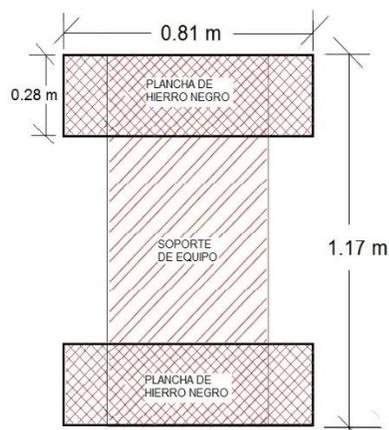


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para la distribución de cargas adecuado, es necesario tener en cuenta que el peso del equipo está soportado por 2 soportes; estos distribuyen el peso uniformemente, es decir el peso del equipo será de 2,5 ton por cada soporte; en la distribución se añadirán 2 placas por cada soporte uno en la parte delantera y otra en la parte trasera de cada soporte o pata. La placa o platina seleccionada será de 11" x 32" x 1" de hierro negro ASTM A-36, el hierro negro es ideal, ya que esta lámina de hierro negro es utilizada en estructuras de puentes, es decir que resiste al esfuerzo de flexión.

La lámina de hierro negro ASTM A-36, de bajo contenido de carbono menor del 15 %, y laminado en caliente de calidad comercial, es usado en piezas donde pueden estar involucrados procesos de doblado, estampado y deformaciones.

Figura 38. **Planchas de distribución de carga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El diseño de amortiguamiento será dado por un diseño propuesto de 4 amortiguadores por cada soporte; estos estarán soportando un peso de 625 ton, aproximadamente, sin saber el peso de la placa, la selección de amortiguadores debe soportar el peso indicado.

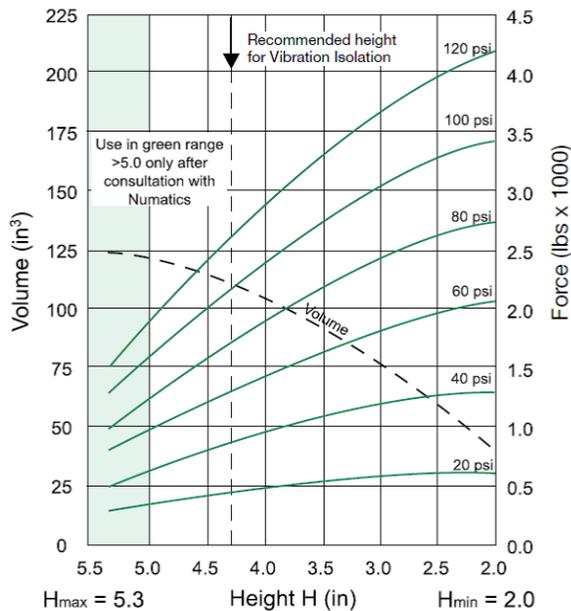
Figura 39. **Amortiguadores propuestos**



Fuente: *Amortiguadores*. www.milianuncios.com/otros-motoramortiguadores-neumaticos-fireston.nuev-122524625. Consulta: 28 de enero de 2016.

En este diseño de amortiguamiento es conveniente considerar el amortiguador bajo, ya que entre mayor sea la altura, el movimiento oscilatorio aumenta. Para saber la presión de aire necesaria para el equipo se deberán realizar una serie de cálculos sencillos.

Figura 40. **Cálculo de presión de aire**



Fuente: *ASNS18-3-1. Numatics single convoluted air bellows, manual técnico*. p. 1.

Donde la línea punteada es la altura recomendable para aislamiento de vibraciones, en el eje inferior está dado el campo de alturas de 2,0" a 5,3"; en el lado izquierdo del gráfico se muestra la fuerza que soporta el amortiguador, por lo tanto, el peso soportado que requiere el amortiguador es de 625 ton; aproximadamente 1 408 libras. En el gráfico se puede observar que no se encuentra específico el valor, por lo tanto se deberá interpolar para saber la presión aproximada que requiere el amortiguador para soportar el peso y tener la altura recomendada para el aislamiento de vibraciones es 4,3" con una presión de 65,74 psi.

2.2.4. Instalaciones eléctricas

En las instalaciones eléctricas la cantidad de corriente y voltaje es un factor importante ya que debe ser transportada por los conductores apropiados; por lo tanto, se debe encontrar el valor permisible en la tabla VI, de conductores eléctricos para el panel de control de la máquina multiagujas y para el panel de corte.

Se sabe que el panel principal trabaja con 7 000 watts y 220 voltios trifásicos; con la relación de voltaje, corriente y potencia se podrá encontrar la corriente que circula por los conductores:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{7\,000 \text{ watts}}{220 \text{ voltios}} = 31,81 \text{ amperios}$$

Como se puede comprobar en la tabla VI, el conductor aproximado sería de 8 AWG, para que el conductor soporte la corriente del equipo de multiagujas.

Para el panel de corte se tiene una potencia 2 600 watts y 220 voltios, por lo tanto se hace la misma comparación anterior y la corriente da 11,81 amperios,

por lo tanto el conductor adecuado para este equipo es 14 AWG; por cuestiones de seguridad el cable que se utilizará es de 12 AWG.

Es importante tener en cuenta que en las instalaciones en planta, la conexión eléctrica trabaja con un línea alta; este quiere decir, que de las 3 líneas de corriente eléctrica hay una que tiene un voltaje mayor que las otras dos, por lo tanto se necesita un transformador y un regulador de energía; el transformador sirve para nivelar las líneas de voltaje y corriente, siempre conservando la potencia; la instalación se colocará un transformador de 15 kva, apropiado para el equipo de multienguatadora; este transformador trifásico soporta 50 amperios, ideal para el equipo.

2.2.4.1. Lista de componentes eléctricos

Como las conexiones eléctricas serán por el suelo, por las necesidades en el área se necesita tener bien especificados los materiales:

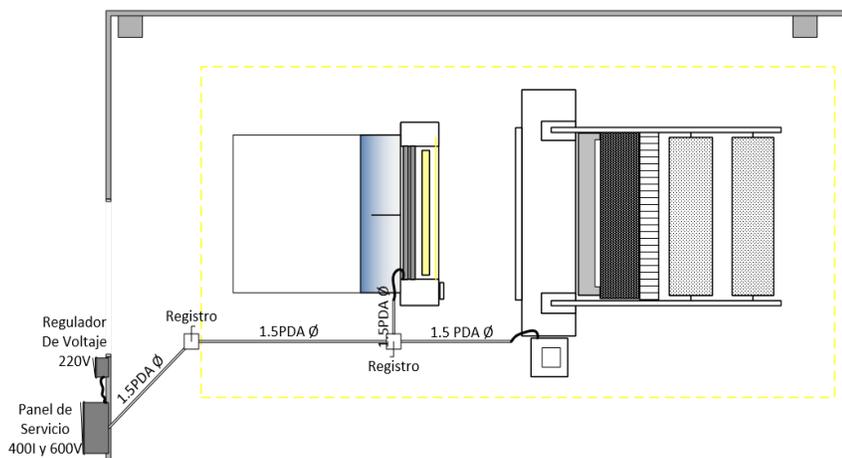
- 2 tubos de 1 1/2" EMT aproximadamente 3 metros cada uno
- 2 cajas de registros
- 4 vueltas de 90° EMT
- 3 vueltas de 45° EMT
- 2 conectores para manguera de 1 1/2"
- 3 metros de manguera flexible
- 4 metros de alambre calibre 12 AWG
- 7 metros de alambre calibre 8 AWG
- 1 rollo de cinta de aislar 3M
- *Braker* de 40 amperios trifásico
- *Braker* de 20 amperios trifásico
- 8 terminales para alambre calibre 8 AWG

- 8 terminales para alambre calibre 12 AWG
- 10 conectores de 1 1/2" EMT

2.2.4.2. Plano de instalaciones eléctricas

Es útil para la persona encargada del montaje de los conductos EMT para las conexiones eléctricas.

Figura 41. Plano de instalaciones eléctricas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.5. Instalaciones neumáticas

En el área de enguatadoras se calculó (apéndice 5) el diámetro de tubería principal, siendo este un sistema cerrado y 8 tuberías de servicios para el abastecimiento de aire comprimido a equipos en el área de enguatadora.

La conexión en el área de compresores por su ficha técnica (anexo 6) se tiene una salida de 1 1/2"; la máquina multiagujas y el panel de corte utilizan aire

comprimido, la presión de operación de la máquina completa es de 0,5 MPa = 72,52 psi con un consumo de aire de 10 CFM.

2.2.5.1. Componentes neumáticos

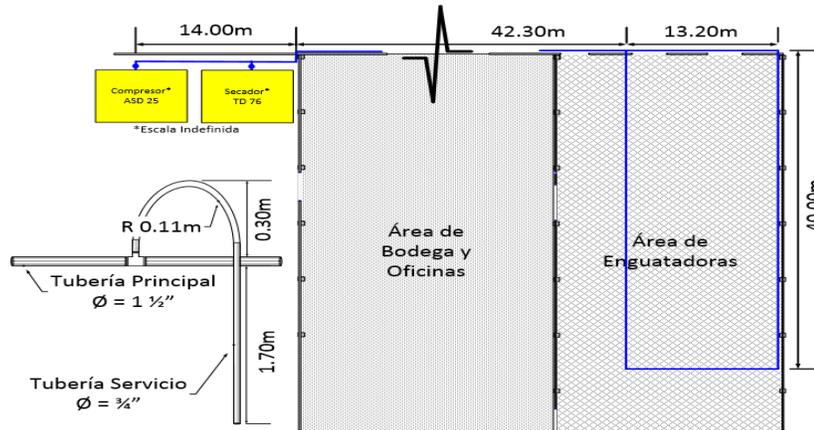
En la tubería de servicio tiene una presión de 80,07 psi esto indica que se debe de instalar un regulador de presión para la máquina multiagujas y para la cortadora por su presión más baja.

- Tubería principal
 - 5 codos
 - 7 tees
 - 6 válvulas de compuerta
- Tubería de servicio
 - 2 purgadores separadores
 - 8 tees
 - 8 válvulas de compuerta
 - 8 cuellos de cisne
 - 8 reductores
 - 8 codos
 - 8 metros de manguera de 8 mm
 - 16 acoples para manguera de 8 mm

2.2.5.2. Plano de instalaciones neumáticas

El plano utilizado en planta proporcionará la longitud desde el sistema de aire comprimido hasta el abastecimiento en el área de enguatadoras, considerando 10 % en fugas y 30 % en expansiones.

Figura 42. **Plano de instalaciones neumáticas**

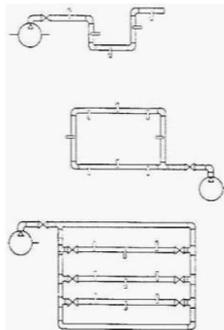


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Selección del circuito de línea de aire a utilizar:

Existen varias posibles configuraciones de una red de aire comprimido, en una red de aire el factor más esencial de todos es la distribución de agua en la red, puesto que los datos de pérdidas, velocidad y presión pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad.

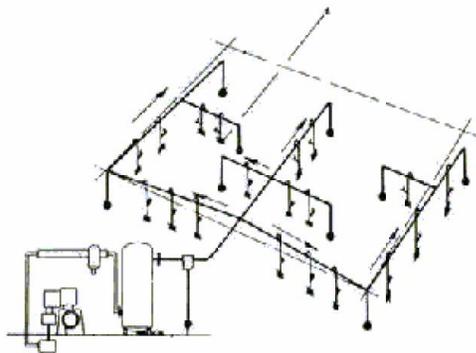
Figura 43. **Posibles configuraciones de las redes de aire**



Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 224.

- Red abierta: se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire “aguas abajo” del punto de corte, lo que implica una detención de la producción.

Figura 44. **Configuración abierta y su inclinación**

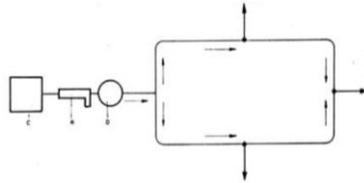


Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 225.

- Red cerrada: en esta configuración la línea principal constituye un anillo, la inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante, puesto que ciertas partes de ellas pueden ser aisladas sin afectar la producción. Una desventaja importante de este sistema es la falta de dirección constante de flujo. La dirección en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo. El problema de estos cambios radica en que la mayoría de accesorios de una red son diseñados con una

entrada y una salida. Por lo tanto un cambio en el sentido de flujo los inutilizaría.

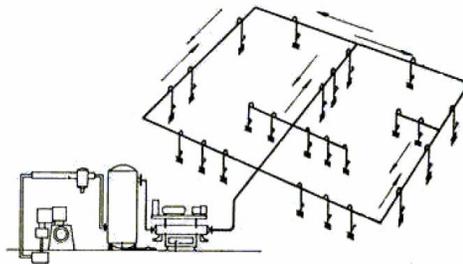
Figura 45. **Dirección del flujo en una red cerrada**



Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 223.

Cabe notar que otro defecto de la red cerrada es la dificultad de eliminar los condensados debido a la ausencia de inclinación. Esto hace necesario implementar un sistema de secado más estricto en el sistema. Al contrario de lo pensado no disminuyen. Por lo tanto, la principal razón para implementar redes cerradas es por su buen mantenimiento.

Figura 46. **Configuración cerrada y su ausencia de inclinación**



Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 224.

- Accesorios: en toda instalación de tuberías es indispensable la utilización de accesorios, estos se emplean para adaptar la tubería a la forma del

edificio y para cumplir satisfactoriamente las necesidades de las máquinas neumáticas.

Entre los tipos de accesorios están:

- Codos de 90° y 45°
- Tees
- Niples
- Cruces
- Reducciones
- Adaptadores
- Uniones

Figura 47. Pérdidas ocasionadas por accesorios

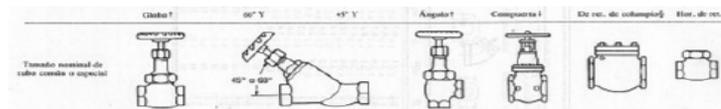
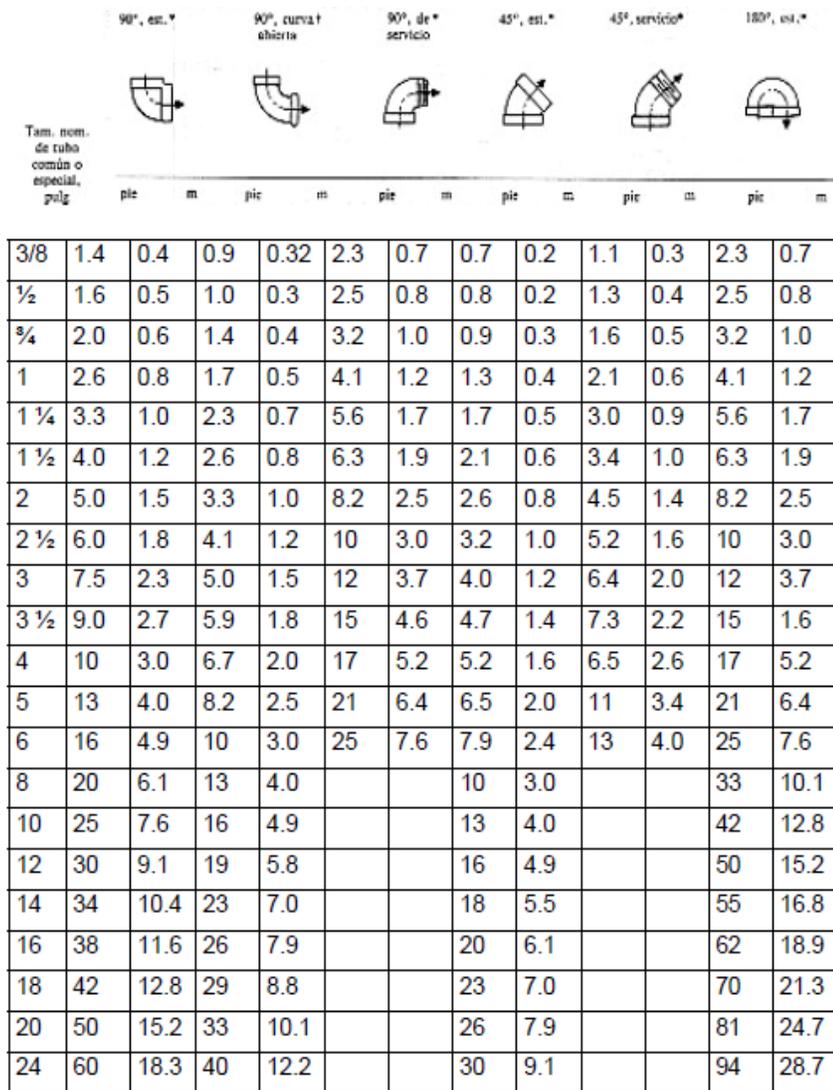


Fig.	mm	90° Y		45° Y		Ángulo 1		Compuerta 1		Di. res. de columna		Bor. de res.	
		pie	m	pie	m	pie	m	pie	m	pie	m	pie	m
3/8	10	17	5.0	8	2.4	6	1.8	6	1.8	0.6	0.2		
1/2	12	18	5.5	9	2.7	7	2.1	7	2.1	0.7	0.2		
3/4	20	22	6.7	11	3.4	9	2.7	9	2.7	0.9	0.3		
1	25	29	8.8	15	4.6	12	3.7	12	3.7	1.0	0.3		
1 1/4	32	38	11.6	20	6.1	15	4.6	15	4.6	1.5	0.5		
1 1/2	40	43	13.1	24	7.3	18	5.5	18	5.5	1.8	0.5		
2	50	55	16.8	30	9.1	24	7.3	24	7.3	2.3	0.7		
2 1/2	60	69	21.0	35	10.7	29	8.8	29	8.8	2.8	0.9		
3	80	84	25.6	43	13.1	35	10.7	35	10.7	3.2	1.0		
3 1/2	90	100	30.5	50	15.2	41	12.5	41	12.5	4.0	1.2		
4	100	120	36.6	58	17.7	47	14.3	47	14.3	4.5	1.4		
5	130	140	42.7	71	21.6	58	17.7	58	17.7	6	1.8		
6	150	170	51.6	88	26.8	70	21.3	70	21.3	7	2.1		
8	200	220	67.1	115	35.1	85	25.9	85	25.9	9	2.7		
10	250	280	85.3	145	44.2	105	32.0	105	32.0	12	3.7		
12	300	320	97.5	165	50.3	130	39.6	130	39.6	13	4.0		
14	350	360	109.7	185	56.4	155	47.2	155	47.2	15	4.6		
16	400	410	125.0	210	64.0	180	54.9	180	54.9	17	5.0		
18	450	460	140.2	240	73.2	200	61.0	200	61.0	19	5.8		
20	500	520	158.5	275	83.8	235	71.6	235	71.6	22	6.7		
24	600	610	185.9	320	97.5	265	80.8	265	80.8	25	7.6		

Fuente: BAUMEISTER, A. Eugene y T. *Manual del ingeniero mecánico*. p. 12.

Figura 48. Pérdidas ocasionadas por accesorios en codos



Fuente: BAUMEISTER, A. Eugene y T. *Manual del ingeniero mecánico*. p. 12.

- Longitud de tubería: la resistencia al flujo de aire comprimido a través de un conducto se incrementa por la presencia de accesorios; por lo tanto, la capacidad de conducción se ve reducida. Para expresar dichas resistencias se ha optado hacerlo en longitudes de tubo recto. Las

resistencias así expresadas son sumadas a la longitud. Las resistencias que ocasionan las accesorios varían dependiendo de su diámetro.

Para determinar la longitud de la tubería debida a la existencia de accesorios se pueden utilizar dos métodos:

- Se relacionan los accesorios directamente con longitudes de tubo recto, estos son variables según sea el diámetro del accesorio.
- Se relacionan los accesorios con la resistencia que ocasionaría un codo de 90°; hallando así un número determinado de codos equivalentes, y esto, a su vez, se convierten en una longitud.

$$L_e = \text{número de codos equivalentes} \times \frac{(25 \times \text{diámetro del tubo})}{12} \quad (f,1)$$

Figura 49. **Valor de accesorios en codos equivalentes**

Nombre de la parte	Codos equivalentes	
	Tubo de hierro	Tubo de cobre
Válvula de ángulo radiador	2.0	3.0
Válvula de globo abierta	12.0	17.0
Válvula de compuerta abierta	0.5	0.7
Te con desviación del 100%	1.8	1.2
Te con desviación del 50%	4.0	4.0
Te con desviación del 33%	9.0	11.0
Te con desviación del 25%	16.0	20.0
Codo de 90	1.0	1.0
Codo de 90 con curva grande	0.5	0.5
Codo de 45	0.7	0.7
Retorno (U) abierto	1.0	1.0
Unión de reducción	0.4	0.4

Fuente: ÁVILA, Álvaro. *Folleto de instalaciones mecánicas. Tuberías neumáticas*. p. 9.

Como una aproximación, la longitud equivalente de un circuito convencional varía de 1,5 a 2 veces la longitud real del mismo.

- Diámetro de la tubería: la dimensión del diámetro en una tubería es de suma importancia, debido a que las pérdidas de presión que sufre un fluido cuando se transporta en ella, están directamente relacionadas con su diámetro. Por ello es importante calcular un diámetro óptimo, el cual posea la capacidad de transportar un caudal determinado con salidas de presión aceptables; estas pérdidas oscilan entre un 3 % a un 6 % de presión nominal. Para determinar el diámetro óptimo en una instalación neumática se deben seguir los siguientes pasos:
 - Calcular el consumo de aire del equipo, el cual es el resultado de la suma de los consumos individuales de todos los equipos y maquinarias neumáticas que se desean instalar.
 - Determinar el caudal requerido por la instalación; el cual es el resultado de la suma del consumo de aire del equipo + 5 % por desgaste + 10 % por fugas + 20 % o 30 % por futuras ampliaciones.
 $Q_t = Q + Q \times 0,05 + Q \times 0,10 + Q \times 0,30$ (f,2)
 - Determinar la presión de la instalación; la cual viene dada por la presión máxima requerida para el accionamiento del equipo neumático.
 - Determinar la pérdida de presión admisible; la cual se basa en la variación de presión que puede sufrir la instalación, sin repercutir en el funcionamiento del equipo neumático.
 - Determinar la longitud equivalente:

$$\textit{Longitud equivalente} = L. \textit{de tubería} + L. \textit{por accesorios.} \quad (\text{f,3})$$

- Para poder determinar la longitud debida a los accesorios, se deben de tomar un diámetro arbitrario; debido a que esta longitud varia sea el diámetro de la tubería.
- Calculan la pérdida de presión en la tubería.

$$P = \frac{(factor\ de\ pérdida(F) \times long.Equivalente)}{(factor\ de\ tubería\ (R) \times 1000)} \quad (f,4)$$

El factor de pérdida (F) se determina en siguiente figura, con el diámetro de la tubería en pulgadas, y el caudal de aire requerido por la instalación en pies³/min, (CFM).

Figura 50. **Factor (F) de cálculo de pérdidas de presión debido a la fricción en tuberías para cualquier presión inicial**

CFM	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"
5	12.7	1.2	0.5						
10	50.7	7.8	2.2	0.5					
15	114	17.6	4.9	1.1					
20	202	30.4	8.7	2	0.9				
30	456	70.4	19.6	4.5	2				
40	811	125.3	34.8	8.1	3.6				
50		196	54.4	12.6	5.6	1.5			
60		282	78.3	18.2	8	2.2			
70		385	106.6	24.7	10.9	2.9	1.1		
80		503	139.2	32.3	14.3	3.8	1.5		
90		646	176.2	40.9	18.1	4.8	1.9		
100		785	217.4	50.5	22.3	6	2.3		
150			490	113.6	50.3	13.4	5.2	1.6	
200			870	202	89.4	23.9	9.3	2.9	
300				454	201	53.7	20.9	6.6	
400						94.7	37.1	11.7	2.7
500						150	58	18.3	4.3
600						215	83.5	26.3	6.2
700						294	113.7	35.8	8.5

Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 214.

$$Factor\ de\ tubería = \frac{(P_{instalanes} + P_{manométrica})}{(P_{manométrica})(R)} \quad (f,5)$$

- Se cuantifica la pérdida de presión en porcentaje.

$$\% \text{ de pérdida de presión} = \frac{\text{Pérdida de presión} \times 100}{\text{Presión de la instalación}} \quad (\text{f,6})$$

- Se compara la pérdida admisible de presión con la pérdida de presión en la tubería; si esta última es mayor, se debe aumentar el diámetro de la tubería.

El diámetro óptimo de la tubería neumática se determina por tanteo, al variar el diámetro dentro de la tubería y corroborar que la pérdida de presión en la tubería sea igual o menor que la pérdida de presión admisible.

- Pérdida de presión por fricción en la tubería: las pérdidas de presión por fricción en tuberías vienen representadas por caídas de presión ocasionadas por la longitud de la tubería.

$$P = \frac{(\text{factor de pérdida}(F) \times \text{long.equivalente})}{(\text{factor de tubería}(R) \times 1000)} \quad (\text{f,4})$$

Figura 51. **Factores de pérdida por fricción en accesorios**

Accesorios	Tamaño nominal de la tubería (Plg)						
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
Codo	1.55	2.06	2.62	3.45	4.02	5.17	6.16
Válvula de compuerta	0.36	0.48	0.61	0.81	0.94	1.21	1.4
Válvula de ángulo	6.65	11.4	14.6	19.1	22.4	28.7	34.3
Válvula de globo	17.3	22.9	29.1	38.3	44.7	57.4	66.5
Tees	0.62	0.82	1.05	1.38	1.61	2.07	2.47
Reducción	0.066	0.132	0.165	0.198	0.231	0.33	0.66
Cuello de cisne	0.627	0.66	0.825	1.07	1.32	1.65	
Filtro separador	0.66	0.99	1.32	1.65	1.96	2.31	3.3

Fuente: CARNICER. *Aire comprimido teoría y cálculo de las Instalaciones*. p. 300.

2.2.6. Propuesta para su puesta marcha

Es necesario establecer que lo recomendado es que el fabricante del equipo proporcione un técnico mecánico proveniente del fabricante de la máquina; sin embargo, se planificará la materia prima necesaria para realizar pruebas en todas las diferentes estructuras y combinaciones de telas con esponja, utilizadas para la elaboración de colchones.

Figura 52. Cronograma de actividades para la puesta en marcha

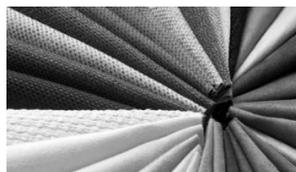


Fuente: elaboración propia, empleando Project.

2.2.6.1. Materia prima para abastecimiento

En la materia prima se deben de considerar distintos tipos de tela, por lo tanto, se tendrá en existencia la tela en bodega necesaria para realizar pruebas en distintas estructuras de telas o la mayoría de telas necesarias en la producción de tela enguatada que se realizará en planta, tipos y espesores de esponja.

Figura 53. Tela



Fuente: Google. www.interior3.mx/index.php/bw_gallery/1-telas. Consulta: 2 de febrero de 2016.

Para la confección de tela enguatada se necesita distintos tipos de esponja y distintas medidas de esponja, ya que para distintos tipos de colchones se utilizan diferentes tipos de estructuras.

Tabla XII. **Medidas de esponja**

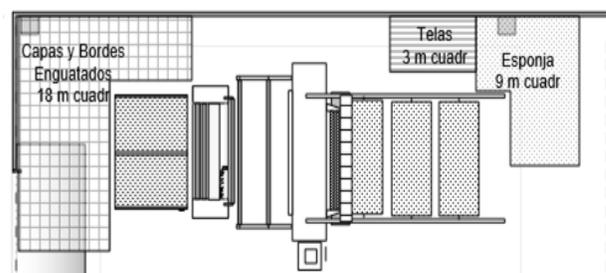
Medidas de esponja en pulgadas
1/4
1/2
5/8
3/4
1
1 1/2

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2. **Plano del área de materia prima**

La materia prima en planta está ubicada en la parte alejada del área de enguatadoras, sin embargo, se indicará en el plano donde esta se tendrá ubicada, la esponja necesaria y las telas que se desean enguatar; también se tendrá en consideración dónde estará la descarga de producto terminado.

Figura 54. **Plano de materia prima**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.7. Mantenimiento preventivo

La continuidad en el mantenimiento de todas las máquinas de confección, trata de conservar la maquinaria en buen estado para su funcionamiento, por lo tanto, el mantenimiento preventivo se aplicará por día, semana, 3 meses y 6 meses; el mantenimiento diario y semanal se llamará un mantenimiento preventivo menor, ya que esté será realizado por el operador de la máquina y un mantenimiento mayor es el de 3 y 6 meses; este será aplicado por un técnico mecánico.

2.2.7.1. Rutinas de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo menor lo realizará periódicamente el operador del equipo; sin embargo, se debe de tener en cuenta la materia prima que se utiliza, como el aceite mineral ISO 32, que es más frecuente de aplicar en la realización del mantenimiento preventivo menor.

Tabla XIII. Mantenimiento preventivo diario

Actividad	Descripción	Grasa y/o aceite
Realizar cada jornada de trabajo, realizado por el operador	Mantenimiento eléctrico <ol style="list-style-type: none">1. Limpieza exterior de botonera de panel de control.2. Limpieza de botonera en máquina multiaguja.3. Limpieza de botonera en panel principal de cortadora y mesa.	Aceite mineral ISO 32

Continuación de la tabla XIII.

	<p>Mantenimiento mecánico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lubricación de tornillo sin fin del movimiento principal. 2. Lubricación de rieles de movimiento alternativo de cuchillas con extremo cuidado. 3. Verificar el funcionamiento de rodillos de enguatadora y cortadora. 4. Revisar las chumaceras, que se note la grasa y si se observa que hace falta, aplicarla. 	
--	--	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Mantenimiento preventivo semanal**

Actividad	Descripción	Grasa y/o aceite
Realizar en la finalización de semana laboral realizado por el operador	Mantenimiento eléctrico	Aceite mineral ISO 32
	1. Limpiar con aire comprimido, todos los accesorios eléctricos, revisar botoneras, micros, dispositivos de seguridad.	
	2. Revisión de funcionamiento eléctrico.	
	3. Limpieza de exterior de equipo.	
	Mantenimiento mecánico	
	1. Verificar el nivel de la unidad de mantenimiento de aire comprimido (revisar, desmontar, cambiar empaques si fuera necesario).	
2. Lubricación de vástagos de cilindros neumáticos (gotas de aceite).		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Mantenimiento preventivo trimestral**

Actividad	Descripción	Grasa y/o aceite
<p>Realizar cada 3 meses por el técnico mecánico</p>	<p>Mantenimiento eléctrico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar alimentación eléctrica de panel de control. 2. Montar y probar funcionamiento. 3. Revisión de lámparas. 4. Revisar funcionamiento eléctrico. 5. Limpieza con limpia contactos del panel eléctrico. 6. Verificación buen funcionamiento de micros y sensores de movimiento. 7. Revisar el funcionamiento de carro movimiento en "X". 8. Movimiento de subir y bajar de agujas. 9. Funcionamiento de cilindros neumáticos. 10. Revisar el funcionamiento de contactares en contadora. 	<p>Grasa grado 2 y aceite mineral ISO 32</p>
	<p>Mantenimiento mecánico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar energía eléctrica y aire comprimido. 2. Desmontar y nivelar la unidad de mantenimiento, lavar con desengrasante. 3. Revisión de tensiones de transmisión por cadena. 4. Engrasar chumaceras de rodillos principales de movimiento de tela. 5. Revisar el funcionamiento mecánico. 6. Revisar las cuchillas y realizar filo si hace falta. 	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Mantenimiento preventivo semestral**

Actividad	Descripción	Aceite y/o grasa
Realizar cada 6 meses en temporada baja	<p>Mantenimiento eléctrico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar alimentación eléctrica, desmontaje micros detectores de hilo, y sensores, cambiar si fuera necesario. 2. Montar y verificar funcionamiento. 3. Revisión de lámparas. 4. Revisar funcionamiento eléctrico. 5. Revisar los sensores de cortadoras. 	
	<p>Mantenimiento mecánico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar alimentación eléctrica 2. Revisar sistema de fajas, ruedas dentadas y cadenas. 3. Reapriete de castigadores y fijaciones de cargadores. 4. Revisar chumaceras de soportes de esponja y de bordes enguatados. 5. Limpiar los rieles de movimiento de cuchillas y lubricar. 6. Limpiar los tensionadores de tela y recubrimiento de rodillos. 7. Revisar el mecanismo de movimiento de agujas. 8. Revisar los cojinetes en general del mecanismo de movimiento de agujas. 9. Revisar bases de amortiguadores, nivelar y verificar presión de aire. 10. Reapretar todas las fijaciones de la máquina. 	<p>Aceite mineral ISO 32 y grasa grado 2</p>

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.2. Materiales para mantenimiento preventivo

El aceite recomendable que se aplica en los equipos de confección para su lubricación en planta Diveco S. A. es un aceite mineral ISO 32, que se puede encontrar en cualquier ferretería; es aplicado tanto para lubricación diaria de mecanismos, y semanal para abastecimiento del sistema neumático de equipos.

La grasa de grado 2 se utiliza en la transmisión por cadena y para la aplicación en chumaceras, normalmente la aplicación de grasa no es tan frecuente en este tipo de equipo, ya que en su utilización no se requiere de gran cantidad.

- Repuestos recomendables para tener en bodega: es conveniente tener un listado de repuestos para el equipo, ya que es importante tener repuestos originales de la fábrica para evitar algún paro en la producción.

Tabla XVII. Lista de repuestos necesarios

Cantidad	Descripción
2	Cajas de agujas industriales
1	Juego completo de fajas de máquina multiagujas
1	Juego completo de fajas para cortadora y mesa
2	Rodillos porta esponja
2	Sensores eléctricos de movimiento
3	Micros eléctricos de paro automático de equipo
3	Cuchillas laterales y transversales
19	Cuchillas para cortado de bordes
30	<i>Looper y porta looper</i>

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE DOCENCIA

En la fase de docencia se impartió una capacitación de seguridad industrial para el montaje de equipos nuevos y 2 capacitaciones impartidas por la empresa responsable del mantenimiento de extintores; dado que no se cuenta con la certificación de bomberos voluntarios o de brigadista; en ellas se realizó la parte teórica y la documentación de la parte práctica.

3.1. Importancia de capacitaciones en Diveco S. A.

El propósito de las capacitaciones es dar a conocer la importancia de utilizar equipos de protección en el montaje de equipos nuevos y utilización de equipos de emergencia instalados en planta.

- **Objetivos**
 - Obtener el conocimiento del equipo protección necesaria para el montaje de equipos de gran tamaño y gran peso, dado que no se tiene un registro alguno de capacitaciones de este tipo para el grupo de técnicos mecánicos en planta.
 - Mantener a los jefes de área y operadores líderes al día de las actualizaciones que se tienen en el mercado de hidrantes y extintores, para que sepan utilizar equipos de prevención de incendios.

- Metas
 - Capacitar al 100 % de los técnicos mecánicos, en la utilización de equipo de protección para el montaje de equipos.
 - Capacitar a los jefes de área y operadores líderes, para el uso de extintores, identificar el tipo de fuego y el uso correcto del mismo.

- Recursos
 - Recursos humanos
 - La participación de técnicos mecánicos del área de infraestructura/mantenimiento.
 - Jefes de área y operadores líderes.
 - Capacitador.

 - Recursos materiales
 - Sala de conferencias
 - Computadora
 - Apuntador
 - Equipo de seguridad industrial
 - ✓ Casco
 - ✓ chaleco reflejante
 - ✓ Lentes
 - ✓ Zapatos industriales
 - ✓ Guantes
 - Extintores
 - ✓ Polvo químico seco

- Protección de lesiones cerebrales: los cascos pueden proteger a sus empleados de impactos al cráneo, de heridas profundas y de choques eléctricos como los que causan los objetos que se caen o flotan en el aire, los objetos fijos o el contacto con conductores de electricidad.
- Protección de lesiones en los pies y las piernas: el equipo de protección de pies y del zapato de seguridad, las polainas (de cuero, de rayón aluminizado y otro material adecuado) puede ayudar a evitar lesiones y proteger a los colaboradores de objetos que se caen o que ruedan, de metales fundidos, de superficies calientes y de peligros eléctricos.
- Protección de lesiones de las manos: los trabajadores expuestos a sustancias nocivas mediante absorción por la piel, a laceraciones o cortes profundos, abrasiones serias, quemaduras químicas, quemaduras térmicas, cortes y extremos de temperatura deben proteger sus manos.

Figura 56. **Equipo de protección personal**



Fuente: *Acero Arequipa*. www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/23-equipos-de-proteccion-personal. Consulta: 22 de febrero de 2016.

Figura 57. **Práctica de uso de equipo de seguridad industrial**



Fuente: instalaciones planta Diveco S. A.

3.1.2. **Capacitación de extintores**

Es importante el uso y manejo de extintores; primero se debe de explicar ¿qué es un extintor?, partes de un extintor, clases de extintores, reglas esenciales de uso y cómo se utiliza un extintor.

Figura 58. **Capacitación de extintores e hidrantes**



Fuente: instalaciones de planta Diveco S. A.

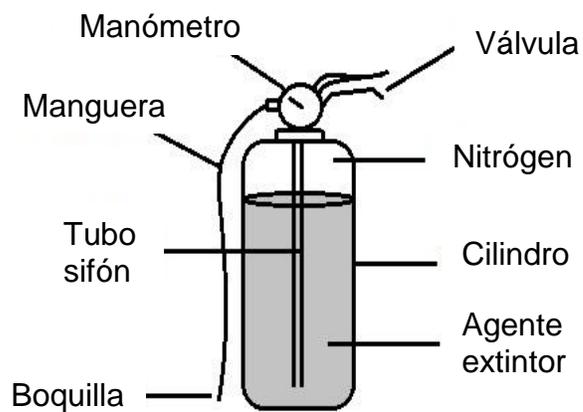
Figura 59. **Práctica de extintores**



Fuente: instalaciones de planta Diveco S. A.

- ¿Qué es un extintor? es un depósito que contiene un producto extinguidor, el cual está presionado por un gas, que al abrirse la válvula, es impulsada al exterior.

Figura 60. **Partes de un extintor**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Clases de extintores
 - Agua
 - Polvo químico seco ABC
 - Gas CO₂
 - Hallotron
 - Espuma AFFF

- Reglas esenciales en cuanto al uso de extintores
 - Aprender a utilizar un extintor
 - Ubicación al alcance de las personas
 - Nunca obstruir el paso a un extintor
 - El extintor debe ser de la clase apropiada al material combustible

- ¿Cómo se utiliza un extintor?

Se debe practicar el método HADE: hale, apunte, dispare y esparza.

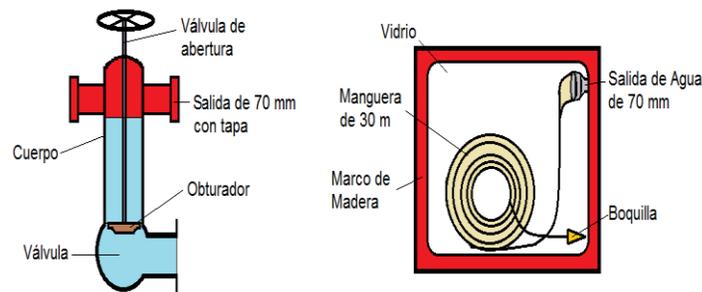
- Halar el seguro.
- Apuntar con el extintor hacia la base de las llamas.
- Disparar mientras sostiene el extintor en posición vertical.
- Esparcir de un lado a otro cubriendo el área de fuego con el agente extintor.
 - Usar el extintor solamente cuando sea seguro hacerlo.
 - Si el incendio es muy grande y amenaza con expandirse o bloquear su camino de escape, abandonar el área inmediatamente.

3.1.3. Capacitación de hidrantes

La importancia de las capacitaciones de hidrantes, es saber en qué momento se debe de realizar la acción de prevención de incendios con un hidrante; los hidrantes pueden estar instalados en el interior o exterior del complejo de fábrica, por lo tanto, se debe de saber que un hidrante debe ser manejado por con 3 personas como mínimo, 2 que sostengan la manguera contra incendio y 1 que abra y cierre la llave de paso.

- Tipos de hidrantes: los hidrantes se dividen en 2 tipos, los que son colocados alrededor de planta y en el interior de ellas.

Figura 61. Tipos de hidrantes



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- ¿Cómo se utiliza un hidrante?
 - Desenrollar la manguera
 - Abrir la válvula
 - Abrir la boquilla
 - Dirigir la descarga a la base del fuego

Figura 62. Capacitación de hidrantes en planta



Fuente: exterior de planta Diveco S. A.

Figura 63. Material de apoyo para capacitación de hidrantes y extintores

<p>RECOMENDACIONES ¿CÓMO EVITAR EL FUEGO?</p> <p>PELIGRO! No fume en lugares donde exista combustible (Madera, papel, gasolina, gas entre otros), cumpla las señales de seguridad.</p> <p>PROHIBIDO FUMAR Y ENCENDER FUEGO</p> <p>En caso de incendio comuníquese con los bomberos industriales y si no puede usar el extintor evacúe el lugar.</p> <p>En caso de humo espeso procure bajar amarrándose, utilice un trapo húmedo para protegerse del humo.</p> <p>Cuidado con las instalaciones eléctricas, verifique que estén en buen estado.</p> <p>¿CÓMO SE UTILIZA UN EXTINTOR?</p> <p>Debe practicar el método HADE: Hale, Apunte, Dispense y Esparza.</p> <ul style="list-style-type: none"> Hale el seguro. Apunte con el extintor hacia la base de las llamas. Dispense mientras sostiene el extintor en posición vertical. Esparza de un lado a otro cubriendo el área de fuego con el agente extintor. Use el extintor solamente cuando sea seguro hacerlo. Si el incendio es muy grande y generaliza con expandirse o bloquear su camino de escape, ABANDONE EL AREA INMEDIATAMENTE. <p>No deje que el fuego le sorprenda y le quite todo lo que usted tiene.</p>	<p>SEGURIDAD EN EL TRABAJO</p> <p>Prevención de Incendios USO Y MANEJO DE EXTINTORES</p> <p>Trabajo a conciencia No hay una segunda oportunidad</p>	<p>¿CÓMO SE PRODUCE EL FUEGO?</p> <p>Se requiere de tres elementos en proporciones Aire (oxígeno) + Calor + Combustible = FUEGO Al eliminar uno de estos tres elementos, no se produce el fuego.</p> <p>TIPOS DE INCENDIO</p> <table border="1"> <tr> <td>CLASE A Incendios en combustibles sólidos comunes de fácil combustión (madera, papeles, teleros, telas, basura, entre otros)</td> <td>CLASE B Incendios producidos por líquidos inflamables (gasolina, aceites, grasas, pinturas, y en general los derivados del petróleo), incendios no utilizar agua por que este propaga el fuego. Debida a que los combustibles líquidos son menos densos que el agua.</td> <td>CLASE C Incendios en equipos eléctricos en funcionamiento requiera no utilizar agua ni que es un conductor de electricidad y puede provocar más daño.</td> </tr> </table> <p>CAUSAS DE INCENDIO CON MAYOR INCIDENCIA: CORTO CIRCUITO: (instalaciones eléctricas sin mantenimiento o cableado de cables eléctricos por uso inadecuado de tomacorrientes) BASUREROS: colillas de cigarrillos, material inflamable mal ubicado) FUGAS DE GAS: (mal mantenimiento de equipos o reparaciones temporales).</p>	CLASE A Incendios en combustibles sólidos comunes de fácil combustión (madera, papeles, teleros, telas, basura, entre otros)	CLASE B Incendios producidos por líquidos inflamables (gasolina, aceites, grasas, pinturas, y en general los derivados del petróleo), incendios no utilizar agua por que este propaga el fuego. Debida a que los combustibles líquidos son menos densos que el agua.	CLASE C Incendios en equipos eléctricos en funcionamiento requiera no utilizar agua ni que es un conductor de electricidad y puede provocar más daño.	<p>¿QUE ES UN EXTINTOR?</p> <p>Es un dispositivo que contiene un producto extinguidor, el cual está presurizado por un gas, que al abrirse la válvula, es expulsado al exterior.</p> <p>PARTES DE UN EXTINTOR:</p> <p>Mantemento, Válvula, Intertagros, Cilindro, Apunte Botón, Manguera, Tubo Sifón, Noquilla.</p> <p>CLASES DE EXTINTORES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Agua Pulvo químico seco ABC Gas CO2 Hallotron Espuma AFFF <p>REGLAS ESENCIALES EN CUANTO AL USO DE EXTINTOR</p> <ul style="list-style-type: none"> Aprender a utilizar un extintor Ubicación al alcance de las personas Nunca obstruir el paso a un extintor El extintor debe ser de la clase apropiada al material combustible. <p>La prevención es tarea de todos.</p>
CLASE A Incendios en combustibles sólidos comunes de fácil combustión (madera, papeles, teleros, telas, basura, entre otros)	CLASE B Incendios producidos por líquidos inflamables (gasolina, aceites, grasas, pinturas, y en general los derivados del petróleo), incendios no utilizar agua por que este propaga el fuego. Debida a que los combustibles líquidos son menos densos que el agua.	CLASE C Incendios en equipos eléctricos en funcionamiento requiera no utilizar agua ni que es un conductor de electricidad y puede provocar más daño.				

Fuente: Diveco S. A.

CONCLUSIONES

1. El estudio de espacio físico disponible para equipos instalados, en el cual están involucradas 3 áreas (revestido, engratadoras y bodega disponible); muestra la opción de trasladar la subárea de fundas, a un espacio de bodega disponible, dado que el producto terminado es utilizado en el área de carpintería; este espacio es cercano reduciendo el tiempo de entrega.
2. Para la distribución adecuada de la carga se consideró el índice de vibración de 0,056 milímetros; para que el equipo cimentado no realice vibraciones en exceso; el cimiento a realizar debe ser de concreto, con un espesor de 26 cm, 2 metros de ancho y 5,5 metros de largo; según el análisis efectuado se debe distribuir el peso del equipo en cuatro planchas de hierro negro ASTM A-36; que es apropiado para evitar la flexión por cargas estáticas, por sus características mecánicas; para el sistema de amortiguamiento la presión de aire necesaria para soportar el peso del equipo de 65,74 psi; con una altura del amortiguador recomendada por el fabricante de 4,3 pulgadas.
3. Dado que la instalación de suministro de energía eléctrica en planta Diveco S. A. es trifásica 220-240 voltios tipo delta, se debe de instalar un transformador de potencia no menor de 15 kva, con un regulador de voltaje de 220 voltios como equipos complementarios; el calibre necesario para la máquina multiagujas de 8 AWG y para la cortadora de 12 AWG.
4. El estudio de instalaciones neumáticas en la planta Diveco S. A. demostró que se encuentra instalado un compresor ASD 25 que proporciona una

presión de trabajo de 125 psi, un caudal de 112 CFM y un secador frigorífico TD 76, el diámetro de la tubería principal es de 1 1/2" con una presión de 80,07 psi y un caudal de 91,50 CFM. La tubería de servicio tiene un diámetro de 3/4", una presión de trabajo de 80,07 psi y un caudal de 12,50 CFM acondicionada para cada equipo en el área de enguatadoras. Se encuentra instalado un regulador de presión en la entrada de abastecimiento de aire comprimido; asimismo, un equipo adicional llamado unidades de mantenimiento, que sirve para la lubricación interna en el sistema de aire comprimido. Para el buen funcionamiento de los equipos es necesario un aceite mineral ISO 32.

5. El equipo utiliza diferentes tipos de tela, diferentes tipos y tamaños de esponja y diferentes grosores de tela intermedia; es necesaria la preparación anticipada de las diferentes estructuras de tela enguatada que sirven para la confección de capas, bordes y fundas para el ensamble de colchones y *somieres*.
6. En la ejecución del programa de mantenimiento preventivo para el equipo, se planificó una lubricación diaria y semanal, que se realizará por el operario del equipo, que consta de limpieza y lubricación en general externa, y para el mantenimiento preventivo de 3 y 6 meses el técnico mecánico debe realizar el mantenimiento preventivo completo, que abarca con la revisión, limpieza y lubricación de componentes mecánicos, eléctricos y neumáticos.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de la propuesta titulada “Montaje y puesta en marcha de una multienguatadora china para la fabricación de colchones en Diveco S. A.” servirá como guía para el montaje, puesta en marcha y mantenimiento preventivo de la multienguatadora china; asimismo, como guía para la instalación el montaje de equipos futuros.
2. El sistema de utilización de pernos Hilti, es de fácil instalación y no necesita colocarlo en el momento de la elaboración del cimiento.
3. Para la selección de la platina o plancha que soportará el equipo, es necesario que la platina que tiene contacto con el piso sea de mayor longitud que la platina que tiene contacto con el equipo, para el fácil acceso de colocación de pernos.
4. Realizar un estudio básico de ingeniería, que consta de la verificación de cotizaciones de equipos similares, y realizar un estudio de costo beneficio.
5. En la selección y compra del equipo de multienguatadora se debe incluir el manual de operador, manual del fabricante y algún manual adicional que proporcione el fabricante.
6. Adquirir un sistema de amortiguamiento 2 meses antes de la llegada del equipo, dado que la adquisición de este equipo genera tiempo adicional si no se tiene en planta en el tiempo estipulado.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALONE, Eugene; BAUMEISTER III, Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*. Tomos 1 y 2. 3a ed. México: McGraw Hill, 1996. 192 p.
2. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 155 p.
3. CLARENCE W, Dunham. *Cimentaciones de estructuras*. 2a ed. España: McGraw Hill, 1968. 160 p.
4. DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. *La administración en el mantenimiento*. México: Continental (CECSA), 1973. 135 p.
5. MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. *Principios básicos de mantenimiento. Documento mediado para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2014. 23 p.
6. MORALES, Fernando. *Hormigón armado*. 6a ed. Madrid: Dossat, 1962. 125 p.
7. NEWBROUGH, E. Theodore. *Administración de mantenimiento industrial*. México: Diana, 1974. 187 p.

8. OSHA. *Equipo de protección personal. Departamento del trabajo de Estados Unidos*. [en línea]. <<http://www.osha.gov>>. [Consulta: febrero de 2016].
9. ROSALES, Robert y O. Rice Associates. *Manual de mantenimiento industrial*. Tomo 2. 2a ed. México: McGraw Hill, 1990. 154 p.
10. RUDEL REED, Jr Colalicius. *“Layout” y mantenimiento de planta*. Argentina: El Ateneo, 1971. 125 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo de cemento teórico

0,056 mm índice de amplitud máximo para un equipo (anexo 5).

Base = 2,0 m.

Largo = 5,5 m.

Revoluciones aproximadas de equipo 450 RPM.

Con carga de 11 kg

Suelo = arena saturada

Altura del movimiento circular en la máquina = 0,80 m

Área de cemento = 11,0 m

Tabla IV: $C_{\phi} = 9,32 \text{ kg/cm}^3 = 9,32 \times 10^6 \text{ kg/m}^3$

Cálculos:

Peso de cemento = 1,5 (peso máquina)

Peso de cemento = 1,5 (5 ton) = 7,5 ton

$$\omega = \frac{2\pi (\text{revoluciones})}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi (\text{rev})}{60} = \frac{2\pi (450 \text{ rpm})}{60} = 47,12 \text{ seg}^{-1} \text{ y } \omega^2 = 2\,220,66 \text{ seg}^{-2}$$

Frecuencia no armónica del cemento:

Continuación de apéndice 1.

$$fn\emptyset^2 = \frac{C\emptyset \times I}{W_0} \Rightarrow W_0 = \frac{(Peso_{maq} + Peso_{cimiento}) \times 1000}{gravedad}$$

$$fn\emptyset^2 = \frac{9,32 \times 10^6 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1}{12} [5,5 \text{ m} \times (2 \text{ m})^3]}{\frac{(7,5 + 5) \text{ ton} \times 1000 \text{ kg/ton}}{9,81 \text{ m}^2/\text{s}} \times \frac{1}{12} [(5,5)^2 \times (2)^2]} = 2\,659,76 \text{ seg}^{-2}$$

Para área del cimiento de 11 m^2 :

$$h = \frac{7,5 \text{ ton}}{2,65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 11 \text{ m}^2} = 0,2572 \text{ m} \cong 0,26 \text{ m}$$

Altura total de aplicación de la carga:

$$hf = 0,26 + 0,80 = 1,06 \text{ m}$$

Momento:

$$m = 11 \text{ kg} \times 1,06 \text{ m} = 11,66 \text{ kg}_m$$

Amplitud de vibración:

$$A\emptyset = \frac{\frac{L}{2} \times M}{W_0 (Fn\emptyset^2 - \omega^2)}$$

$$A\emptyset = \frac{\frac{5,5 \text{ m}}{2} (11,66 \text{ kg}_f)}{\left(\frac{12,5 \text{ kg} \times 1000 \text{ ton/kg}}{9,81 \text{ m}^2/\text{s}} \right) \frac{1}{12} [(5,5)^2 \times (2)^2] \times (2\,659,76 - 2\,220,66)}$$

$$A\emptyset = 0,00568 \text{ mm}$$

Continuación de apéndice 1.

Por tanto:

$0,05068 \text{ mm} < A\emptyset < 0,056 \text{ mm}$ (anexo 4).

Cálculo de presión estática equivalente:

$$fn = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C\emptyset \times I}{W_0}}$$

$$fn = \sqrt{\frac{9,32 \times 10^6 \times \frac{1}{12} (5,5 \times 2^3)}{\frac{12,5 \times 1\,000}{9,81} \times \frac{1}{12} (5,5^2 \times 2^2)}} \times \frac{1}{2\pi} = 8,20 \text{ seg}^{-2}$$

$$fn^2 = 67,37 \text{ seg}^{-2} \quad \omega^2 = 2\,220,66 \text{ seg}^{-2}$$

Coefficiente de vibración:

$$\gamma = \frac{fn^2}{fn^2 - \omega^2}$$

$$\gamma = \frac{67,37}{67,37 - 2\,220,66} = -0,031$$

El signo negativo del coeficiente de vibración nos indica que es un punto que queda por debajo de la abscisa en la curva de frecuencia y siempre se toma su valor positivo; en todo caso no podrá disminuir el valor de presión estática equivalente, por lo que se adoptara como mínimo $\gamma = 1$.

Continuación de apéndice 1.

$$P_s = 1 \times 3 \times 12,5 \text{ ton} = 37,5 \text{ ton}$$

$$P_t = 37,5 \text{ ton} + 12,5 \text{ ton} = 50 \text{ ton}$$

La tensión de trabajo terreno:

$$\sigma = \frac{50 \text{ ton}}{5,5 \times 2} = 4,54 \text{ ton/m}^2 < 15 \text{ ton/m}^2$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Información de amortiguadores

El sistema de amortiguamiento recomienda una altura de 4,3" para su mayor eficiencia en aislamiento de vibraciones; con base en la figura 39 se puede calcular:

La máquina pesa aproximadamente 5 000 kg = 11 023,11 libras

Cada placa pesa 27,5 kg = 60,62 libras

El total de peso que deben soportar los amortiguadores neumáticos es de:

$$Peso \text{ total} = 11\,023,11 \text{ lbs} + (60,62 \text{ lbs}) \times 4 = 11\,265,59 \cong 11\,266 \text{ lbs}$$

Peso distribuido en los 8 amortiguadores:

$$Peso \text{ distribuido} = \frac{11266}{8} = 1408,20 \text{ lbs/cada amortiguador}$$

Continuación apéndice 2.

En la figura 39 se muestra en el eje y del lado derecho el campo libras x 1 000, se procede a dividir las libras de cada amortiguador entre mil:

$$\frac{1408,20 \text{ lbs}}{1\ 000} = 1,4082 \text{ lbs} \times 1\ 000 \cong 1,408 \text{ lbs} \times 1\ 000$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Cálculo de conexiones eléctricas**

El servicio en planta Diveco S. A. es una conexión eléctrica trifásica 220 V en conexión tipo delta. Una de las ventajas de esta conexión es que proporciona un voltaje entre líneas de 220 a 240 voltios y la desventaja es en la conexión de línea con tierra, ya que ofrece una línea alta de 180 voltios y las otras dos de 120 voltios; se procederá a cambiar de conexión delta a una conexión estrella por medio de un transformador de potencia de 15 kva. Una de las ventajas es que proporciona todos los voltajes estables y entre sus desventajas esta que no genera el voltaje necesario y se instalará un regulador de voltaje de 220 a 240 voltios.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Cálculo de la demanda de presión y caudal**

$$P_2 = P_1 + P \quad (f,1)$$

P_2 = presión demandada en psi.

P_1 = promedio de herramientas de trabajo.

Continuación de apéndice 4.

P = caída de presión admisible de 3 % a 6 %.

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 4a. **Presión total y caudal en el área de enguatadoras**

Equipo	Presión (psi)	Caudal (CFM)
Multienguatadora 1	78,50	12,90
Multienguatadora 2	76,50	12,40
Multienguatadora 3	73,50	11,50
Multienguatadora 4 (nueva)	72,50	10,00
Cortadora 1	77,50	3,50
Cortadora 2	77,50	3,50
Máquina de costura	72,80	9,30
Presión promedio	75,54	
Total de caudal		63,10
Desgaste 5 %		3,16
Fugas 10 %		6,31
Expansiones 30 %		18,93
Total		91,50

Fuente: *placa característica de equipos en planta. Diveco S. A.*

$$P_2 = 75,54 + 75,54 \times 6 \% = 80,07 \text{ psi}$$

Apéndice 4b. **Caídas de presión de secador**

Accesorio	P (psi)
Secador frigorífico	2,6

Fuente: ROSALES, Roberto C. *Manual de mantenimiento industrial*. p. 155.

Apéndice 4c. **Longitud equivalente de tubería principal $\varnothing = 1\ 1/2''$**

Cantidad	Accesorio	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)
5	Codo de 45°	1,00	5,00
13	Tees	0,50	6,50
6	Válvulas de compuerta	18,00	18,00
Total			119,50
Longitud de tubería			164,20
Longitud equivalente			283,70

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4d. **Longitud equivalente de tubería de servicio $\varnothing = 3/4''$**

Cantidad	Accesorio	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)
2	Purgadores separadores	13,12	26,24
8	Tees	0,30	2,40
8	Válvula de compuerta	6,70	53,60
8	Cuello de cisne	4,27	34,16
8	Reductores	0,66	10,56
8	Codos de 45°	0,60	4,80
Total			131,76
Longitud de tubería			16,00
Longitud equivalente			177,76

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Cálculo de línea principal

Se utiliza la fórmula:

$$P = \frac{(\text{factor de pérdida}(F) \times \text{long.equivalente})}{(\text{factor de tubería}(R) \times 1\,000)} \quad (\text{f,4})$$

Con un diámetro arbitrario de 1 1/2" y Q = 100 CFM el aproximado superior de 91,50 CFM en la figura 64 se encuentra el factor de 22,3.

Para obtener la relación de compresión en la entrada de la tubería, se utiliza el valor menor, las cual es de 80,09 psi.

$$R = \frac{(P_2 + 14,7)}{14,7} \quad (\text{f,5})$$

$$R = \frac{(85 + 14,7)}{14,7}$$

$$R = 6,45$$

Para calcular la presión:

$$P = \frac{22,3 \times 283,70}{6,45 \times 1000} = 0,40 \text{ psi}$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5a. Cálculo de línea de servicio

Se utiliza la fórmula:

$$P = \frac{(\text{factor de pérdida}(F) \times \text{long.equivalente})}{(\text{factor de tubería}(R) \times 1\,000)} \quad (\text{f,4})$$

Continuación de apéndice 5a.

Con un diámetro arbitrario de 3/4" y Q = 15 CFM el aproximado superior de 12,9 CFM se encuentra el factor de 17,6.

Para obtener la relación de compresión en la entrada de la tubería, se utiliza el valor menor, las cual es de 80,09 psi.

$$R = \frac{(P_2 + 14,7)}{14,7} \quad (f,5)$$

$$R = \frac{(85 + 14,7)}{14,7} = 6,45$$

Para calcular la presión:

$$P = \frac{17,6 \times 147,76}{6,45 \times 1\,000} = 0,40 \text{ psi}$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5b. **Cálculo de pérdida de presión**

Se procede a sumar todas las pérdidas de presión:

$$P = p_{\text{tubprincipal}} + p_{\text{tubdeservicio}} + p_{\text{secador}}$$

$$P = 0,98 \text{ psi} + 0,40 \text{ psi} + 2,6 \text{ psi}$$

$$P = 3,98 \text{ psi}$$

Continuación con apéndice 5b.

Se debe de calcular la pérdida en porcentaje para verificar que no exceda de 6 % indicado al principio de los cálculos:

$$\% \text{ de pérdida de presión} = \frac{\text{Pérdida de presión} \times 100}{\text{Presión de la instalación}} \quad (\text{f,6})$$

$$\% \text{ de pérdida de presión} = \frac{3,98 \times 100}{80,07}$$

$$\% \text{ de pérdida de presión} = 4,97 \%$$

Si la pérdida de presión fuera mayor de 6 %, se debe de recalcular con un diámetro mayor la tubería principal y la tubería de servicio.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Clasificación de los terrenos**

- Suelos: se pueden dividir los terrenos, sin dar a esta división un carácter demasiado científico, en dos categorías: las rocas y los suelos sueltos. Se llaman rocas a los terrenos que no sufren modificación sensible en presencia de agua; su capacidad natural y sus conexiones internas hacen que su resistencia sea prácticamente adecuada escala de obras de cimientos de máquinas. Se llama suelos sueltos o simplemente suelos a los terrenos cuya capada es pequeña y en los que por lo tanto una excavación de cierta importancia necesita apuntalamientos. Estos terrenos pueden deformarse por influencia de obras de cimientos de máquinas. La separación de los elementos que forma estos suelos puede ser espontánea, o bien obtenida mediante esfuerzos relativamente pequeños.
 - Arenas: material compuesto de pequeñas partículas de forma redondeada o angulosa procedente de rocas disgregadas: su tamaño varía entre 0,05 a 2 mm, dependiendo del sistema de clasificación para agruparla en fina y gruesa. La arena contiene frecuentemente algo de arcilla y lino hasta en proporciones de 15 a 20 %.
 - Gravas: es un término que se utiliza para designar los elementos de roca no consolidadas cuyos tamaños fluctúan entre 150 mm como máximo y 2 mm como mínimo. Ordinariamente las gravas están compuestas de partículas áridas sin cohesión, de muchos tamaños,

Continuación de anexo 1.

de trozos redondeados, que generalmente contienen algo de arena y algunas veces limo. La roca machacada artificialmente y materiales gruesos con aristas vivas pueden llamarse piedra. Piedrín es el nombre que se suele dar a una grava bastante uniforme o cribada cuyos granos van de 3 mm a 25 mm de tamaño..

- Limos: es un material compuesto de partículas finas de roca de poca o ninguna plasticidad y de granulometría generalmente uniforme. Su origen puede ser puramente mineral o parcialmente orgánico; este último es un limo mezclado con materia orgánica finamente dividida con un olor desagradable, encontrándose a menudo en aguas estancadas, fondo de los lagos, y deltas de ríos.
- Margas: debido a la imprecisión de este término, abarca un gran número de suelos que pueden variar desde la arcilla caliza hasta un guijarral. Las margas suelen ser consistentes, pero pierden parte importante de su resistencia en presencia de agua. En muy pocas ocasiones son homogéneas.
- Arcillas: están formadas por partículas microscópicas coherentes, procedentes de la descomposición química de las rocas. Son duras en estado seco, pero son plásticas si su contenido de agua pasa de ciertos límites. Su origen puede ser como el de limo, parcialmente orgánico.
- Suelos complejos: los suelos en muchas ocasiones están formados por la mezcla de dos o más suelos tipos, descritos anteriormente, es el caso de los suelos arcilloarenosos o suelos arenoarcillosos, en cuyos términos el sustantivo designa al elemento dominante.

Fuente: CLARENCE W, Dunham. *Cimentaciones de estructuras*. p. 50.

Anexo 2. Análisis de traslación vertical

Para el análisis de traslación vertical se utilizará el método de Dominik Barkan que se esbozará primero. El análisis se basa en una suposición simplificada del sistema máquina-cimiento-suelo, comportándose como un peso único G sobre resorte. Esto equivale a ignorar los efectos de amortiguamiento del suelo, el cual se puede despreciar si se está fuera del rango de resonancia; por ejemplo, si se está dentro del rango de todos los diseños prácticos.

Entonces se puede escribir:

$$R = G + K_R \times Y' \quad (1)$$

Donde:

- g = peso del cimiento y la máquina
- Peso del cimiento aproximado es 1,5 x peso de la máquina.
- $K_R = C_u * A_c$; y C_u , es el coeficiente de compresión elástica uniforme del suelo.
- A_c , el área de contacto del cimiento con el suelo.

La ecuación del movimiento será:

$$-m \times Y'' + G + P(t) = R \quad (2)$$

Sustituyendo la ecuación (1) se obtendrá:

$$m \times Y'' + K_R \times Y' = P(t) \quad (3)$$

Continuación de anexo 2.

Dividiendo por m:

$$Y'' + fnz^2 \times Y' = \frac{P(t)}{m} \quad (4)$$

Donde $fnz^2 = \frac{K_R}{m} = C_u \times A_c \times \frac{g}{G}$, que es la frecuencia natural no amortiguada de la vibración vertical.

Considerando el caso en que la fuerza excitante $P(t)$ es una función armónica del tiempo por ejemplo $P \text{ sen } (\omega t)$, se obtiene la ecuación para vibraciones verticales forzadas así:

$$Y'' + fnz^2 \times Y' = \frac{P}{m} \text{ sen } (\omega t) \quad (5)$$

La solución de la ecuación diferencial presenta la forma de dos soluciones correspondientes a vibraciones libres y forzadas. Dado a la acción de amortiguación del suelo, las vibraciones libres actúan por poco tiempo antes de comenzar el movimiento forzado de las cimentaciones, y solo permanecen las vibraciones forzadas. La solución de la ecuación (5) será entonces:

$$Y = Az \times \text{sen } (\omega t) \quad (6)$$

Derivando:

$$Y'' = wAz \times \text{cos}(\omega t) \quad (7)$$

Continuación de anexo 2.

$$Y'' = -w^2Az \times \text{sen}(\omega t) \quad (8)$$

Sustituyendo los valores de las ecuaciones (6) y (8) en la ecuación (5) se obtiene:

$$-\omega^2Az \times \text{sen}(\omega t) + fnz^2 \times Az \times \text{sen}(\omega t) = \frac{P}{m} \text{sen}(\omega t)$$

Despejando:

$$(fnz^2 - \omega^2) \times Az \times \text{sen}(\omega t) = \frac{P}{m} \text{sen}(\omega t)$$

$$Az = \frac{P}{m (fnz^2 - \omega^2)} \quad (9)$$

Donde:

- Az , es la amplitud de la vibración
- P , es la fuerza de excitación
- ω , es la velocidad angular de la máquina $\omega = \frac{2\pi N}{60}$, n , rev/min

Como puede verse, la frecuencia de vibraciones forzadas no depende de las propiedades de inercia y elásticas en la cimentación y su base. En general la solución (9) es válida para todos los sistemas mecánicos lineales incapaces de producir por sí mismos vibraciones excitantes. Por lo tanto, la relación de la frecuencia de vibraciones forzadas y la frecuencia de carga excitante se mantiene en una relación lineal entre el desplazamiento de la cimentación y la reacción del suelo.

Continuación de anexo 2.

Es muy difícil establecer un límite para el valor permisible de amplitud de vibraciones del cimiento. En algunos casos, vibraciones con amplitudes arriba de 0,4 a 0,5 mm, no tienen ningún efecto dañino para el cimiento, pero bajo experimentación y aun siendo vibraciones en amplitud más pequeñas indujeron vibraciones fuertes en estructuras localizadas a una distancia de varias decenas de metros. De acuerdo con Barkan, el máximo valor de amplitud no deberá de exceder de $A_z = 0,20$ a $0,25$ mm. El área de cimentación A_c o el peso G pueden alterarse a criterios del diseñador incrementando la diferencia entre $F_n z$ y ω , hasta que la amplitud de vibración A_z se reduzca a un valor aceptable.

Un procedimiento similar fue usado por Barkan para analizar la traslación horizontal, balanceo o cabeceo; en el cual interviene el coeficiente de compresión elástica no uniforme del suelo C_\emptyset (ver tabla IV). Las ecuaciones básicas de importancia son las siguientes:

$$f_n \emptyset^2 = \frac{C_\emptyset \times I}{W_0} \quad (10)$$

$$A_\emptyset = \frac{\frac{L}{2} \times M}{W_0 (F_n \emptyset^2 - \omega^2)} \quad (11)$$

Donde:

- $F_n \emptyset$, es la frecuencia natural circular no amortiguada
- C_\emptyset , coeficiente de compresión elástica no uniforme del suelo
- I , momento de inercia del área de contacto de la cimentación con el suelo, respecto del eje de rotación

Continuación de anexo 2.

- W_0 , momento de inercia de masa de la máquina y el cimiento respecto del eje de rotación $W_0 = \frac{(Peso_{maq} + Peso_{cimiento}) * 1000}{gravedad}$
- $A\emptyset$, amplitud de vibración
- $M = P \times h$, momento de excitación
- P , fuerza de excitación
- ω , velocidad angular de la máquina

Luego de chequear los valores de amplitud de vibración con los valores de amplitud permisibles, se procede a encontrar la presión estática equivalente a la originada por los esfuerzos dinámicos en la base de la cimentación; la frecuencia de vibración de la cimentación será:

$$Fn = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_u \times A_c \times g}{G \times W_s}} \quad \text{ó} \quad \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C\emptyset \times I}{W_0}} \quad (12)$$

Dependiendo de si el movimiento originado en el cimiento es de traslación vertical o balanceo, respectivamente.

W_s , de la fórmula (12) es el peso del suelo que vibra; sin embargo, por no estar bien definido físicamente se adoptará como cero. El coeficiente de vibración será:

$$\gamma = \frac{fn^2}{fn^2 - \omega^2} \quad (13)$$

Continuación de anexo 2.

Y el coeficiente de tensión se tomará como $\varphi = 3$ La expresión de presión estática es:

$$P_s = \varphi \times \gamma \times G \quad (14)$$

La presión total ejercida sobre el terreno será:

$$P_t = P_s + G \quad (15)$$

Que debe ser menor que un valor determinado de presión permisible en el suelo; si este valor es sobrepasado se puede conseguir una mejor repartición de esfuerzos aumentando el área del cimiento.

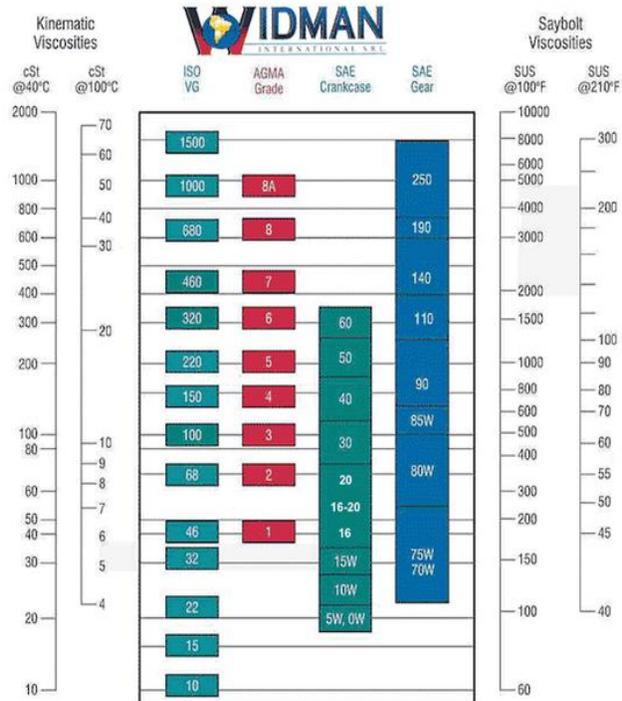
Fuente: MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. Principios básicos de mantenimiento. Documento mediado para el curso de montaje y mantenimiento de equipo. p. 19.

Anexo 3. Cálculo de pernos

Diámetro (pulg)	Largo (cm)	Esfuerzo de corte (kg/cm ²)	Número de pernos	Esfuerzo soportado (kg/cm ²)
Anclaje o perno equipo-platina				
³ / ₄	12,7	1 615	4	6 460
⁷ / ₈	15,2	1 882	4	7 528
Anclaje o perno cimiento – platina de amortiguador pernos hilti				
¹ / ₄	6,4	227	24	5 448
³ / ₈	7,6	499	24	7 528

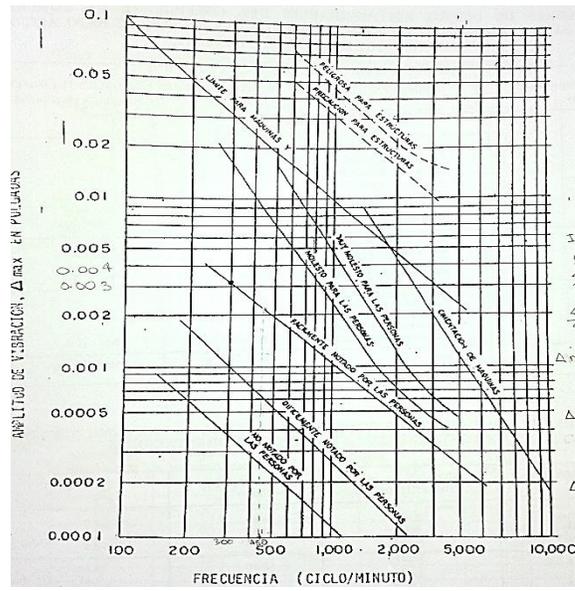
Fuente: ROSALES, Roberto C. *Manual de Mantenimiento*. p. 155.

Anexo 4. Comparación de aceites normados ISO y SAE



Fuente: WIDMAN. <http://www.widman.biz/Seleccion/iso-sae.html>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

Anexo 5. Índice de vibraciones tolerables para equipos



Fuente: MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. *Principios básicos de mantenimiento. Documento mediado para el curso de montaje y mantenimiento de equipo.* p. 17.

Anexo 6. Ficha técnica compresor Kaeser ASD 25

Modelo	Presión de operación psig	Capacidad *) cfm	Presión máxima psig	Potencia nominal del motor hp	Dimensiones L x A x H pulg	Conexión aire comprimido	Nivel de presión acústica **) dB(A)	Peso lbs
ASD 25	125	112	125	25	57 1/2 x 35 1/2 x 60	G 1 1/4	66	1,342
	175	132	125	30				
ASD 40	125	162	125	40	57 1/2 x 35 1/2 x 60	G 1 1/4	67	1,533
	175	127	175					
	217	106	217					
ASD 60	125	191	125	40	57 1/2 x 35 1/2 x 60	G 1 1/4	69	1,566
	175	159	175					
	217	123	217					

Fuente: Kaeser Compresores. *Compresor de tornillo serie ASD.* p. 10.