



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

**PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA  
CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.**

**Diego Andrés Díaz Aguilar**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE  
UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DIEGO ANDRÉS DÍAZ AGUILAR**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ABRIL 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal 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 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 17 de mayo de 2016.

**Diego Andrés Díaz Aguilar**



Guatemala, 08 de noviembre de 2016  
Ref.EPS.DOC.772.11.16.

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

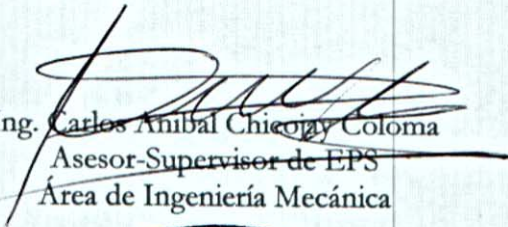
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Diego Andrés Díaz Aguilar** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201114005, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA PARA EL MONTAJE Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA 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 Chicojay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra





Guatemala, 08 de noviembre de 2016  
REF.EPS.D.485.11.16

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

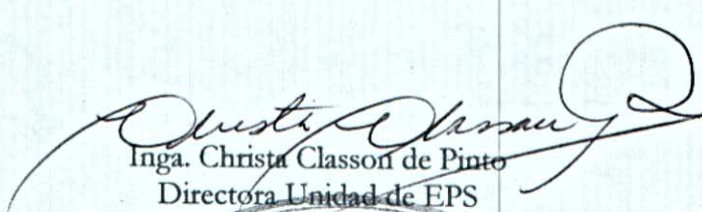
Estimado Ingeniero Guzmán:

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 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Diego Andrés Díaz Aguilar** 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 Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



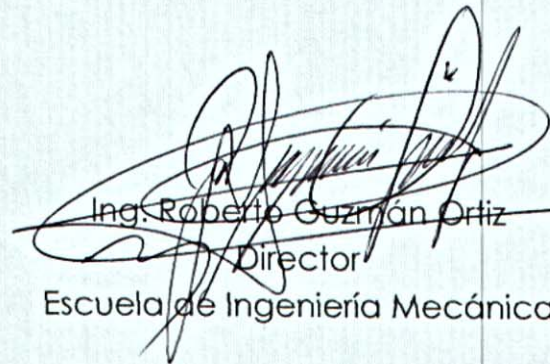
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.063.2017

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 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.** del estudiante **Diego Andrés Díaz Aguilar, CUI No. 2453-07273-0101 Reg. Académico No. 201114005** procede a la autorización del mismo para su revisión.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2017

/aej



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.141.2017

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 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S.A.** del estudiante **Diego Andrés Díaz Aguilar, CUI No. 2453-07273-0101, Reg. Académico No. 201114005** 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, abril de 2017

/aej



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

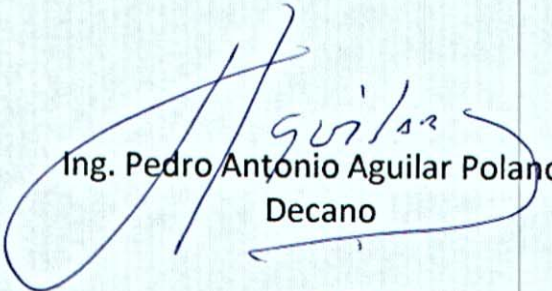


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 172.2017

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 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CERRADORA AUTOMÁTICA EN LA EMPRESA DIVECO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Diego Andrés Díaz Aguilar**, 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, abril de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mi madre</b>	Beatríz de Díaz, por ser un ejemplo de encanto por la vida, amor a sus hijos, perseverancia, trabajo honrado y apoyo incondicional.
<b>Mi abuela</b>	Isabel Barrera, por ser la mujer que muestra y demuestra cada día que toda cicatriz en la vida, se supera con mucho amor y comprensión; por sus consejos, motivación y amistad.
<b>Mis hermanos</b>	Estéfany, Laura, Javier y José Díaz Aguilar, porque de una u otra manera, han estado conmigo cuando los he necesitado.
<b>Mi amigos</b>	Por su compañía en este viaje que es la vida.
<b>La lectura</b>	Por enseñarme que vivir sin leer es inhumano.
<b>El teatro</b>	Por mostrarme que el arte es una manera de rescatar a la realidad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de  
San Carlos de  
Guatemala**

Por permitir mi desarrollo profesional.

**Diveco, S.A.**

Por la oportunidad que me brindó de realizar mi  
EPS.

**Ing. Carlos Chicojay**

Por la asesoría en la realización de este trabajo  
de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Datos generales de la empresa.....	2
1.2.1. Ubicación .....	2
1.2.2. Visión.....	2
1.2.3. Misión .....	2
1.3. Organización de la empresa.....	2
1.3.1. Organigrama.....	3
1.4. Descripción del producto .....	3
1.4.1. Somier .....	4
1.4.2. Colchón .....	5
1.4.3. Tipos y tamaños .....	6
1.5. Situación actual de la empresa.....	7
1.5.1. Descripción del proceso de producción .....	7
1.5.1.1. Área de carpintería .....	7
1.5.1.2. Área de resortes .....	8
1.5.1.3. Área de esponja.....	9
1.5.1.4. Área de revestido.....	10

	1.5.1.5.	Área de enguatadoras.....	10
	1.5.1.6.	Área de colchones.....	11
	1.5.1.7.	Área de cerrado de colchones.....	11
	1.5.1.8.	Área de soportes .....	12
	1.5.1.9.	Área de producto terminado.....	12
1.6.		Descripción de la problemática .....	13
1.7.		Características técnicas de la máquina.....	15
	1.7.1.	Dimensiones de la máquina .....	15
	1.7.2.	Partes de la máquina .....	16
	1.7.3.	Elementos y componentes adicionales de la máquina.....	18
	1.7.4.	Condiciones de operación de la máquina .....	19
1.8.		Fundamento teórico para el montaje de una máquina cerradora automática .....	19
	1.8.1.	Cimiento .....	19
	1.8.1.1.	Cimentaciones para máquinas.....	20
	1.8.1.2.	Tipos de cimentaciones para máquinas.....	22
	1.8.1.3.	Criterios de selección del tipo de cimentación para máquinas.....	24
	1.8.1.4.	Cargas a considerar para el diseño de cimentaciones en máquinas.....	24
	1.8.1.5.	Efectos producidos por las vibraciones de las máquinas en operación.....	25
	1.8.2.	Enclavamiento o anclaje al suelo .....	29
	1.8.3.	Sujetadores roscados.....	29
	1.8.3.1.	Perno.....	30
	1.8.4.	Tipos de pernos.....	31

1.8.4.1.	Pernos estándar .....	31
1.8.4.2.	Perno con cabeza.....	31
1.8.4.3.	Pernos de doblez o pernos tipo L .....	32
1.8.4.4.	Pernos de anclaje de expansión o pernos de cuña mecánica.....	33
1.8.4.5.	Pernos epoxi.....	33
1.8.5.	Instalaciones eléctricas.....	33
1.8.6.	Tipos de instalaciones eléctricas .....	33
1.8.6.1.	Instalaciones eléctricas según su utilidad .....	33
1.8.6.2.	Instalaciones eléctricas según el voltaje de suministro .....	34
1.8.7.	Componentes de una instalación eléctrica .....	35
1.8.7.1.	Alimentación eléctrica.....	35
1.8.7.2.	Protecciones eléctricas.....	35
1.8.7.3.	Conductores eléctricos .....	35
1.8.7.4.	Tubería para instalaciones eléctricas ..	40
1.8.7.5.	Mandos eléctricos.....	40
1.8.7.6.	Puntos de consumo eléctrico.....	41
1.8.8.	Motores eléctricos.....	41
1.8.9.	Caída de tensión en conductores eléctricos .....	41
1.8.10.	Área de sección para un conductor eléctrico .....	42
1.8.10.1.	Cálculo para la sección de un conductor eléctrico.....	42
1.8.10.2.	Cálculo para <i>breaker</i> de una instalación eléctrica .....	45
1.8.11.	Neumática.....	46
1.8.12.	Aire comprimido.....	46

1.8.13.	Configuraciones de redes de distribución para aire comprimido.....	46
1.8.13.1.	Red de aire comprimido abierta .....	46
1.8.13.2.	Red de aire comprimido cerrada .....	47
1.8.13.3.	Red de aire mixta .....	47
1.8.14.	Componentes de una instalación neumática.....	47
1.8.14.1.	Compresor.....	47
1.8.14.2.	Postenfriador .....	48
1.8.14.3.	Tanque de almacenamiento o acumulador.....	48
1.8.14.4.	Secador .....	48
1.8.14.5.	Tubería principal.....	49
1.8.14.6.	Tuberías secundarias .....	49
1.8.14.7.	Tuberías de servicio .....	49
1.8.14.8.	Soportes de tubería .....	49
1.8.14.9.	Codos.....	51
1.8.14.10.	Tee .....	51
1.8.14.11.	Reductores .....	52
1.8.14.12.	Unidad de mantenimiento.....	52
1.8.14.13.	Válvulas neumáticas .....	52
1.8.14.14.	Manómetros .....	53
1.8.15.	Cálculo del diámetro de tubería para una instalación neumática.....	53
1.8.15.1.	Cálculo de la presión de demanda .....	53
1.8.15.2.	Longitud de tubería .....	54
1.8.15.3.	Diámetro de tubería.....	55
1.8.16.	Amortiguamiento o aislamiento de vibraciones .....	58
1.8.16.1.	Amortiguamiento .....	58
1.8.16.2.	Resonancia .....	59

	1.8.16.3.	Aislamiento de vibraciones .....	59
	1.8.16.4.	Elección de aisladores de vibración.....	60
	1.8.16.5.	Relación de frecuencias .....	63
1.8.17.		Tipos de amortiguamiento .....	64
	1.8.17.1.	Antivibradores.....	64
	1.8.17.2.	Aisladores de plástico.....	64
	1.8.17.3.	Aisladores elastoméricos.....	65
	1.8.17.4.	Amortiguador hidráulico.....	65
	1.8.17.5.	Resortes de metal.....	65
	1.8.17.6.	Amortiguador de aire o amortiguador neumático .....	66
1.8.18.		Mantenimiento .....	66
1.8.19.		Tipos de mantenimiento .....	66
	1.8.19.1.	Mantenimiento de conservación .....	66
	1.8.19.2.	Mantenimiento correctivo.....	67
	1.8.19.3.	Mantenimiento correctivo inmediato ....	67
	1.8.19.4.	Mantenimiento correctivo diferido .....	67
	1.8.19.5.	Mantenimiento preventivo.....	67
	1.8.19.6.	Mantenimiento programado.....	68
	1.8.19.7.	Mantenimiento predictivo .....	68
	1.8.19.8.	Mantenimiento de oportunidad .....	68
	1.8.19.9.	Mantenimiento de actualización.....	69
	1.8.19.10.	Mantenimiento proactivo.....	69
1.9.		Ahorro energético .....	69
	1.9.1.	Análisis de consumo de energía del sistema de climatización en el área de cerrado de colchones ..	70
	1.9.2.	Análisis de consumo de energía eléctrica en el área de cerrado de colchones .....	73



1.9.3.	Propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones .....	74
1.9.3.1.	Alcances de la propuesta de ahorro energético en el área de cerrado de colchones .....	76
1.9.3.2.	Beneficios energéticos y económicos de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones .....	77
1.9.3.3.	Cálculo de la inversión económica de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones .....	81
1.9.3.4.	Cálculo del tiempo estimado de recuperación de la inversión económica de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones .....	81
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	83
2.1.	Propuesta de ubicación de una cerradora automática .....	83
2.1.1.	Plano de ubicación actual.....	83
2.1.1.1.	Área de colchones.....	83
2.1.1.2.	Área de cerrado de colchones.....	84
2.1.2.	Plano de reubicación de áreas .....	84
2.1.2.1.	Área de colchones.....	84
2.1.2.2.	Área de cerrado de colchones.....	85
2.1.3.	Propuesta de ubicación .....	86
2.1.3.1.	Plano de ubicación propuesta .....	86
2.2.	Propuesta para el montaje de una cerradora automática.....	87

2.2.1.	Materiales, herramientas y equipo necesarios para el montaje de una cerradora automática .....	88
2.2.2.	Cimentación para una cerradora automática .....	88
2.2.3.	Enclavamiento o anclaje al suelo.....	91
2.2.3.1.	Pernos .....	91
2.2.3.2.	Longitud de rosca .....	93
2.2.3.3.	Área de esfuerzo de trabajo .....	94
2.2.3.4.	Factor de seguridad.....	95
2.2.4.	Amortiguamiento.....	97
2.2.4.1.	Amortiguamiento o aislante de vibraciones.....	97
2.2.5.	Instalaciones eléctricas.....	100
2.2.5.1.	Plano de instalaciones eléctricas.....	100
2.2.5.2.	Plano de circuito eléctrico .....	101
2.2.5.3.	Calibre y tipo de conductor eléctrico..	102
2.2.5.4.	Determinación del <i>breaker</i> a instalar .	103
2.2.5.5.	Listado de materiales.....	103
2.2.6.	Instalaciones neumáticas .....	104
2.2.6.1.	Plano de instalaciones neumáticas....	104
2.2.6.2.	Plano de circuito neumático.....	105
2.2.6.3.	Diámetro de la tubería de servicio para la instalación neumática .....	106
2.2.6.4.	Listado de componentes neumáticos	110
2.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo para una cerradora automática .....	111
2.3.1.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	111
2.3.2.	Herramientas y materiales para mantenimiento preventivo .....	116

2.3.3.	Repuestos necesarios para mantenimiento preventivo.....	117
3.	FASE DE DOCENCIA.....	119
3.1.	Trascendencia y alcance de las capacitaciones .....	119
3.2.	Justificación.....	119
3.3.	Objetivos del plan de capacitación .....	120
3.3.1.	Objetivo general .....	120
3.3.2.	Objetivos específicos .....	121
3.4.	Recursos .....	121
3.5.	Contenido de las capacitaciones.....	122
3.5.1.	Capacitación sobre la ejecución de rutinas de mantenimiento en maquinaria industrial.....	122
3.5.2.	Capacitación sobre la utilización de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial.....	124
3.5.3.	Capacitación sobre hidrantes .....	126
3.5.4.	Capacitación de extintores .....	127
3.6.	Metodología .....	128
3.7.	Planificación de actividades .....	129
3.8.	Presupuesto de gastos para realizar la capacitación .....	130
3.9.	Evaluación.....	131
3.10.	Resultados .....	131
	CONCLUSIONES.....	133
	RECOMENDACIONES .....	135
	BIBLIOGRAFÍA.....	137
	ANEXOS.....	139

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de Diveco, S.A.....	3
2.	Partes de un somier estándar .....	4
3.	Partes de un colchón estándar.....	6
4.	Vista aérea de una cerradora automática .....	15
5.	Vista frontal de una cerradora automática.....	16
6.	Partes de una cerradora automática .....	18
7.	Tipos de cimentaciones para maquinaria industrial .....	23
8.	Severidad de la velocidad de operación y el desplazamiento de una máquina .....	26
9.	Límite de amplitudes según frecuencia de operación .....	28
10.	Perno estándar.....	31
11.	Perno con cabeza .....	32
12.	Perno tipo L.....	32
13.	Partes de un conductor eléctrico .....	36
14.	Soportes de tubería.....	50
15.	Codos de acero inoxidable.....	51
16.	Tee de acero inoxidable .....	51
17.	Reductor de acero inoxidable.....	52
18.	Transmisibilidad y porcentaje de aislamiento de vibraciones.....	62
19.	Rango de aislamiento, amortiguación y resonancia, basados en relaciones de frecuencias.....	64
20.	Plano actual del área de colchones .....	83
21.	Plano actual del área de cerrado de colchones .....	84

22.	Plano de reubicación del área de colchones .....	85
23.	Plano de reubicación del área de cerrado de colchones .....	85
24.	Propuesta de ubicación .....	86
25.	Aislador de vibraciones propuesto .....	99
26.	Plano de instalaciones eléctricas .....	101
27.	Plano de circuito eléctrico .....	101
28.	Plano de instalaciones neumáticas .....	105
29.	Plano de circuito neumático .....	105
30.	Diagnóstico para la realización de un plan de capacitación al personal de mantenimiento en Diveco, S. A. ....	120
31.	Capacitación al personal de Diveco, S. A. ....	129
32.	Formato de evaluación .....	131
33.	Gráfica de resultados de la evaluación realizada al personal capacitado .....	132

## TABLAS

I.	Tipos y tamaños de colchones .....	6
II.	Datos técnicos de una cerradora automática.....	15
III.	Condiciones de operación para una cerradora automática.....	19
IV.	Condiciones para la realización de análisis de cargas dinámicas para maquinaria industrial.....	25
V.	Amplitudes máximas admisibles para frecuencia operacional de máquinas .....	27
VI.	Tipos de conductores eléctricos según el tipo de aislante y condiciones de uso .....	37
VII.	Ampacidad en conductores eléctricos según el calibre tipo de aislante y temperatura ambiente máxima .....	39
VIII.	Límites de caída de tensión máxima para instalaciones eléctricas.....	42

IX.	Conductividad eléctrica para el cobre y aluminio, a diferentes temperaturas .....	44
X.	Áreas de secciones nominales y calibres de conductores eléctricos ...	44
XI.	Longitud entre soportes para tubería en una instalación neumática ....	50
XII.	Factores de pérdida por fricción en accesorios .....	54
XIII.	Factores (F), para el cálculo de pérdidas de presión debidas a la fricción en tuberías para cualquier presión inicial .....	58
XIV.	Condiciones resultantes para la relación de frecuencias .....	63
XV.	Datos técnicos del sistema de climatización actual en el área de cerrado de colchones .....	71
XVI.	Luminarias instaladas en el área de cerrado de colchones.....	73
XVII.	Datos técnicos del sistema de climatización propuesto para el área de cerrado de colchones .....	74
XVIII.	Costo de adquisición de un extractor axial de techo .....	75
XIX.	Propuesta de luminarias a instalar en el área de cerrado de colchones .....	75
XX.	Costo de adquisición de lámparas led.....	76
XXI.	Consumo de energía eléctrica actual .....	78
XXII.	Propuesta de consumo de energía eléctrica .....	78
XXIII.	Resultados económicos de la propuesta de ahorro de energía del área de cerrado de colchones .....	82
XXIV.	Resultados del análisis energético de la propuesta de ahorro de energía del área de cerrado de colchones .....	82
XXV.	Cronograma de actividades para la realización del montaje de una cerradora automática en Diveco, S.A.}.....	87
XXVI.	Especificaciones del perno a utilizar para el montaje de una cerradora automática .....	92
XXVII.	Dimensiones para pernos de rosca métrica .....	93

XXVIII.	Esfuerzos de tensión y de corte para pernos, según su diámetro y anclaje .....	95
XXIX.	Valores mínimos recomendados para factores de seguridad al realizar el análisis por fatiga .....	96
XXX.	Accesorios a utilizar en la línea de servicio para la instalación neumática .....	107
XXXI.	Longitud equivalente por accesorios.....	108
XXXII.	Mantenimiento preventivo diario .....	111
XXXIII.	Mantenimiento preventivo semanal .....	112
XXXIV.	Mantenimiento preventivo mensual .....	113
XXXV.	Mantenimiento preventivo trimestral .....	114
XXXVI.	Mantenimiento preventivo semestral .....	115
XXXVII.	Listado de repuestos para una cerradora automática.....	117
XXXVIII.	Recursos para la capacitación.....	121
XXXIX.	Cronograma de actividades de la capacitación .....	130
XL.	Presupuesto utilizado en la capacitación .....	130
XLI.	Resultados tabulados de la evaluación realizada al personal capacitado .....	132

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperio
<b>hp</b>	Caballo de fuerza
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetro cuadrado
<b>c.p.s.</b>	Ciclos por segundo
<b>Y/Δ</b>	Conexión estrella - delta
<b>db</b>	Decibeles
<b>D. I.</b>	Derivación industrial
<b>d</b>	Diámetro
<b>etc</b>	Etcétera
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>°</b>	Grados sexagesimales
<b>hz</b>	Hetz
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kv</b>	Kilovatio
<b>KW</b>	Kilowatt
<b>Lb</b>	Libra
<b>Psi</b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>L.G.A.</b>	Línea general de alimentación
<b>MPa</b>	Mega pascales de presión
<b>m</b>	Metro
<b>m/seg</b>	Metro sobre segundo



<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro cuadrado
<b>Ω</b>	Ohmios
<b>ft</b>	Pies
<b>C.F.M.</b>	Pies cúbicos por minuto
<b>P.V.C.</b>	Policloruro de vinilo
<b>%</b>	Porcentaje
<b>“</b>	Pulgada
<b>R.P.M.</b>	Revoluciones por minuto
<b>seg</b>	Segundo
<b>S.A.</b>	Sociedad anónima
<b>v</b>	Voltaje o voltio
<b>V.A.C.</b>	Voltaje en corriente alterna
<b>w</b>	<i>Watts</i> o vatios

## GLOSARIO

<b>A.W.G.</b>	<i>American Wire Gauge</i> , por sus siglas en inglés.
<b>Acometida</b>	Derivación que se realiza en un punto de conexión de la red de distribución eléctrica, hacia la propiedad donde se hará uso de esta.
<b>Amplitud</b>	Medida de variación máxima de desplazamiento respecto a un lapso de tiempo.
<b>Anclaje</b>	Mantener sujetado o fijado al suelo un objeto, para que este no se mueva por ningún motivo.
<b>Arandela</b>	Pieza, generalmente de forma circular, que se utiliza para mantener apretado un elemento mecánico.
<b><i>Breaker</i></b>	Interruptor eléctrico de seguridad encargado de la protección contra cualquier sobrecarga y cortocircuito.
<b>Cadeneta</b>	Costura realizada en forma de eslabones de cadena.
<b>Capa</b>	Lámina delgada que puede ser elaborada de tela o esponja.

<b>Carcasa</b>	Conjunto de resortes metálicos que forman parte de un colchón.
<b>Carga</b>	Fuerza física que se aplica sobre un punto o superficie.
<b>Caucho</b>	Polímero elástico que proviene de plantas o se produce sintéticamente.
<b>Caudal</b>	Cantidad de fluido que circula por determinado elemento en un intervalo de tiempo.
<b>Cortocircuito</b>	Aumento brusco y descontrolado de la corriente eléctrica.
<b>Densidad</b>	Magnitud escalar que hace referencia a la cantidad de masa en un determinado volumen.
<b>Dieléctrico</b>	Material aislante que protege contra los cambios de temperatura o la corriente eléctrica.
<b>E.M.T.</b>	<i>Electrical Metallic Tubing</i> , por sus siglas en inglés.
<b>Enclavamiento</b>	Ajustar un objeto al suelo.
<b>Enguatado</b>	Conjunto de costuras que unen dos telas con una capa intermedia que se elabora de esponja.

<b>Entretela</b>	Tela utilizada para recubrir la parte baja del somier de una cama.
<b>Equipo</b>	Máquina que forma parte de una industria.
<b>Frecuencia</b>	Ciclos que se repiten en un tiempo determinado.
<b>Galvanizado</b>	Proceso electroquímico que cubre un metal con otro.
<b>Hormigón</b>	Sinónimo de concreto utilizado en construcción.
<b>Hule</b>	Polímero natural o sintético que se utiliza para fabricar productos plásticos.
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i> , por sus siglas en inglés.
<b>Looper</b>	Parte de una máquina de costura que realiza la puntada.
<b>Monofásica</b>	Instalación eléctrica de corriente alterna que se encuentra entre 12 y 240 voltios.
<b>Galvanizado</b>	Proceso electroquímico que cubre un metal con otro.
<b>Overlock</b>	Tipo de costura con la que se finaliza el cerrado de un colchón.
<b>Pata</b>	Punto o superficie de apoyo al suelo de un objeto.

<b>Pino</b>	Árbol perteneciente al grupo de los coníferos, que presenta una ramificación uniforme en forma vertical.
<b>Polímero</b>	Macromoléculas formadas por la unión de uno o más monómeros.
<b>Puntada</b>	Sinónimo del acto de realizar una costura.
<b>Rosca</b>	Es una hendidura helicoidal continua.
<b><i>Spreader</i></b>	Parte de una máquina de costura que le da forma a la puntada.
<b>Tensión</b>	Al usar esta palabra en instalaciones eléctricas, es sinónimo de voltaje.
<b>Termomagnético</b>	Objeto que resiste los cambios bruscos de temperatura y magnetismo.
<b>Tornillo</b>	Es un sujetador mecánico que posee rosca externa.
<b>Trifásica</b>	Instalación eléctrica que posee tres corrientes alternas monofásicas de igual magnitud y frecuencia, procedentes del mismo generador.
<b>Tuerca</b>	Es un sujetador mecánico que de rosca interna.
<b>Vibración</b>	Movimiento de vaivén, rápido y de poca amplitud, de un cuerpo que oscila.

## RESUMEN

Actualmente Diveco, S.A. se encarga de la fabricación de cinco modelos distintos de camas, cada uno con sus medidas específicas para satisfacer las necesidades de los clientes en Guatemala y Centroamérica.

La planta cuenta con nueve áreas dentro de sus instalaciones que en conjunto se encargan de la producción de colchones y somieres. El procedimiento de elaboración de estos productos inicia en el sector denominado carpintería, donde se realizan las bases de madera; luego se encuentra el área de resortes de alambre; para continuar con la elaboración de la esponja. Luego se realizan las costuras necesarias para cada modelo de colchón, concluyendo el proceso con el cerrado de los mismos y la manufactura de los soportes o patas plásticas.

Debido a la constante innovación que presentan las máquinas utilizadas en este tipo de procesos, el departamento de mantenimiento de la empresa ha considerado la adquisición de una cerradora automática. Para tal efecto, se realizó una propuesta para el montaje y mantenimiento preventivo de este equipo, tomando en cuenta las especificaciones técnicas y el funcionamiento del mismo; así como el análisis de anclaje al suelo y sistema de amortiguamiento, añadido a los cálculos respectivos de su instalación eléctrica y neumática.

Además, se presenta un plan de ahorro de energía para el área de cerrado de colchones, el cual se basó en mejorar las desventajas del sistema de climatización actual. Esta sección muestra los costos actuales del consumo

eléctrico al mismo tiempo que se propone una mejora que será de beneficio económico para la empresa al mismo tiempo que ayudará al medio ambiente.

Por último, se realizó un plan de capacitación el cual se impartió al personal de mantenimiento sobre la importancia de rutinas de mantenimiento preventivo, la utilización de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial, así como el manejo de hidrantes y extintores. Con el fin de crear conciencia en los trabajadores en lo que a estos cuatro temas se refiere.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar la propuesta para montaje y mantenimiento preventivo de una cerradora automática utilizada en el proceso de cerrado de colchones.

### **Específicos**

1. Proponer la mejor opción de ubicación dentro del proceso de fabricación de colchones para montar una cerradora automática.
2. Investigar el tipo de amortiguamiento o aislante de vibración y enclavamiento al suelo para el montaje de una cerradora automática utilizada en el proceso de cerrado de colchones.
3. Proponer un plan de mantenimiento preventivo para las partes mecánicas con alto índice de desgaste de una cerradora automática utilizada en el proceso de cerrado de colchones.
4. Realizar el estudio de los equipos y materiales eléctricos que se necesitan para la instalación eléctrica de una cerradora automática utilizada en el proceso de fabricación de colchones.
5. Realizar el estudio de los equipos y materiales necesarios de la instalación neumática para una cerradora automática utilizada en el proceso de fabricación de colchones.



6. Proponer una guía de mantenimiento preventivo para una cerradora automática utilizada en el proceso de cerrado de colchones.

## INTRODUCCIÓN

Diveco, S.A. cuenta con más de 40 años de experiencia en la fabricación de camas de diferentes dimensiones, siendo una empresa líder en el mercado nacional y centroamericano. Esto conlleva una mejora continua en el proceso de producción para cumplir con la demanda establecida de colchones y somieres, por lo tanto, se presenta la necesidad de adquirir nuevas máquinas que colaboren con esta finalidad.

En este documento se presenta la propuesta para el montaje y el plan de mantenimiento preventivo para una cerradora automática, la cual se utilizará para realizar el cerrado de colchones de un modo más eficiente, innovador y seguro.

Para este fin se realizaron las investigaciones y cálculos necesarios del anclaje al suelo y el tipo de amortiguamiento o aislador de vibraciones, así como los accesorios de las instalaciones neumáticas y eléctricas que mejor se adecúan a las condiciones de operación del equipo. Como parte del plan de mantenimiento preventivo, se establecieron las rutinas a ejecutar por intervalos de tiempo, detallando las actividades que se han propuesto como prioritarias para conservar el buen estado de la máquina.

También, se presenta una propuesta de ahorro en el consumo de energía eléctrica para el sistema de climatización o extractor de aire perteneciente al área de cerrado de colchones. En esta se planteó un tiempo de recuperación de la inversión económica inicial, al igual que el beneficio económico que representará para la empresa y la ayuda que hará al medio ambiente.

Por último, se expone un plan de capacitación impartido al personal de mantenimiento específicamente sobre temas relacionados al montaje de maquinaria industrial y la importancia que representa la aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo para la conservación de los equipos, haciendo referencia al equipo de protección personal que se debe utilizar para la ejecución de este tipo de trabajos dentro de una planta de fabricación de camas.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Historia de la empresa**

En 1974, Diveco, S.A. da inicio a sus operaciones en Guatemala como una pequeña fábrica de elaboración de esponja. En 1976 se realiza la inversión en maquinaria para la fabricación de camas, lo que permitió iniciarse en el mercado nacional de este producto.

Al adquirir máquinas para la manufacturación de resortes, se da inicio a la producción de colchones elaborados a base de una estructura metálica recubierta de esponja, la cual se ha desarrollado e innovado hasta convertirse en la empresa de fabricación de camas más grande y exitosa en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua.

Actualmente, es la planta de producción en el país que posee la mejor tecnología a la vanguardia en la elaboración de colchones y somieres para colaborar así al desarrollo nacional.

El crecimiento a lo largo de los años del mercado de estos productos en la región centroamericana es la causa por la que en 1999 se lleva a cabo la evaluación y logística de la construcción de una fábrica, perteneciente a la empresa en San Pedro Sula, Honduras. En la actualidad, esta se dedica a la fabricación y distribución de camas para el área local y Nicaragua.

## **1.2. Datos generales de la empresa**

Para su mejor comprensión, a continuación se presenta la información general de la empresa Diveco, S.A.

### **1.2.1. Ubicación**

La sede central de Diveco, S.A. se ubica en la 48 Av. 1-56, zona 3 de Mixco, Colonia El Rosario, Guatemala C.A. La planta de producción de esta empresa, en Honduras, se encuentra en Barrio Barandillas 6 calle, Municipio de San Pedro Sula, Centroamérica. También cuenta con sucursales de almacenamiento de producto y salas de ventas autorizadas en las ciudades de San Salvador, El Salvador y Managua, Nicaragua.

### **1.2.2. Visión**

Ser el líder de productos y servicios de calidad para dormir y descansar adecuadamente, en la región Centroamericana.

### **1.2.3. Misión**

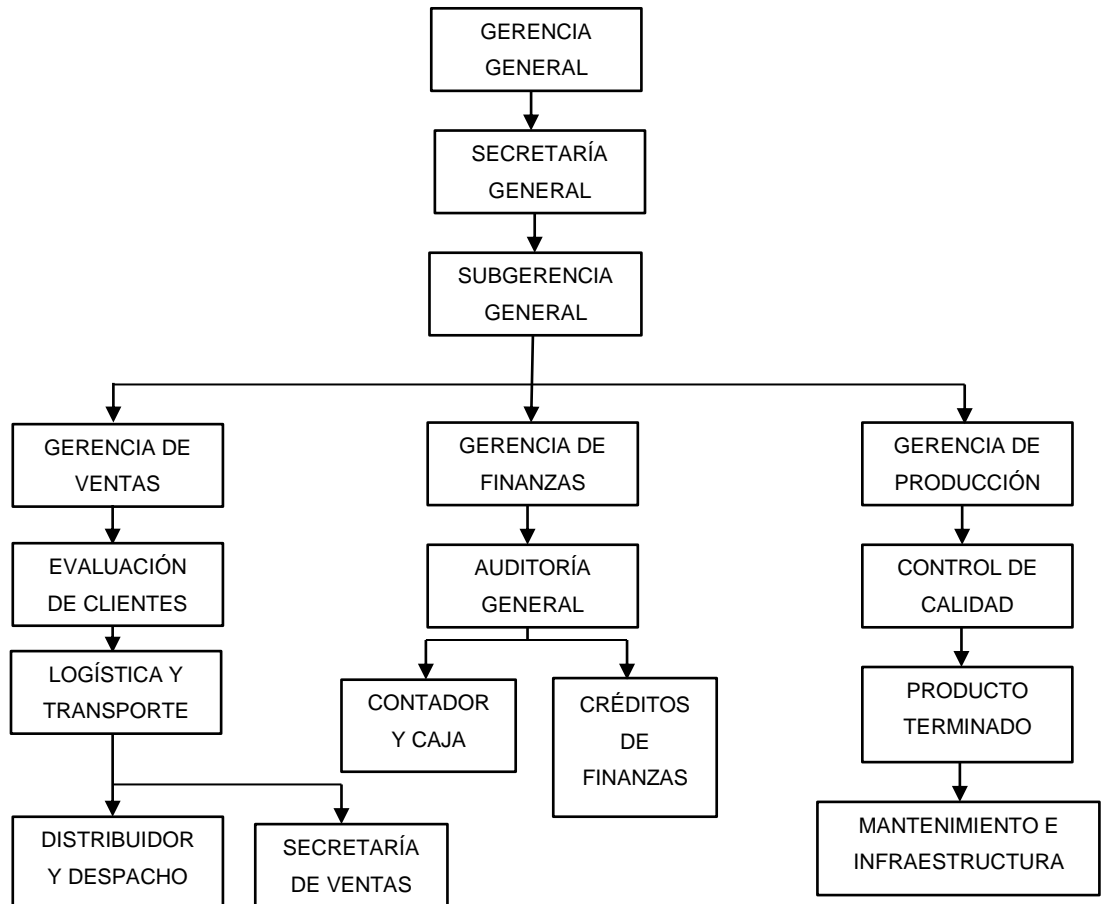
Cambiar la vida de las personas de una manera positiva, brindándoles una mejor calidad de vida a través del descanso.

## **1.3. Organización de la empresa**

La organización de los departamentos que forman parte de Diveco, S.A., en Guatemala, se agrupan según las habilidades y destrezas de sus empleados en la figura 1.

### 1.3.1. Organigrama

Figura 1. Organigrama de Diveco, S.A.



Fuente: elaboración propia.

### 1.4. Descripción del producto

Una cama es un producto no perecedero que sirve para descansar o dormir. Por lo general, consta de una estructura de apoyo, denominada somier sobre la cual se coloca el colchón. Estas partes se describen a continuación.

### 1.4.1. Somier

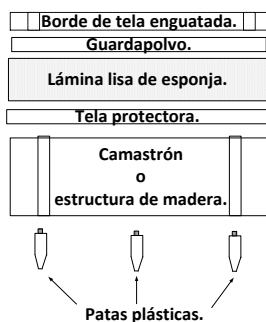
Es la parte inferior de una cama, comúnmente se fabrica de pino, el cual se recubre por una entretela y una capa de esponja. Sobre el contorno de esta se coloca una tela enguatada, la cual posee el diseño y colores establecidos para cada uno de los modelos a producir. Las medidas de cada somier se establecen directamente del tipo de colchón a fabricar.

Todo este conjunto es sostenido por patas fabricadas de plástico, colocadas de manera distribuida para soportar la carga de diseño.

Las partes de un somier estándar son las siguientes:

- Borde de tela enguatada
- Guardapolvo
- Lámina lisa de esponja
- Tela protectora
- Camastrón o estructura de madera
- Patas plásticas

Figura 2. Partes de un somier estándar



Fuente: elaboración propia.

### **1.4.2. Colchón**

Es la pieza superior de una cama. Cada colchón posee una estructura de resortes metálicos, a esta configuración se le denomina carcasa. Este conjunto es cubierto por una o varias capas de esponja, que varían según sea el tipo, junto a una tela enguatada, la cual posee el diseño de cada modelo de producto a fabricar.

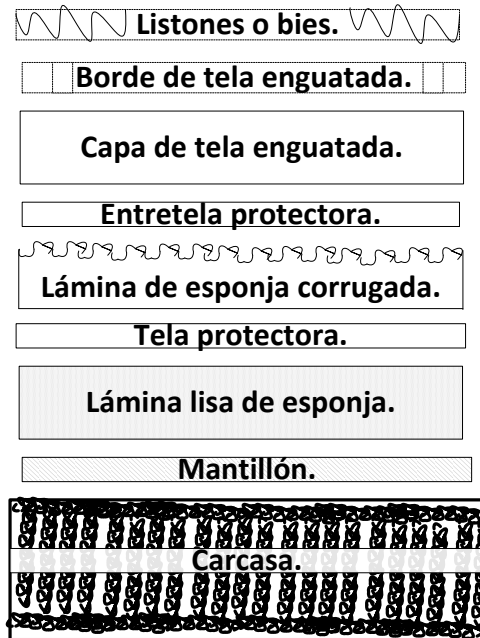
Todos estos materiales utilizados dentro del proceso de fabricación de colchones, se unifican a través de un proceso de pegado especial, para luego ser cerrados y cocidos con hilos de alta calidad.

Las partes de un colchón estándar son las siguientes:

- Listones o bies
- Borde de tela enguatada
- Capa de tela enguatada
- Entretela protectora
- Lámina de esponja corrugada
- Tela protectora
- Lámina lisa de esponja
- Mantillón
- Carcasa



Figura 3. Partes de un colchón estándar



Fuente: elaboración propia.

### 1.4.3. Tipos y tamaños

A continuación se muestran las medidas para los tipos y tamaños de colchones que se fabrican en la planta de producción de Diveco, S.A.

Tabla I. Tipos y tamaños de colchones

Tipo de colchón	Tamaño del colchón (m)	
	Largo	Ancho
Imperial	1.90	1.00
Semimatrimonial	1.90	1.20
Matrimonial	1.90	1.40
<i>Queen</i>	2.00	1.55
<i>King</i>	2.00	2.00

Fuente: elaboración propia.

Cada uno de estos tipos o modelos de producto, en sus diferentes, dimensiones y fórmula de fabricación, poseen construcciones y colores específicos para cada uno. Esto se aplica como parte del proceso de producción para diferenciar la calidad de las telas y el multienguatado a utilizar.

## **1.5. Situación actual de la empresa**

### **1.5.1. Descripción del proceso de producción**

El proceso de fabricación de camas en Diveco, S.A. cuenta con equipos de tecnología de punta utilizados desde la transformación del alambre en resorte hasta la obtención del colchón. Utilizando las mejores materias primas, tanto nacionales como internacionales, con lo que se garantiza la mejor calidad en el producto terminado.

#### **1.5.1.1. Área de carpintería**

En esta área se elaboran los somieres para cada tipo de cama. El proceso de ensamblado de cada modelo se realiza por medio de grapas colocadas a presión a través de un sistema neumático. Se cubre la base con esponja de alta densidad, una capa de entretela protectora y el borde perimetral, el cual pertenece al diseño enguatado específico para cada tipo y tamaño de cama. Las esquinas de cada somier son reforzadas internamente con esponja para darle la forma deseada y protección al producto terminado.

El área de carpintería finaliza su etapa de producción, colocando el guardapolvo especial y los protectores plásticos en cada una de las esquinas. Luego se realiza la inspección de calidad prevista en los acabados, para

empacar el somier dentro de bolsas de plástico especiales, logrando así garantizar la preservación del conjunto durante el almacenamiento y el transporte hacia los clientes.

#### **1.5.1.2. Área de resortes**

Se fabrican las unidades de resorte con alambre espiral y marco perimetral de diferentes calibres.

Las carcasas metálicas se componen de tres partes: resortes, espirales y marcos. Algunos modelos contienen una lámina delgada de esponja compactada en el perímetro de la estructura para brindar una mayor comodidad al producto.

La fabricación de carcasas se desarrolla de la siguiente forma:

- El proceso de elaboración de resortes es automatizado, por medio de una máquina que se encarga de transformar el rollo de alambre, calibre 13, a la forma deseada. A través de un procedimiento de temple a 250 °C., se realiza una descarga eléctrica por medio de electrodos a la estructura, lo cual agrega una mayor resistencia a la compresión del conjunto.
- Los espirales se fabrican con alambre de acero calibre 17. Este proceso añade un mejor soporte al conjunto y una mayor flexibilidad dando como resultado, una estructura ensamblada que cumple con la calidad establecida por el departamento de producción de Diveco, S.A.

- Se culmina la elaboración de carcadas unificando los resortes y espirales a través de un marco de acero, para el cual se utiliza alambre calibre 7. Este es colocado a presión, por medio de un sistema neumático a modo de mantener la carcada flexible, y resistente a la compresión. Por último, se trasladan las estructuras metálicas terminadas al área de colchones.

### **1.5.1.3. Área de esponja**

En esta área se produce la esponja, de alta densidad, alta resiliencia, resistencia al desgarre y dureza por compresión. Existen tres etapas en las que se subdivide el proceso: espumado, laminación y compactado.

- Espumado: esta etapa considera la mezcla de químicos, en la cual la densidad de la esponja depende de la formulación química específica. Esto da como resultado dos formas físicas de esponja: bloques cúbicos y cilíndricos.
- Laminación: los bloques cúbicos o cilíndricos se cortan o laminan automáticamente a distintos espesores, según el tipo o tamaño de colchón y somier a fabricar. La mayoría de los modelos de colchones incorporan un sistema de esponja corrugada, añadiendo un proceso de laminado adicional. Utilizando una máquina cortadora especial la cual, por medio de dos rodillos metálicos y una cuchilla intermedia, logra un corte no uniforme a una de las caras superficiales de la esponja.
- Compactado: este proceso agrega esponja y tela reutilizable a un molino eléctrico, para luego ser mezclados dentro de un cilindro construido de acero inoxidable. Esta mezcla se traslada a un contenedor, dentro del cual se agrega una serie de químicos, y poder así, depositar en moldes

de un metro cúbico el conjunto terminado. Esta etapa de producción concluye a través de una máquina que compacta automáticamente los bloques de esponja y tela.

#### **1.5.1.4. Área de revestido**

Esta área de la planta de producción de Diveco, S.A. se encarga de las costuras y acabados para las capas, bordes utilizados en los colchones y la entretela y bordes que cubren la estructura de pino que se procesa en carpintería. Las máquinas industriales que forman parte de este proceso, pueden realizar tres tipos de puntadas: *overlock*, invisible y cadeneta.

Los equipos que cosen la puntada *overlock* poseen dos tipos de agujas las cuales realizan el cerrado de las capas de los colchones: una cose la puntada en la orilla de la tela, mientras la otra asegura la misma en línea recta. La costura invisible es aquella que solo es observada en un solo lado de la capa. Por último, la denominada de cadeneta, es la encargada de coser las etiquetas que lleva cada colchón.

#### **1.5.1.5. Área de enguatadoras**

Esta parte del proceso de producción elabora las capas, formadas de tela y esponja, que cubren la estructura metálica del colchón. Para este fin, se requieren de cuatro máquinas multienguatadoras computarizadas las cuales confeccionan los diseños de cada tipo y modelo de cama.

Los enguates utilizan materias primas importadas a base de algodón, brindando así, una mayor frescura al producto terminado al momento de dormir. Los rollos enguataados de bordes, los cuales se cosen en el área de

revestido, requieren de un proceso adicional de cortado. Esto se realiza por medio de dos máquinas cortadoras las cuales establecen un modelo y medidas de corte para cada tipo de cochón a fabricar.

#### **1.5.1.6. Área de colchones**

El área de colchones se encarga de pegar las partes que componen un colchón.

Sobre la carcasa metálica de resortes se coloca una tela estabilizadora la cual brinda un mejor soporte y distribuye correctamente el peso de la carga a soportar. A esta se agregan las esponjas lisas o corrugadas, según el modelo de cada producto. Este conjunto es pegado a través de un sistema a presión y engrapado posteriormente en mesas ensambladoras.

#### **1.5.1.7. Área de cerrado de colchones**

El proceso de producción de colchones finaliza con el cerrado de los mismos para lo cual se utiliza una máquina cerradora semiautomática de colchones. Esta es la encargada de coser por ambos lados, con listones o bies de alta calidad, el perímetro de cada colchón.

Esta máquina, de puntada tipo cadeneta, posee una inclinación de 35 grados respecto a la mesa horizontal sobre la cual es montada. El movimiento de costura lo realiza por medio de un mecanismo que hace girar el equipo alrededor del colchón.

Posteriormente, los colchones terminados pasan a ser sometidos a pruebas de control de calidad para luego ser empacados y trasladados a la bodega de producto terminado.

#### **1.5.1.8. Área de soportes**

Dentro de las instalaciones de Diveco, S.A., el área de soportes es la encargada del proceso de manufactura de los apoyos, soportes o patas que posee una cama. Para su realización se utiliza plástico de alta resistencia a la tensión y a la compresión.

Se poseen varios diseños de apoyos los cuales son independientes del tamaño y modelo de producto a fabricar. El procedimiento para ser elaborados consiste en pequeñas inyecciones de la materia prima, en un sistema de moldes de acero inoxidable, los cuales son colocados dentro de inyectoras de plástico. Esta máquina se encarga de fabricar, a través de un sistema controlado de alta y baja presión, el producto deseado.

#### **1.5.1.9. Área de producto terminado**

Esto se refiere a la bodega de almacenamiento de colchones y somieres que han resultado satisfactorios en las pruebas realizadas por el departamento de control de calidad.

El almacenaje de las camas se realiza dependiendo del tamaño y modelo del conjunto, para luego ser transportadas cuidadosamente a los clientes, mayoritarios o minoritarios, tanto dentro como fuera del país, así como a los distribuidores para su venta.

## **1.6. Descripción de la problemática**

Actualmente, el área de cerrado de colchones presenta el inconveniente de aumento en el peso total de cada colchón; por mencionar un ejemplo, el tipo matrimonial dispone de un aproximado de 60 kilogramos, 132 libras por cada unidad.

Esto se debe a la búsqueda de una mayor comodidad que presenta el producto terminado, porque se incrementa el espesor en la fabricación de la lámina de esponja y el número de resortes utilizados dentro del marco de acero en la carcasa de alambre. Por lo cual, el operador de las cerradoras semiautomáticas, actualmente instaladas, al momento de realizar la costura de uno de los lados del colchón y voltearlo manualmente para coser el siguiente.

La carga que este acto provoca a la persona puede llegar a causar un inconveniente en su físico.

A esto se suma la alta demanda de producción de colchones que no se puede cubrir por esta área debido al retraso que causa la problemática anteriormente mencionada.

La solución que el departamento de producción de Diveco, S.A. ha considerado conveniente para este problema es la adquisición de una cerradora automática para implementarla en el proceso de fabricación de colchones dentro del área de cerrado.

Este proyecto tiene como fin automatizar el levantamiento y volteo del producto así como mejorar la eficiencia de la costura realizada al mismo. La delimitación de la problemática consiste en que este equipo no cuenta con un



lugar asignado en la fábrica. Para lo cual, se llevará a cabo el procedimiento adecuado de su ubicación con la finalidad de no afectar la línea de producción actual.

El alcance de este informe es la propuesta para el montaje y mantenimiento preventivo de una cerradora automática la cual se pretende implementar en el proceso de cerrado de colchones. Este debe considerar un tipo de anclaje al suelo, amortiguamiento o aislante de vibración y la cimentación industrial, esta última, de ser necesaria su aplicación dentro del mismo. Cada una de estas consideraciones debe adecuarse a la forma de trabajar de este tipo de máquina y a los procedimientos que el proceso requiere.

A lo anterior se deben añadir las siguientes disposiciones.

- Los tipos de accesorios a colocarse en las instalaciones neumáticas y eléctricas para el funcionamiento óptimo de este equipo.
- La propuesta de las rutinas de mantenimiento a realizarle a esta cerradora.

Actualmente, se cuenta con la ejecución de un plan de conservación preventiva para las cerradoras semiautomáticas existentes. Sin embargo, no se tiene registro del montaje del equipo a instalar y sus tareas de mantenimiento preventivo. Estas últimas deben considerar los problemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y cualquier otro inconveniente que el equipo pueda presentar. Manteniendo así la calidad de vida útil que la máquina pueda mostrar dentro del proceso de cerrado que es el fin primordial para el cual se desea adquirir.

## 1.7. Características técnicas de la máquina

A continuación se presentan las características técnicas del equipo.

Tabla II. Datos técnicos de una cerradora automática

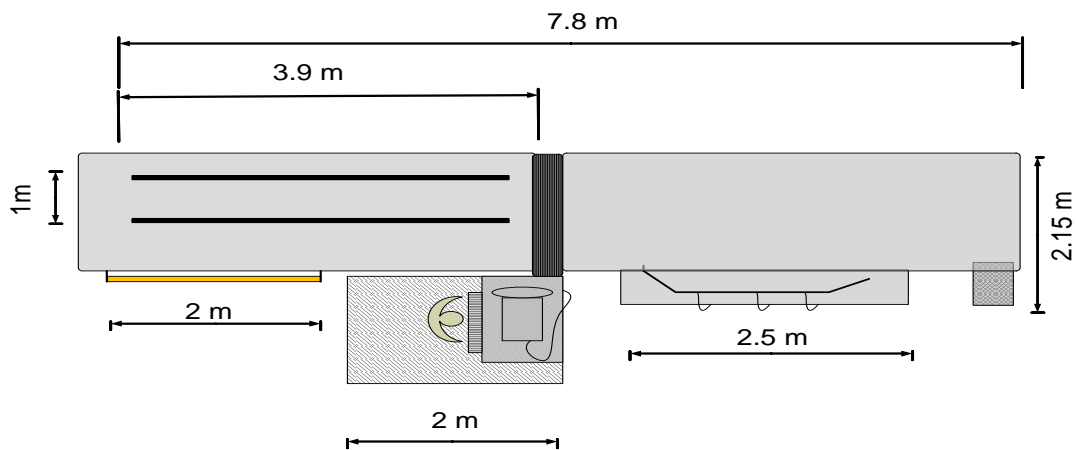
Datos técnicos eléctricos			
Instalación	Trifásica	Potencia (KW.)	4
Voltaje (v)	380	Frecuencia (hz.)	60
R.P.M.	1,400		
Datos técnicos neumáticos			
Consumo de aire (C.F.M.)	10	Presión de trabajo (MPa.)	0.6
Datos técnicos adicionales			
Peso (kg.)	1,300	Frecuencia de aislador (hz.)	25

Fuente: Área de mantenimiento, Diveco S.A. *Manual de operación de cerradora automática.*

p. 20.

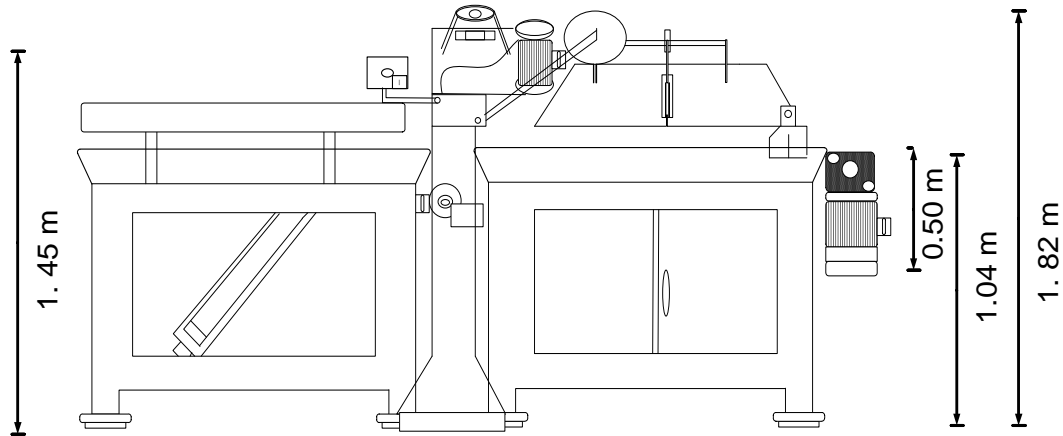
### 1.7.1. Dimensiones de la máquina

Figura 4. Vista aérea de una cerradora automática



Fuente elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 5. **Vista frontal de una cerradora automática**



Fuente elaboración propia, empleando AutoCAD.

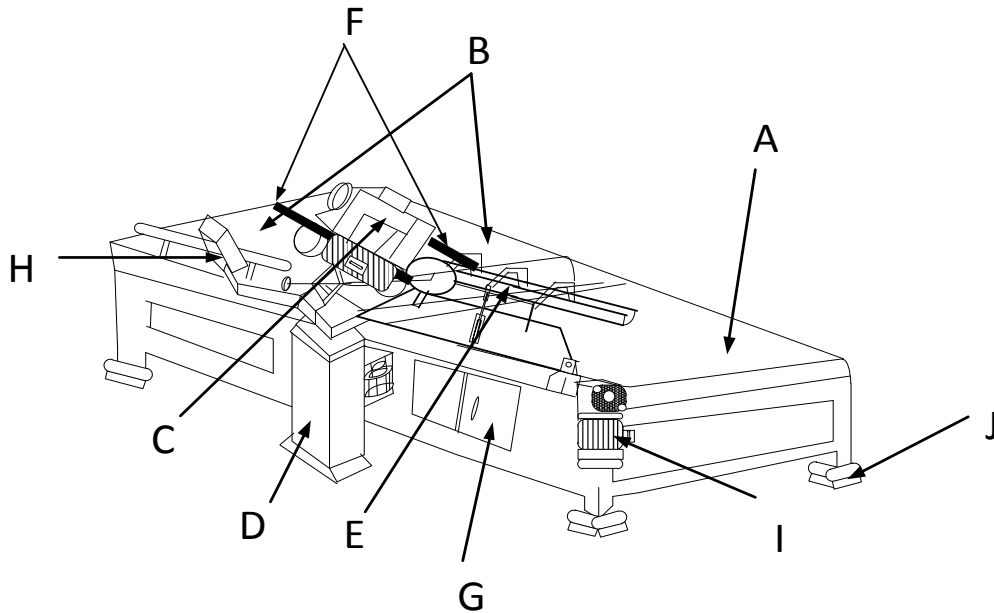
### 1.7.2. Partes de la máquina

Las partes principales de una cerradora automática son: (ver figura 6 de la página 18).

- A. Banda de trabajo: se encarga de mantener el movimiento estable del colchón durante el proceso de costura del mismo.
- B. Banda de apoyo de ajuste y volteo: luego de realizar la costura en la banda de trabajo. Se posiciona el producto sobre esta banda para su volteo automático, se ajusta al nivel de la máquina de costura y continuar así con el proceso cerrado del siguiente borde del colchón.
- C. Máquina industrial de costura o cabezal de costura: es la encargada de cerrar todos los tipos de colchones durante el proceso de producción.

- D. Caja mecánica para ajuste de altura del cabezal de costura: nivela la altura de la máquina de costura al grosor que posee cada uno de los tipos de colchones a coser.
- E. Brazo neumático de empuje: luego del primer proceso de cerrado. Esta parte del equipo desplaza el producto hacia la banda de apoyo, ajuste y volteo.
- F. Brazos neumáticos de levantamiento: son los encargados de levantar y dar vuelta al colchón para continuar con su proceso de costura.
- G. Gabinete de mando eléctrico: en su interior se encuentran ubicados los sistemas de mando del equipo.
- H. Controladores de operación: monitoreados por el operador, son los encargados de dirigir las indicaciones de costura para cada uno de los lados del producto.
- I. Motor y caja reductora para banda de trabajo y de volteo: se encarga del desplazamiento de las bandas sobre las cuales se coloca el colchón para su proceso de cerrado.
- J. Anclaje al suelo y amortiguador de vibraciones: mantiene el equipo unido al suelo y lo aísla de vibraciones activas y pasivas, al mismo tiempo que lo amortigua de las mismas.

Figura 6. Partes de una cerradora automática



Fuente elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 1.7.3. Elementos y componentes adicionales de la máquina

Una cerradora automática opera en óptimas condiciones con 380 voltios. Dentro de los componentes eléctricos adicionales para realizar la propuesta del montaje de esta máquina están: tubería galvanizada, abrazaderas de tubería, conductores eléctricos que se adapten a las condiciones de operación de la máquina, contactores eléctricos de 220 voltios, conectores eléctricos de acero, cajas de registro, *breaker* trifásico para tablero industrial.

Este equipo está diseñado para que su funcionamiento sea a una presión de 0,6 MPa. Dentro de los componentes neumáticos adicionales para realizar la propuesta de montaje de una cerradora automática están: reductor para diámetro de tubería, válvulas de globo, tees y codos de acero inoxidable, filtros

para aire comprimido, unidad de mantenimiento, adaptadores y mangueras ocho milímetros de diámetro para una presión de 115 Psi.

#### 1.7.4. Condiciones de operación de la máquina

Tabla III. Condiciones de operación para una cerradora automática

Descripción	Condición
Temperatura de trabajo	+ 5 °C a + 60 °C
Temperatura ambiente	-15 °C a + 40 °C
Máxima humedad relativa	80 % a + 40 °C
Presión de trabajo	0.6 MPa.
Voltaje de suministro	380 V.A.C.
Arranque de la máquina	Y/Δ

Fuente: Área de mantenimiento, Diveco, S.A. *Manual de operación de cerradora automática.*  
p. 29.

### 1.8. Fundamento teórico para el montaje de una máquina cerradora automática

#### 1.8.1. Cimiento

Es el conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de una edificación, maquinaria o cualquier apoyo fijado a este, hacia el suelo. Debido a que la resistencia del terreno es generalmente menor que la de los muros que soportará, el área de contacto entre este y la cimentación será proporcionalmente mayor que los elementos soportados.

Los fines para los cuales se debe realizar cualquier cimiento son los siguientes:

- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual, la cimentación debe disponer de estructuras metálicas en su cara inferior, las cuales son colocadas para contrarrestar cualquier tipo de tracción que se puedan ocasionar.
- Resistente a los esfuerzos de corte que presente la estructura, a modo que el cimiento no ceda a los efectos que estos pudieran presentar.
- Debe reaccionar de un modo confiable y favorable ante posibles movimientos del terreno.

#### **1.8.1.1. Cimentaciones para máquinas**

La diferencia principal entre cimentaciones en obras civiles y cimentaciones para maquinaria industrial consiste en que algunas de estas máquinas no solo transmiten cargas estáticas al suelo también, a este análisis se agregan las cargas dinámicas provenientes de su funcionamiento.

Sin embargo, las fallas que ocasionarían un diseño incorrecto o defectos estructurales podrían interrumpir la operación del equipo y ocasionar pérdidas económicas importantes.

El estudio de cimentaciones en equipos utilizados en un proceso de producción industrial debe resolver los siguientes problemas:

- Soportar cargas mayores a los valores límite que origine el movimiento operacional de la máquina.

- Mantener los efectos producidos por las cargas dinámicas que origina la máquina, dentro de los límites permisibles para el funcionamiento óptimo que propone el fabricante.
- Aislar o, en caso particular, disminuir las vibraciones transmitidas a través del suelo las cuales pudieran ser sensibles a personas, edificaciones u otras máquinas en operación.

Con base en lo anterior, la práctica común en el diseño y construcción de cimentaciones para maquinaria industrial ha consistido en proporcionar grandes dimensiones de concreto para controlar las amplitudes de vibración ocasionadas por el equipo. Aunque esto resultó satisfactorio durante algún tiempo.

Esto se debe a que el espacio para la colocación de máquinas dentro de las industrias cada vez es más escaso y pequeño. Lo que representa un factor importante en el dimensionamiento de la cimentación, por lo que no resulta adecuado controlar las amplitudes de vibración mediante un gran bloque de concreto. Siendo entonces necesaria la utilización de otros métodos de mayor eficiencia y más económicos los cuales aseguren el control de las vibraciones.

Una de las soluciones para controlar los movimientos transmitidos por las máquinas al suelo puede ser la colocación de aisladores de vibración; teniendo en cuenta que si el equipo se fija rígidamente al cimiento o al terreno, el movimiento vibratorio en sí mismo se reduce, pero la vibración transmitida a la estructura puede ser mayor.

Otra solución consiste en colocar un soporte flexible bajo la maquinaria ya que las oscilaciones transmitidas por esta serán considerablemente reducidas,



pero esto puede causar movimientos significativos del equipo durante su arranque, operación o paro.

Se deben tomar en cuenta dentro del diseño de la cimentación las dimensiones de un espacio suficiente alrededor de la máquina, garantizando así un fácil acceso para su inspección o supervisión y para la ejecución de las tareas de mantenimiento asignadas a la misma.

### **1.8.1.2. Tipos de cimentaciones para máquinas**

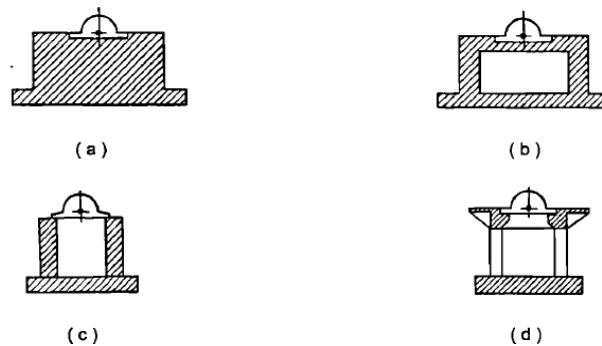
Estos tipos de cimentaciones pueden o no estar apoyados sobre pilotes. Para lo cual se debe tomar en cuenta la capacidad de resistencia a las cargas que el pilote pueda soportar. Esto definirá nuevas dimensiones en la construcción del tipo de cimiento a diseñar.

Estos cimientos se clasifican según el tipo de estructura que presentan, las cuales pueden ser:

- a) Cimentaciones tipo bloque: consiste de un pedestal de concreto, el cual soporta la máquina. La respuesta de este tipo de cimiento ante cargas dinámicas depende de la masa total de la cimentación y las características del suelo ya que se diseña como una estructura rígida.
- b) Cimentaciones tipo cajón: es una variación de los bloques de cimentación. Consiste en una especie de cajón de concreto hueco el cual soporta el equipo en su parte superior. La dificultad que presenta la construcción de este tipo de cimiento consiste en el proceso de su fundición ya que su forma de cofre de hormigón representa un costo adicional de materiales.

- c) Cimentación de tipo muro: formada por un par de muros que dan soporte a la máquina. Este tipo se diseña con el fin de alejar el valor de la frecuencia natural del cimiento, de la frecuencia de operación de la máquina; así como para resistir las amplitudes de vibración del conjunto equipo - cimentación, incrementado su resistencia a las fuerzas de inercia producidas por la operación del equipo industrial.
- d) Cimentación tipo marco: también conocido como cimentación tipo pórtico. Se considera como un cimiento flexible ya que una losa apoyada en vigas y columnas es la encargada de soportar el peso de la máquina. La determinación de su respuesta a las cargas dinámicas depende de los elementos que componen su estructura. Estas cimentaciones pueden construirse con concreto reforzado o acero, las de concreto reforzado son las más usuales.

Figura 7. **Tipos de cimentaciones para maquinaria industrial**



Fuente: MARTÍNEZ PADRÓN, Vianey. *Cimentación para maquinaria*.

[www.areadecalculo.com/monograficos/maquivibra/Guia\\_Cimentaciones\\_para\\_maquinas\\_vibrantes.html](http://www.areadecalculo.com/monograficos/maquivibra/Guia_Cimentaciones_para_maquinas_vibrantes.html). Consulta: 20 de junio de 2016.

### **1.8.1.3. Criterios de selección del tipo de cimentación para máquinas**

Es común que se presenten problemas en las estructuras, en general, cuando ha existido una investigación inadecuada del sitio de localización del proyecto, mala interpretación de los informes de reconocimiento del suelo, mano de obra que no cumple con las expectativas durante la construcción, la utilización de materiales de baja calidad, etc.

Por lo tanto, para realizar una adecuada selección del cemento a utilizar en maquinaria industrial se debe considerar lo siguiente: localización del proyecto, estudio de suelos, materiales y mano de obra de calidad, métodos constructivos adecuados, factores económicos rentables, factor de seguridad al volteo y al desplazamiento.

### **1.8.1.4. Cargas a considerar para el diseño de cimentaciones en máquinas**

Previo a diseñar una cimentación se recomienda. Establecer correctamente las cargas que esta soportará, esto se realiza para tener un estimado de las condiciones críticas a las que será sometido el cemento. La diferenciación de cargas a aplicarse a este estudio, dependerá directamente del tipo de máquina.

- Cargas estáticas: son aquellas que al ser aplicadas sobre una estructura, no tienen ninguna variación en el tiempo. Por ejemplo: el peso del equipo, plataformas, tuberías, revestimientos y demás accesorios permanentes.

- Cargas dinámicas: por lo general, estas hacen referencia a las que origina el movimiento causado por la operación de la máquina. Son independientes del tipo de equipo industrial que se esté analizando. El objetivo para el estudio de cargas dinámicas es evitar que el sistema máquina - cimentación se encuentre en resonancia. Es decir, procurar que la frecuencia de operación de la máquina sea diferente al de la frecuencia natural de la cimentación, al menos un 30 %.

Se recomienda el análisis dinámico en las siguientes condiciones:

Tabla IV. **Condiciones para la realización de análisis de cargas dinámicas para maquinaria industrial**

Tipo de máquina	Condición
Reciprocante	Mayor a 200 Hp.
Rotatoria	Mayor a 500 Hp.
Peso de la máquina	Mayor a 2,270 kg. (5,000 Lb.)

Fuente: SALAZAR CONTRERAS, Jennifer Consuelo. *Cálculo y diseño de cimentaciones para equipos y maquinaria presentes en una facilitadora petrolera*. p. 117.

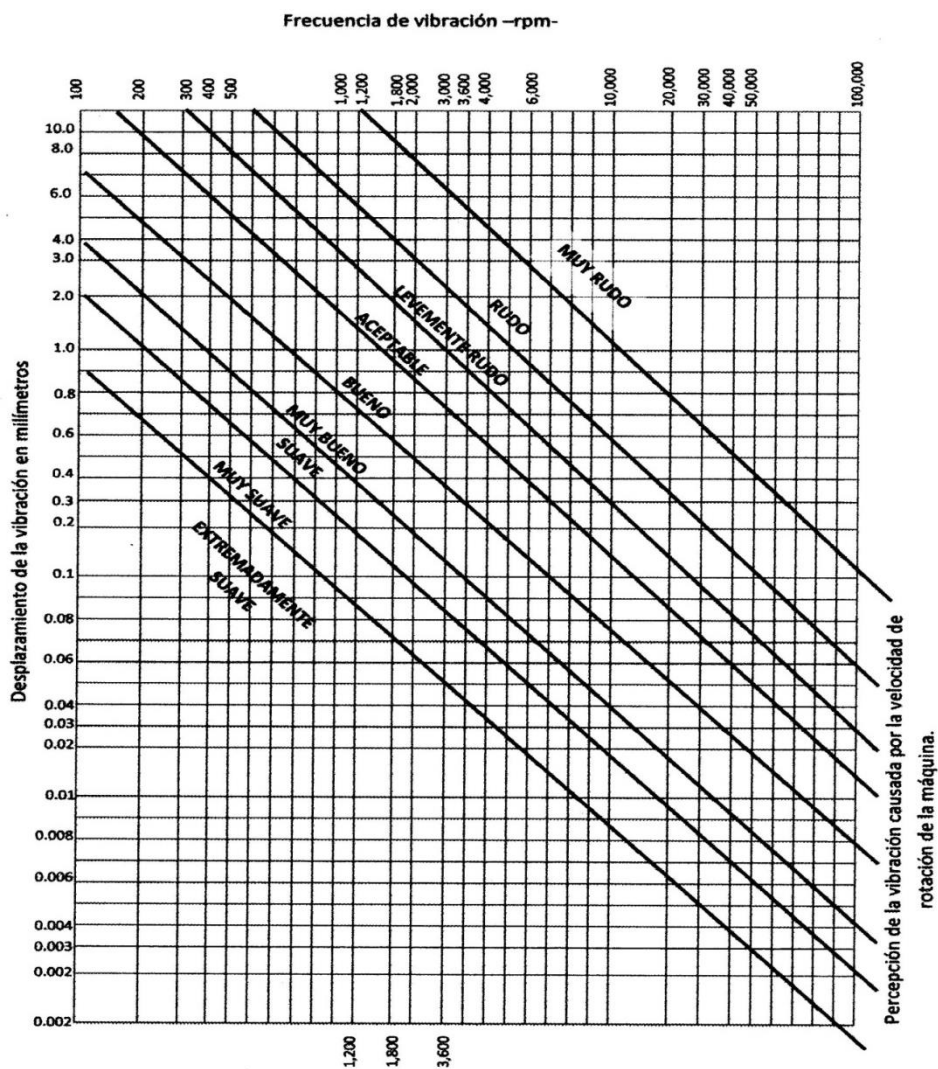
#### **1.8.1.5. Efectos producidos por las vibraciones de las máquinas en operación**

Una consideración importante a tomar en cuenta al momento de estudiar las vibraciones, para el diseño de una cimentación, es conocer la severidad de los efectos que estas puedan ocasionar.

La finalidad de este análisis consiste en evaluar las causas y soluciones que se puedan presentar dentro del funcionamiento de una máquina para evitar posibles paros en el transcurso de su operación.

Cuando no se posee ningún registro de información para una máquina puede analizarse la severidad de vibración que esta produce teniendo en cuenta la siguiente figura.

Figura 8. **Severidad de la velocidad de operación y el desplazamiento de una máquina**



Fuente: TORRES, Fernando; RABANAQUE, Gloria; ROYO, Jesús A. *Análisis de vibraciones e interpretación de datos*. p. 4.

La amplitud de la vibración expresa la gravedad del problema, al mismo tiempo que se pueden establecer sus valores los cuales produzcan fallos de operación del equipo. Esto hace referencia a la severidad que puede causar un defecto producido por cualquier tipo de vibración.

Los estudios de amplitudes máximas de vibración obtenidas para diferentes velocidades de giro de máquinas se presentan a continuación.

**Tabla V. Amplitudes máximas admisibles para frecuencia operacional de máquinas**

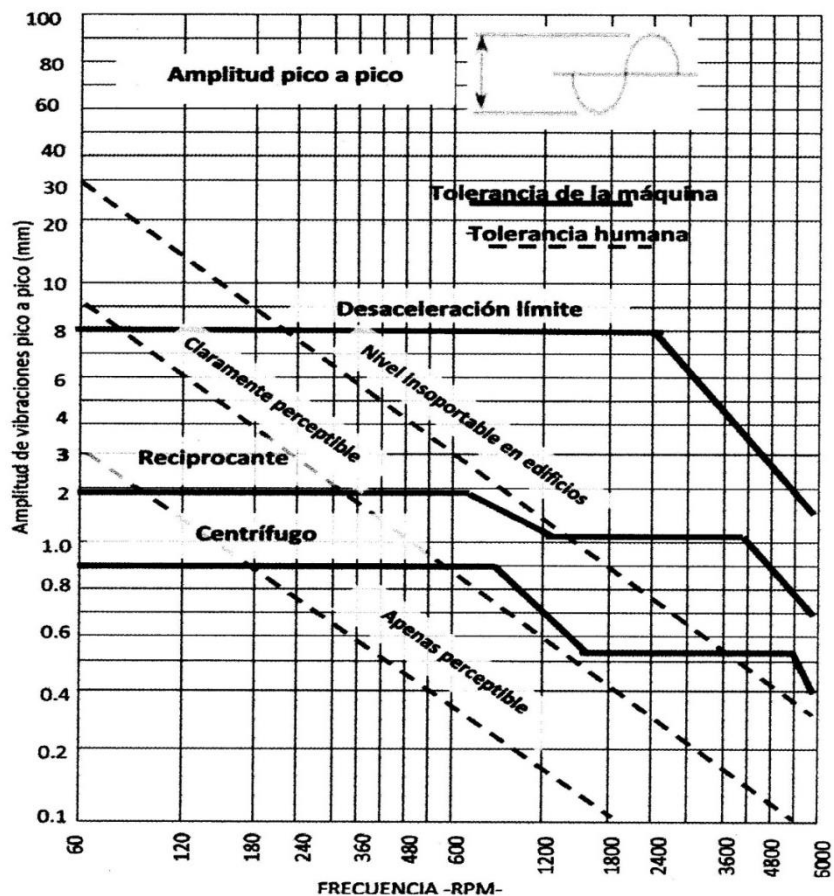
Amplitudes máximas admisibles para frecuencia operacional	Velocidad de giro de la máquina (R.P.M.)							
	< 500	500	750	1 000	1 400	3 000	5 000	10 000
Horizontales (mm.)	0,2	0,16	0,13	0,11	0,09	0,05	0,02	0,0075
Verticales (mm.)	0,15	0,12	0,09	0,075	0,06	0,03	0,015	0,005

Fuente: SALAZAR CONTRERAS, Jennifer Consuelo. *Cálculo y diseño de cimentaciones para equipos y maquinaria presentes en una facilitadora petrolera*. p. 145.

El cimiento debe ser diseñado de acuerdo con el nivel de operación deseado por el propietario. La figura 9 muestra la información que puede utilizarse para establecer las amplitudes permisibles del movimiento a la velocidad de operación de la máquina.

En la figura 9 las amplitudes de vibración se refieren a movimientos verticales sobre el soporte o base de la maquinaria. Estos valores se pueden considerar como un inicio para el estudio de cimentaciones para máquinas y decidir si es conveniente su diseño y construcción; debido a que la frecuencia operacional del equipo y la amplitud de vibración, pico a pico, muestran el resultado de severidad en la recepción de vibraciones que la máquina produce sobre el suelo.

Figura 9. Límite de amplitudes según frecuencia de operación



Fuente: SALAZAR CONTRERAS, Jennifer Consuelo. *Cálculo y diseño de cimentaciones para equipos y maquinaria presentes en una facilitadora petrolera*. p. 116.

Una de las consideraciones para el diseño de cimentaciones en máquinas es el estudio de las vibraciones que esta produce durante su operación. Este limita su amplitud ante la respuesta de la cimentación y la tolerancia específica al movimiento que se presente. Esta última puede ser:

- Tolerancia del equipo dada por el fabricante:
- Tolerancia de las normas establecidas en cada región o la obtenida de bibliografía especializada en el tema.
- Tolerancia de las personas, estas pueden ser las que se encuentran en las cercanías de la máquina cuando esta se encuentra en funcionamiento.

### **1.8.2. Enclavamiento o anclaje al suelo**

El anclaje o enclavamiento de máquinas es uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta para su montaje, por ser el encargado de sujetar el equipo al suelo o a la cimentación. Su implementación, varía en la forma que posee la placa de asiento la cual se encarga de transmitir las cargas producidas por la maquinaria a la superficie donde será montada.

### **1.8.3. Sujetadores roscados**

Son componentes mecánicos que poseen roscas externas o internas para el ensamble de piezas. Los tipos más comunes de sujetadores roscados son: tornillos, tuercas y pernos.



### 1.8.3.1. Perno

Pieza metálica larga de sección constante cilíndrica la cual se asegura en uno de sus extremos con una tuerca con el fin de sujetar un objeto a una superficie.

Los pernos se pueden clasificar de la siguiente manera.

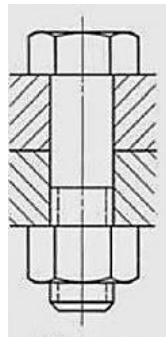
- Por la forma de su cabeza: frecuentemente es de tipo hexagonal, aunque esta puede ser redonda o cuadrada.
- Por el tipo de rosca: pueden ser métricas, estas son las que se combinan en diámetros iguales. En pulgadas, son las que poseen el paso de rosca igual al número de hilos. De unión, utilizados para unir piezas, por lo que no tienen roscas. Por últimos pernos pasantes, estos atraviesan piezas que no poseen roscas.
- Por el sistema de sujeción que realizan: este puede ser permanente, cuando se fijan estructuras civiles o removibles los que pueden extraerse ya sea para el cambio por otro perno o para el movimiento del elemento que sujetan.
- Por el tipo de material: en la mayoría de casos se manufacturan de acero ya que deben soportar grandes cargas estáticas o dinámicas. Con respecto a las tuercas, estas son de un material menos resistente que el acero.
- Por el tamaño del perno: existen diferentes dimensiones pero la gran mayoría son mayores a seis milímetros de largo.

## **1.8.4. Tipos de pernos**

### **1.8.4.1. Pernos estándar**

Generalmente, se manufacturan para cabezas hexagonales o cuadradas. Los pernos de cabeza cuadrada no se encuentran disponibles para rosca métrica. Las tuercas utilizadas para estos pernos aparecen con distintas variaciones dependiendo de la aplicación o de consideraciones para su diseño.

Figura 10. **Perno estándar**



Fuente: OROZCO A., Francisco A. *Pernos y tuercas estándar*.  
[www.vc.ehu.es/Dtecnico/tema12\\_05.htm](http://www.vc.ehu.es/Dtecnico/tema12_05.htm). Consulta: 25 de mayo de 2016.

### **1.8.4.2. Perno con cabeza**

Es fabricado agregando una tuerca y una arandela a la parte de la cabeza del perno, que se encuentra sobre el concreto, esto se realiza para lograr una mayor resistencia a la tracción producida por el movimiento de cargas. El área de la arandela se calcula para reaccionar contra la fuerza de tensión que resiste el perno y transmitirla al concreto.

Figura 11. **Perno con cabeza**

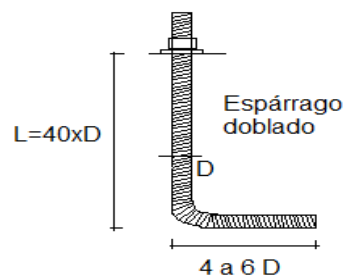


Fuente: ROSSELL, Clemens Juan. *Resistencia de pernos de acero usados como anclajes en concreto*. p. 80.

### 1.8.4.3. Pernos de doblez o pernos tipo L

Este tipo requiere de mayor esfuerzo de enclavamiento que el resto de pernos de anclaje. Se caracterizan por poseer una forma de J o L. Usualmente, la longitud de la pata es de cuatro a seis veces el diámetro del perno y la longitud mínima del mismo es de 40 veces el diámetro tal y como se muestra en la figura 12.

Figura 12. **Perno tipo L**



Fuente: *Perno ojo y J*. [www.dsi-peru.com./productos/obras-subterranas/minerias/pernos/perno-ojo-y-l.html](http://www.dsi-peru.com./productos/obras-subterranas/minerias/pernos/perno-ojo-y-l.html). Consulta: 30 de mayo de 2016.

#### **1.8.4.4. Pernos de anclaje de expansión o pernos de cuña mecánica**

La parte inferior del mismo es de un ancho mayor respecto a la parte superior, esta debe ser asegurada en el agujero haciendo uso de un martillo. Su instalación se realiza mediante la perforación de un agujero en el concreto, para luego ensamblar el perno dentro del mismo.

#### **1.8.4.5. Pernos epoxi**

Este tipo de pernos, se fabrican para 1/2 "(1,2 cm.) y 5/8" (1,6 cm.) de diámetro. No permiten la función de cuña en su parte inferior. Se utilizan en las bases de anclaje muy antiguas y débiles, así como en lugares donde pueda existir alguna presión por parte de la estructura en dirección de la cabeza del perno; esto quiere decir vertical y hacia arriba.

### **1.8.5. Instalaciones eléctricas**

Conjunto de componentes destinados a la: producción, conversión, rectificación, transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

### **1.8.6. Tipos de instalaciones eléctricas**

#### **1.8.6.1. Instalaciones eléctricas según su utilidad**

- Instalaciones eléctricas generadoras: son las instalaciones eléctricas que producen una fuerza electromotriz y, por lo tanto energía eléctrica a partir de otras formas de energía.

- Instalaciones eléctricas transformadoras: son las encargadas de recibir la energía eléctrica de las generadoras con el fin de modificar sus parámetros para luego transportar la electricidad según las necesidades del consumidor.
- Instalaciones eléctricas de transporte: se componen de los elementos necesarios para llevar la electricidad generada en las centrales eléctricas a través de grandes distancias hasta los puntos de consumo.
- Instalaciones eléctricas receptoras: contrarias a las generadoras, su función principal es la transformación de la energía eléctrica en otros tipos de energía. Las aplicaciones más comunes se presentan en la mayoría de industrias y viviendas.

#### **1.8.6.2. Instalaciones eléctricas según el voltaje de suministro**

- Instalaciones eléctricas de alto voltaje: son aquellas que generan, transportan, transforman, distribuyen o utilizan la energía eléctrica con tensiones superiores a los siguientes parámetros.
  - Voltaje en corriente alterna: superior a 1 000 voltios
  - Voltaje en continua: superior a 1 500 voltios
- Instalaciones de media tensión: la característica principal de este tipo de instalaciones es la implementación de conductores eléctricos que unen las estaciones transformadoras de distribución con los usuarios de media tensión.

- Instalaciones de bajo voltaje: representan el caso más general de una instalación eléctrica. En estas, la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es inferior a 1 000 voltios, pero superior a 24 voltios.
- Instalaciones de muy baja tensión: son aquellas instalaciones en las que el voltaje máximo entre los dos conductores conectados es inferior a 24 voltios.

### **1.8.7. Componentes de una instalación eléctrica**

#### **1.8.7.1. Alimentación eléctrica**

Es la parte de una instalación eléctrica que recibe energía del proveedor.

#### **1.8.7.2. Protecciones eléctricas**

Son los dispositivos o sistemas encargados de garantizar la seguridad de las personas y de los equipos conectados a una instalación eléctrica.

#### **1.8.7.3. Conductores eléctricos**

Son los encargados de transportar la corriente eléctrica a todos los componentes de una instalación eléctrica. Sin ellos, la instalación como tal, no podría existir.

Las partes de un conductor eléctrico son las siguientes:

- Alma conductora: conduce la corriente eléctrica de consumo. Los materiales comúnmente utilizados en su fabricación son: cobre y aluminio.
- Aislante: resguarda o aislar el flujo de corriente eléctrica del alma conductora del exterior. Se fabrica de un material termoplástico o de hule. Si el conductor no tuviera aislante, sería muy riesgosa la distribución de los circuitos en las instalaciones eléctricas. Este permite que en la instalación no se energicen la carcasa de los equipos, tuberías metálicas, evitando así cualquier cortocircuito.
- Cubierta protectora: recubre el conductor para protegerlo contra daños físicos y químicos presentes en el ambiente. El nylon es el material del que se fabrica, esto puede variar según las condiciones presentes en la instalación.

Figura 13. **Partes de un conductor eléctrico**



Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Características de los cables eléctricos: partes, calibre y ampacidad*. [www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1](http://www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1). Consulta: 4 de junio de 2016.

Tabla VI. **Tipos de conductores eléctricos según el tipo de aislante y condiciones de uso**

Nombre comercial	Aislante	Temperatura máxima (°C)	Material aislante	Cubierta protectora	Utilización
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la flama	Lugares secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	70	Hule resistente al calor y a la humedad	Resistente a la humedad, retardadora de la flama	Lugares secos y húmedos
Termoplástico o resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Lugares húmedos y secos
Termoplástico o resistente al calor y la humedad	THW	75	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Lugares secos y húmedos
Termoplástico o resistente al calor	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Lugares secos
Termoplástico o, resistente al calor y la humedad	THWN	75	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Lugares secos y húmedos

Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Tipos de aislamientos de cables eléctricos.*

[www.faradayos.blogspot.com.mx./2013/12/aislantes-cables-termoplastico-hule.html?m=1](http://www.faradayos.blogspot.com.mx./2013/12/aislantes-cables-termoplastico-hule.html?m=1).

Consulta: 4 de junio de 2016.



Letras de designación para el tipo de aislamiento en conductores eléctricos descritos en la tabla VI:

- R: aislamiento de hule
- T: aislamiento termoplástico
- H: resistente al calor hasta 75°C
- HH: resistente al calor hasta 90°C
- W: resistente a la humedad
- N: cubierta de nylon
  
- Tipos de conductores eléctricos
  - Alambre: consiste en un hilo conductor que suele ser de cobre o en algunas ocasiones de aluminio.
  - Cable: constituido por varios hilos conductores, fabricados con los mismos materiales utilizados para alambres.
  
- Ampacidad de conductores eléctricos: es la capacidad de conducción continua que posee un alambre o un cable; bajo condiciones específicas. La ampacidad de cualquier conductor eléctrico se determina según el calibre, el tipo de aislante de recubrimiento que este posea, la temperatura ambiente máxima para su conducción, y las condiciones ambientales en las que se desee realizar una instalación eléctrica.

Tabla VII. Ampacidad en conductores eléctricos según el calibre tipo de aislante y temperatura ambiente máxima

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
	Cobre			Aluminio			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Características de los cables eléctricos: partes, calibre y ampacidad*. [www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1](http://www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1). Consulta: 4 de junio de 2016.

- Calibre de un conductor eléctrico: se define como el tamaño de la sección transversal de un alambre o cable. El calibre puede estar expresado en mm<sup>2</sup> o bajo la normalización americana en A.W.G., *American Wire Gauge*, por sus siglas en inglés.
- Al denominar el conductor bajo la norma A.W.G., el de mayor grosor es el 4/0, siguiendo en orden descendente, 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18, que es el más delgado utilizado en instalaciones eléctricas. En este caso, mientras más grande es el número utilizado, hace referencia a una menor sección transversal del conductor.

#### **1.8.7.4. Tubería para instalaciones eléctricas**

En el caso de instalaciones eléctricas que así lo ameriten se emplean ductos dentro de los cuales se colocan los conductores eléctricos. Entre las de mayor uso se pueden mencionar.

- Tubería E.M.T: este tipo de ductos son los de uso común en instalaciones eléctricas comerciales e industriales, esto se debe por ser moldeables a diferentes formas y ángulos, facilitando así la trayectoria que se desea dar al conductor.
- En su fabricación pasan por un proceso de galvanizado, este recubrimiento evita la corrosión logrando así una mayor durabilidad. Se encuentran en el mercado desde 1/2 pulgada hasta 4 pulgadas de diámetro. Sus extremos no poseen rosca y se utilizan accesorios especiales para su acoplamiento, entre los que se pueden mencionar: cajas de registro, conectores eléctricos, etc.
- Tubos flexibles de plástico: estos se elaboran de materiales termoplásticos, generalmente P.V.C. de doble capa, haciéndolos más resistentes y herméticos. Se caracterizan por ser livianos, y por su superficie corrugada lo cual los hace flexibles para su manejo.

#### **1.8.7.5. Mandos eléctricos**

Son los componentes de una instalación eléctrica que permiten actuar sobre el flujo de energía en la misma, activando, desactivando y regulando las cargas eléctricas conectadas. Los más comunes son: interruptores, pulsadores, contactores y relés.

#### **1.8.7.6. Puntos de consumo eléctrico**

Son los receptores finales de la energía eléctrica. Estos se encargan de transformarla en otro tipo de energía, esta puede ser: mecánica, luminosa o térmica, entre otras.

#### **1.8.8. Motores eléctricos**

Son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica que generan, en energía mecánica para la realización de una tarea específica. Esto se produce por medio de la repulsión de un objeto metálico cargado eléctricamente, ante un imán permanente.

#### **1.8.9. Caída de tensión en conductores eléctricos**

La circulación de corriente eléctrica a través de un conductor ocasiona una pérdida de potencia y una caída de tensión a causa del transporte de esta por medio del mismo.

La tabla VIII presenta los valores máximos establecidos para caídas de tensión permitidos en instalaciones eléctricas. Estos valores deben tomarse en cuenta en el cálculo de la sección transversal de los conductores de fase.

Tabla VIII. **Límites de caída de tensión máxima para instalaciones eléctricas**

Parte de la instalación	Para aumentar a:	Caída de tensión máxima en % del voltaje de suministro	Caída de tensión máxima admisible para instalaciones trifásicas (v)	Caída de tensión máxima admisible para instalaciones monofásicas (v)
Línea general de alimentación (L.G.A.) trifásica.	Suministros de un único usuario	No existe L.G.A.	-	-
	Contadores eléctricos totalmente concentrados	0.5 %	2 v	-
	Centralizaciones parciales de contadores eléctricos	1.0 %	4 v	-
Derivación Individual (D. I.)	Suministros de un único usuario	1.5 %	6 v	3.45 v
	Contadores eléctricos totalmente concentrados	1.0 %	4 v	2.3 v
	Centralizaciones parciales de contadores eléctricos	0.5 %	2 v	1.15 v
Circuitos en interiores.	Circuitos interiores en viviendas	3 %	12 v	6.9 v
	Circuitos de alumbrado que no sean en viviendas	3 %	12 v	6.9 v
	Circuitos de fuerza que no sean en viviendas	5 %	20 v	11.5 v

Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Cálculo de las caídas de tensión*. p. 8.

### 1.8.10. Área de sección para un conductor eléctrico

#### 1.8.10.1. Cálculo para la sección de un conductor eléctrico

Para el cálculo de la sección del conductor a utilizar en instalaciones receptoras de corriente alterna trifásica, se utiliza la siguiente ecuación.

$$S = \frac{P L}{\gamma_{\theta} e U}$$

Ecuación 1

A continuación se describe el significado y las dimensionales para cada una de las variables de la ecuación 1.

- S: área de sección del conductor en (mm<sup>2</sup>).
- P: potencia activa total para el conductor en (KW).
- L: longitud del conductor en (m).
- $\gamma_{\theta}$ : conductividad eléctrica para el material del alma conductora a la temperatura que resiste el aislante en (m/Ω mm<sup>2</sup>).
- e: caída de tensión presente en la línea de conducción eléctrica en (v).
- U: voltaje trifásico a instalar en (v).

Para el cálculo de la sección del conductor a utilizar en instalaciones receptoras de corriente alterna monofásica se utiliza la siguiente ecuación.

$$S = \frac{2 P L}{\gamma_{\theta} e U}$$

Ecuación 2

A continuación se describe el significado y las dimensionales para cada una de las variables de la ecuación 2.

- S: área de sección del conductor en (mm<sup>2</sup>).
- P: potencia activa total para el conductor en (KW).
- L: longitud del conductor en (m).
- $\gamma_{\theta}$ : conductividad eléctrica para el material del alma conductora a la temperatura que resiste el aislante en (m/Ω mm<sup>2</sup>).

- e: caída de tensión presente en la línea de conducción eléctrica en (v).
- U: voltaje monofásico a instalar en (v).

Para la conductividad eléctrica del alma conductora, en las ecuaciones 1 y 2, se recomienda la utilización de los datos que se muestran en la tabla IX.

Tabla IX. **Conductividad eléctrica para el cobre y aluminio, a diferentes temperaturas**

Material	$\gamma_{20^{\circ}\text{C}}$ (m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup> )	$\gamma_{70^{\circ}\text{C}}$ (m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup> )	$\gamma_{90^{\circ}\text{C}}$ (m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup> )
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Cálculo de las caídas de tensión*. p.5.

Tabla X. **Áreas de secciones nominales y calibres de conductores eléctricos**

Área de sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Calibre del conductor (A.W.G.)
0.82	18
1.31	16
2.08	14
3.31	12
5.26	10
8.36	8
13.30	6
21.15	4
26.67	3
33.62	2
42.41	1
53.49	1/0
67.42	2/0
85.01	3/0
107.2	4/0

Fuente: DOMÍNGUEZ, Roni. *Características de los cables eléctricos: partes, calibre y ampacidad*. [www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1](http://www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1). Consulta: 4 de junio de 2016.

### 1.8.10.2. Cálculo para *breaker* de una instalación eléctrica

Las instalaciones eléctricas receptoras de media y baja tensión, tanto en interiores como a la intemperie, se deben conectar a protecciones eléctricas destinadas a la seguridad de las mismas.

En la actualidad estas se denominan interruptores termomagnéticos o *breakers* los cuales protegen a las personas y a la instalación de sobrecargas de corriente eléctrica y cortocircuitos. Para este fin, utilizan un sistema de mecanismos y dispositivos eléctricos y/o electrónicos que poseen en su interior.

Los fabricantes encargados de producir este tipo de productos las diseñan para reaccionar contra los efectos mencionados. Estos se basan en diferentes parámetros y corrientes de fase para cada tipo de conexión.

Por lo tanto, el cálculo para la instalación de estos dispositivos de protección utiliza la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- I: corriente eléctrica total a conectar la cual será soportada por el *breaker*, esta se expresa en amperios (A).
- P: potencia activa total de la instalación que se desea conectar al *breaker*, expresada en *watts* (W).
- U: voltaje, monofásico o trifásico, que requiera la instalación expresado en voltios (v).



### **1.8.11. Neumática**

Es la tecnología que emplea el aire comprimido como un modo de transmisión de energía necesaria para el funcionamiento de mecanismos.

### **1.8.12. Aire comprimido**

Es una fuente de energía la cual se encarga de distribuir aire comprimido a mecanismos y mandos neumáticos dentro de un rango de presión establecida.

Distinto a los líquidos, el aire es fácilmente compresible, y puede almacenarse en grandes cantidades dentro de recipientes relativamente pequeños.

### **1.8.13. Configuraciones de redes de distribución para aire comprimido**

#### **1.8.13.1. Red de aire comprimido abierta**

Consiste en una sola tubería principal, de la cual se derivan las conexiones de las tuberías secundarias. Su ventaja principal es la poca inversión económica inicial para su instalación, comparada con la red de distribución cerrada. Al momento de requerirse algún tipo de reparación, es necesario, interrumpir el flujo de aire.

### **1.8.13.2. Red de aire comprimido cerrada**

La distribución cerrada consiste en una tubería principal en forma de anillo, lo que garantiza la estabilidad del aire en toda la red. Esto ayuda a que el compresor se active con menos frecuencia, y por ende, una reducción significativa en el consumo de energía.

### **1.8.13.3. Red de aire mixta**

Este circuito es una combinación de la red cerrada y abierta; es utilizado en fábricas que tienen un elevado número de máquinas que necesitan de aire comprimido el cual no tiene limitaciones en la demanda del fluido.

## **1.8.14. Componentes de una instalación neumática**

Se denominan componentes o accesorios al conjunto de elementos que unidos a los tubos mediante un procedimiento determinado forman parte del equipamiento en las líneas de distribución de una instalación neumática.

### **1.8.14.1. Compresor**

Es una máquina de funcionamiento alternativo o rotatorio que tiene por objeto la compresión de un fluido. Elevando la presión de cierto volumen de aire, aspirado en condiciones atmosféricas para la ejecución de trabajos que ameriten la utilización del mismo.

#### **1.8.14.2. Postenfriador**

Es el componente de mayor uso para el tratamiento del aire comprimido. Se instala inmediatamente a la salida del compresor y reduce la temperatura del aire comprimido hasta unos 25 °C, con lo cual se consigue eliminar un gran porcentaje de agua y aceite contenidos en el aire en un 70 %.

#### **1.8.14.3. Tanque de almacenamiento o acumulador**

La primera función para separar la humedad del aire en forma de agua en colaboración con el postenfriador. La segunda función es la de servir como depósito amortiguador de pulsaciones del aire comprimido, particularmente en el caso de compresores de pistón. Una amortiguación de pulsaciones satisfactoria se obtiene con un volumen de depósito en metros cúbicos, seis veces la capacidad del compresor en metros cúbicos por minuto. La tercera función, y la más importante de los acumuladores, es la de almacenar aire comprimido. Posee un manómetro para regular la presión del mismo y un termómetro para controlar la temperatura.

#### **1.8.14.4. Secador**

Su función es el tratamiento del aire comprimido a la salida del acumulador, seca el aire por refrigeración, absorción o adsorción, dependiendo la necesidad de la instalación neumática. Se emplean cuando es necesario que el suministro de aire en la red de distribución sea completamente seco.

#### **1.8.14.5. Tubería principal**

La tubería principal es aquella que sale directamente del compresor y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido. Debe tener el mayor diámetro posible, de tal manera, que permita una ampliación del 300 % del flujo total. La velocidad máxima recomendada para esta es de 8 m/seg. En la mayoría de los casos se diseña como una red de distribución cerrada.

#### **1.8.14.6. Tuberías secundarias**

Toman el aire de la tubería principal, se distribuyen por las áreas de trabajo y de las cuales se derivan las tuberías de servicio. La velocidad máxima recomendada para este tipo es de 10 a 15 m/seg. Deben derivarse siempre en dirección vertical y hacia arriba. Al realizar estas subdivisiones, es recomendable instalar válvulas de bloqueo.

#### **1.8.14.7. Tuberías de servicio**

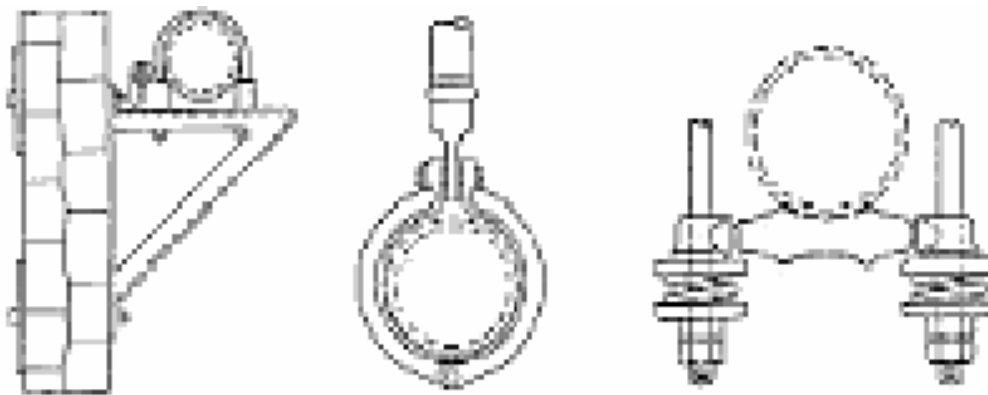
Se derivan de las tuberías secundarias, son las que alimentan a los equipos neumáticos. La velocidad máxima recomendada es de 15 a 20 m/seg. Las tuberías que se instalan permanentemente se montan preferiblemente con uniones roscadas. Estas pueden llegar a oxidarse, por lo que en este caso es importante emplear unidades de mantenimiento en los puntos de consumo.

#### **1.8.14.8. Soportes de tubería**

Un soporte apropiado para tubería debe tener una base resistente y rígida apoyada adecuadamente, además de un dispositivo regulable de rodillos, el cual mantenga la alineación en cualquier dirección. Los suspensores de

alambre, de cintas de hierro, de madera, los construidos con tubo pequeño y los que tienen un soporte de tubo vertical, no conservan la alineación.

Figura 14. **Soportes de tubería**



Fuente: ROSALES, Robert. *Manual de mantenimiento industrial*. p. 14.

Tabla XI. **Longitud entre soportes para tubería en una instalación neumática**

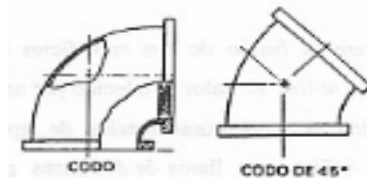
Díámetro de tubería (Pulg.)	Vertical (m)	Horizontal (m)
¼"	1.25	1
½"	1.75	1.25
¾"	2.7	1.75
1 ¼"	3	2.5
1 ½"	3	2.5
2"	3.5	2.75
3"	3.5	3
4"	3.5	3
6"	4.25	3.5
10"	5.18	4.25
12"	5.48	4.87

Fuente: CARNICER, E. *Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 227.

#### 1.8.14.9. Codos

Acoplamiento rígido que cambia la dirección del fluido a 30, 45, 60 o 90 grados. Son utilizados cuando el espacio es limitado o el diseño de la tubería lo amerite. Los codos pueden ser: iguales cuando poseen las mismas dimensiones en sus extremos y desiguales porque presentan variaciones en sus diámetros.

Figura 15. Codos de acero inoxidable

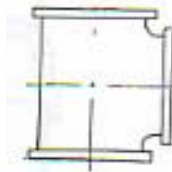


Fuente: ROSALES, Robert. *Manual de mantenimiento industrial*. p. 10.

#### 1.8.14.10. Tee

Elemento de conducción que se usa para acoplar tres tuberías. El diámetro de estas puede ser el mismo o diferente según sean las características de este accesorio.

Figura 16. Tee de acero inoxidable



Fuente: ROSALES, Robert. *Manual de mantenimiento industrial*. p. 11.

### **1.8.14.11. Reductores**

Accesorios que sirven de acople para tuberías de diferentes diámetros. Estos elementos pueden aumentar o disminuir el mismo, según la dirección del flujo o las necesidades que presente la instalación.

Figura 17. **Reductor de acero inoxidable**



Fuente: ROSALES, Robert. *Manual de mantenimiento industrial*. p. 11.

### **1.8.14.12. Unidad de mantenimiento**

Componente de una instalación neumática el cual es una combinación de un filtro, un regulador de presión y un lubricador.

### **1.8.14.13. Válvulas neumáticas**

En neumática, las válvulas son elementos de mando que determinan las características de la instalación, debiendo poseer cualidades decisivas para actuar sobre los elementos o parámetros que intervienen en el proceso operativo del circuito neumático.

Según sus propiedades y la función que realizan dentro de la instalación se clasifican de la siguiente manera: válvulas de control de dirección, de control de caudal y de control de presión.

#### **1.8.14.14. Manómetros**

El objetivo principal de los manómetros es proveer una medida visual para conocer la presión que se encuentre en la línea de distribución de aire comprimido. Existen de varios tipos, entre los que se pueden mencionar. Manómetro de tubo U, de cubeta o pozo, *bourdon*, de diafragma y de fuelle.

#### **1.8.15. Cálculo del diámetro de tubería para una instalación neumática**

##### **1.8.15.1. Cálculo de la presión de demanda**

Para calcular la demanda de presión requerida, se debe sumar la presión prescrita de la máquina, la caída de presión que se presentará en la línea y la ocasionada por la instalación de accesorios. Esta se determina haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- P : presión de demanda requerida por la instalación neumática en Psi
- $P_1$ : presión de la máquina en Psi
- $P_2$ : caída de presión admisible en la línea en Psi (3 al 6 %)
- $P_3$ : caída de presión en puntos de consumo final Psi (0,5 a 2)
- $P_4$ : caída de presión en mangueras (2,1315 Psi)



### 1.8.15.2. Longitud de tubería

La resistencia al flujo de aire comprimido a través de un conducto se incrementa por la presencia de accesorios. Para determinar estas pérdidas, se relacionan los mismos directamente con sus longitudes equivalentes de tubo recto, estos varían según sea el diámetro de los componentes.

Para expresar esa resistencia se utiliza la tabla XII la cual muestra las longitudes de tubo en pies. Estas se deben sumar a la longitud real de los ductos a instalar la cual es llamada longitud equivalente total de la tubería.

Tabla XII. **Factores de pérdida por fricción en accesorios**

Accesorios	Tamaño nominal de la tubería (Pig)						
	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, E. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. p. 300.

### 1.8.15.3. Diámetro de 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 deben ser menores a un 6 % de la presión nominal.

El procedimiento para determinar el diámetro óptimo de la tubería de una instalación neumática es el siguiente.

- Se calcula el caudal requerido para la instalación

$$Q_T = [Q + (Q * 0,05) + (Q * 0,10) + (Q * 0,30)] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- QT: caudal total necesario para la instalación en C.F.M.
- Q: consumo de aire comprimido que requiere el funcionamiento del equipo en C.F.M.
- Q\*0,05: pérdida de caudal por el desgaste de la tubería en C.F.M.
- Q\*0,10: pérdida de consumo de aire comprimido provocado por fugas en C.F.M.
- Q\*0,30: consumo de aire comprimido debido a futuras ampliaciones en la instalación neumática en C.F.M.

- Se determina la presión de demanda, utilizando la ecuación 4
- Se define la longitud equivalente total de la tubería

$$L_T = L_1 + L_2 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $L_T$  : longitud equivalente total de la tubería en pies
- $L_1$  : longitud de tubería a instalar en pies
- $L_2$  ; longitud equivalente por accesorios en pies

Para determinar la longitud equivalente por accesorios, se debe elegir un diámetro arbitrario de la tabla XII9 debido a que esta varía según el diámetro de la tubería.

- Se calcula el factor de relación de compresión de aire en la tubería.

Para el cálculo del factor de relación de compresión de aire en la tubería, se utiliza la siguiente ecuación.

$$R = \frac{(P + P_m)}{P_m} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

- R: factor de relación de compresión de aire en la tubería, este es adimensional.
- P: presión de demanda requerida por la instalación neumática en Psi.

- $P_m$  : presión manométrica en Psi.
  - Se determina la pérdida de presión en la tubería a instalar.

$$P_T = \frac{(F * L_T)}{(R * 1,000)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- $P_T$ : pérdida de presión total en la tubería en Psi
- F: factor de pérdida de presión en la tubería en Psi/pies
- $L_T$  : longitud equivalente total de la tubería en pies
- R: factor de relación de compresión en la tubería es adimensional

El factor de pérdida de presión en la tubería, se determina por la tabla XIII, tomando en cuenta el diámetro del tubo en pulgadas, y el caudal de aire comprimido requerido por la instalación, en pies cúbicos por minuto C.F.M.

- Se determina el porcentaje de pérdida de presión.

Este debe ser menor al 6 % establecido, para la presión nominal de la instalación.

Para el cálculo del porcentaje de pérdida de presión, se emplea la siguiente ecuación:

$$\%_p = \frac{P_T * 100}{P} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

- $\%_p$ : porcentaje de pérdida de presión
- $P_T$ : pérdida de presión total en la tubería en Psi
- P: presión de demanda requerida por la instalación neumática en Psi

Tabla XIII. **Factores (F), para el cálculo de pérdidas de presión debidas 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	108.6	24.7	10.9	2.9	1.1		
80		503	139.2	32.3	14.3	3.8	1.5		
90		646	178.2	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	28.3	6.2
700						294	113.7	35.8	8.5
800						382	148.4	48.7	11.1
900						488	188	59.1	14
1000						600	232	73	17.3

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

## 1.8.16. Amortiguamiento o aislamiento de vibraciones

### 1.8.16.1. Amortiguamiento

La amortiguación de vibraciones consiste en aislar el origen de la interferencia operacional del equipo que se desea proteger. Para este propósito, se adopta una amplitud de frecuencia apropiada: mientras más alta es la frecuencia, más alto es el grado de amortiguación.

### **1.8.16.2. Resonancia**

Se refiere a las velocidades o defectos producidos en una máquina, los cuales afectan la frecuencia natural de la misma. El nivel de vibración que se genere por resonancia, puede llegar a ser considerado como un factor causante de daños severos. No en vano, constituye una de las magnitudes de vibración más destructivas.

Estas vibraciones pueden llegar a transmitirse a otras máquinas instaladas dentro de la misma planta, lo que podría ocasionar la alteración de su funcionamiento normal. Si se sospecha de la presencia de este fenómeno, debe verificarse y eliminarse lo más rápido posible.

### **1.8.16.3. Aislamiento de vibraciones**

Se denomina aislamiento de vibraciones, al procedimiento que permite reducir los efectos indeseables asociados a toda vibración. La función aislante, consiste en oponer resistencia a la propagación del movimiento oscilatorio producido por la fuerza de naturaleza periódica generada por cualquier máquina.

En la práctica, existen dos causas por las cuales se instalan aislantes de vibración o antivibrantes, como parte del proceso de montaje de máquinas.

- Causas estáticas: cuando los soportes elásticos permiten un apoyo óptimo sobre el suelo, compensando así las tolerancias e irregularidades que se puedan presentar.

- Causas dinámicas: vibraciones producidas por el funcionamiento de las máquinas, las cuales necesiten ser amortiguadas o aisladas. Protegiendo así, al personal de operación, las estructuras cercanas y el equipo.

Un sistema de aislamiento de vibraciones puede ser activo o pasivo, dependiendo de la necesidad para la cual se lleve a cabo esta función.

- Aislamiento activo: también conocido como aislamiento directo. Es el encargado de eliminar o absorber, directamente, las vibraciones producidas por la máquina en funcionamiento.
- Aislamiento pasivo: se le denomina también como aislamiento indirecto. Su función es proteger de vibraciones a equipos o instalaciones sensibles. Estos pueden ser: sistemas de medición, básculas de pesado, equipos de laboratorio y unidades de control electrónico.

#### **1.8.16.4. Elección de aisladores de vibración**

Estos elementos elásticos reducen la vibración perturbadora original a una pequeña parte, la cual es la transmitida hacia la estructura, siendo esta poco perceptible para las personas y no dañina para la edificación. En consecuencia, los aisladores siempre están vibrando dentro de ciertos límites, con una frecuencia denominada como libre o natural.

Para la selección de los antivibrantes, se toma en cuenta la transmisibilidad de vibraciones. Esta depende directamente de la frecuencia del movimiento perturbador o velocidad de giro de la máquina y de la frecuencia natural del aislador a utilizar. El cálculo de esta transmisión se realiza mediante la siguiente ecuación.

$$T = \frac{1}{\left(\frac{f_p}{f_n}\right)^2 - 1} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

- T: transmisibilidad o fracción de vibraciones transmitidas a la estructura, es un valor adimensional.
- $f_p$ : frecuencia del movimiento perturbador o velocidad de giro de la máquina, en hz. o en ciclos por segundo.
- $f_n$ : frecuencia natural del aislador de vibraciones en hz.

Para determinar el aislamiento de vibraciones, se utiliza la siguiente ecuación.

$$A = (1 - T) \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde el valor de A representa el aislamiento de vibraciones, el cual es el inverso de la transmisibilidad.

La eficiencia del aislamiento de vibraciones se puede expresar en porcentaje, por medio de la siguiente ecuación.

$$\% A = (1 - T) * 100 \quad \text{Ecuación 12}$$

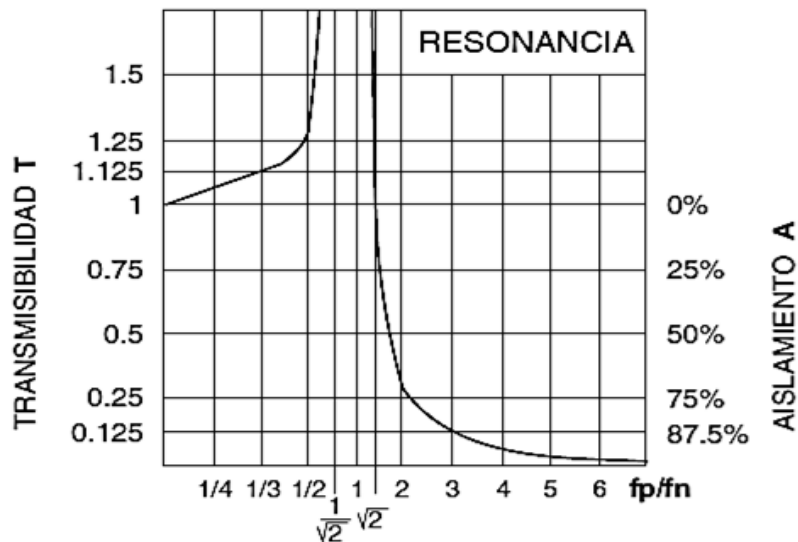


Donde:

- % A: porcentaje de aislamiento de vibraciones.
- T: transmisibilidad o fracción de vibraciones transmitidas a la estructura, es un valor adimensional.

Si el resultado obtenido de la ecuación 12, es mayor al valor al 90 %, se puede decir que la elección del aislador de vibraciones es buena. En caso que el porcentaje de aislamiento sea menor al 90 %, se debe elegir otro antivibrador que posea mayor deflexión, hasta conseguir uno que cumpla con esta condición. Para maquinaria que gira a menos de 300 R.P.M., se puede considerar aceptable un valor de A del 60 %.

Figura 18. **Transmisibilidad y porcentaje de aislamiento de vibraciones**



Fuente: Airsum. Antivibradores, *teoría de aislamiento*. p. 2.

### 1.8.16.5. Relación de frecuencias

Se utiliza para verificar el rango de aislamiento, amortiguación o resonancia, que posee el conjunto de máquina y aislador de vibraciones. Los diferentes valores que resulten de la relación de frecuencia, definen las condiciones anteriormente mencionadas.

Para el cálculo de relación de frecuencias, se utiliza la siguiente ecuación.

$$\lambda = \frac{f_p}{f_n} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

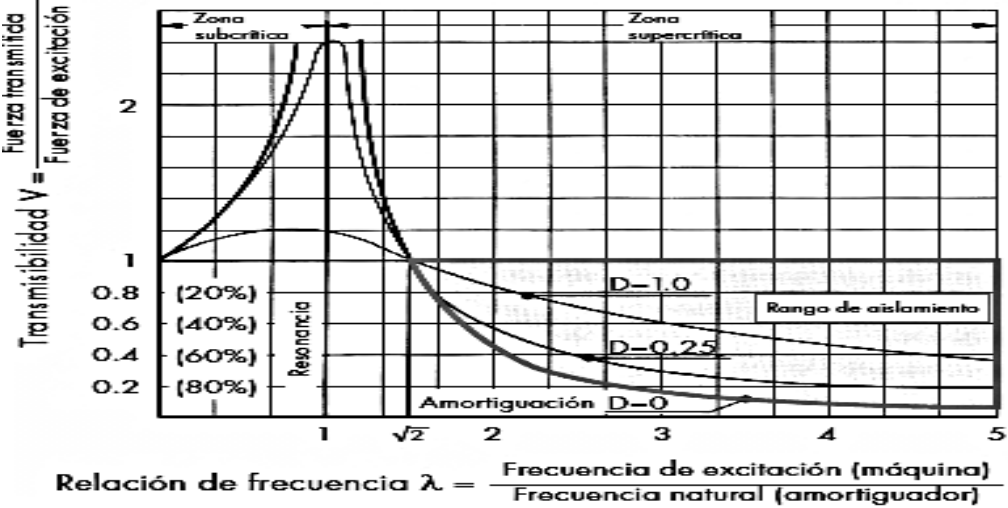
- $\lambda$ : relación de frecuencias, valor adimensional.
- $f_p$ : frecuencia del movimiento perturbador o velocidad de giro de la máquina, en hz. o en ciclos por segundo.
- $f_n$ : frecuencia natural del aislador de vibraciones en hz.

Tabla XIV. **Condiciones resultantes para la relación de frecuencias**

Valores de $\lambda$	Condición	Descripción
Mayores a $\sqrt{2}$	Supercrítico	Aislamiento eficiente para contrarrestar las vibraciones, efectividad claramente definible, absorción de ruidos entre cuerpos sólidos.
Igual a 1	Estado de resonancia	Impactos, saltos, vibraciones y ruidos incontrolables. A largo plazo, este efecto será destructivo para la máquina y los antivibrantes.
Menores a 1	Subcrítico	Aislamiento de vibración incontrolable, los resultados han de ser medidos, (antes y después de la instalación de los antivibrantes)

Fuente: Antivibrantes rosta. *Manual de absorción de vibraciones e impactos*. p. 35.

Figura 19. **Rango de aislamiento, amortiguación y resonancia, basados en relaciones de frecuencias**



Fuente: Antivibrantes rosta. *Manual de absorción de vibraciones e impactos*. p. 35.

**1.8.17. Tipos de amortiguamiento**

**1.8.17.1. Antivibradores**

Uno de los componentes principales utilizados en sistemas de aislamiento, es el antivibrador o soporte antivibratorio. Se caracteriza por diseñarse para dos funciones específicas: aislar y amortiguar.

**1.8.17.2. Aisladores de plástico**

Los aisladores de plástico tienen características de rendimiento similares a los elaborados de goma, al igual que a algunos fabricados de metal, a estos

últimos, por su semejanza dentro de la configuración equivalente de aislamiento.

#### **1.8.17.3. Aisladores elastoméricos**

Los elastómeros de caucho natural ofrecen una débil disipación energética, esto hace que su transmisibilidad sea siempre inferior a otros cauchos sintéticos. Sus excelentes propiedades mecánicas, permiten conseguir soluciones estables en el tiempo. El caucho natural tiene como limitaciones su deterioro bajo la influencia de aceites y temperaturas ambientales elevadas. El caucho de silicona es uno de los elastómeros de mayor costo del mercado, pero presenta unas propiedades mecánicas notablemente estables y proporciona un aislamiento eficaz en un amplio rango de temperatura.

#### **1.8.17.4. Amortiguador hidráulico**

Es la combinación de un amortiguador y un fluido en una sola unidad compacta, la cual permite ajustarse de forma independiente. Esto proporciona la flexibilidad de las características dinámicas del aislador a los requisitos de la aplicación.

#### **1.8.17.5. Resortes de metal**

Los amortiguadores de muelle o de metal, tienen como curva característica una recta, de ahí la conocida constante de resorte. Normalmente, se emplean en aplicaciones que requieren grandes deflexiones estáticas, en donde la temperatura u otras condiciones ambientales hacen que los elastómeros sean inadecuados y donde se requiere un bajo costo de aislamiento.

#### **1.8.17.6. Amortiguador de aire o amortiguador neumático**

La capacidad de almacenamiento de energía que posee el aire comprimido es mayor que los materiales de resortes o aisladores mecánicos. Por tal motivo, utilizar este tipo de amortiguamiento, produce una frecuencia natural diez veces mayor, a la de un sistema que emplea aisladores de vibración de acero o de caucho. Si la carga estática es demasiado grande, el uso de amortiguadores neumáticos resulta ser un reductor del peso del equipo a amortiguar.

#### **1.8.18. Mantenimiento**

Es el conjunto de actividades, tecnológicas y administrativas, realizadas en máquinas, instalaciones e infraestructura, de una planta de producción; con el fin de prevenir y corregir fallas.

#### **1.8.19. Tipos de mantenimiento**

##### **1.8.19.1. Mantenimiento de conservación**

Se define como el control constante de los trabajos destinados a compensar el deterioro sufrido por el uso, condiciones medio ambientales u otras causas que puedan afectar el proceso de producción de una fábrica. Esto se realiza con el objetivo de conservar la vida útil de los equipos instalados.

#### **1.8.19.2. Mantenimiento correctivo**

Son las actividades de reparación, para una o varias fallas, que se presenten en un momento determinado. Esto puede incluir, la sustitución de elementos y componentes deteriorados, como consecuencia de un funcionamiento anormal del equipo. El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es poner de nuevo en marcha a las máquinas que pueden seguir operando dentro de una planta de producción.

#### **1.8.19.3. Mantenimiento correctivo inmediato**

Son los imprevistos corregidos en el menor lapso de tiempo posible, al percatarse de un defecto o fallo. Estas tareas se deben realizar tomando en cuenta los medios disponibles, los cuales deben estar destinados para este fin.

#### **1.8.19.4. Mantenimiento correctivo diferido**

Este tipo de mantenimiento se presenta cuando ocurre una avería o desperfecto, lo que provoca el detenimiento o paro de operación de una máquina. Este proceso conlleva que, al momento de afrontar su reparación, se deban solicitar a distintos proveedores; las herramientas, materiales y medios necesarios para su realización.

#### **1.8.19.5. Mantenimiento preventivo**

Es la programación de actividades técnicas y de inspección, que se realizan a equipos, tanto de operaciones, de limpieza y calibración en una planta de producción. Estas se deben llevar a cabo en forma periódica, con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito principal

es evitar las fallas y paros innecesarios de las máquinas, manteniéndolas en óptimas condiciones para su operación normal.

#### **1.8.19.6. Mantenimiento programado**

Este mantenimiento se realiza después de un periodo de tiempo relativamente largo, el cual varía entre seis y doce meses; dependiendo del tipo de producción y maquinaria instalada. Su objetivo principal es realizar reparaciones mayores en los equipos, lo que conlleva desarmar varios componentes del mismo, para su inspección y/o cambio, e incluso, el desmontaje completo de la maquinaria.

#### **1.8.19.7. Mantenimiento predictivo**

Conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo, las cuales permiten una intervención correctiva inmediata. Esto como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo en los equipos.

#### **1.8.19.8. Mantenimiento de oportunidad**

Se caracteriza por el aprovechamiento de las paradas o periodos de desuso de las máquinas, para ejecutar las operaciones de mantenimiento. Durante este tiempo, se aprovecha a realizar las inspecciones o reparaciones necesarias, garantizando así, el buen funcionamiento de los equipos durante el siguiente periodo de utilización.

#### **1.8.19.9. Mantenimiento de actualización**

El propósito de esta opción de mantenimiento es compensar el envejecimiento de la maquinaria instalada, con las nuevas exigencias del mercado. Las mismas que al momento de la realización del montaje, no existían, o no fueron tomadas en cuenta, pero que en la actualidad sí tienen que serlo.

#### **1.8.19.10. Mantenimiento proactivo**

Cuando el departamento de conservación de una empresa, se compromete con la calidad de sus productos y ha implementado rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo, es necesaria la búsqueda de una mayor productividad a un menor costo. Para ello, el mantenimiento proactivo selecciona aquellos lubricantes y procedimientos óptimos, donde se logra incrementar la producción, disminuyendo los costos directos de energía y protegiendo la vida útil de los equipos.

### **1.9. Ahorro energético**

Se define como cualquier acción cuyo fin es hacer más eficiente el consumo de energía, sin disminuir la calidad del servicio brindado por la utilización de esta. De igual forma, se refiere a la responsabilidad que los consumidores deben tener, al hacer uso de los recursos naturales, para mejorar sus condiciones de vida y satisfacer sus necesidades.



### **1.9.1. Análisis de consumo de energía del sistema de climatización en el área de cerrado de colchones**

Actualmente, se encuentra instalado un sistema de climatización con poca capacidad para extraer el aire del ambiente en el área de cerrado de colchones. Como consecuencia, el suelo acumula residuos de pegamento y polvo; además de un aumento de calor transmitido por radiación solar, durante cierto periodo de tiempo de la jornada laboral.

Como añadidura a la problemática, se ha registrado un aumento de inversión económica en rutinas de mantenimiento correctivo para este equipo, debido a la sobrecarga de trabajo requerida.

Para calcular el consumo de energía eléctrica actual, del sistema de climatización, en el área de cerrado de colchones, se debe realizar lo siguiente:

- Determinar la cantidad y el tipo de climatizadores instalados actualmente.
- Conocer la cantidad de horas diarias de funcionamiento del sistema de climatización.
- Determinar el consumo de potencia eléctrica en *watts* para el sistema de climatización.
- Calcular el consumo actual de energía eléctrica de los climatizadores instalados.

Tabla XV. **Datos técnicos del sistema de climatización actual en el área de cerrado de colchones**

Tipo de climatizador	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente eléctrica (A)
Extractor helicoidal	1	380	15
Caudal de descarga libre (C.F.M.)	Presión sonora db(A)*	Peso aproximado (Kg.)	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al día
20	85	164	8

Fuente: SOLER & PALAU. *Manual de extractores de aire*. P. 2.

Para determinar la potencia eléctrica del sistema de climatización instalado, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$P = V * I$$

Ecuación 14

Donde:

- P: potencia eléctrica, expresada en *watts* (W)
- V: voltaje de funcionamiento, en voltios (V)
- I: corriente eléctrica de funcionamiento, en amperios (A)
- Cálculo de la potencia eléctrica del sistema de climatización actual:

$$P = (380 V) * (15 A)$$

$$P = 5\,700 W.$$

- Cálculo del consumo de energía eléctrica del sistema de climatización del área de cerrado de colchones:

$$CE = \frac{(CC) * (P) * (h) * (d)}{1\ 000} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

- CE: consumo de energía eléctrica mensual, en KW /h
- CC: cantidad de consumidores de energía eléctrica instalados
- P: potencia eléctrica, expresada en *watts* (W).
- h: número de horas al día de uso de energía eléctrica
- d: días al mes de uso de energía eléctrica
- 1 000: factor de conversión de W a K.W

Se ha determinado que para el cálculo del consumo de energía eléctrica del sistema de climatización, del área de cerrado de colchones, se debería utilizar un promedio de ocho horas por jornada laboral y 22 días al mes. Si se sustituyen estos parámetros en la ecuación 15, se obtiene.

$$CE = \frac{(1) * (5\ 700\ W) * \left(8 \frac{h}{d}\right) * (22\ d)}{1\ 000}$$

$$CE = 1\ 003,2\ KW/h$$

El resultado muestra, que en un mes de utilización del sistema de climatización instalado actualmente, en el área de cerrado de colchones, el consumo de energía eléctrica es de 1 003,2 KW/h.

### 1.9.2. Análisis de consumo de energía eléctrica en el área de cerrado de colchones

El análisis de consumo de energía eléctrica, para el área de cerrado de colchones, se delimita a los circuitos de iluminación actuales, a través del siguiente procedimiento:

- Determinar el tipo y la cantidad total de luminarias instaladas actualmente.
- Conocer la potencia eléctrica en *watts* de las luminarias.
- Determinar el número de horas que las luminarias permanecen encendidas por jornada laboral.
- Calcular el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación instalado.

Tabla XVI. **Luminarias instaladas en el área de cerrado de colchones.**

Tipo de luminarias	Cantidad	Potencia eléctrica por cada luminaria (W)	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al día
Fluorescentes	24	40	6

Fuente: elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica mensual de las luminarias instaladas, del área de cerrado de colchones, se calcula con la misma ecuación utilizada en el

sistema de climatización. Tomando en cuenta los datos de la tabla XVI, para las lámparas fluorescentes. Dando como resultado 126,72 KW/h mensuales.

### 1.9.3. Propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones

Una de las consideraciones de la propuesta de ahorro de energía para el área de cerrado de colchones, consiste en la instalación de un extractor de aire con las características técnicas que presentan en la tabla XVII.

Los extractores tipo axial de techo, se utilizan para remover grandes volúmenes de aire con un mínimo nivel sonoro, su diseño constructivo, garantiza una excelente protección contra la corrosión y ambientes de intemperie, lo que facilita sus tareas de mantenimiento. Dentro de sus aplicaciones se encuentran: cuartos de máquinas, naves industriales, bodegas de almacenamiento, centros comerciales, tiendas de autoservicio, salas de espectáculos, instalaciones deportivas, etc.

Tabla XVII. **Datos técnicos del sistema de climatización propuesto para el área de cerrado de colchones**

Tipo de climatizador	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente eléctrica (A)
Extractor axial de techo	1	460	5.9
Caudal de descarga libre (C.F.M.)	Presión sonora db(A)*	Peso aproximado (Kg.)	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al día
38	82	81	8

Fuente: SOLER & PALAU. *Manual de extractores de aire*. p. 49.

Tabla XVIII. **Costo de adquisición de un extractor axial de techo**

No.	Descripción del equipo	Precio (Q)
1	Extractor axial de techo <i>Soler &amp; Palau</i> modelo <i>Hait</i> – 1250-3 de 3 hp. Trifásico	8 349,40
1	Base para el montaje del equipo	1 050,60
1	Servicio de instalación del equipo cotizado	2 767
Costo total de la cotización		12 167,00

Fuente: elaboración propia.

Como parte de la propuesta de ahorro de energía, se plantea el cambio de las luminarias fluorescentes instaladas actualmente en el área de cerrado de colchones, por lámparas led.

Tabla XIX. **Propuesta de luminarias a instalar en el área de cerrado de colchones**

Tipo de luminaria	Cantidad	Potencia eléctrica por cada luminaria (W)	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al día
Led	24	23	8

Fuente: elaboración propia.

Una lámpara led es aquella que utiliza diodos emisores de luz como fuente de iluminación. Para llegar a la misma intensidad luminosa que otros tipos de luminarias, como las fluorescentes, los leds se agrupan en mayor o menor número, según la necesidad que se presente. Actualmente, se implementan en

cualquier aplicación, debido a sus ventajas de considerable ahorro energético, encendido instantáneo y una mayor vida útil. Como inconveniente, su adquisición representa un elevado costo inicial, el cual puede llevar algún tiempo para recuperarse.

Tabla XX. **Costo de adquisición de lámparas led**

No.	Descripción de luminaria	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)
24	Tubos led de 23 W, cada uno equivale a un tubo fluorescente de 75 W.	90	2 160
6	Bases de 2 x 4, para el montaje de lámparas tipo led de 150 cm.	70	420
Costo total de la cotización			2 580.00

Fuente: elaboración propia.

El consumo mensual de energía eléctrica, para la propuesta de ahorro energético del área de cerrado de colchones, se calcula con el mismo procedimiento utilizado para el sistema de climatización y las luminarias fluorescentes. Tomando en cuenta los datos de la tabla XIX, para las lámparas led y la tabla XVII para el extractor tipo techo a instalar, se obtiene como resultado, un consumo energético mensual de 315,74 KW/h para el sistema de climatización y 97,15 KW/h para las luminarias led.

### **1.9.3.1. Alcances de la propuesta de ahorro energético en el área de cerrado de colchones**

El alcance principal de la propuesta de ahorro energético es lograr un consumo eficiente y responsable de la energía eléctrica, mediante acciones y

cambios en el uso de equipos y la iluminación; contribuyendo así a reducir su consumo, la emisión de gases de efecto invernadero y poner en practicar la responsabilidad ambiental empresarial.

Como solución a la problemática presente en el sistema de climatización, se propone la instalación de un extractor de aire axial tipo techo. Este posee las características de ventilación y extracción, por lo que cubrirá las necesidades actuales, además de funcionar a una menor corriente eléctrica y menor emisión de ruido, respecto al extractor instalado actualmente.

La disminución de costos, por consumo de energía eléctrica en el área de cerrado de colchones, se puede llegar a beneficiar, a través de la aplicación de acciones correctivas en las instalaciones eléctricas. Definiendo la viabilidad económica de instalar luminarias tipo led, en reemplazo de las lámparas instaladas actualmente.

#### **1.9.3.2. Beneficios energéticos y económicos de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones**

La mejora que se obtiene con la propuesta de ahorro energético, es la disminución del consumo de energía eléctrica en el área de cerrado de colchones. Esto se logrará instalando un extractor de aire tipo axial de techo, para el sistema de climatización; y el cambio de las lámparas fluorescentes por luminarias led.



Tabla XXI. **Consumo de energía eléctrica actual**

Instalación	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al mes		Consumo de energía eléctrica (KW/h)	
	Mensual	Anual	Mensual	Anual
Luminarias fluorescentes	132	1 584	126,72	1 520,64
Extractor helicoidal	176	2 112	1 003,20	12 038,40
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>3 696</b>	<b>1 129,92</b>	<b>13 559,04</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Propuesta de consumo de energía eléctrica**

Instalación	Horas promedio de consumo de energía eléctrica al mes		Consumo de energía eléctrica (KW/h)	
	Mensual	Anual	Mensual	Anual
Luminarias led	176	2 112	97 15	1 16,80
Extractor tipo axial de techo	176	2 112	477 66	5 731,92
<b>Total</b>	<b>352</b>	<b>4 224</b>	<b>575 01</b>	<b>6 900,12</b>

Fuente: elaboración propia.

El beneficio energético de la propuesta en el área de cerrado de colchones es la disminución del consumo de energía eléctrica de 6 658,92 KW/h por año, lo que representa un 50,89 % del consumo anual actual.

El servicio de energía eléctrica en Diveco, S.A., es contratado a un precio de Q 1.20, por cada KW/h de consumo. Para determinar el beneficio económico que representa la propuesta de ahorro energético, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Determinar la cantidad total de KW/h que consumen por mes y año, los equipos actuales, tomando en cuenta los datos de la tabla XXI.
- Estimar la cantidad total de KW/h que consumirá la propuesta de ahorro de energía, mensual y anual, tomando en cuenta los datos de la tabla XXII.
- Calcular el costo total de energía eléctrica, mensual y anual, de los equipos actuales; al igual que para la propuesta de ahorro energético, por medio de la siguiente ecuación.

$$C_m = CC * 1,20$$

Ecuación 16

Donde:

- $C_m$ : costo mensual de energía eléctrica en quetzales (Q).
- $CC$  : consumo de energía eléctrica mensual, en KW /h.
- 1.20: precio de adquisición del servicio de energía eléctrica en quetzales (Q).

Para determinar el costo anual, se debe multiplicar el costo mensual por 12 meses.

- Por último, realizar el cálculo del beneficio económico que representa la propuesta de ahorro de energía, con la siguiente ecuación.

$$BE = CA - CP \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- BE: beneficio económico de la propuesta de ahorro de energía en quetzales (Q).
- CA: costo actual del consumo de energía eléctrica en quetzales (Q).
- CP: costo estimado que representa el consumo de energía eléctrica de la propuesta de ahorro de energía en quetzales (Q).

Sustituyendo los datos en la ecuación 17, para los equipos actuales, se obtiene.

$$C_m = 1\,129,92 \text{ KW/h} * 1,20$$

$$C_m = Q\,1\,355,90$$

Lo que da como resultado un costo de Q 1 355,90 mensuales y Q 16 270,80 al año, del consumo de energía eléctrica. Del mismo modo, al realizar este procedimiento, para determinar el costo de la propuesta de ahorro energético, se obtienen Q 690,012 por mes y Q 8 280,14 por año. Por lo que el beneficio económico anual sería:

$$BE = Q\,16\,270,80 - Q\,8\,280,14$$

$$BE = Q\,7\,990,71$$

### **1.9.3.3. Cálculo de la inversión económica de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones**

La inversión total de la propuesta de ahorro de energía es la suma del costo total de las cotizaciones realizadas, para el extractor axial tipo techo y las lámparas led. Estos datos se obtienen de las tablas XVIII y XX respectivamente. Por lo tanto, se determina de la siguiente manera:

$$\text{Inversión económica de la propuesta} = Q\ 12\ 167,00 + Q\ 2\ 580,00$$

$$\text{Inversión económica de la propuesta} = Q\ 14\ 747$$

### **1.9.3.4. Cálculo del tiempo estimado de recuperación de la inversión económica de la propuesta de ahorro de energía en el área de cerrado de colchones**

Para el cálculo del tiempo estimado de la recuperación de inversión económica de la propuesta se utiliza la siguiente ecuación:

$$PRI = \frac{\text{Inversión económica de la propuesta}}{BE} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$PRI = \frac{Q\ 14\ 747}{Q\ 7\ 990,71}$$

$$PRI = 1,85 \text{ años}$$

El tiempo aproximado de recuperación económica para la propuesta de ahorro de energía, en el área de cerrado de colchones, sería de un año y diez meses.

Tabla XXIII. **Resultados económicos de la propuesta de ahorro de energía del área de cerrado de colchones**

Inversión económica inicial (Q)		Costo del consumo de energía eléctrica (Q)		Beneficio económico (Q)	
Extractor axial	Luminarias led	Mensual	Anual	Mensual	Anual
12 167	2 580	690,01	8 280,14	665,88	7 990,71

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resultados del análisis energético de la propuesta de ahorro de energía del área de cerrado de colchones**

Consumo de energía eléctrica (KW/h)		Beneficio energético (KW/h)		Período de recuperación de inversión	
Mensual	Anual	Mensual	Anual	Meses	Años
575,01	6 900,12	554,91	6 658,92	22,15	1,85

Fuente: elaboración propia.

## 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

### 2.1. Propuesta de ubicación de una cerradora automática

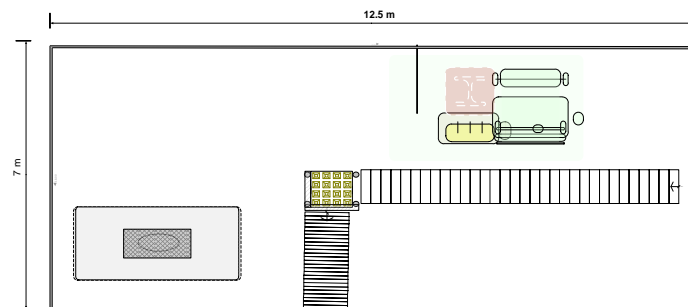
#### 2.1.1. Plano de ubicación actual

Para realizar la propuesta de ubicación de una cerradora automática, es necesario considerar el espacio disponible actual. A continuación se presentan los planos de las áreas a tomar en cuenta, dentro de la planta de producción, para el montaje de este equipo.

##### 2.1.1.1. Área de colchones

Dentro de los equipos instalados en el área de colchones se encuentran: una cortadora de rollos de tela y una máquina de costura, esta última, utilizada para la elaboración de modelos de camas especiales.

Figura 20. Plano actual del área de colchones

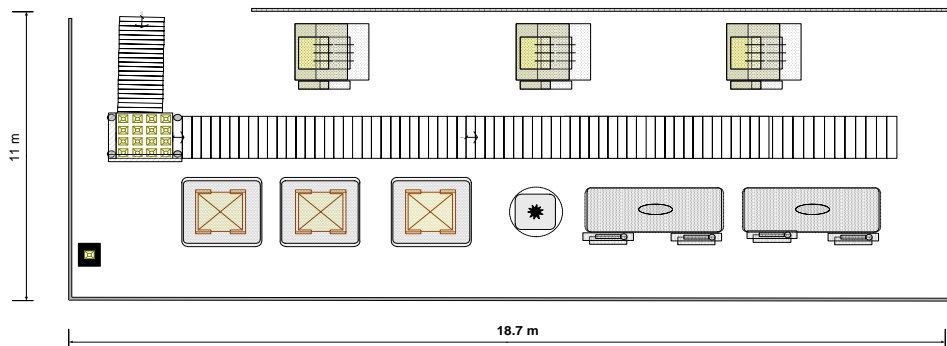


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.1.2. Área de cerrado de colchones

En el área de cerrado de colchones, se encuentran ubicadas: tres máquinas utilizadas para la realización de bordes, tres máquinas de pegado y dos cerradoras semiautomáticas; además de una estación de control de calidad.

Figura 21. Plano actual del área de cerrado de colchones



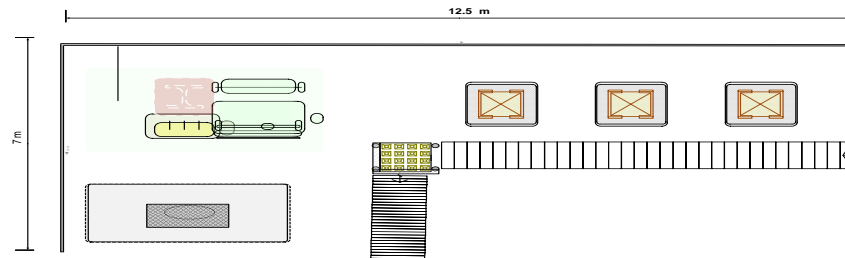
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.2. Plano de reubicación de áreas

#### 2.1.2.1. Área de colchones

De los dos equipos que forman parte de la opción de reubicación, se decidió que la cortadora deberá moverse, porque la máquina de costura es demasiado pesada; y su movimiento implicaría mayor costo y tiempo, comparado con la cortadora. Por lo tanto, la readequación de esta área se presenta en la figura 22, donde se muestran las tres máquinas de pegado, las cuales se deberán trasladar del área de cerrado de colchones, así como el cambio de lugar de la cortadora.

Figura 22. **Plano de reubicación del área de colchones**

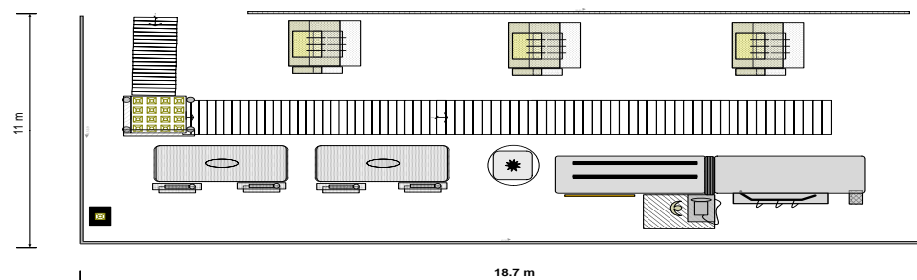


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.2.2. **Área de cerrado de colchones**

La reubicación de esta área se propone en la figura 23, la cual muestra: tres máquinas utilizadas para la realización de bordes, dos cerradoras semiautomáticas y la estación de control de calidad, añadiendo una cerradora automática al proceso. Esta última se instalaría en el lugar donde se encuentran ubicadas las cerradoras semiautomáticas actualmente. Este movimiento de equipos no altera la línea de producción actual, por lo que se puede considerar como confiable y favorable para la elaboración de colchones en la empresa Diveco, S.A.

Figura 23. **Plano de reubicación del área de cerrado de colchones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



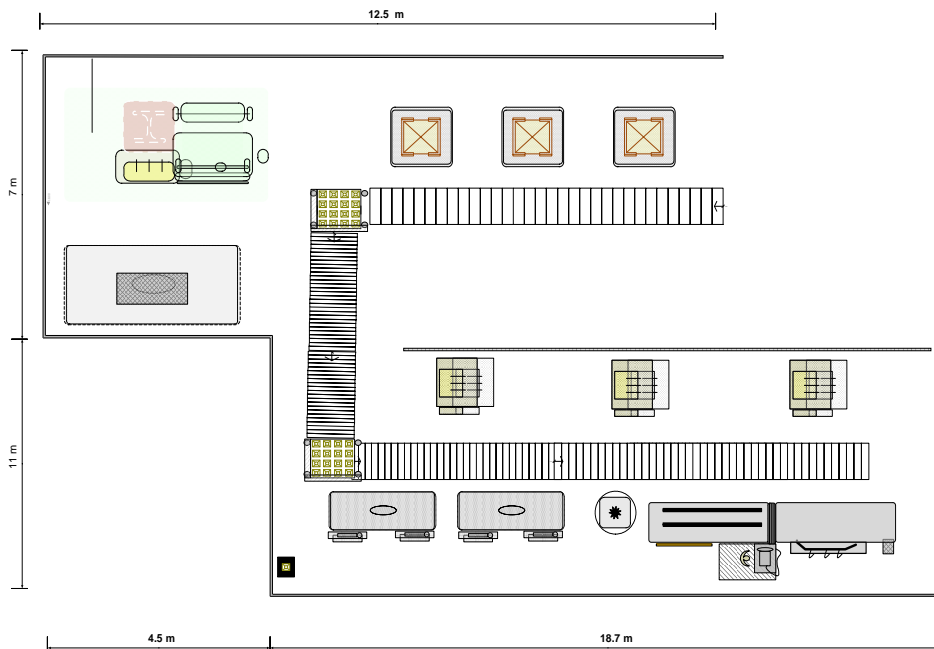
### 2.1.3. Propuesta de ubicación

La propuesta de ubicación para el montaje de una cerradora automática utilizada en el proceso de elaboración de colchones, se representa en un plano donde se muestran los movimientos de los equipos a reubicar en cada área.

#### 2.1.3.1. Plano de ubicación propuesta

La figura 24 representa la ubicación que se propone para realizar el montaje de una cerradora automática en el área de cerrado de colchones, sin afectar la línea de producción actual.

Figura 24. Propuesta de ubicación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

## 2.2. Propuesta para el montaje de una cerradora automática

El departamento de mantenimiento es el encargado de la planificación, coordinación y ejecución del montaje de una cerradora automática en Diveco, S.A. Sería conveniente tener una imagen de esta máquina instalada en el presente trabajo, sin embargo, la empresa maneja este tipo de información como específica y confidencial. Esto se debe a que el equipo forma parte del proceso de producción de colchones dentro de la planta, y la obtención pública de esta, podría significar alguna ventaja para la competencia en el mercado de estos productos en Centro América.

A continuación, la tabla XXV muestra el cronograma de actividades a realizar para el montaje de una cerradora automática en Diveco, S.A.

Tabla XXV. **Cronograma de actividades para la realización del montaje de una cerradora automática en Diveco, S.A.}**

No.	Descripción de actividades.	Duración
1	Desmontaje y movimiento de cortadora de rollos de tela en el área de colchones.	1 día
2	Desmontaje y reubicación de tres máquinas de pegado del área de cerrado de colchones hacia el área de colchones, en el espacio que ocupa actualmente la cortadora de rollos de tela.	2 días
3	Realización de pruebas de arranque y funcionamiento de cortadora de rollos de tela y máquinas de pegado.	1/2 día
4	Desmontaje y movimiento de dos cerradoras semiautomáticas dentro del área de cerrado de colchones y realización de pruebas.	1 día
5	Traslado de bodega de almacenamiento y realización del montaje de una cerradora automática en el área de cerrado de colchones.	3 días
6	Realización de instalaciones neumáticas y eléctricas para una cerradora automática en el área de cerrado de colchones.	1 día
7	Reapriete de pernos de anclaje al suelo y revisión de todos los sistemas de fijación de la máquina y pruebas de arranque y marcha.	1/2 día

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### **2.2.1. Materiales, herramientas y equipo necesarios para el montaje de una cerradora automática**

- Materiales
  - Materiales eléctricos
  - Materiales neumáticos
  - Sistema de amortiguamiento o aislante de vibraciones
  - Pernos de anclaje
  
- Herramientas y equipo
  - *Pallets* de 2,5 toneladas
  - Montacargas de 2,5 toneladas
  - Herramientas de corte
  - Herramientas de sujeción
  - Herramientas de fijación
  - Instrumentos de medición
  - Equipo de seguridad industrial

### **2.2.2. Cimentación para una cerradora automática**

La inversión económica inicial para la construcción de un cimiento para cualquier máquina, generalmente, es una pequeña fracción del monto total por la compra de la misma, de sus accesorios, instalaciones y componentes.

Existen diferentes métodos de análisis para cimentaciones, dependiendo del tipo de maquinaria, los cuales toman en cuenta las cargas estáticas y dinámicas que perjudiquen el funcionamiento del equipo a instalar. Por lo que

es de gran importancia el conocimiento del peso y movimiento dinámico generado por este.

Se debe elaborar un plano con las dimensiones de la máquina a cimentar (ver figuras 4 y 5 para las dimensiones de la máquina). Además de contar con la siguiente información; la cual es necesaria para concluir si es indispensable la construcción de un cimiento:

- Estudio del suelo donde se construirá la cimentación: en el caso particular de la cerradora automática, no se cuenta con esta información para el área de cerrado de colchones. Por lo que se procedió a investigar los resultados de trabajos de infraestructura realizados anteriormente en esta área, con la ayuda del encargado de infraestructura y construcción de la empresa Diveco, S.A.
- Las cargas estáticas del equipo: en este caso, se considera el peso de la cerradora automática, el cual es de 1 300 kg = 1,3 toneladas (ver tabla II), y las dimensiones de la misma: 7,8 metros de largo, 2,15 metros de largo y 1,82 metros de altura.
- El estudio del comportamiento de cargas dinámicas de la máquina: tomando en cuenta las condiciones para su realización, las cuales se mencionan en la tabla IV, del presente trabajo, se puede descartar este análisis, debido a que el peso de la cerradora automática es menor a 2 270 kg. A esta condición se puede añadir que el tipo de operación de la máquina es de extrema precisión, por lo que los movimientos provocados por esta deben ser exactos para el proceso de cerrado que conlleva cada modelo de colchón.

- Velocidad de funcionamiento de la máquina: este valor es de 1 400 R. P. M para un motor eléctrico de 4 KW., según los datos dados por el fabricante de la cerradora automática a instalar (ver tabla II).
- Los efectos producidos por las vibraciones de la máquina en operación.
- Las amplitudes máximas admisibles para la frecuencia operacional de la máquina: este procedimiento se realiza para concluir el tipo de severidad de las vibraciones ocasionadas por los movimientos de la misma, debido a su velocidad de operación.
- Localización de pernos de anclaje, tuberías, y ranuras de conexión: estas condiciones, son especificaciones dadas por el fabricante, por lo tanto, se toma en cuenta la instalación eléctrica y neumática del equipo y los pernos de anclaje.

Al no poseer ningún registro de información para la cerradora automática, respecto a los incisos e) y f) del apartado 2.2.2., puede analizarse la severidad de vibración a través de la figura 8 del presente trabajo, para una velocidad de operación de 1 400 R. P. M., (ver eje de tabla II) y una amplitud máxima admisible para frecuencia operacional de 0,09 mm. horizontal y 0,06 mm. vertical, estos últimos dos datos se obtienen de la tabla V, respectivamente.

Al realizar el análisis con la amplitud máxima admisible vertical y las revoluciones por minuto, en la figura mencionada, la intersección de ambos datos brinda una severidad ocasionada por la velocidad de operación que se encuentra por debajo de la categoría extremadamente suave.

Por medio de la figura 9, se puede revisar la percepción a través de la amplitud de vibración pico a pico, esta es el doble de la amplitud vertical máxima admisible para la frecuencia operacional, en este caso su valor es de 0,12 mm. Este dato, junto a la velocidad de operación, muestran un resultado que se denomina como: apenas perceptible.

Lo cual da como resultado, que la cerradora automática producirá oscilaciones poco perceptibles para los operadores del área de cerrado de colchones, el suelo y la estructura.

Por lo tanto, el diseño y construcción de cualquier tipo de cimentación para esta máquina, sería una inversión económica innecesaria, ya que se ha descartado el estudio de cargas dinámicas para este equipo. Por lo que las vibraciones que ocasiona al estar en funcionamiento, pueden controlarse por medio de algún aislador o amortiguamiento, que se adecúe a la necesidad presente.

### **2.2.3. Enclavamiento o anclaje al suelo**

En la realización del montaje de una cerradora automática que se utilizará en el proceso de cerrado de colchones, esta deberá anclarse al suelo. Garantizando así su funcionamiento óptimo y la seguridad del operador

#### **2.2.3.1. Pernos**

La posición de los pernos de anclaje para este equipo, se especifica en el catálogo del fabricante. Según esta recomendación, se deben colocar en las esquinas de cada soporte o pata, de tal manera que la cerradora automática

quede nivelada respecto al aislador de vibraciones y al terreno donde se desea realizar el montaje.

Los pernos que se han de utilizar, deben colocarse agregando una tuerca y una arandela, con la finalidad de resistir la tracción que se pueda transmitir. La arandela soportará la carga de tensión por aplastamiento en el perno, la cual será disminuida a través del aislador de vibraciones.

La tabla XXVI, presenta las especificaciones del perno a utilizar para el montaje de una cerradora automática.

Tabla XXVI. **Especificaciones del perno a utilizar para el montaje de una cerradora automática**

Perno (mm.)	Diámetro nominal (mm.)	Altura de ajuste (mm.)
M12 X 120	12	120

Fuente: elaboración propia.

El perno a utilizar es de rosca métrica, de paso basto, medido en milímetros, con un ángulo rosca de 60°. Se ha elegido ese tipo de rosca porque la concentración de cargas y por ende los esfuerzos, son menores respecto a la rosca de paso fino.

La rosca de paso basto posee mayor resistencia a la fatiga, asegurando así un anclaje más eficiente. Esto se debe a que su acoplamiento es mejor, porque los filetes son más profundos y poseen una mayor superficie de contacto. Además de ser más económico. La tabla XXVII presenta las dimensiones para pernos de rosca métrica.

Tabla XXVII. **Dimensiones para pernos de rosca métrica**

Diámetro nominal D=d (mm)	Paso P (mm)	Diámetro interior d <sub>3</sub> (mm)	Diámetro medio d <sub>2</sub> (mm)	Profundidad de la rosca H <sub>1</sub> (mm)	Radio del fondo r (mm)	Área de esfuerzo de tracción (mm <sup>2</sup> )
10	1.50	8.160	9.026	0.812	0.217	57.99
12	1.75	9.853	10.863	0.947	0.253	84.27
16	2.00	13.546	14.701	1.083	0.289	156.7
20	2.50	16.933	18.376	1.353	0.361	244.8
22	2.50	18.933	20.376	1.353	0.361	303.4

Fuente: FAIRES, V. M. *Diseño de elementos de máquinas*. p. 108.

### 2.2.3.2. Longitud de rosca

Se tomará en cuenta la longitud de rosca del perno a utilizar, ya que esta indica la parte roscada del mismo. Esta se calcula de la siguiente forma, debido a que la longitud del vástago del perno elegido es menor a 120 mm.

$$L_t = 2d + 6mm \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

- L<sub>t</sub>: longitud de rosca en milímetros
- D: diámetro del perno en milímetros



Sustituyendo los valores para la ecuación 19 se tiene.

$$L_t = 2 (12 \text{ mm}) + 6 \text{ mm}$$

$$L_t = 30 \text{ mm.}$$

### 2.2.3.3. Área de esfuerzo de trabajo

Se denomina también como área de esfuerzo de tracción. Para los pernos de rosca métrica a utilizar, se calculará para definir la concentración de cargas en un área específica del mismo, y poder así compararla con los parámetros establecidos. Esto con el fin de determinar si se ha elegido correctamente el enclavamiento al suelo de la cerradora automática.

Su cálculo se presenta a continuación:

$$A = (0,7854) * (d - 0,9382p)^2 \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

- A: área de esfuerzo de tracción
- d: diámetro nominal del perno en milímetros
- p: paso de rosca en milímetros (ver tabla XXVII)

Por lo tanto, sustituyendo los datos requeridos para el área de esfuerzo de tracción para el perno elegido será:

$$A = (0,7854) * ((12 \text{ mm}) - 0,9382 (1,75 \text{ mm}))^2$$

$$A = 84,27 \text{ mm}^2$$

Lo que da como resultado un área de esfuerzo de tracción de 84,27 mm<sup>2</sup>, que es el dato sugerido según la tabla XXVII.

#### 2.2.3.4. Factor de seguridad

Este se determina calculando el esfuerzo producido por la carga a soportar, considerando el área de esfuerzo de tracción del perno como la parte del perno que estaría propensa a ceder por fatiga. El resultado obtenido se debe relacionar con el esfuerzo de tensión que se especifica en la tabla XXVII, para un diámetro de 1/2 pulgada, que es el equivalente a 12 milímetros.

Tomando en cuenta las condiciones de funcionamiento del equipo, las cuales descartan el estudio de cargas dinámicas, se deberá calcular este factor utilizando el peso de 1 300 kg. Por lo tanto, el esfuerzo a soportar es de 1 542,72 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla XXVIII. **Esfuerzos de tensión y de corte para pernos, según su diámetro y anclaje**

Diámetro (pulgadas)	Anclaje mínimo (mm)	Esfuerzo mínimo en el concreto (kg/cm <sup>2</sup> )		
		Tensión	Corte	
		141 a 352	141	211
¼	64	91	227	227
3/8	76	227	499	499
1/2	100	431	907	907
5/8	100	680	1 247	1 361

Fuente: ROSSEL, Clemens Juan. *Resistencia de pernos de acero usados como anclajes en concreto*. p. 215.

Entonces, el cálculo del factor de seguridad se establece de la siguiente manera:

$$FS = \frac{\sigma_S}{\sigma_T} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- $\sigma_s$  : esfuerzo a soportar por el perno en  $kg/cm^2$
- $\sigma_t$  : esfuerzo mínimo en el concreto en  $kg/cm^2$  (ver tabla XXVIII)

Sustituyendo los datos en la ecuación 21, se obtiene.

$$FS = \frac{1\,542,72\, kg/cm^2}{431\, kg/cm^2}$$

$$FS = 3,6$$

A continuación se presentan en la tabla XXIX, los valores de los factores de seguridad recomendados para diferentes tipos de carga aplicada y materiales utilizados en la colocación de pernos de rosca métrica, de paso basto.

**Tabla XXIX. Valores mínimos recomendados para factores de seguridad al realizar el análisis por fatiga**

Tipo de carga	Factor de servicio según el tipo de material	
	Material	Factor de servicio
Estática o variable, bajo análisis de fatiga	Acero, metales dúctiles	3 - 4
	Hierro fundido, metales frágiles	1.5 - 2
	Madera de construcción	5 - 7

Fuente: FAIRES, V. M. *Diseño de elementos de máquinas*. p. 120.

Por lo tanto, el resultado de la sustitución de datos en la ecuación 21, muestra un factor de seguridad para cada perno a utilizar en el montaje de una cerradora automática de 3.6. Por sus características se encuentra en el rango de resistencia máxima bajo el análisis de fatiga, para el acero utilizado en su fabricación, lo cual se especifica en la tabla XXIX. Esto demuestra que cumple con las condiciones de anclaje al suelo, garantizando el funcionamiento óptimo del equipo y disminuyendo el riesgo de operación del personal encargado.

#### **2.2.4. Amortiguamiento**

El manual técnico del fabricante de la cerradora automática, recomienda un sistema de amortiguamiento que se adecúa a las necesidades de operación del equipo.

Por lo tanto, se propone un tipo aislador de vibraciones o antivibrante. Este debe estar fabricado de caucho para los fines de absorción de ruidos y aislamiento además, deberá colocarse uno en cada esquina de la máquina, esto quiere decir que se necesitan cuatro en total.

##### **2.2.4.1. Amortiguamiento o aislante de vibraciones**

Como medida de identificación del porcentaje de aislamiento, se deberá realizar el cálculo de transmisibilidad de vibraciones a estructuras y máquinas aledañas a la cerradora automática.

Uno de los requerimientos para este cálculo es que la velocidad de giro de la máquina debe estar dimensionada en ciclos por segundo o *hetz.*, cuyo valor es de 146,61, ya que la ecuación 10, que se encuentra en la sección 1.8.16.4., del presente trabajo así lo especifica.

Por lo tanto, la transmisibilidad de vibraciones producidas se determina de la siguiente forma:

$$T = \frac{1}{\left(\frac{146,61 \text{ hz.}}{25 \text{ hz.}}\right)^2 - 1}$$
$$T = 0,029$$

Ahora se procederá a calcular el aislamiento y porcentaje de aislamiento que la cerradora automática obtendrá con la colocación del aislador de vibraciones de caucho que se ha elegido para el montaje de esta máquina.

Para este cálculo se deben tomar como referencia, las ecuaciones 11 y 12, de la sección 1.8.16.4. Esto quiere decir que es necesario tomar en cuenta la transmisibilidad de 0,029.

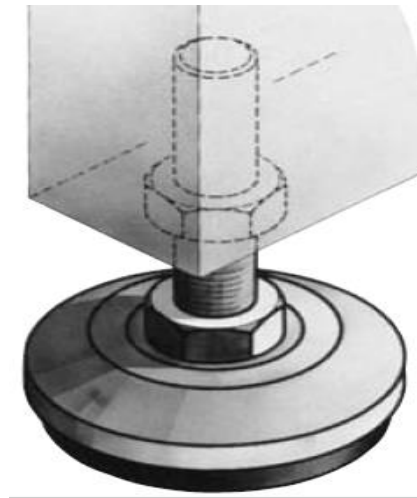
Sustituyendo los datos requeridos, se obtiene.

$$A = (1 - 0,029)$$
$$A = 0,97$$
$$\% A = (1 - 0,029) * 100$$
$$\% A = 97 \%$$

El resultado muestra un porcentaje de aislamiento del 97 %. Esto quiere decir que la elección del aislador de vibraciones es la adecuada, ya que el porcentaje mínimo requerido para considerar como aislada a una máquina es del 90 %.

La figura 25, muestra el aislador de vibraciones propuesto para el montaje del equipo, el cual incluye al perno de anclaje y la arandela, tal y como se mencionó en la sección 2.2.3.1.

Figura 25. **Aislador de vibraciones propuesto**



Fuente: Antivibrantes rosta. *Manual de absorción de vibraciones e impactos*. p. 125.

Se deberá determinar la relación de frecuencias, tal y como lo especifica la ecuación 13 de la sección 1.8.16.5., para verificar el tipo de condición de la máquina. Sustituyendo los datos requeridos para este cálculo se obtiene.

$$\lambda = \frac{146,61 \text{ hz.}}{25 \text{ hz.}}$$
$$\lambda = 5,86$$

El resultado muestra una relación de frecuencias mayor que dos, por lo que el aislamiento es eficiente para contrarrestar las vibraciones, además de mostrar una efectividad claramente definible para la absorción de ruidos

producidos por el equipo y que podrían transmitirse al suelo, tal y como se muestra en la tabla XIV.

Para corroborar el rango de aislamiento, que el antivibrante le brindará a la cerradora automática, se debe analizar por medio de la figura 18.

El intersección de la transmisibilidad de 0,029, ubicada en el eje vertical y la relación de frecuencias de 5,86, en el eje horizontal; demuestra que al utilizar este tipo de aislador de vibraciones en el montaje del equipo, se garantizará que la máquina se encuentre fuera del estado de resonancia. Por lo tanto, la elección de aislamiento es la adecuada y podría catalogarse como totalmente eficiente.

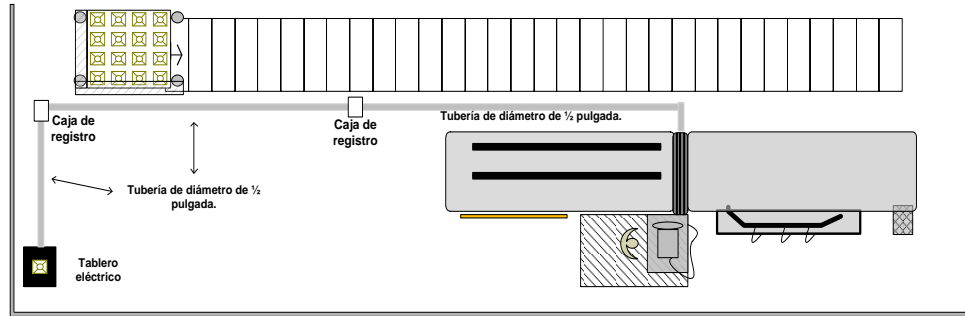
### **2.2.5. Instalaciones eléctricas**

Para la propuesta de realización de las instalaciones eléctricas se tomaron en cuenta los materiales a utilizar, así como el voltaje y la corriente eléctrica que la máquina necesita para funcionar correctamente, esto implica que los conductores a instalar deben ser los apropiados para esta condición.

#### **2.2.5.1. Plano de instalaciones eléctricas**

La figura 26, muestra el plano de las instalaciones eléctricas que forman parte del montaje de una cerradora automática en la empresa Diveco, S.A.

Figura 26. **Plano de instalaciones eléctricas**

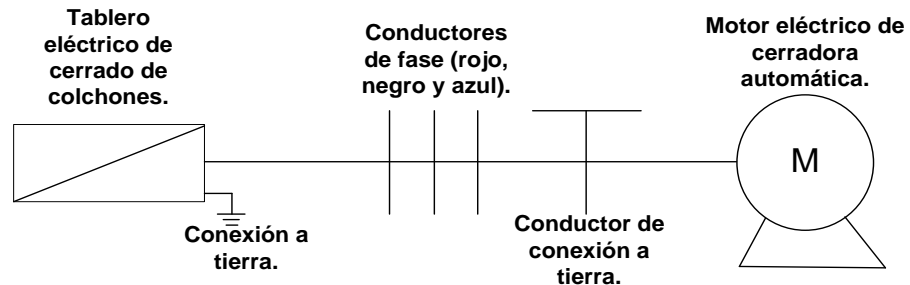


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

### 2.2.5.2. **Plano de circuito eléctrico**

Complementando el plano de las instalaciones eléctricas, la figura 27 representa el circuito eléctrico de corriente alterna trifásica del equipo a instalar. El cual define que los tres conductores eléctricos de cada fase, al igual que el conductor para la conexión a tierra, provienen del tablero eléctrico del área de cerrado de colchones.

Figura 27. **Plano de circuito eléctrico**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio



### 2.2.5.3. Calibre y tipo de conductor eléctrico

Por medio de la ecuación 1, se determinó el diámetro del conductor de cada uno de los cables de la instalación eléctrica. La máquina funciona con corriente alterna trifásica, estas condiciones determinan una caída de tensión máxima admisible de 2 voltios, según las especificaciones de la tabla VIII.

El material apropiado a utilizar para cada uno de los conductores es el cobre, ya que el proceso de operación de la máquina implica una conductividad eléctrica de 70°C además de considerar el costo accesible del mismo. Por cuestiones de diseño, se determinó que la longitud necesaria de tubería E.M.T. sería de 25 m.

Por lo tanto, la determinación del área de sección para la potencia eléctrica de 4 000 *watts* y el voltaje de funcionamiento de 380 voltios del equipo según la tabla II es.

$$S = \frac{(4\ 000\ W)(25\ m)}{\left(48\ \frac{m}{\Omega\ mm^2}\right)(2\ v)(380\ v)}$$

$$S = 2,74\ mm^2$$

Tomando en cuenta que el diámetro resultante es de 2,74 mm<sup>2</sup>, la tabla X recomienda que el conductor debe ser A.W.G. calibre 12. Según las condiciones de operación de la máquina el tipo de aislante del cable debe ser de tipo R.H.W., tal y como lo indica la tabla VII, este protegerá a la instalación contra la humedad y el fuego, las dos condiciones anteriores se especifican en la tabla VI.

#### **2.2.5.4. Determinación del *breaker* a instalar**

Como medida de protección se debe realizar el cálculo del *breaker* a instalar. Se necesita especificar la cantidad de corriente eléctrica que circulará por la instalación por medio de la ecuación 3, ya que los datos con los que se cuenta son de voltaje y potencia eléctrica.

$$I = \frac{4000 W}{380 v}$$

$$I = 10.53 A$$

El resultado anterior muestra que se necesita un *breaker* de 10,53 amperios. Debido a que los fabricantes de estos dispositivos no distribuyen de esta capacidad en el mercado, se determinó que se utilizará el amperaje inmediato superior debería instalarse, esto quiere decir que se adquirirá uno de 15 amperios.

#### **2.2.5.5. Listado de materiales**

A continuación se presenta el listado de materiales perteneciente a la instalación eléctrica de la máquina, la cual se realizará por debajo del suelo ya que el proceso de producción de colchones no permite conexiones aéreas de este tipo.

- 9 tubos de 1/2 pulgada E.M.T., aproximadamente de 3 m cada uno
- 2 vueltas E.M.T. de 1/2 pulgada
- 2 conectores E.M.T. de 1/2 pulgada
- 2 cajas de registro tipo C de 1/2 pulgada

- 2 cajas de registro tipo LL de 1/2 pulgada
- 27 abrazaderas de 1/2 pulgada
- 25 m de cable A.W.G. calibre 12 color rojo
- 25 m de cable A.W.G. calibre 12 color negro
- 25 m de cable A.W.G. calibre 12 color azul
- 25 m de cable A.W.G. calibre 12 color verde
- *Breaker* trifásico tipo industrial de 15 amperios

Los precios cotizados para el listado de materiales se presentan en el anexo 1.

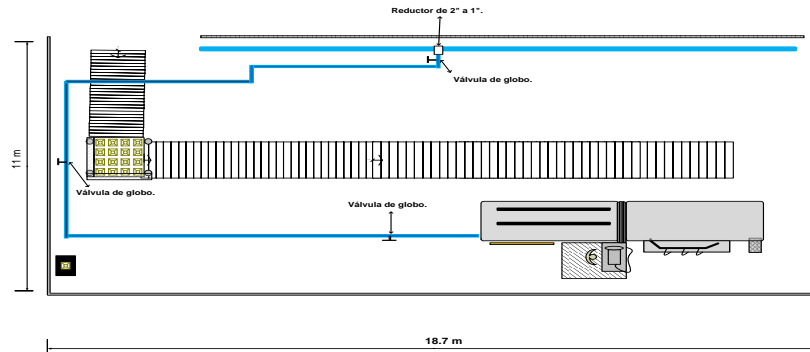
### **2.2.6. Instalaciones neumáticas**

Para la propuesta de realización de las instalaciones neumáticas se tomaron en cuenta los componentes a utilizar, así como los cálculos necesarios para proponer el diámetro de la tubería de servicio perteneciente a la cerradora automática; teniendo como referencia la presión que posee el compresor de distribución para el área de cerrado de colchones y la que recomienda el manual de la máquina para funcionar correctamente.

#### **2.2.6.1. Plano de instalaciones neumáticas**

La figura 28 muestra el plano de las instalaciones neumáticas que forman parte del montaje de una cerradora automática en la empresa Diveco, S.A. En el cual se marca el recorrido a realizar desde el reductor de diámetro instalado en la tubería secundaria, hasta el punto de conexión principal de aire comprimido perteneciente a la máquina. Con la finalidad de realizar la propuesta del diámetro de la tubería de servicio.

Figura 28. **Plano de instalaciones neumáticas**

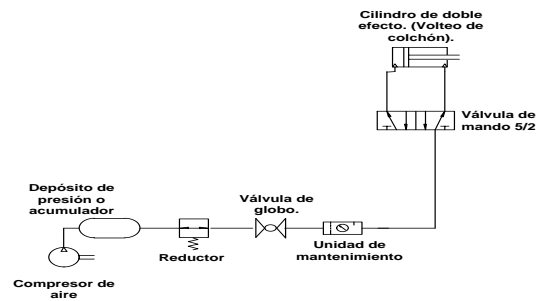


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 2.2.6.2. **Plano de circuito neumático**

Complementando el plano de las instalaciones neumáticas, la figura 29 representa el circuito neumático del equipo a instalar. Este define los componentes de la instalación tales como el compresor y el acumulador conectados actualmente en la red de distribución de aire comprimido del área de cerrado de colchones.

Figura 29. **Plano de circuito neumático**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.3. Diámetro de la tubería de servicio para la instalación neumática

La red de distribución cerrada de aire comprimido para el área de cerrado de colchones, tiene instalada una tubería secundaria de dos pulgadas de diámetro, la cual se encuentra conectada a un compresor cuya capacidad es de 200 PSI. Por lo tanto se debe determinar el diámetro a utilizar en la tubería de servicio para la instalación neumática de la cerradora automática.

Es necesario conocer la presión de demanda que requiere la máquina para su funcionamiento. Este cálculo se realiza por medio de la ecuación 4, tomando en cuenta que  $P_1$  es de 0,6 MPa., lo que es igual a 87,02 PSI., según los datos técnicos que se muestran en la tabla II.

Dadas las condiciones anteriores, la presión de demanda se determina de la siguiente manera.

$$P = (87,02 \text{ PSI}) + (87,02 \text{ PSI} * 0,06) + (2 \text{ PSI}) + (2,13 \text{ PSI})$$

$$P = 96,37 \text{ PSI}$$

A continuación se debe calcular el caudal total necesario para la instalación por medio de la ecuación 5, estableciendo que la tabla II define 10 C.F.M como el consumo de aire comprimido que requiere el funcionamiento del equipo.

Por lo tanto, el caudal total necesario para la instalación de la cerradora automática es.

$$Q_T = [10 \text{ C.F.M.} + (10 \text{ C.F.M.} * 0,05) + (10 \text{ C.F.M.} * 0,10) + (10 \text{ C.F.M.} * 0,30)]$$

$$Q_T = 14,5 \text{ C.F.M.}$$

Basándose en el análisis de la figura 28 se puede realizar un estimado de la longitud de tubería que se necesitará además de un listado de los accesorios a para dicha instalación, pudiendo evaluar únicamente la cantidad y el tipo, no así el diámetro de los mismos, ya que estos dependerán directamente del diámetro calculado para la línea de servicio.

Tabla XXX. **Accesorios a utilizar en la línea de servicio para la instalación neumática**

Tipo de accesorio	Cantidad
Reductor de 2 " a 1 "	1
Codo de 90 <sup>0</sup>	5
Tees	5
Válvula de globo	3
Unidad de mantenimiento o filtro separador	1

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el cálculo de longitud equivalente total requiere de un diámetro para su realización, se determinó que la propuesta de este debería ser de una pulgada.

Para determinar esta condición, es necesario tomar en cuenta la cantidad de accesorios establecida en la tabla XXX. La cual se debe multiplicar por el factor que corresponde a cada uno, basándose en los datos de la tabla XII.

Por ejemplo, para los cinco codos de 90<sup>0</sup>, la longitud equivalente es la siguiente.

$$\text{Longitud equivalente de codos} = (5 * 2,62)$$

$$\text{Longitud equivalente de codos} = 13,1 \text{ pies}$$

Se utilizó el factor de pérdida por fricción de 2,62, porque es el que pertenece a este accesorio para el diámetro de una pulgada.

A continuación se presentan los resultados de la longitud equivalente por los accesorios a colocar en la instalación neumática.

**Tabla XXXI. Longitud equivalente por accesorios**

Tipo de accesorio	Cantidad	Factor de pérdida por fricción en accesorio.	Longitud equivalente por accesorio. (ft)
Reductor de 2 " a 1 "	1	0,165	0,165
Codo de 90 <sup>0</sup>	5	2,62	13,1
Tees	5	1,05	5,25
Válvula de globo	3	29,1	87,3
Unidad de mantenimiento o filtro separador	1	1,32	1,32
Longitud equivalente por accesorios			107,14

Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia la figura 28 se determinó que se necesitan 30 metros o 98.4 pies de tubo de acero inoxidable. Esta cantidad debe sumarse a la longitud equivalente por accesorios para determinar la longitud equivalente total de la tubería, tal y como lo establece la ecuación 6.

$$L_T = 107,14 \text{ ft} + 98,4 \text{ ft}$$

$$L_T = 205,54 \text{ ft}$$

Añadido a esto se debe calcular el factor de compresión de aire, para lo cual la presión manométrica a utilizar es de 14.7 PSI y la presión de la máquina de 87.02 PSI. Sustituyendo los datos requeridos por la ecuación 7 se obtiene.

El siguiente paso es determinar, por medio de la ecuación 8, la pérdida de presión total que se hará presente en la instalación neumática. Lo que conlleva a encontrar el factor de pérdida de presión en la tubería por medio de la tabla XV, ya que la intersección del diámetro propuesto de una pulgada y el caudal de 15 C.F.M. dan como resultado 4.9.

Por lo tanto, la pérdida de presión total que provoca la instalación neumática perteneciente a la cerradora automática es la siguiente.

$$P_T = \frac{(4,9 * 205,54 \text{ ft})}{(6,92 * 1000)}$$

$$P_T = 0,145 \text{ PSI}$$

Por último, es necesario conocer el porcentaje de pérdida de presión utilizando la ecuación 9, ya que se relacionan la pérdida de presión total y la presión de demanda.



$$\%_p = \frac{0,145 \text{ PSI} * 100}{93,37 \text{ PSI}}$$

$$\%_p = 0,151 \%$$

El resultado de 0,151 % muestra que la elección del diámetro propuesto de una pulgada es el indicado para la tubería de servicio.

#### **2.2.6.4. Listado de componentes neumáticos**

A continuación se presenta el listado de componentes pertenecientes a la instalación neumática de la máquina.

- 30 m de tubería galvanizada de 1”
- 5 codos galvanizados de 1 “
- 5 tees galvanizadas de 1”
- 3 válvulas de globo galvanizadas de 1”
- 1 reductor galvanizado de 2” a 1”
- 1 unidad de mantenimiento
- 2 adaptadores de manguera de 8 mm
- 10 soportes tipo rodillo para sostener la tubería galvanizada de 1”

Los precios cotizados para el listado de materiales se presentan en el anexo 2.

### 2.3. Propuesta de mantenimiento preventivo para una cerradora automática

La propuesta de mantenimiento preventivo para una cerradora automática se dividirá en rutinas diarias y semanales, las cuales realizará el operador de la máquina. Además se establecerán los procedimientos mayores que cada tres y seis meses estarán a cargo por un técnico del departamento de mantenimiento de la empresa Diveco, S.A.

#### 2.3.1. Rutinas de mantenimiento preventivo

Las técnicas a aplicar en la continuidad de cada una de las prácticas de mantenimiento, tienen como fin conservar el equipo en óptimas condiciones para su funcionamiento.

Tabla XXXII. **Mantenimiento preventivo diario**

Actividad a realizar	Descripción de actividad
Limpieza	Limpiar y verificar si la aguja con la que se coserán los colchones, se encuentra en buen estado y colocada correctamente.
	Limpiar el lugar donde se ubicará el hilo que cerrará los colchones, haciendo uso de un cepillo de cerdas duras,
	Remover los residuos de hilo y polvo que puedan estar presentes en el equipo
Mantenimiento mecánico	Lubricar con aceite ISO 32 el riel de movimiento por donde se desplazará el colchón.
	Verificar la presión de aire comprimido en el manómetro que se ubica en la unidad de mantenimiento de la máquina.
	Verificar el funcionamiento de los rodillos de la banda transportadora por donde circulará el colchón para su proceso de cerrado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Mantenimiento preventivo semanal**

Actividad a realizar	Descripción de actividad
Limpieza	Verificar si la aguja con la que se coserán los colchones, se encuentra en buen estado y colocada correctamente.
	Limpiar el lugar donde se ubicará el hilo que cerrará los colchones, haciendo uso de un cepillo de cerdas duras,
	Remover los residuos de hilo y polvo que puedan estar presentes en el equipo.
Mantenimiento mecánico	Lubricar con aceite ISO 32 el riel de movimiento por donde se desplazará el colchón.
	Lubricar los vástagos de los cilindros neumáticos encargados del levantamiento del colchón, con aceite ISO 32.
	Verificar la presión de aire comprimido en el manómetro que se ubica en la unidad de mantenimiento de la máquina.
	Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento de aire comprimido (revisar, desmontar, cambiar empaques y filtros si fuera necesario).
Mantenimiento eléctrico	Revisar los mandos eléctricos del panel del operador. No utilizar ningún producto abrasivo o químico, para su limpieza porque puede arruinar la superficie del mismo.
	Revisar la conexión eléctrica de los contactos de los mandos eléctricos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Mantenimiento preventivo mensual**

Actividad a realizar	Descripción de actividad
Limpieza	Verificar si la aguja con la que se coserán los colchones, se encuentra en buen estado y colocada correctamente.
	Remover los residuos de hilo y polvo que puedan estar presentes en el equipo.
	Limpiar el cabezal.
Mantenimiento mecánico	Abrir el compartimento de la barra que guía la aguja de costura, limpiar y aceitar. Esto evitará el desgaste innecesario de las distintas partes de la máquina y también los atascamientos
	Lubricar con aceite ISO 32 el riel de movimiento por donde se desplazará el colchón.
	Lubricar los vástagos de los cilindros neumáticos encargados del levantamiento del colchón, con aceite ISO 32.
	Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento de aire comprimido.
	Ajustar los diferentes tornillos de los mecanismos de la máquina, para evitar que las piezas se muevan de su posición y sea precisa la costura del colchón.
Mantenimiento eléctrico	Remover con aire comprimido las partículas de polvo de todos los accesorios eléctricos.
	Medir las magnitudes eléctricas de funcionamiento de la máquina, corriente eléctrica y voltaje específicamente. Para evitar que el equipo esté forzando su operación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Mantenimiento preventivo trimestral**

Actividad a realizar	Descripción de actividad
Limpieza	Retirar la tapa donde se ubican los hilos con un destornillador y proceder a la limpieza de la bobina y el interior de la máquina, utilizando aire comprimido.
Mantenimiento mecánico	Lubricar con aceite ISO 32, el portahilos de la máquina de coser.
	Revisar el mecanismo de movimiento de agujas.
	Desmontar y nivelar la unidad de mantenimiento, lavar con desengrasante.
	Lubricar con aceite ISO 32 el riel de movimiento por donde se desplazará el colchón.
	Lubricar los vástagos de los cilindros neumáticos encargados del levantamiento del colchón, con aceite ISO 32.
	Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento. Ajustar los diferentes tornillos de los mecanismos de la máquina, para evitar que las piezas se muevan de su posición y sea precisa la costura del colchón.
Mantenimiento eléctrico	Utilizar limpia contactos para limpiar el panel de control.
	Revisar la instalación eléctrica de los pedales que controlan la velocidad de costura de la máquina.
	Realizar las mediciones de corriente eléctrica y voltaje específicamente. Para evitar que el equipo esté forzando su funcionamiento o exista la posibilidad de un corto circuito.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Mantenimiento preventivo semestral**

Actividad a realizar	Descripción de actividad
Mantenimiento mecánico	Lubricar con aceite vegetal ISO 32 el riel de movimiento por donde se desplazará el colchón.
	Lubricar los vástagos de los cilindros neumáticos encargados del levantamiento del colchón, con aceite ISO 32.
	Ajustar los diferentes tornillos de los mecanismos de la máquina, para evitar que las piezas se muevan de su posición y sea precisa la costura del colchón.
	Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento de aire comprimido (revisar, desmontar, cambiar empaques y filtros si fuera necesario).
	Revisar y engrasar el sistema de bandas transportadoras, ruedas dentadas de la caja reductora de velocidad con grasa grado 2.
	Desmontar, cambiar empaques y filtros si fuera necesario de la unidad de mantenimiento de aire comprimido.
	Cambiar el <i>looper</i> y <i>spreader</i> , estas dos piezas se encargan de la costura del cerrado de colchones.
Mantenimiento eléctrico	Realizar las mediciones de magnitudes eléctricas de funcionamiento, corriente eléctrica y voltaje específicamente.
	Desmontar y revisar aislante eléctrico del motor encargado del movimiento de la banda transportadora del colchón.

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.2. Herramientas y materiales para mantenimiento preventivo**

El aceite recomendado para lubricación de equipos de confección en planta DIVECO, S.A. es un aceite mineral ISO 32. Las bases y aditivos de este permiten una máxima protección contra el desgaste y resistencia al agua. Se puede adquirir en cualquier ferretería, y es el que se debe aplicar tanto para lubricación diaria y semanal de los mecanismos y sistema neumático de la cerradora automática, ya que también es usado para garantizar el máximo rendimiento de las líneas de aire comprimido.

La grasa que se debe utilizar en el sistema de bandas transportadoras del colchón y caja reductora de velocidad es de grado dos, por su consistencia blanda y protección contra la corrosión para estas partes de la máquina, en específico porque se adecúa a la funcionalidad de la misma en los arranques en frío.

El material dieléctrico o limpia contactos para realizar las rutinas de limpieza de los mandos eléctricos y el panel de control del operador, no debe poseer ningún tipo de químico que pueda deteriorar la superficie del mismo.

Entre las herramientas a utilizar para las rutinas de mantenimiento preventivo se encuentran:

- Destornilladores de cabeza plana y cruz.
- Llaves mecánicas, por ejemplo: *allen*, inglesa, extensible, combinadas, para apretar o ajustar las piezas móviles de la máquina.
- Multímetro para realizar las mediciones eléctricas.

### 2.3.3. Repuestos necesarios para mantenimiento preventivo

Como parte de la propuesta de mantenimiento preventivo para una cerradora automática se recomienda el siguiente listado de repuestos, los cuales evitarán paros innecesarios en la producción del cerrado de colchones.

Tabla XXXVII. Listado de repuestos para una cerradora automática

Cantidad	Nombre del repuesto
20	Tira hilo.
20	Barras de agujas.
20	<i>Spreaders</i>
20	<i>Loopers</i>
20	Dientes prensa tela para cerradoras industriales.
2	Rodillos para la banda transportadora del colchón..
1	Caja de agujas para cerradoras industriales.
1	Caja de tornillos para ajuste de agujas.
2	Cojinetes de bola sellados número 6204.
2	Tornillo sin fin recto.
1	Engrane recto o rueda dentada de 20 dientes.
1	Engrane recto o rueda dentada de 10 dientes.

Fuente: elaboración propia.





### **3. FASE DE DOCENCIA**

#### **3.1. Trascendencia y alcance de las capacitaciones**

En la actualidad las capacitaciones en las empresas son de vital importancia, porque contribuyen al desarrollo personal y profesional de los empleados. Su principal función es mejorar el presente y ayudar a construir un futuro para que los trabajadores puedan superarse continuamente.

Mediante el contenido de la información transmitida en estas actividades, los participantes tienen la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos, y/o actualizarlos. Las mismas deben realizarse mediante técnicas y métodos que ayuden a aumentar su competencia laboral, para desempeñarse con éxito en su puesto de trabajo, permitiendo a su vez a las empresas alcanzar sus metas.

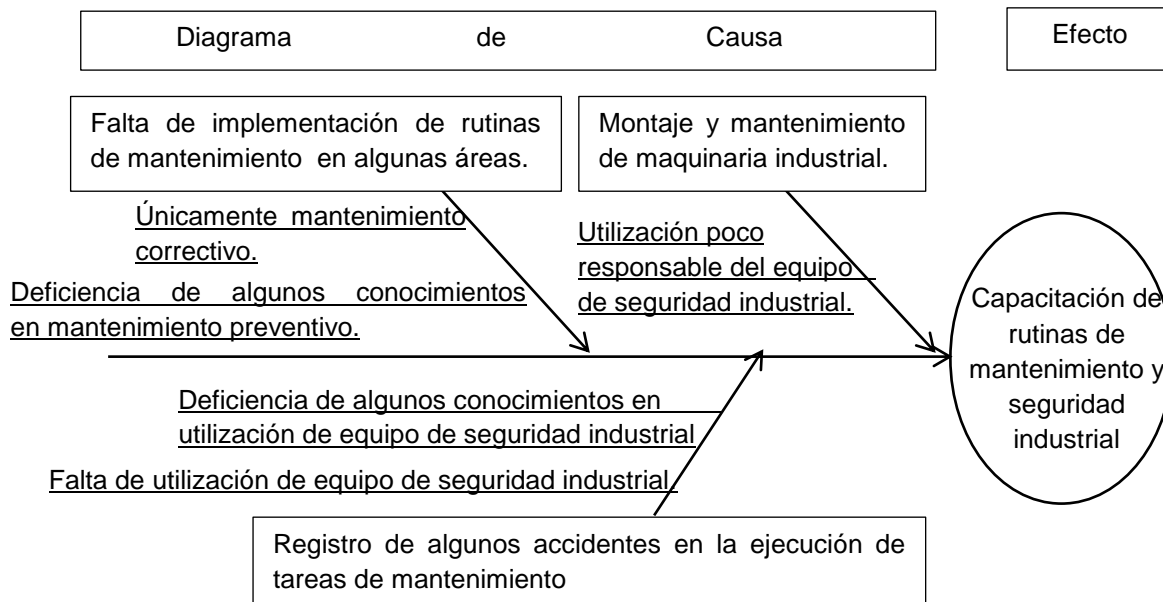
#### **3.2. Justificación**

Un plan de capacitación para el personal encargado de ejecutar las tareas de mantenimiento en Diveco, S.A, surge por las causas que se especifican en la figura 30. Las cuales hacen referencia que en algunos sectores de la planta de producción, se implementa únicamente el mantenimiento correctivo, ya que no se toman en cuenta los beneficios que conlleva la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo.

Añadido a esto, se observó que el equipo de seguridad industrial es utilizado de una manera poco responsable en la realización del montaje y mantenimiento de maquinaria industrial. Además se especifica que han ocurrido

algunos accidentes durante la ejecución de estos procedimientos, por falta de información de las personas encargadas.

Figura 30. **Diagnóstico para la realización de un plan de capacitación al personal de mantenimiento en Diveco, S. A.**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 3.3. Objetivos del plan de capacitación

#### 3.3.1. Objetivo general

Desarrollar las ventajas y beneficios de la ejecución de rutinas de mantenimiento y la utilización de equipo de protección y seguridad industrial, en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial.

### 3.3.2. Objetivos específicos

- Establecer los beneficios de la implementación de rutinas de mantenimiento preventivo en el mejoramiento del funcionamiento de maquinaria industrial.
- Dar a conocer la importancia del uso de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de la maquinaria industrial dentro de la planta de producción para los técnicos de mantenimiento.

### 3.4. Recursos

La tabla XXXVIII, presenta los recursos humanos y materiales necesarios para la realización de la capacitación.

Tabla XXXVIII. Recursos para la capacitación

Recursos	Descripción	Cantidad
Recursos humanos	Técnico electricista	4
	Técnico mecánico industrial	3
Recursos materiales	Sala de conferencias	1
	Sillas	8
	Equipo de audiovisuales	1
	Casco de seguridad industrial	2
	Chaleco refractario	1
	Lentes de seguridad industrial	1
	Careta de seguridad <i>full face</i> contra vapores orgánicos	2
	Guantes de cuero	2
	Guantes para manejo de químicos	4
	Hojas de papel bond	25
	Lapiceros	10

Fuente: elaboración propia.

### **3.5. Contenido de las capacitaciones**

A partir del diagnóstico realizado, se determinó el desarrollo de los temas y actividades de cada exposición, la cual se dividió en cuatro capacitaciones, ya que se añadieron los contenidos de hidrantes y extintores, respectivamente. Esto implicó el visto bueno del departamento de mantenimiento de la empresa Diveco, S.A. y la asignación de un presupuesto por parte del encargado de impartirlas.

#### **3.5.1. Capacitación sobre la ejecución de rutinas de mantenimiento en maquinaria industrial**

A continuación se presenta un resumen de los temas expuestos al personal de mantenimiento en esta capacitación:

- **Mantenimiento:** es un servicio que agrupa una serie de actividades, cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, construcciones civiles e instalaciones.
- **Departamento de mantenimiento:** su principal función es conservar la maquinaria, herramienta y cualquier equipo de trabajo, en buenas condiciones. Esto permite un mejor desenvolvimiento del personal operacional, evitando los riesgos de paro del proceso de producción.
- **Mantenimiento preventivo:** surge por la necesidad de reducir las reparaciones correctivas y todo lo que esto representa. Su finalidad es realizar rutinas de mantenimiento e inspecciones periódicas a los equipos, logrando así, su preservación y funcionamiento óptimo.

- Clasificar a los equipos: según la función que las máquinas realicen dentro de una empresa, así será su clasificación. Iniciando con los equipos críticos; que son aquellos categorizados indispensables para mantener la calidad de los productos y servicios que se brindan.
- Implementar técnicas preventivas: son procedimientos e inspecciones constantes que se realizan a las máquinas. Tomando en cuenta, desde técnicas empíricas, hasta un análisis de vibraciones y temperatura de las mismas; lo cual permitirá la detección de posibles fallas.
- Programar rutinas de mantenimiento preventivo: es la calendarización y asignación de las revisiones que se harán a los equipos, apoyándose en manuales, experiencia del personal, datos recopilados y cualquier otro medio. Con el fin de elaborar un plan de mantenimiento preventivo específico para cada máquina instalada.
- Almacenar repuestos adecuados: se deben realizar las gestiones necesarias para la compra de partes y accesorios críticos de las máquinas, obteniendo así, la garantía de la ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo programadas.
- Garantizar la disponibilidad de los equipos: organizar junto a las áreas de involucradas en el proceso de producción, la manera que se puedan realizar las rutinas establecidas. Con el fin de disminuir los tiempos de paro y garantizar su funcionamiento óptimo a futuro.
- Rutinas de mantenimiento preventivo en maquinaria industrial: preparación y concientización del personal de mantenimiento sobre las normas y procedimientos a llevar a cabo en la ejecución de las tareas

establecidas. Lo que conlleva a la necesidad de analizar las mejoras continuas que pueden introducirse, tanto técnica como económicamente en mantenimiento.

### **3.5.2. Capacitación sobre la utilización de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial**

A continuación se presenta un resumen de los temas expuestos al personal de mantenimiento en esta capacitación:

- Montaje de maquinaria industrial: se refiere a los procedimientos prácticos realizados, por el personal del departamento de mantenimiento, en la instalación de cualquier tipo de máquina que se utilizará dentro del proceso de producción de una fábrica.
- Orden y limpieza en el área de trabajo: el desorden y la suciedad pueden ser causas de accidentes. Para garantizar una mayor eficiencia en sus labores se recomienda: almacenar las herramientas de trabajo en forma ordenada y segura, no acumular desechos, recoger inmediatamente cualquier derrame que se pueda producir.
- Equipo de seguridad industrial: hace referencia a prendas de vestir, accesorios, etc., cuya función principal es proteger al trabajador de riesgos a los que se enfrenta, al realizar las tareas de montaje y mantenimiento de maquinaria industrial. Su uso correcto puede evitar un accidente, o disminuir las consecuencias del mismo.

- Antes de su utilización, verificar que el equipo se encuentre en perfectas condiciones y que ha pasado las revisiones pertinentes del personal encargado. En caso de encontrar algún desperfecto, o sufrir algún percance durante su uso, se debe comunicar inmediatamente al jefe superior para poder asignar uno nuevo.
  
- Clasificación de equipos de seguridad industrial utilizados en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial:
  - Equipo de seguridad industrial para riesgos mecánicos: se fabrica de materiales resistentes que protegen a la persona contra golpes, pinchazos, rozaduras, e impactos.
  
  - Equipo de seguridad para riesgos eléctricos: hace referencia al que se utiliza cuando se trabaja en lugares donde se puedan provocar descargas eléctricas.
  
  - Equipo de seguridad contra agentes químicos: elaborados para proteger de los efectos que un compuesto químico determinado pueda ocasionar al tener contacto con este.
  
  - Equipo de seguridad para trabajos de altura: se refiere a las medidas de protección que se utilizan en instalaciones que no se encuentran al nivel del suelo.
  
  - Equipo de seguridad para trabajos de altura: se refiere a las medidas de protección que se utilizan en instalaciones que no se encuentran al nivel del suelo.



- Equipo de seguridad contra fuego y calor: las prendas de vestir y accesorios fabricados para este fin, poseen una marca que indica el grado de protección que brindan contra los cambios de temperatura y otras condiciones de este tipo.

### **3.5.3. Capacitación sobre hidrantes**

A continuación se presenta un resumen de los temas expuestos al personal de mantenimiento en esta capacitación:

- Definición de fuego: es la condición de aumento de temperatura en materias, sólidas, líquidas o gaseosas, cuyo efecto es una llama.
- Tipos de fuegos:
  - Fuegos tipo A: ocurren sobre materiales sólidos. Por ejemplo: plástico, papel, madera y telas.
  - Fuegos de tipo B: se generan debido a líquidos. Por ejemplo: gasolina, aceites, grasas y pinturas.
  - Fuegos de tipo C: provocados por equipos, materiales e instalaciones, cuyo funcionamiento se realiza a través de la corriente eléctrica.
- Hidrante: es un aparato de almacenamiento de agua, el cual se diseña para proporcionar un flujo considerable de este recurso en caso de ocurrir cualquier incendio.

- Hidrantes de interiores: frecuentemente ubicados en el interior de fábricas, edificios y oficinas. Su instalación se realiza dentro de un gabinete metálico o de plástico el cual suele estar cerrado con un vidrio. Sus componentes son: válvula de globo, manómetro indicador de presión, manguera contra incendio, boquilla de descarga de agua. Para su operación, se recomienda abrir ligeramente la llave así se evitan daños provocados por la manguera.
- Hidrantes de exteriores: situados en áreas externas, con el suficiente espacio para que los bomberos puedan acoplar el equipo que utilizan para este tipo de emergencias. Cabe mencionar que un hidrante debe manipularse con tres personas.
- Utilización de un hidrante: el procedimiento más básico para usar un hidrante es el siguiente. Romper el vidrio del gabinete, desenrollar la manguera, abrir la válvula de paso de agua y luego hacer lo mismo con la boquilla ubicada en el extremo libre de la manguera. Por último, dirigir la descarga de líquido hacia la base del fuego.

#### **3.5.4. Capacitación de extintores**

A continuación se presenta un resumen de los temas expuestos al personal de mantenimiento en esta capacitación.

- Extintor: es un equipo portátil de forma cilíndrica, diseñado para rociar una cantidad de fluido específico almacenado en su interior, el cual se utiliza como defensa para apagar un incendio. Su ubicación debe estar al alcance de las personas, además de especificar la clase a la que

pertenece, de acuerdo con los materiales inflamables que se manejen en el área donde se colocará.

- Tipos de extintores: se clasifican según la clase de fuego para el que resultan eficientes. Algunos son aptos para el control de los tipos A, B y C, aunque también existen para combinaciones de dos categorías, aunque ciertos extintores son de usos especiales. Por ejemplo: extinguidor tipo K, el cual se utiliza en incendios producidos en cocinas.
- Durante un incendio, se recomienda usar el extintor solamente cuando sea seguro hacerlo. Esto se debe a que si la amenaza de expansión o bloqueo de las rutas de escape existe, o en caso extremo aumenta, el mejor procedimiento es evacuar el lugar inmediatamente.

### **3.6. Metodología**

Basándose en las condiciones del lugar donde se impartiría la capacitación, se determinó que la manera más conveniente de realizarla sería a través de la implementación de recursos audiovisuales. Por medio de una exposición apoyada en una secuencia definida de diapositivas.

Como complemento, se utilizaron algunos equipos de protección personal; con el fin de realizar demostraciones del uso adecuado de los mismos, junto a los técnicos de mantenimiento.

Por último, se realizó una prueba de evaluación a los participantes para determinar el grado de conocimientos adquiridos en esta capacitación. La metodología implementada representó costos accesibles, además de recursos materiales de fácil manejo por el encargado de impartir la exposición.

Figura 31. **Capacitación al personal de Diveco, S. A.**



Fuente: elaboración propia.

### **3.7. Planificación de actividades**

La tabla XXXIX presenta el cronograma de las actividades realizadas en el plan de capacitación impartido al personal de mantenimiento de la empresa Diveco, S.A.

Tabla XXXIX. **Cronograma de actividades de la capacitación**

Actividad	Fecha de realización	Duración (min)
Capacitación sobre la ejecución de rutinas de mantenimiento en maquinaria industrial.	05 de agosto de 2016	45
Capacitación sobre la utilización de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de maquinaria industrial.		45
Receso y refacción.		20
Capacitación sobre hidrantes.		25
Capacitación sobre extintores.		20
Realización de evaluación.		30

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Presupuesto de gastos para realizar la capacitación

La tabla XL muestra el presupuesto utilizado en la realización de la capacitación expuesta al personal de mantenimiento de la empresa Diveco, S.A.

Tabla XL. **Presupuesto utilizado en la capacitación**


Descripción de gasto	Costo (Q)
Impresión de evaluaciones	10
Lapiceros	20
Refacción	70
Total	100

Fuente: elaboración propia.

### 3.9. Evaluación

Se realizó una evaluación a cada uno de los participantes de la capacitación, dándole énfasis a los temas relacionados al montaje y mantenimiento de maquinaria industrial tal y como se muestra en la figura 32.

Figura 32. Formato de evaluación

		<b>EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN IMPARTIDA AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.</b> <b>EPS ING MECÁNICA USAC, AGOSTO 2016.</b>	
Nombre		Firma	
Puesto			
Impartida por			
<b>Instrucciones</b>			
De los siguientes enunciados, subraye la opción que usted considere correcta, según los temas impartidos en la capacitación.			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Uno de los objetivos del mantenimiento preventivo.               <ol style="list-style-type: none"> <li>Disminuir las fallas de los equipos.</li> <li>Detener el proceso de producción.</li> <li>Reparar a los equipos.</li> <li>Optimizar la vida útil de los equipos.</li> </ol> </li> <li>Una consideración que justifique la clasificación de los equipos por parte del departamento de mantenimiento.               <ol style="list-style-type: none"> <li>Garantizar el funcionamiento del equipo.</li> <li>Disminuir tiempo invertido en mantenimiento.</li> <li>Seguimiento y control de las rutinas preventivas establecidas.</li> <li>Almacenar repuestos para las rutinas de mantenimiento.</li> </ol> </li> <li>Una ventaja de establecer un plan de ejecución de rutinas de mantenimiento preventivo en los equipos.               <ol style="list-style-type: none"> <li>Mayor confiabilidad de los equipos.</li> <li>Mejoramiento de ambiente laboral.</li> <li>Disminución del trabajo de mantenimiento.</li> <li>Aumento de órdenes de mantenimiento.</li> </ol> </li> <li>Importancia del orden y limpieza en su área de trabajo, al momento de realizar el montaje de máquinas.               <ol style="list-style-type: none"> <li>Realización del trabajo en menor tiempo.</li> <li>Paso libre del personal.</li> <li>Garantiza la seguridad al personal.</li> <li>Movimientos innecesarios.</li> </ol> </li> <li>Importancia de capacitar al personal en la utilización de equipo de seguridad industrial en el montaje y mantenimiento de equipos.               <ol style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de tiempo laboral.</li> <li>Garantizar un servicio de mayor calidad.</li> <li>Aumento de conocimientos.</li> <li>Prevenir accidentes en mantenimiento.</li> </ol> </li> </ol>			

Fuente: elaboración propia.

### 3.10. Resultados

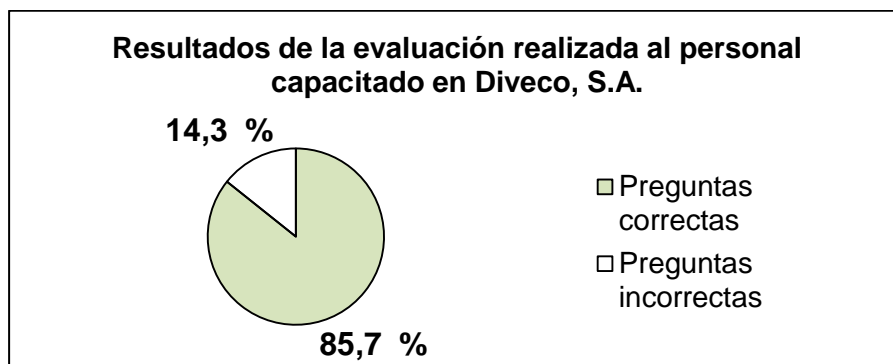
Se procedió a tabular los resultados de las preguntas realizadas al personal capacitado, los cuales se presentan en la tabla XLI. Estos se utilizaron para medir el porcentaje de comprensión de los contenidos impartidos y determinar si se cumplieron los objetivos establecidos.

Tabla XLI. **Resultados tabulados de la evaluación realizada al personal capacitado**

Número de pregunta	Respuesta correcta	A	B	C	D
1	A	6	0	0	1
2	A	6	0	1	0
3	A	6	0	0	0
4	C	0	0	6	1
5	D	0	1	0	6

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Gráfica de resultados de la evaluación realizada al personal capacitado**



Fuente: elaboración propia.

Según la gráfica de la figura 33, se puede observar que el porcentaje de comprensión de la capacitación impartida al personal fue del 85,7 %. Este resultado muestra que se concientizó al trabajador de las ventajas y beneficios que se obtienen en la implementación de rutinas de mantenimiento preventivo, así como la utilización del equipo de seguridad industrial en estas actividades y en los montajes de máquinas dentro de una planta de fabricación de colchones.

## CONCLUSIONES

1. La propuesta de ubicación del montaje de la cerradora automática involucra el movimiento de una máquina de costura del área de colchones, al espacio disponible dentro de la misma.
2. Se determinó que el aislador de vibraciones debe ser de caucho y poseer una frecuencia de 25 hz., con un porcentaje de aislamiento del 97 % y una transmisibilidad de 0,0029.
3. Se propuso colocar un perno de rosca métrica de 120 milímetros de altura de ajuste y 12 milímetros de diámetro en cada una de las patas de la máquina, para proporcionar la estabilidad que se requiere durante la operación del equipo.
4. La planificación de rutinas de mantenimiento preventivo para las partes mecánicas con mayor índice de desgaste en esta máquina, considera la lubricación mensual, trimestral y semestral de las mismas, haciendo uso de un aceite lubricante ISO 32 y una grasa lubricante de grado 2.
5. Los componentes necesarios para la instalación eléctrica de una cerradora automática deben ser galvanizados de media pulgada de diámetro. Se deben utilizar cuatro conductores eléctricos calibre 12 A.W.G., con un aislante protector contra fuego y humedad cada uno para realizar la conexión. Esto conlleva a proponer un *breaker* tipo industrial de 15 amperios.



6. Se realizaron los cálculos de las pérdidas de presión para la instalación neumática, los cuales resultaron menores al 6 % establecido. Esto implica que la tubería de servicio y accesorios seleccionados deben ser de un diámetro de una pulgada.
  
7. Se propuso colocar una unidad de mantenimiento al equipo, garantizado así que la máquina no falle al momento del cerrado de los colchones.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al jefe del departamento de mantenimiento, implementar un plan de conservación de las máquinas encargadas del cerrado de colchones, el cual mejore continuamente el servicio que estas brindan a la industria de la fabricación de camas. Esto con el fin de reducir el tiempo de reparaciones innecesarias en los equipos, tomando en cuenta que se puede llegar a prevenir este tipo de inconvenientes los cuales representan costos que no son de beneficio para la producción.
2. Para la realización del montaje de una cerradora automática, se recomienda utilizar aisladores de vibraciones de caucho que posean una frecuencia de 25 hz. Esto se debe a que el diseño y construcción de un cimiento para este tipo de máquina, involucraría un gasto monetario que no sería conveniente realizar para el departamento de mantenimiento, ya que se logra aislar en un 97 % la transmisión de las oscilaciones provocadas por el funcionamiento del equipo con la instalación de los antivibrantes.
3. Invertir tiempo en la capacitación del personal del área de mantenimiento sobre los riesgos a los que se enfrentan al realizar cualquier rutina de trabajo si no poseen las herramientas, materiales y equipos necesarios para su ejecución.
4. Fomentar y mejorar dentro del departamento de producción un plan contra incendios, donde se tome en cuenta el peligro que afronta una

empresa dedicada al proceso de fabricación de colchones respecto a este tema.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Airsum. *Manual de antivibradores, teoría de aislamiento*. España: Rubes, 2009. 125 p.
2. Antivibrantes rosta. *Manual de absorción de vibraciones e impactos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2007. 200 p.
3. Atlas Copco *Manual de fundamentos de aire comprimido*. Argentina: Atlas Corpoco, 160 p.
4. *Cálculo de las caídas de tensión*. México: 2003. 55 p.
5. CARNICER, E. *Aire comprimido teoría y cálculo de las Instalaciones*. España: Gustavo Gili, 1977. 400 p.
6. DOMÍNGUEZ, Roni. *Características de los cables eléctricos: partes, calibre y ampacidad*. [En línea]. <[www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1](http://www.faradayos.blogspot.com.mx/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html?m=1)> [Consulta: 4 de junio de 2016].
7. FAIRES, V. M. *Diseño de elementos de máquinas*. 4a ed. México: Montaner y simon, 250 p.
8. GROOVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. 3a ed. México: McGraw Hill, 850 p.

9. MARTÍNEZ PADRÓN, Vianey. *Cimentación para maquinaria*. [En línea]. <[www.areadecalculo.com/monograficos/maquivibra/Guia\\_Cimentaciones\\_para\\_maquinas\\_vibrantes.html](http://www.areadecalculo.com/monograficos/maquivibra/Guia_Cimentaciones_para_maquinas_vibrantes.html)>. [Consulta: 20 de junio de 2016].
10. Norgreen. *Manual de productos para la conducción de aire comprimido*, Littleton, CO. USA: McGraw Hill, 1997. 97 p.
11. RICHART, Junior. *Vibraciones en suelos y cimientos*. 4 a ed. Editorial McGraww Hill, 1987. 200 p.
12. ROSALES, Robert. *Manual de mantenimiento industrial*. México: CECSA. 155 p.
13. TORRES, Fernando. *Análisis de vibraciones e interpretación de datos*. DIDYF. Universidad de Zaragoza.14 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cotización de materiales para la realización de la instalación eléctrica



Fecha: 28/07/16

Hora: 13:36:28

Página: 1

N.I.T. 152931-5

Nombre DIVECO, S.A.

Dirección 48 AVE. 1-56 ZONA 3 MIXCO COL. EL R

Comentario (Obra)

Proforma No. 1465888

Guatemala, 28/07/16

Forma de Pago: CR

Código	Cantidad	Catálogo	Descripción	Precio Unitario	Totales
VUE38	2	9500500	VUELTA EMT 1/2" 'ARGOS'	4.1800	8.36
CDD01	2	9570055	CONECTOR DUCTON/EMT 1/2"	1.4300	2.86
TUD51	9	EMT ECO 1/2"	TUBO EMT 1/2"X3MT	19.4100	174.69
CLT10	2	OLL-2987-C	CONDULET LL DE 1/2" CON TAPADERA	15.2800	30.56
CLT27	2	OC-2989-C	CONDULET C DE 1/2" CON TAPADERA	15.8800	31.76
AT001	27	6H0	ABRAZADERA PARA CIELO "HANGER" 1/2"	1.4800	39.96

Entrega

Valor Total en Quetzales Q.

288.19

Vigencia 1 días

LOS PRECIOS YA INCLUYEN I.V.A.

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

MATERIAL SUJETO A PREVIA VENTA

F) \_\_\_\_\_

Vendedor VRO03 Tp: STN

CARLOS JICHA/22027504 ROOSEVELT

SI PAGA CON CHEQUE EMITIR A NOMBRE DE:

Fuente: empresa Celasa.

