



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

REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO

Juan Carlos Marín Álvarez

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE
EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS MARÍN ÁLVAREZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

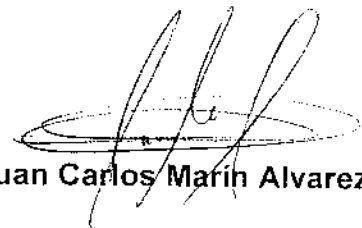
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 16 de mayo de 2011.



Juan Carlos Marín Álvarez

Guatemala, 08 de abril de 2013

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Por este medio hago constar que asesoré, revise y doy por finalizado el trabajo de graduación del estudiante **JUAN CARLOS MARÍN ALVAREZ** quien se identifica con Cédula de Vecindad No. A-1 1230776 y número de carné 2006 11528 de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial en su trabajo de graduación con el tema **“REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO”**.

Atentamente,  **Carlos Humberto Pérez Rodríguez**
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
No. de colegiado 3071

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.093.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Marín Álvarez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. Roberto Valle González
Ingeniero Industrial
Colegiado 2605*

Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.230.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Marín Álvarez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 614.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Marín Álvarez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de septiembre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por todas sus bendiciones a lo largo de toda mi vida.
Mis padres	Por su amor y apoyo incondicional.
Mis hermanos	Por ser los mejores compañeros en la vida.
Mis abuelos	Por todo su amor y sus sabios consejos.
Mis tíos	Por su cariño y apoyo a mi familia
Mis primos	Por todo su cariño y ser como hermanos.
Mis amigos	Por su amistad, apoyo y vivencias a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todas sus bendiciones a lo largo de toda mi vida.
Mis padres	Por su amor y apoyo incondicional.
Mis hermanos	Por ser los mejores compañeros en la vida.
Mis abuelos	Por todo su amor y sus sabios consejos.
Mis tíos	Por su cariño y apoyo a mi familia.
Mis primos	Por todo su cariño y ser como hermanos.
Mis amigos	Por su amistad, apoyo y vivencias a lo largo de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Empresa	1
1.1.1. Historia.....	1
1.1.2. Ubicación	3
1.1.3. Planeación estratégica	3
1.1.3.1. Misión	3
1.1.3.2. Visión	4
1.1.3.3. Valores.....	4
1.1.4. Actividad productiva.....	4
1.1.5. Organigrama	4
1.1.6. Tipo de empresa	6
1.1.7. Jornadas de trabajo	6
1.1.8. Tipo de producción	7
1.1.9. Materia prima.....	7
1.1.10. Productos.....	8
1.1.10.1. Alambre trefilado.....	8
1.1.10.2. Alambre para amarre.....	9
1.1.10.3. Alambre galvanizado	9

	1.1.10.4.	Alambre espigado	10
	1.1.10.5.	Clavo	11
	1.1.10.6.	Grapa	12
	1.1.10.7.	Malla ciclón.....	13
1.2.		Diseño de planta	13
	1.2.1.	Tipo de techo.....	13
	1.2.2.	Tipo de piso.....	13
	1.2.3.	Tipo de iluminación	14
	1.2.4.	Tipo de ventilación	14
1.3.		Distribución de la planta	15
	1.3.1.	<i>Lay-out</i> de la planta actual	15
2.		SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO ...	17
	2.1.	Trefilado de alambre	17
	2.1.1.	Descripción de maquinaria	17
		2.1.1.1. Inventario de maquinaria.....	17
		2.1.1.2. Diagnóstico de maquinaria	18
	2.1.2.	Descripción de las instalaciones	18
		2.1.2.1. Distribución de maquinaria	18
	2.1.3.	Descripción del proceso	19
		2.1.3.1. Diagrama de operaciones actual.....	20
		2.1.3.2. Diagrama de recorrido actual	21
		2.1.3.3. Capacidad de producción actual	21
		2.1.3.4. Eficiencia del proceso	21
	2.2.	Conformado de clavo	22
	2.2.1.	Descripción de maquinaria	22
		2.2.1.1. Inventario de maquinaria.....	23
		2.2.1.2. Diagnóstico de maquinaria	23
	2.2.2.	Descripción de las instalaciones	24

	2.2.2.1.	Distribución de maquinaria	24
2.2.3.		Descripción del proceso.....	25
	2.2.3.1.	Diagrama de operaciones	25
	2.2.3.2.	Diagrama de recorrido	26
	2.2.3.3.	Capacidad de producción	27
	2.2.3.4.	Eficiencia del proceso.....	27
2.3.		Pulido de clavo	28
	2.3.1.	Descripción de maquinaria	28
	2.3.1.1.	Inventario de maquinaria	28
	2.3.1.2.	Diagnóstico de maquinaria	29
	2.3.2.	Descripción de las instalaciones.....	29
	2.3.2.1.	Distribución de maquinaria	30
	2.3.3.	Descripción del proceso.....	30
	2.3.3.1.	Diagrama de operaciones	31
	2.3.3.2.	Diagrama de recorrido	33
	2.3.3.3.	Capacidad de producción	33
	2.3.3.4.	Eficiencia del proceso.....	33
2.4.		Empaque de clavo.....	34
	2.4.1.	Descripción de maquinaria	34
	2.4.1.1.	Inventario de maquinaria	34
	2.4.1.2.	Diagnóstico de maquinaria	35
	2.4.2.	Descripción de las instalaciones.....	35
	2.4.2.1.	Distribución de maquinaria	35
	2.4.3.	Descripción del proceso.....	36
	2.4.3.1.	Diagrama de operaciones actual	37
	2.4.3.2.	Diagrama de recorrido actual	38
	2.4.3.3.	Capacidad de producción actual.....	38
	2.4.3.4.	Eficiencia del proceso.....	38

3.	PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE	39
3.1.	Maquinaria y equipo del área	39
3.1.1.	Pulidoras	39
3.1.2.	Empaquetadoras	39
3.1.3.	Grúas.....	40
3.1.4.	Bandejas de clavo	40
3.1.5.	Básculas.....	40
3.1.6.	Engrapadoras.....	40
3.2.	Redistribución del área.....	41
3.2.1.	Área requerida para la redistribución	41
3.2.2.	Equipos requeridos para la redistribución	41
3.2.3.	Redistribución del área.....	42
3.3.	Sistema de grúa	43
3.3.1.	Descripción de equipo.....	43
3.3.2.	Materiales a utilizar	43
3.3.3.	Diseño de grúa	44
3.3.4.	Funcionamiento de grúa.....	44
3.4.	Extracción de desperdicios.....	45
3.4.1.	Descripción de equipo.....	45
3.4.2.	Materiales a utilizar	45
3.4.3.	Diseño de sistema mecánico de extracción	46
3.4.4.	Funcionamiento de extracción de desperdicios.....	46
3.5.	Montaje mecánico	47
3.5.1.	Cimentación	47
3.5.2.	Montaje de maquinaria	48
3.5.2.1.	Material a utilizar	48
3.5.2.2.	Anclaje de maquinaria	49
3.5.3.	Montaje de grúa	49

	3.5.3.1.	Instalación de riel.....	49	
	3.5.3.2.	Instalación de polipasto	49	
3.5.4.		Montaje de sistema de extracción	50	
	3.5.4.1.	Instalación de extractores.....	50	
	3.5.4.2.	Instalación de tubería	50	
3.6.		Montaje eléctrico.....	50	
	3.6.1.	Acometida general.....	51	
	3.6.2.	Cableado eléctrico	51	
	3.6.3.	Instalación de panel de control	51	
3.7.		Descripción del proceso	52	
	3.7.1.	Diagrama de operaciones propuesto.....	52	
	3.7.2.	Diagrama de recorrido propuesto	54	
3.8.		Métodos de operación	54	
	3.8.1.	Pulido de clavo	55	
		3.8.1.1. Descripción del método	55	
		3.8.1.2. Mano de obra.....	56	
	3.8.2.	Empaque de clavo	56	
		3.8.2.1. Descripción del método	56	
		3.8.2.2. Mano de obra.....	57	
3.9.		Programa de mantenimiento	57	
	3.9.1.	Mantenimiento preventivo.....	57	
		3.9.1.1. Elaboración de fichas de control.....	58	
		3.9.1.2. Actividades de mantenimiento.....	60	
			3.9.1.2.1. Inspección de mantenimiento.....	60
			3.9.1.2.2. Lavado de maquinaria.....	61
			3.9.1.2.3. Ajuste de fajas.....	61

	3.9.1.2.4.	Ajuste de chumaceras.....	61
	3.9.1.2.5.	Ajuste de acoples.....	62
	3.9.1.2.6.	Lubricación de maquinaria	62
	3.9.1.2.7.	Revisión de sistema eléctrico.....	62
	3.9.1.3.	Frecuencia de los mantenimientos....	63
3.9.2.		Mantenimiento correctivo	64
	3.9.2.1.	Procedimiento	65
	3.9.2.2.	Fichas de control.....	65
3.9.3.		Mantenimiento predictivo.....	66
	3.9.3.1.	Identificación de elementos críticos...	66
	3.9.3.2.	Monitoreo	67
	3.9.3.3.	Fichas de control.....	69
	3.9.3.4.	Procedimientos.....	69
3.10.		Análisis financiero	70
	3.10.1.	Inversión.....	70
	3.10.2.	Gastos fijos.....	72
	3.10.3.	Gastos variables.....	73
	3.10.4.	Valor actual neto	75
	3.10.5.	Valor uniforme anual equivalente	76
	3.10.6.	Costo beneficio.....	77
	3.10.7.	Tasa interna de retorno	77

4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE	79
4.1.		Montaje mecánico	79
	4.1.1.	Personal encargado	79

4.1.2.	Cronograma de actividades.....	79
4.1.3.	Descripción de las actividades.....	80
4.2.	Montaje eléctrico.....	82
4.2.1.	Personal encargado.....	82
4.2.2.	Cronograma de actividades.....	82
4.2.3.	Descripción de las actividades.....	83
4.3.	Preparación para el arranque.....	84
4.3.1.	Capacitación de personal.....	84
4.3.1.1.	Personal encargado.....	85
4.3.1.2.	Método de capacitación.....	85
4.3.1.3.	Cronograma de capacitación.....	85
4.3.2.	Evaluación y percepción de riesgos.....	86
4.3.2.1.	Matriz de riesgos y peligros.....	86
4.3.2.2.	Medidas de seguridad.....	88
4.3.2.3.	Equipo de seguridad.....	88
4.4.	Arranque de la línea.....	88
4.4.1.	Personal encargado.....	89
4.4.2.	Cronograma de actividades.....	89
4.4.3.	Descripción de las actividades.....	90
5.	SEGUIMIENTO DE LA REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE.....	91
5.1.	Procedimientos de control.....	91
5.1.1.	Registros de producción.....	91
5.1.2.	Registros de mantenimiento.....	93
5.1.3.	<i>Checklist</i> de preuso para maquinaria.....	93
5.1.4.	Auditorías 5´s.....	95
5.1.5.	Auditorías de seguridad.....	97
5.2.	Revisión de la reorganización del área.....	97

5.2.1.	Eficiencia del proceso.....	97
5.2.2.	Eficiencia del mantenimiento.....	98
5.2.3.	Resultados de las auditorías de orden y limpieza .	99
5.2.4.	Resultados de las autorías de seguridad	102
5.3.	Plan de acción para mejora.....	102
5.3.1.	Acciones a tomar.....	103
5.3.2.	Responsables	105
5.3.3.	Tiempos para las acciones.....	105
6.	IMPACTO AMBIENTAL	107
6.1.	Inventario ambiental	107
6.1.1.	Medio natural.....	107
6.1.1.1.	Clima	107
6.1.1.2.	Flora	108
6.1.1.3.	Hidrología.....	108
6.1.1.4.	Calidad del aire	108
6.1.1.5.	Emisiones atmosféricas	109
6.1.2.	Medio socioeconómico.....	110
6.1.2.1.	Sociológicos	110
6.1.2.2.	Económicos.....	110
6.1.2.3.	Urbanísticos	110
6.1.2.4.	Patrimonios	111
6.2.	Identificación y valoración de impactos	111
6.2.1.	Desechos sólidos	111
6.2.1.1.	Desechos metálicos	111
6.2.1.1.1.	Producto no conforme	112
6.2.1.1.2.	Merma	112
6.2.1.1.3.	Chatarra	112

	6.2.1.2.	Desechos industriales.....	112
		6.2.1.2.1. Madera	113
		6.2.1.2.2. Cartón.....	113
		6.2.1.2.3. Aserrín.....	113
		6.2.1.2.4. Plásticos	113
		6.2.1.2.5. Materiales diversos...	114
	6.2.1.3.	Desechos orgánicos	114
	6.2.2.	Desechos líquidos	114
		6.2.2.1. Lubricantes	114
		6.2.2.2. Desengrasantes.....	115
		6.2.2.3. Pinturas	115
		6.2.2.4. Solventes.....	115
6.3.		Medidas de mitigación	115
	6.3.1.	Desechos sólidos.....	116
		6.3.1.1. Desechos metálicos.....	116
		6.3.1.2. Desechos industriales.....	116
		6.3.1.3. Desechos orgánicos	117
		6.3.1.4. Cronograma de actividades	118
	6.3.2.	Desechos líquidos	118
		6.3.2.1. Lubricantes	119
		6.3.2.2. Desengrasantes.....	119
		6.3.2.3. Pinturas	119
		6.3.2.4. Solventes.....	120
		6.3.2.5. Cronograma de actividades	120
6.4.		Programa de vigilancia ambiental.....	120
	6.4.1.	Personal encargado.....	121
	6.4.2.	Plan de acción de vigilancia	121
	6.4.3.	Descripción de las actividades.....	122

CONCLUSIONES..... 123
RECOMENDACIONES..... 127
BIBLIOGRAFÍA..... 129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la planta de trefilación	5
2.	Rollos de alambón	7
3.	Iluminación de la planta	14
4.	<i>Lay - out</i> de la planta de trefilación	15
5.	Distribución de máquinas trefiladoras	19
6.	Diagrama de operaciones del proceso de trefiliación	20
7.	Diagrama de recorrido del proceso de trefilación.....	21
8.	Distribución de máquinas de clavo.....	24
9.	Diagrama de operaciones del proceso de fabricación del clavo	26
10.	Diagrama de recorrido del proceso de fabricación del clavo.....	27
11.	Pulidora de clavo	29
12.	Distribución de pulidoras de clavo	30
13.	Diagrama de operaciones del proceso de pulido del clavo.....	32
14.	Diagrama de recorrido del proceso de pulido del clavo	33
15.	Distribución de máquinas empaquetadoras	36
16.	Diagrama de operaciones del proceso de empaque del clavo.....	37
17.	Diagrama de recorrido del proceso de empaque del clavo.....	38
18.	Plano de redistribución del área de pulido y empaque	42
19.	Diseño del sistema de grúa.....	44
20.	Diseño del sistema de extracción de residuos	46
21.	Cimentación de las máquinas pulidoras.....	48
22.	Acometida eléctrica de pulido y empaque.....	51
23.	Panel de control de pulido y empaque	52

24.	Diagrama de operaciones del proceso de pulido y empaque del clavo propuesto	53
25.	Diagrama de recorrido del proceso de pulido y empaque del clavo propuesto.....	54
26.	Ficha de control para mantenimientos.....	59
27.	Horas de intervención de mantenimiento mecánico	60
28.	Horas de intervención de mantenimiento eléctrico	63
29.	Cronograma de mantenimiento preventivo.....	64
30.	Apartado de mantenimiento correctivo en ficha de control.....	66
31.	Elementos críticos del pulido y empaque	67
32.	Cronograma de mantenimiento predictivo	68
33.	Apartado de mantenimiento predictivo en ficha de control	69
34.	Pronóstico de ventas 2012	74
35.	Flujo de efectivo.....	76
36.	Cronograma del montaje mecánico.....	80
37.	Cronograma del montaje eléctrico.....	83
38.	Cronograma de la capacitación	85
39.	Matriz de peligros y riesgos	87
40.	Cronograma de arranque de línea.....	89
41.	Registro de producción.....	92
42.	<i>Checklist</i> de preuso	94
43.	Registro de auditoría 5´s	96
44.	Costo de repuestos.....	99
45.	Evaluación de 5´s	101
46.	Plan de acción de mejora	103
47.	Cronograma de mitigación de desechos sólidos	118
48.	Cronograma de mitigación de desechos líquidos	120
49.	Cronograma del plan de vigilancia.....	121

TABLAS

I.	Calibres de alambre trefilado	8
II.	Calibres de alambre galvanizado.....	9
III.	Alambres espigados.....	10
IV.	Clavos para madera.....	11
V.	Clavos para lámina	12
VI.	Grapa	12
VII.	Inversión inicial	71
VIII.	Gastos fijos de operación.....	73
IX.	Gastos variables de operación.....	75
X.	Acciones de mejora.....	104
XI.	Asignación de responsables	105
XII.	Asignación de fechas	106

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Caballo de fuerza, unidad de potencia
cm	Centímetro
H	Hora
Kg	Kilogramo, unidad de peso en sistema internacional
Kw	Kilowatt, unidad para medir energía
Lb	Libra, unidad de peso en sistema inglés
m	Metro, unidad de longitud en sistema internacional
mm	Milímetro
Pie	Pie, unidad de longitud en sistema inglés
%	Porcentaje
“	Pulgada, unidad de longitud del sistema inglés
Q	Quetzal, unidad monetaria de Guatemala
QQ	Quintal, unidad de peso equivalente a 100 libras
Tm	Tonelada unidad de peso equivalente a 1 000 kg
V	Voltio, unidad para medir voltaje

GLOSARIO

Alambrón	Producto proveniente del proceso de laminación en forma de alambre de 5 a 8 milímetros de diámetro.
ASTM	Normas internacionales que regulan las propiedades mecánicas de los materiales.
<i>Dead - block</i>	Equipo que permite embobinar alambre en el proceso de trefilación.
Grado SAE	Porcentaje de carbono que contiene un acero.
Laminación	Proceso de mecanizado en caliente para la transformación de acero.
<i>Lay-out</i>	Distribución de maquinaria, equipo y materiales de un área de trabajo.
Mecanizado	Proceso de transformación de las características físicas de un material.
<i>Pay – off</i>	Equipo que permite desembobinar alambrón en el proceso de trefilación.
PVC	Polímetro termoplástico usado para la fabricación

de materiales para la construcción.

TIR Tasa interna de retorno.

Trefilación Proceso de mecanizado en frío para la elaboración de alambre.

VAN Valor actual neto.

VAUE Valor uniforme anual equivalente.

RESUMEN

La producción de clavo cuenta de varias etapas, las cuales son: el proceso de trefilación, el proceso de fabricación de clavo, el proceso de pulido y el proceso de empaque. Actualmente con la organización y procedimientos que se utilizan en el pulido y empaque de clavo, hacen que esta etapa sea el cuello de botella de la línea de producción, en general el estado de la maquinaria de la línea se encuentra en buenas condiciones, pero hace falta equipos que apoyen el proceso y permitan reducir los tiempos de carga y descarga de las máquinas que es problema más crítico del proceso.

Para poder conseguir aumentar el ritmo de producción y mejorar la eficiencia de la línea es necesario reorganizar el área de pulido y empaque y mejorar los procedimientos de trabajo, se distribuirá la maquinaria y equipo de una forma lineal para poder realizar las tareas de carga y descarga de producto en los equipos de forma más rápida y eficiente.

En el área se montará un sistema de grúa que permitirá realizar las tareas más lentas de proceso que son la carga y la descarga en un menor tiempo, además de esto se instalará un sistema de extracción de desperdicios que permitirá trabajar de manera más limpia y ordenada. Esta nueva organización está apoyada de un sistema de mantenimiento preventivo que garantizará el buen funcionamiento de los equipos, el proceso será monitoreado a través de sistemas de control que permitirán evaluar el rendimiento de la línea y facilitará la identificación de oportunidades de mejorar para buscar la mejora continua.

OBJETIVOS

General

Reorganizar el área de pulido y empaque en una línea de producción de clavo.

Específicos

1. Evaluar el proceso de pulido y empaque de clavo y determinar el estado de la maquinaria.
2. Determinar la maquinaria necesaria que requiere el proceso de pulido y empaque.
3. Establecer la redistribución de la maquinaria del área.
4. Diseñar un sistema de grúa para el área de pulido y empaque.
5. Diseñar un sistema mecánico de extracción para el control de los desperdicios.
6. Establecer un sistema de mantenimiento preventivo para la maquinaria del área.
7. Establecer los métodos de operación para el pulido y empaque de clavo.

8. Determinar la mano de obra necesaria para el área de pulido y empaque.
9. Establecer el costo-beneficio de la reorganización del área.

INTRODUCCIÓN

La línea de producción de clavo para madera tiene más de 30 años trabajando en Guatemala en la planta de trefilación Indeta de la Corporación Aceros de Guatemala. Dicha corporación es una empresa que se ha dedicado durante más de 50 años a la fabricación de productos de acero, siendo entre estos los clavos uno de sus productos líderes, el cual se distribuye en Guatemala y Centroamérica.

El macroproceso para la producción de clavo da comienzo en una acería en donde se funde chatarra de acero para convertirla en lingote, posteriormente el lingote es procesado en una planta laminadora donde es convertida en alambrón, siendo este la materia prima de todas las plantas de trefilación en donde este material se procesa para convertirlo en alambre trefilado de diferentes calibres, el cual es utilizado posteriormente para la fabricación de clavos de distintas medidas.

El acero que se utiliza para la fabricación de clavos es el acero grado SAE 1008 porque cuenta con las propiedades mecánicas ideales, para que este producto cumpla con los estándares de calidad establecidos y con las expectativas de los clientes.

Actualmente la sección de pulido y empaque no tiene la capacidad de procesar todo el producto que es generado por las máquinas de clavo, lo cual afecta la eficiencia de la línea de producción y ocasiona que se forme un cuello de botella en esta etapa del proceso, esto provoca que se congestione gran cantidad de producto en espera de ser empacado y pulido.

Otra desventaja de la organización actual del área, es que por la gran cantidad de producto en proceso que se acumula, es muy difícil mantener ordenada el área y esto ocasiona que se pierda mucho tiempo por búsqueda del producto a procesar, causando que no se pueda aumentar la capacidad de producción de clavo y se tenga que requerir de mayor cantidad de horas hombre para poder cumplir con la demanda del producto, lo cual eleva los costos de producción y por consiguiente menor margen de ganancia para la empresa.

Desde el punto de vista de seguridad industrial los actuales métodos de trabajo son inseguros ya que se corre diariamente el riesgo de incrustaciones de clavo en las manos y pies de los colaboradores, esto debido a que el personal del área tiene un contacto directo con los clavos y estos por su forma física representan un peligro al manipularlos. Desde el punto de vista de salud ocupacional el método de carga y descarga del producto es causante de muchas lesiones de espalda, esto a causa de que los colaboradores realizan un gran esfuerzo físico levantando cajas con clavo repetidamente durante la jornada de trabajo.

Con el fin de poder aumentar el volumen de producción de la línea de clavo y poder cumplir con la demanda es necesario la reorganización completa del área, redistribuyendo la maquinaria y estableciendo nuevos métodos de trabajo, para poder aumentar la eficiencia del proceso.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Empresa

A continuación se presentará la descripción general de la empresa Aceros de Guatemala; su historia, el ámbito laboral donde se desempeña y los objetivos que busca como organización.

1.1.1. Historia

Aceros de Guatemala inicia a partir de la fundación de su primer punto de venta llamado Distribuidora Universal en 1956 al que se le dio el nombre comercial de Distun, ubicada desde su inicio en la 20 calle 7-62 zona 1 en la ciudad de Guatemala.

En 1963 Aceros de Guatemala inicia sus operaciones como empresa individual. Dedicándose a la fabricación de clavos que arranca con varias máquinas de tecnología alemana marca Wafios. En 1970 buscando la vanguardia comienza la instalación de una nueva laminadora moderna y electrónica, con una capacidad de tres mil toneladas al mes, la cual partiendo de la palanquilla de acero, fabrica alambón que es la materia prima que se utiliza en todas las secciones de alambre y varilla de hierro para la construcción desde 3/16 pulgadas a 1 ¼ pulgadas.

En 1974 se funda la empresa Hornos, S.A., con la instalación de dos hornos eléctricos de arco marca Tagliaferri y equipo complementario por el sistema de lingoteras y cuyo producto intermedio es la producción de lingote de

acero, partiendo de la chatarra como materia prima básica con una capacidad de producción de mil toneladas por mes. En 1987 se compra la planta Intupersa empresa dedicada a la fabricación de tubería y perfiles metálicos.

En 1991 se inicia la construcción del parque industrial Sidegua colocando la primera piedra de la acería, iniciando en un terreno agrícola de 275 mil metros cuadrados, ubicados en el kilómetro 65, Masagua Escuintla. En 1995 se compra la planta Indeta. Fundada por la familia Seveira en 1960, para la fabricación de clavos y alambres, con maquinaria marca Wafios y Koch, ambas de tecnología alemana. En el 2000 inicia operaciones la planta de malla electrosoldada. Se adquirió una soldadora marca Schlatter, fabricada en suiza, para producir malla electrosoldada en plancha y en rollo. La capacidad de producción de la planta es de 600 toneladas al mes.

En el 2005 surge el proyecto Arco Iris, el cual es una planeación estratégica realizada en Corporación Aceros de Guatemala, siendo su principal objetivo preparar la plataforma de la empresa para los nuevos retos de expansión; este proyecto consistió en una reingeniería corporativa que involucró modificaciones claves como estandarización y rediseño de procesos y de estructura organizacional, implementación de nueva tecnología, entre otros. En el 2006 se amplía la capacidad del horno de arco de Sidegua con una capacidad de 420 mil toneladas/año.

En el 2008 se amplía la planta de laminación continua en Sidegua, se adquiere una planta de laminación nueva para una capacidad de producción de 350 mil toneladas al año para la fabricación de varilla corrugada (7,5 milímetros a 1 3/8 pulgadas en largos de 6, 9,12 y 15 metros), alambón (de 5,5 milímetros a 12 milímetros en rollos de 2 toneladas de peso).

En el 2010 surge una alianza estratégica entre Corporación Aceros de Guatemala y Grupo Gerdau de Brasil, con el fin de fortalecer su competitividad en el mercado y ampliar su representación en toda América. En el 2011 arranca el proyecto de la planta de Trefilación Sidegua el cual se inicia con la construcción de cimentaciones y de estructuras de las naves industriales.

1.1.2. Ubicación

La planta de trefilación Indeta está ubicada en la ciudad capital en la 14 calle “B” 2-22 zona 7 de Mixco, colonia San Ignacio del departamento de Guatemala.

1.1.3. Planeación estratégica

La planeación estratégica de la Corporación Aceros de Guatemala, presenta los objetivos que la empresa se traza como organización y la manera en que los quiere alcanzar.

1.1.3.1. Misión

“En Corporación Aceros de Guatemala, fabricamos y distribuimos productos de acero con calidad certificada en un ambiente seguro, con un equipo humano especializado y motivado; comprometido con nuestros clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente.”

1.1.3.2. Visión

“Mantener el liderazgo en Guatemala y el resto de Centro América, en la fabricación y distribución de productos de acero para la construcción y otros sectores; identificados y comprometidos con los altos estándares de la siderurgia a nivel internacional.”

1.1.3.3. Valores

Los valores de la empresa y los cuales son la base con la que realiza todas sus actividades son: honestidad y rectitud, actitud responsable, calidad en todo lo que se hace, personas leales, comprometidas y realizadas, seguridad en el ambiente de trabajo y cliente satisfecho.

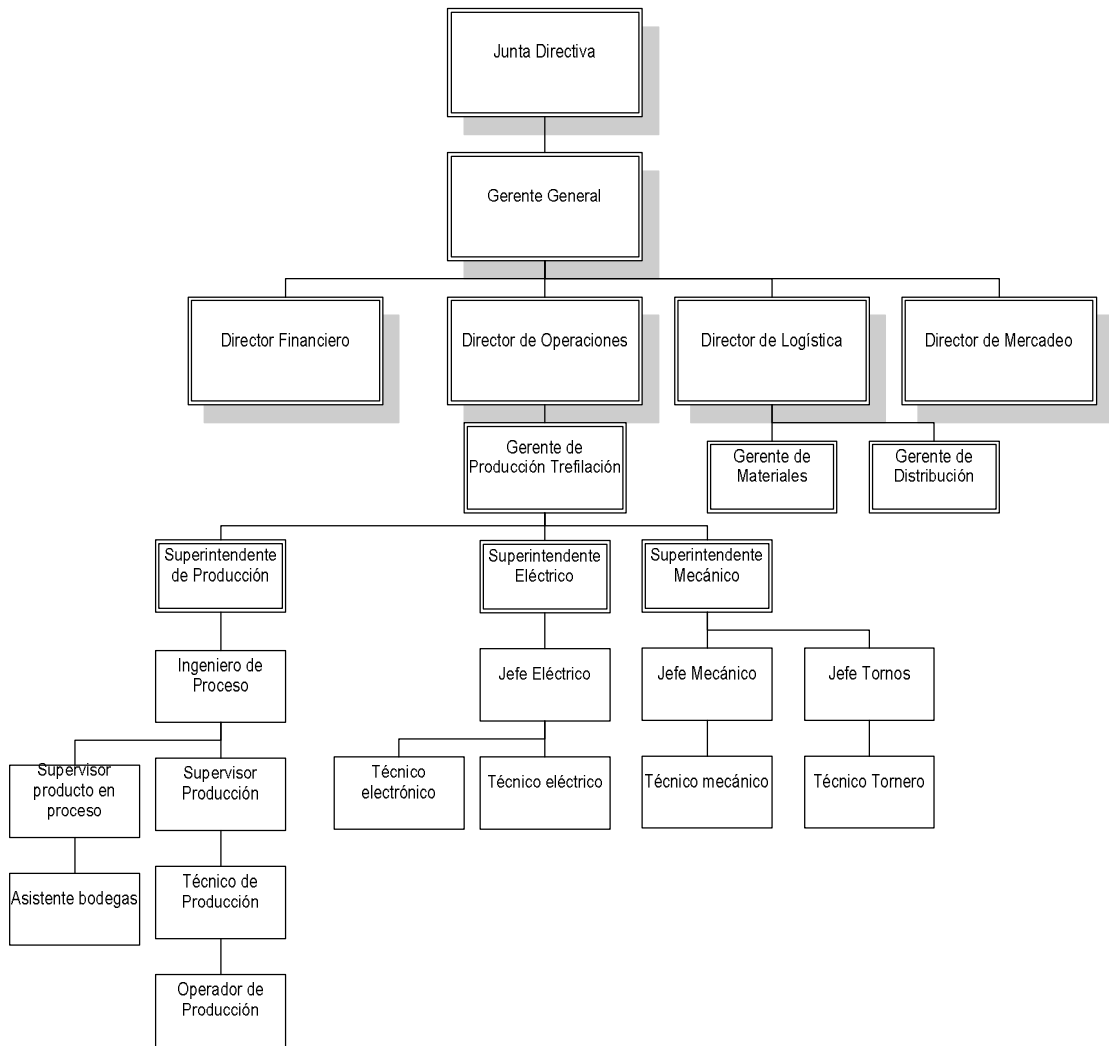
1.1.4. Actividad productiva

La empresa Aceros de Guatemala se dedica a la actividad productiva de la siderurgia, la cual es, la industria que se dedicada a la producción y elaboración de acero a partir de otro acero o de hierro, y también la producción de derivados de este material; como la varilla para la construcción, el alambrón, la malla electro soldada y los distintos productos trefilados.

1.1.5. Organigrama

El organigrama de la corporación parte de la junta directiva, hacia una gerencia general y posteriormente se reparte en áreas, en las cuáles un director se encarga de la gestión de los departamentos.

Figura 1. Organigrama de la planta de trefilación



Fuente: elaboración propia.

1.1.6. Tipo de empresa

La empresa pertenece al sector secundario o industrial, que se refiere a aquellas empresas que realizan algún proceso de transformación de la materia prima. En este caso la transformación de la chatarra de hierro para la producción de acero y productos derivados.

1.1.7. Jornadas de trabajo

Jornada diurna especial: esta jornada es aplicada para todo el personal administrativo, se labora de lunes a jueves 9 horas (7:30-12:30 y 13:30-17:30) y el viernes 8 horas (7:30-12:30 y 13:30-16:30) para completar las 44 horas de ley.

Jornada diurna: esta jornada es aplicada para todo el personal que se dedica directamente en una actividad productiva y para el personal que presta un servicio de mantenimiento mecánico o eléctrico. Se labora 8 horas diarias de lunes a viernes (6:00-14:00) y sábado 4 horas (6:00-10:00), de ser necesario según lo requieran los programas de producción, se trabajan horas extras.

Jornada mixta: esta jornada es aplicada únicamente para el personal que presta un servicio de mantenimiento mecánico o eléctrico. Se labora 7 horas (14:00-21:00) diarias de lunes a sábado.

Jornada nocturna: esta jornada es aplicada para todo el personal que se dedica directamente en una actividad productiva y para el personal que presta un servicio de mantenimiento mecánico o eléctrico. Se labora 6 horas diarias de lunes a sábado (6:00-00:00) y se laboran horas extras según lo requiera los programas de producción.

1.1.8. Tipo de producción

El tipo de producción de la empresa es de producción continua ya que en las líneas de producción se adaptan a itinerarios y flujos de operaciones definidos y no interrumpidos.

1.1.9. Materia prima

La materia prima utilizada en la planta de trefilación es el alambón, este es un producto metálico que se obtiene en un proceso de laminación en caliente, para la producción de alambón se utiliza lingote de acero al carbón grado SAE 1006 y grado SAE 1008. El alambón que se utiliza en la planta tiene una sección circular de 8 milímetros, 6 milímetros y 5,5 milímetros de diámetro exterior. Cada rollo de alambón tiene un peso aproximado de 2 toneladas.

Figura 2. **Rollos de alambón**



Fuente: bodega de alambón, planta de trefilación Indeta.

1.1.10. Productos

En la planta de Trefilación se produce alambre trefilado, alambre para amarre, alambre galvanizado, alambre espigado y la variedad de medidas de clavos para madera.

1.1.10.1. Alambre trefilado

El alambre trefilado AG, es fabricado con alambón grado SAE 1006 y SAE 1008, en los calibres siguientes:

Tabla I. Calibres de alambre trefilado

Calibre	Diámetro (mm)
16	1,65
15	1,83
14	2,11
13	2,41
12,5	2,6
12	2,77
10	3,4
9	3,76
8	4,19

Fuente: elaboración propia.

1.1.10.2. Alambre para amarre

El alambre de amarre AG es fabricado utilizando alambre trefilado calibre 16 BWG, este alambre se obtiene por medio de un proceso térmico de recocido, el cual se aplica al alambre para obtener la maleabilidad que se requiere. El alambre de amarre se vende en rollo de 1 quintal, cada rollo tiene una longitud aproximada de 2 702 metros.

1.1.10.3. Alambre galvanizado

El alambre galvanizado AG tiene un recubrimiento garantizado de zinc por inmersión de tipo regular, con una pureza del 99,99 % según Norma ASTM. El alambre galvanizado se vende en rollos de 1 quintal, las especificaciones de cada calibre se muestran en la tabla II.

Tabla II. Calibres de alambre galvanizado

Calibre	Diámetro (mm)	Largo rollo (metros)
16	1,65	2702
15	1,83	2271
14	2,11	1751
13	2,41	1261
12,5	2,6	1131
12	2,77	973
10	3,4	625
9	3,76	496
8	4,19	417

Fuente: elaboración propia.

1.1.10.4. Alambre espigado

Los tipos de alambres espigados AG son AG 400, Cerca, Económico y Toro, fabricados con materias primas de primera calidad y su venta se realiza por rollo. A continuación las especificaciones de los diferentes tipos de alambres espigados:

Tabla III. Alambres espigados

Marca	Tipo de alambre	Largo (metros)
AG 400	Púa entrelazada en alambre	336
Cerca	Púa en alambre	336
Económico	Púa en alambre	252
TORO	Púa entrelazada en alambre	243

Fuente: elaboración propia.

1.1.10.5. Clavo

Se fabrican dos tipos de clavo: para madera y para lámina, ambos fabricados de alambre trefilado de grado SAE 1008. El clavo para madera AG tiene cabeza plana y con punta en forma de diamante para una mejor adaptación a la madera. El clavo es empacado en cajas de 50 libras.

Tabla IV. Clavos para madera

DESCRIPCIÓN	LARGO	CALIBRE ALAMBRE	UNIDADES POR LIBRA
½ x 20	1/2	17	1910
¾ x 18	3/4	17	1410
1 x 16	1	16	945
1 ½ x 15	1 ½	15	540
2 x 13	2	13	230
2 ½ x 12	2 ½	12	150
3 x 10	3	10	80
4 x 8	4	8	40
5 x 6	5	6	20
6 x 5	6	5	16
7 x 3	7	2	8
8 x 2	8	2	7

Fuente: elaboración propia.

El clavo para lámina AG tiene un recubrimiento especial con pintura a base de aluminio, se fabrica con una roldana para formar la cabeza del clavo de 20 milímetros de diámetro por 0,9 milímetros de espesor. Como su nombre lo

indica se usa para la instalación de láminas galvanizadas utilizando aproximadamente 8 clavos por cada lámina. Las especificaciones del producto se muestran en la tabla V.

Tabla V. **Clavos para lámina**

DESCRIPCIÓN	LARGO	CALIBRE ALAMBRE	UNIDADES POR LIBRA
2 ½ x 9	2 ½	9	50

Fuente: elaboración propia.

1.1.10.6 Grapa

La grapa AG se fabrica a partir de alambre galvanizado y se utiliza principalmente para fijar el alambre espigado a los postes de madera, utilizando aproximadamente 5 libras de grapa para la instalación de cada rollo de espigado.

Tabla VI. **Grapa**

DESCRIPCIÓN	LARGO	CALIBRE ALAMBRE	UNIDADES POR LIBRA
1 ¼ x 9	1 ¼	9	100

Fuente: elaboración propia.

1.1.10.7. Malla ciclón

La malla ciclón se fabrica a partir de alambre galvanizado calibre 13 $\frac{3}{4}$, este producto se vende en rollos de 25 metros, se venden con tres alturas diferentes de 1 metros, 1 $\frac{1}{2}$ metros y 2 metros. La malla se utiliza principalmente como barrera física para circular terrenos o casas.

1.2. Diseño de planta

La planta de trefilación está compuesta por 5 naves, en cada nave esta asignados los procesos de trefilado de alambón, amarre, clavo, espigado y galvanizado.

1.2.1. Tipo de techo

El tipo de techo es de dos aguas diseñado con una válvula de escape, la inclinación del techo tiene una pendiente del 20 %. La cubierta es de lámina galvanizada ondulada calibre 26, la lámina es de 12 pies de largo por 32 pulgadas de ancho.

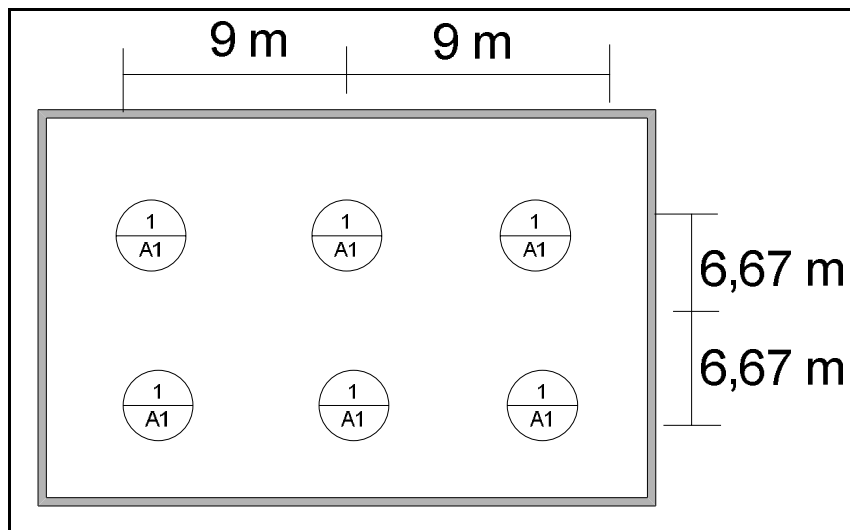
1.2.2. Tipo de piso

El piso de la planta es de concreto, el piso está conformado de losas de 2,35 metros de ancho por 6 metros de largo y una profundidad de 20 centímetros. La losa esta reforzada con malla electro soldada calibre 4/4, y en las áreas donde hay maquinaria esta reforzada con varilla corrugada de $\frac{1}{2}$ pulgada grado 40.

1.2.3. Tipo de iluminación

La iluminación de la planta es natural ya que el techo cuenta con un 20 % de láminas de plástico transparente para aprovechar la luz solar. Para la iluminación artificial se utiliza lámparas marca Luminaire, estas trabajan con un voltaje de 240 voltios. Las lámparas están distribuidas en la planta como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Iluminación de la planta



Fuente: elaboración propia.

1.2.4. Tipo de ventilación

La ventilación de la planta es del tipo natural, esto por el diseño del techo de la nave de dos aguas el cual permite que se genere el efecto de tiro natural o empuje térmico, las masas de aire caliente que se encuentran dentro de la planta se elevan y son expulsadas de forma natural.

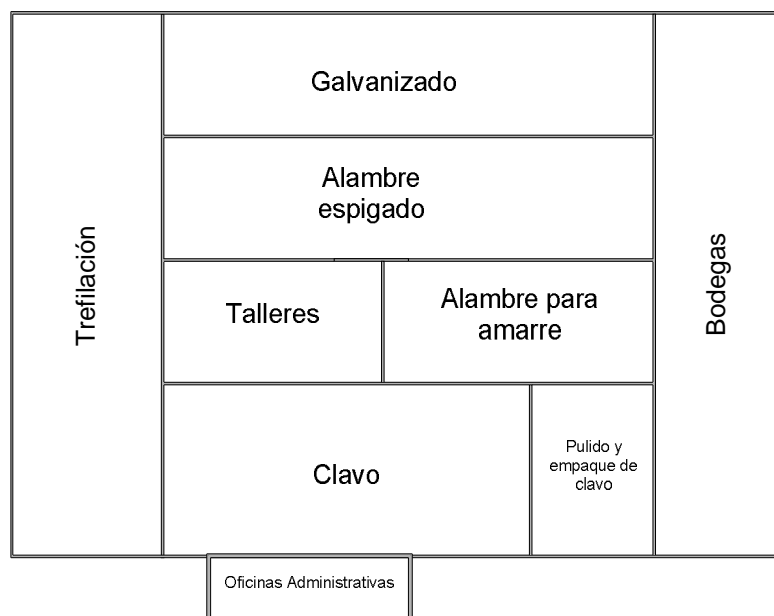
1.3. Distribución de la planta

La planta se divide en varias secciones las cuáles son: trefilación, clavo, alambre para amarre, alambre espigado, alambre galvanizado, talleres de servicio y bodegas de producto terminado.

1.3.1 *Lay - out* de la planta actual

La distribución de la planta de trefilación, está diseñada para que el flujo de los procesos sea lineal, ya que todo comienza en el proceso de trefilado de alambrón, pasa por los demás procesos y posteriormente se almacene el producto terminado en las bodegas.

Figura 4. *Lay – out* de la planta de trefilación



Fuente: elaboración propia.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVO

2.1. Trefilado de alambre

En la sección de trefilado de alambre se produce el alambre trefilado para la producción de clavo, los calibres que se elaboran en esta sección son calibre 17, 16, 15, 13, 12, 10 y 8 para medidas de clavos comerciales y calibre 6, 5 y 2 ½ para medidas de clavos especiales.

2.1.1. Descripción de maquinaria

Las máquinas que se utilizan son las trefiladoras las cuales están compuestas de 4 partes principales; el *pay – off* donde se coloca el rollo de alambrón; el decapador mecánico; la máquina de trefilado donde se da la reducción del diámetro del alambre y por último el *dead – block* donde se embobina los rollos de alambre trefilado.

2.1.1.1. Inventario de maquinaria

En la sección de trefilado de alambres cuenta con 4 máquinas trefiladoras para la producción de alambre trefilado para clavo.

- 1 máquina trefiladora de 1 paso marca Koch modelo Ked II.
- 1 máquina trefiladora de 5 pasos marca Koch modelo 06 -8856.
- 1 máquinas trefiladoras de 7 pasos marca Koch modelo G7 – 121.

2.1.1.2. Diagnóstico de maquinaria

La maquinaria tiene 30 años de antigüedad, se encuentra en buen estado, por el mantenimiento preventivo que se le aplica, por lo que está en óptimas condiciones para cumplir con los programas de producción. Los elementos críticos de la máquina que afectan el proceso de trefilados son los blocks donde se embobina el alambre, por lo que estos son calzados periódicamente en el taller de soldadura para garantizar su buen funcionamiento.

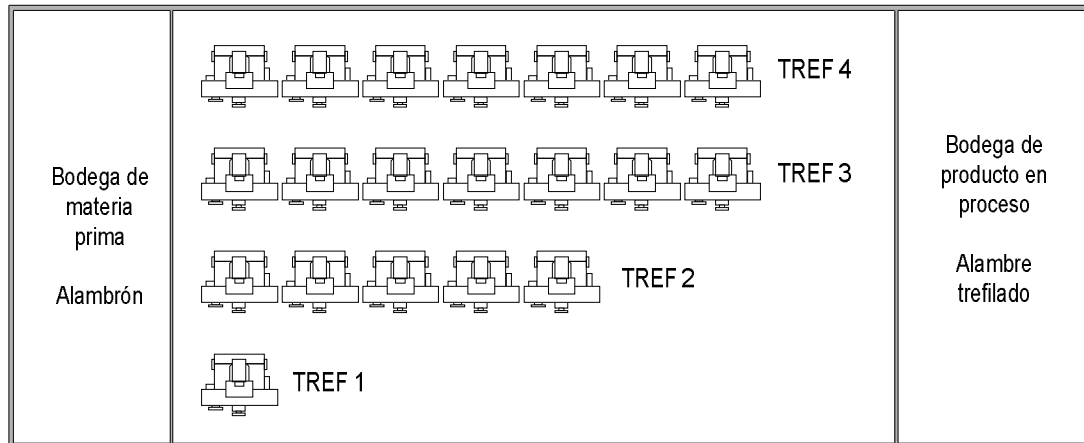
2.1.2. Descripción de las instalaciones

El área de trefilado de alambre está ubicada al inicio de la nave y ocupa un área de 1 274,76 metros cuadrados. Esta sección está formada por una bodega de materia prima donde se almacena el alambrón, el área donde se encuentra instalada la maquinaria y el área de bodega en producto en proceso, donde se almacena el alambre trefilado para posteriormente utilizarlo en el proceso de conformado de clavo.

2.1.2.1. Distribución de maquinaria

Las máquinas trefiladoras están distribuidas en línea, empezando con la trefiladora de 1 bobina para alambre de calibre grueso hasta la trefiladora de 7 bobinas para alambre de calibre delgado. La distribución de la maquinaria se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Distribución de máquinas trefiladoras**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Descripción del proceso

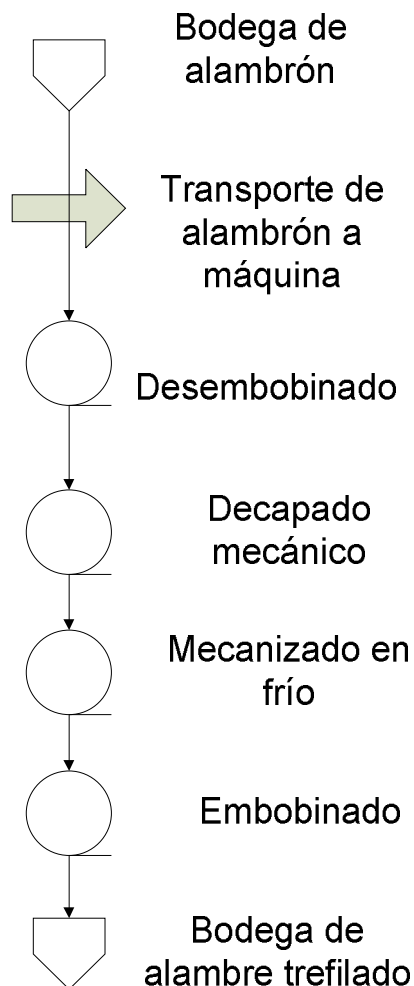
Para la producción de alambre trefilado para clavo se utiliza como materia prima el alambrón grado SAE 1008; las etapas del proceso de trefilación son el desembobinado del alambrón, que comprende la colocación del alambrón en la máquina y el enhebrado de este por las poleas direccionales; después sigue el decapado mecánico, el cual tiene la función de limpiar el alambrón de la capa de cascarilla metálica que trae el acero del proceso anterior de laminación.

Posteriormente sigue el mecanizado en frío, en esta etapa del proceso es donde se reduce diámetro con la ayuda de una pastilla de carburo de tungsteno previo a una lubricación con polvo para trefilar, el alambre pasa por varias bobinas hasta reducirlo al diámetro deseado; y por último el embobinado, en el cual se embobina el alambre trefilado en canastas, y posteriormente utilizarlo en las máquinas de clavo.

2.1.3.1. Diagrama de operaciones actual

En la figura 6 se muestra el proceso de trefilación a través del diagrama de operaciones, este proceso es el proceso matriz de la planta de trefilación, ya que distribuye la materia prima a todas las demás áreas.

Figura 6. Diagrama de operaciones del proceso de trefilación

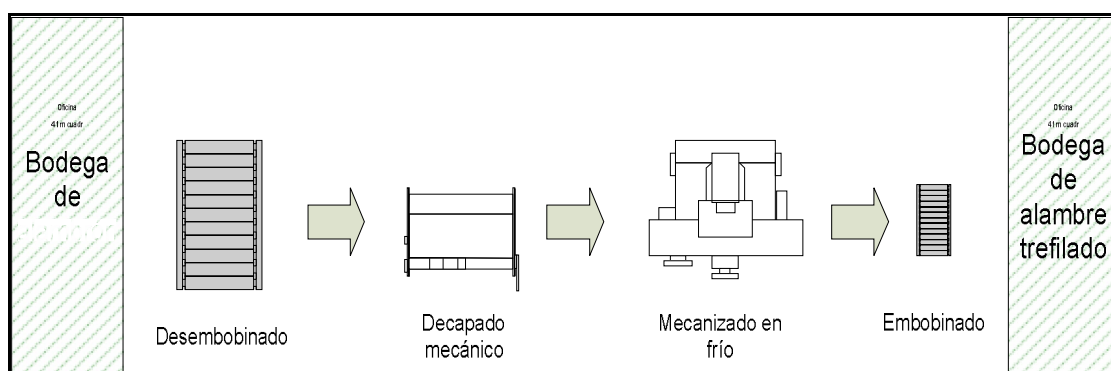


Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2 Diagrama de recorrido actual

A continuación se muestra el diagrama de recorrido del proceso de trefilación, el cual inicia con la materia prima del alambroón y termina con el producto resultante el cual es el alambre trefilado.

Figura 7. Diagrama de recorrido del proceso de trefilación



Fuente: elaboración propia.

2.1.3.3. Capacidad de producción actual

La capacidad de producción actual de la sección de trefilado es de 285 toneladas de alambre trefilado semanales, esta producción está dividida en todos los calibres que se necesitan para la producción de clavo.

2.1.3.4. Eficiencia del proceso

Actualmente se producen 215 toneladas de alambre trefilado por lo que la eficiencia del proceso de trefilación es de:

$$E = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{215}{285} = 75 \%$$

Las 215 toneladas de alambre producidas son suficientes para abastecer a la sección de clavo por lo que la eficiencia del proceso es aceptable.

2.2. Conformado de clavo

En la sección de conformado de clavo se utiliza como materia prima el alambre trefilado, las medidas de clavo producidas en esta sección son: clavo de ½, ¾, 1, 1 ½, 2, 2 ½, 3 y 4 pulgadas comercialmente y de 5, 6, 7 y 8 pulgadas bajo pedidos especiales.

2.2.1. Descripción de maquinaria

Las máquinas de clavo conforman el producto con piezas herramientas de acero, las cuales por el desgaste son cambiadas por el operador al haber cumplido con su tiempo de vida. Estas piezas son: las matrices, que tienen la función de sujetar el alambre y formar el estriado del cuello del clavo; posteriormente está el martillo, que tiene la función de formar la cabeza del clavo por medio de un golpe; y por último las cuchillas, que se fabrican especialmente para que realicen un corte de diamante en la punta del clavo.

Todas las piezas herramientas de la maquinaria son fabricadas en un taller interno de planta, especializado en la fabricación de estas herramientas, con el fin de lograr el óptimo rendimiento y asegurar la calidad del producto.

2.2.1.1. Inventario de maquinaria

En la sección de clavo se cuenta con 31 máquinas para la producción de clavo, distribuidas en módulos, agrupando las máquinas que producen medidas similares.

Módulo 1: 15 máquinas marca Wafios modelo N3 de origen alemán, para la producción de clavo de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 y $1 \frac{1}{2}$ pulgadas.

Módulo 2: 10 máquinas marca Wafios de origen alemán modelo N4, para la producción de clavo de 2, $2 \frac{1}{2}$ y 3 pulgadas y 2 máquinas marca Enkotec de origen danés de alta velocidad para la producción de clavo de $2 \frac{1}{2}$ y 3 pulgadas.

Módulo 3: 4 máquinas marca Wafios modelo DS50 de origen alemán, para la producción de clavo de 4, 5, 6, 7 y 8 pulgadas.

2.2.1.2. Diagnóstico de maquinaria

La maquinaria de la sección de clavo marca Wafios tiene entre 30 y 20 años de antigüedad, a lo largo de los años de servicio se ha remplazado elementos importantes de las máquinas, con el fin de alargar su vida útil, por lo que actualmente la maquinaria se encuentra en buen estado y cumple con la demanda de los programas de producción. Las máquinas marca Enkotec tiene 1 año de servicio, por lo que se encuentra en óptimas condiciones.

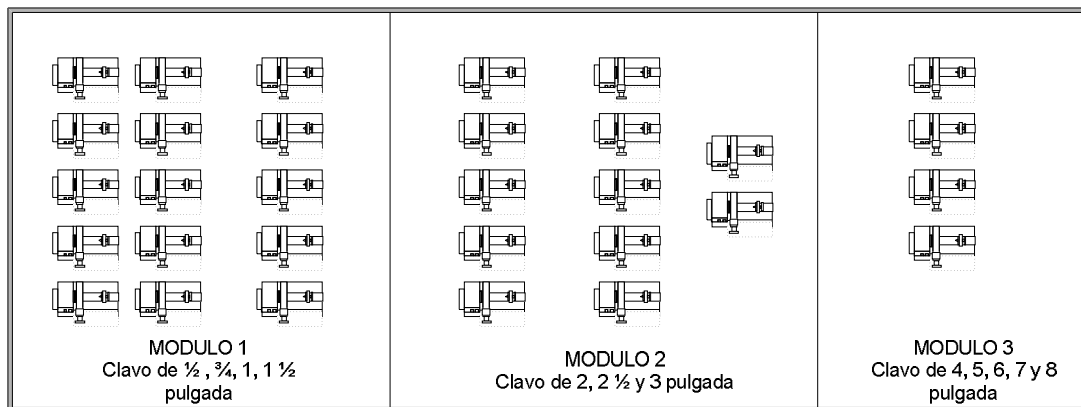
2.2.2. Descripción de las instalaciones

El área de clavo ocupa un área de 1 537 metros cuadrados de la planta, tiene un largo de 72,5 metros y un ancho de 21,2 metros. En el área están ubicadas todas las máquinas para la fabricación de clavo, estas están agrupadas en módulos.

2.2.2.1. Distribución de maquinaria

Las máquinas de clavo están agrupadas según la medida de clavo que producen en tres módulos, en el primer módulo se fabrica clavo de ½ pulgada hasta clavo de 2 pulgadas; en el segundo módulo se produce clavo de 2 ½ y 3 pulgadas y en el tercer módulo se produce clavo de 4 pulgadas hasta 8 pulgadas. La distribución del equipo se muestra en la figura 8.

Figura 8. Distribución de máquinas de clavo



Fuente: elaboración propia.

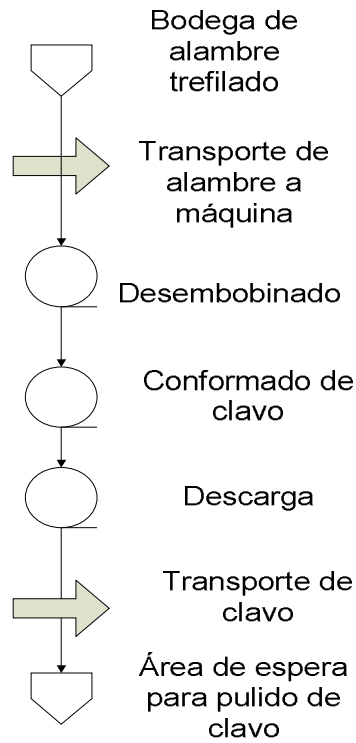
2.2.3. Descripción del proceso

Para la producción de clavo se utiliza como materia prima el alambre trefilado; las etapas del proceso son desembobinado de alambre, en esta etapa se coloca la canasta de alambre en la desembobinadora y se enhebra por las poleas direccionales; después la etapa de conformado de clavo donde la máquina fabrica el clavo por medio de las piezas herramientas; y por último la etapa de descarga, que comprende la recolección del clavo en toneles y el traslado al área de pulido y empaque.

2.2.3.1. Diagrama de operaciones

En el diagrama de operaciones se muestra las operaciones fundamentales para fabricación de clavo, desde su ingreso al proceso como alambre trefilado, hasta su salida como clavo.

Figura 9. Diagrama de operaciones del proceso de fabricación del clavo

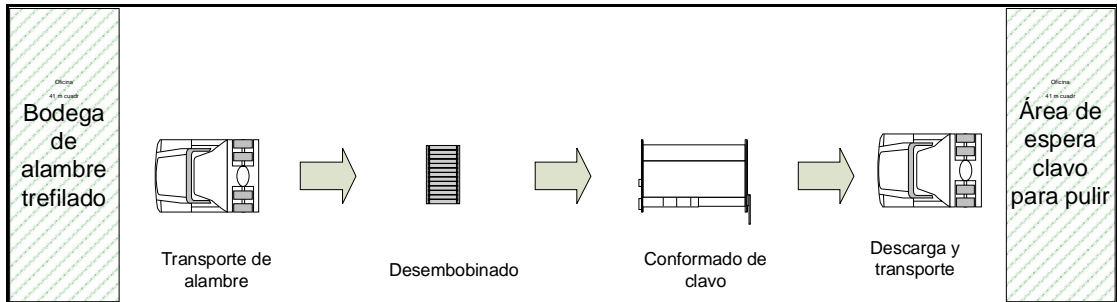


Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Diagrama de recorrido

En el diagrama de recorrido se muestran las etapas principales de la conformación de clavo, las cuales son la carga de materia prima, el desembobinado, el conformado y posteriormente la recolección.

Figura 10. Diagrama de recorrido del proceso de fabricación del clavo



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3. Capacidad de producción

La capacidad de producción de la maquinaria de clavo es de 220 toneladas de clavo semanales, el clavo que se produce esta sección necesita de los procesos posteriores de pulido y empaque para ser considerado producto terminado.

2.2.3.4. Eficiencia del proceso

Actualmente se producen 135 toneladas de clavo semanales por lo que la eficiencia del proceso es:

$$E = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{135}{220} = 61 \%$$

Las 135 toneladas de clavo producido cubren la demanda de los programas de producción por lo que la eficiencia de este proceso se considera aceptable.

2.3. Pulido de clavo

En la sección de pulido de clavo, es donde se pule el clavo para limpiarlo y darle el acabado final para poder empacarlo, el pulido es fundamental ya que limpia el clavo de todo residuo de aceite que trae del proceso de conformado y también separa todo residuo metálico que no haya sido retirado correctamente del clavo, el más común el residuo metálico de la punta del clavo, conocido como aleta.

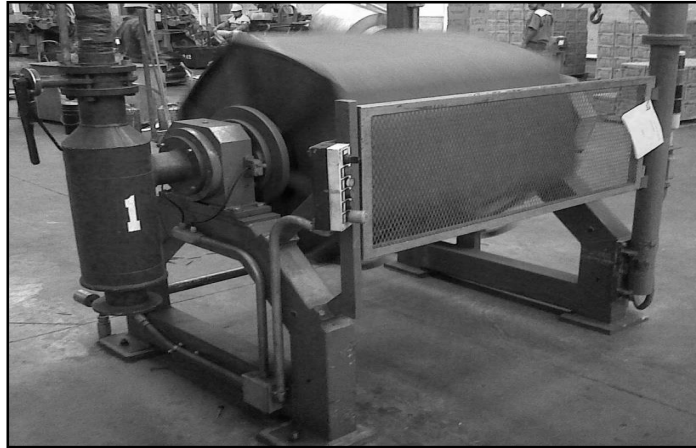
2.3.1. Descripción de maquinaria

Las máquinas pulidoras de clavo, son máquinas que tienen capacidad para producir hasta 600 kilogramos de clavo en una carga, el funcionamiento de estas máquinas es girar sobre su eje a una velocidad de 900 revoluciones por minuto, con el fin de mezclar el clavo con aserrín y con esto poder conseguir el pulido del clavo.

2.3.1.1. Inventario de maquinaria

En la sección de pulido se cuentan con 6 máquinas pulidoras marca Wafios de origen alemán, modelo PT1. Estas máquinas trabajan con energía eléctrica con un voltaje de 440 voltios. Se pueden apreciar en la figura 11 a continuación.

Figura 11. Pulidora de clavo



Fuente: área de pulido de clavo de la planta de trefilación Indeta.

2.3.1.2. Diagnóstico de maquinaria

La maquinaria tiene el mismo uso que las máquinas de clavo, a estas se les ha remplazado algunos elementos, principalmente los motores eléctricos, en general se encuentra en buenas condiciones y trabaja de manera óptima.

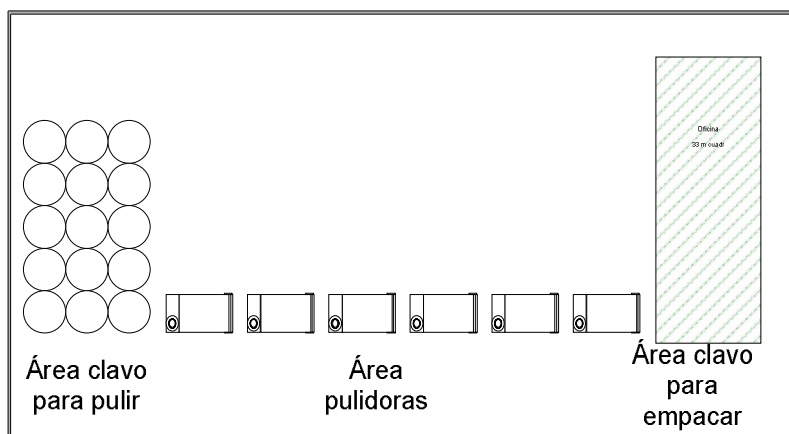
2.3.2. Descripción de las instalaciones

La sección de pulido de clavo ocupa un área de la planta de 238 metros cuadrados; está compuesta por el área de espera de clavo para pulir, el área donde están instaladas las pulidoras y el área de clavo pulido en espera para ser empacado.

2.3.2.1. Distribución de maquinaria

La distribución de las máquinas pulidoras del área es de forma lineal, posicionada una máquina después de la otra, el total de máquinas en el área es de 6 pulidoras.

Figura 12. Distribución de pulidoras de clavo



Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Descripción del proceso

El proceso de pulido de clavo se realiza con aserrín de pino; se carga la máquina con 600 kilogramos de clavo y 10 kilogramos de aserrín de forma manual con cajas de cartón, posteriormente se colocan las tapaderas y se acciona la máquina para pulir el clavo durante aproximadamente 1 hora y media, el tiempo de pulido puede variar según la medida de clavo que se está puliendo, la fricción que existe entre el aserrín y el clavo permite que el aserrín absorba el aceite y la suciedad que tiene el clavo y le da el brillo que este necesita como acabado final.

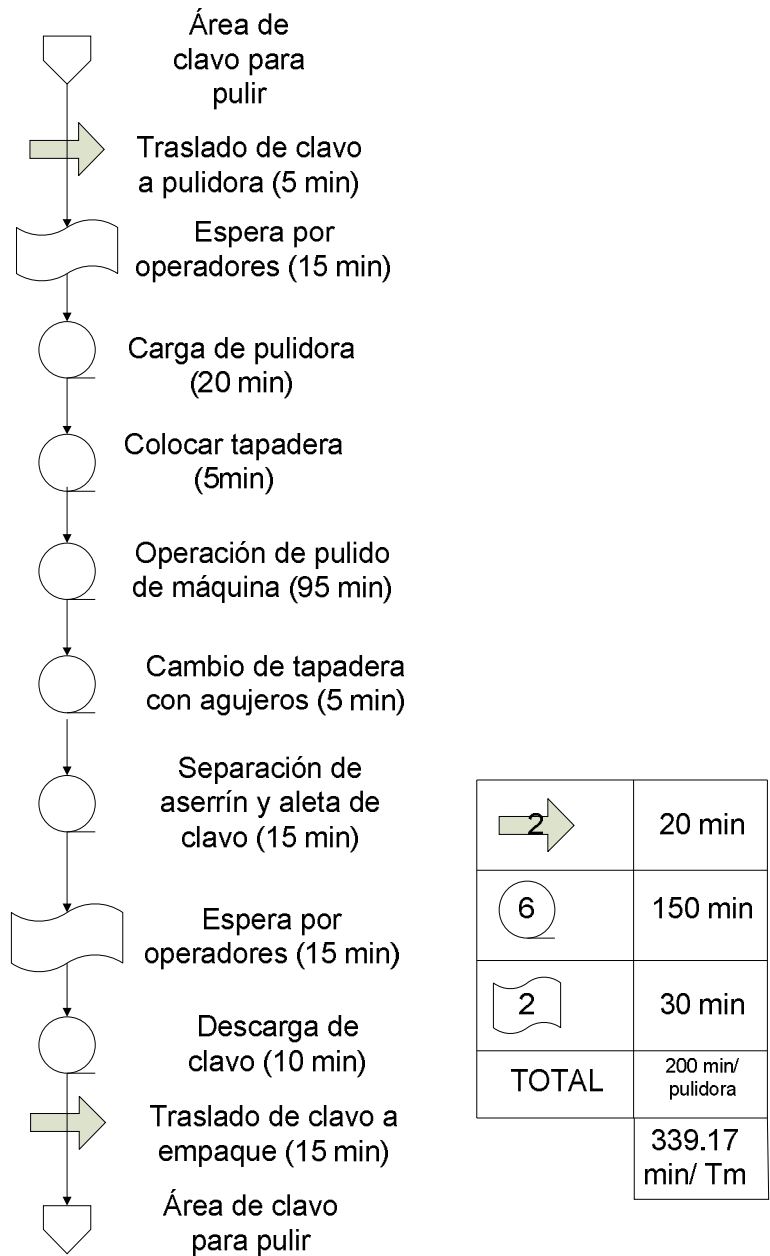
Para separar el aserrín sucio del clavo, se coloca una tapadera con agujeros, para lograr que el aserrín y los residuos metálicos salgan por los agujeros y dentro de pulidora solamente quede el clavo pulido. Por último se descarga la pulidora de forma manual con cajas y se traslada al área de empaque.

Este proceso es el que genera más suciedad en la línea de producción de clavo, también es el proceso que tiene menor capacidad de producción, esto es a causa de los tiempos largos que se utilizan en la carga y descarga de las máquinas pulidoras, también es la sección donde mayor esfuerzo físico deben realizar los operadores.

2.3.3.1. Diagrama de operaciones

En el diagrama de operaciones se muestra a continuación en la figura 13 se detallan las operaciones fundamentales que se deben realizar para pulir el clavo y poder darle un acabado presentable para que cumpla con las expectativas de los clientes.

Figura 13. Diagrama de operaciones del proceso de pulido del clavo

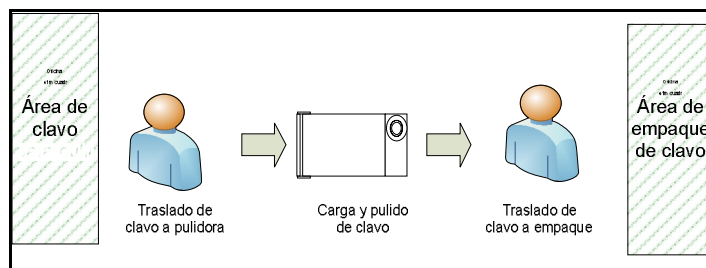


Fuente: elaboración propia.

2.3.3.2. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido muestra las etapas del proceso de pulido, empezando por el área de espera, la etapa de carga y descarga para terminar en el área de clavo para empacar.

Figura 14. Diagrama de recorrido del proceso de pulido del clavo



Fuente: elaboración propia.

2.3.3.3. Capacidad de producción

La capacidad de las máquinas de pulido es de 300 toneladas semanales, pero esta capacidad se ve considerablemente mermada por los extensos tiempos requeridos para la carga y descarga de clavo. Este producto necesita del proceso de empaque para ser considerado como producto terminado.

2.3.3.4. Eficiencia del proceso

Actualmente se pulen 120 toneladas de clavo semanales, por lo que la eficiencia del proceso es:

$$E = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{120}{250} = 48 \%$$

Las 120 toneladas de clavo pulido no son suficientes, ya que se producen en la sección de conformado de clavo 135 toneladas de clavo, por lo que quedan 15 toneladas de clavo sin pulir semanalmente. La baja eficiencia en este proceso no permite cumplir con la demanda establecida por los programas de producción.

2.4. Empaque de clavo

En la sección de empaque de clavo se empacan todas las medidas de clavo, este es el último proceso en la producción de clavo, todas las medidas se empacan en cajas de cartón de 50 libras.

2.4.1. Descripción de maquinaria

La maquinaria que se utiliza en esta sección es la empaquetadora de clavo; esta máquina está formada por la bandeja, parte de la máquina donde se deposita el clavo que se va a empaquetar; el electroimán, parte de la máquina que tiene la función por medio magnetismo orientar el clavo, para poder empaquetarlo en la caja; la banda transportadora, que se utiliza para transportar la caja a la báscula donde se pesa y se sella la caja.

2.4.1.1. Inventario de maquinaria

En esta sección se encuentra 1 máquina empaquetadora marca Wafios modelo ESM 230, también se utiliza una báscula marca Weightronix modelo QC – 3265.

2.4.1.2. Diagnóstico de maquinaria

Esta máquina tiene al igual que la demás maquinaria 30 años de antigüedad, se encuentran en óptimas condiciones ya que se han hecho algunos cambios para mejorar el proceso y también se le han remplazado elementos importantes para alargar su vida útil.

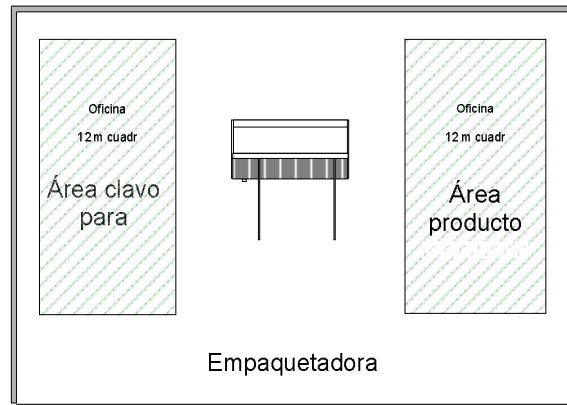
2.4.2. Descripción de las instalaciones

El área de empaque de clavo ocupa un área de 295 metros cuadrados, y está compuesta por el área de charolas de clavo para empaquetar; el área donde están instalada la empaquetadora, el área para estibar el producto terminado y también un área donde se coloca todo el producto que va a ser entregado a bodega de producto terminado, para que este se revise antes de ser entregado.

2.4.2.1. Distribución de maquinaria

La máquina empaquetadora está instalada de manera que las charolas de clavo sean transportadas y montadas rápidamente en la máquina y así pueda dar inicio el proceso de empaquetado.

Figura 15. **Distribución de máquinas empaquetadoras**



Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Descripción del proceso

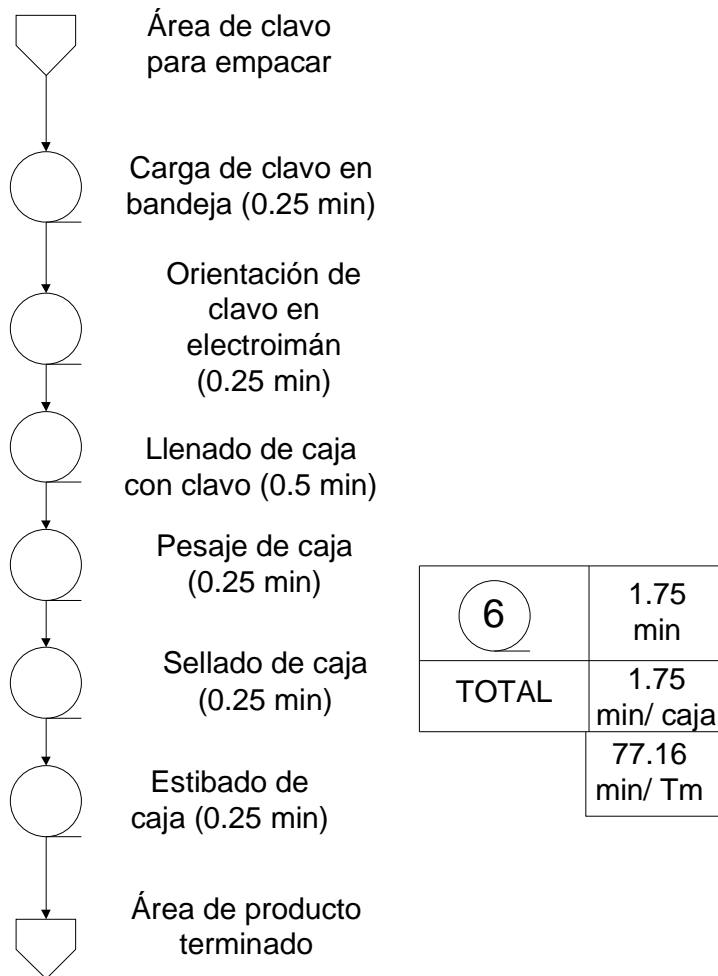
El proceso de empaque de clavo se inicia cargando la bandeja de la máquina empaquetadora con clavo de una misma medida, esta tarea la realizan los operadores manualmente con cajas, en la bandeja se depositan 600 kilogramos de clavo, lo equivalente a una descarga de una pulidora; después el operador con sus manos lleva el clavo hacia el electroimán, donde este elemento orienta el clavo para que sea más fácil introducirlo a la caja, las cajas son previamente armadas y etiquetadas por otro operador; luego el operador empuja la caja llena de clavo por la banda transportadora.

Al final de la banda transportadora se encuentra otro operador pesando las cajas en una báscula, el peso es de 50 libras, al obtener el peso deseado el operador sella la caja con cola y posteriormente la estiba en una tarima, cada tarima se estiba con 100 cajas.

2.4.3.1. Diagrama de operaciones actual

En el diagrama de operaciones se muestran las operaciones fundamentales que se deben realizar el empaque de clavo en cajas con un peso de 50 libras cada una.

Figura 16. Diagrama de operaciones del proceso de empaque del clavo

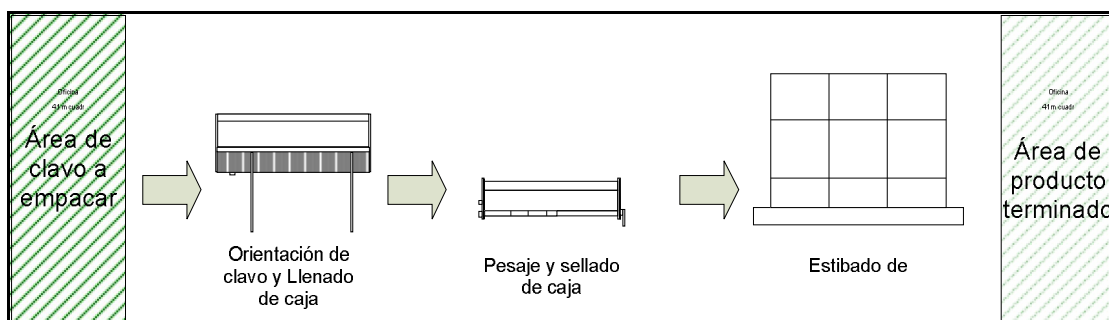


Fuente: elaboración propia.

2.4.3.2. Diagrama de recorrido actual

En el diagrama de recorrido se muestra el flujo del proceso que empieza en área de clavo para empacar y termina en el área de producto terminado con el clavo empacado en cajas.

Figura 17. Diagrama de recorrido del proceso de empaque del clavo



Fuente: elaboración propia.

2.4.3.3. Capacidad de producción actual

La capacidad de producción de la máquina empaquetadora es de 200 toneladas de clavo semanales, ritmo con el que se empaqueta el clavo depende del ritmo de producción en la sección de pulido de clavo.

2.4.3.4. Eficiencia del proceso

En esta sección se empaqueta las 120 toneladas de clavo que se produce en la sección de pulido, esto se debe a que la capacidad de producción de este proceso es mucho mayor que el proceso anterior, la eficiencia de esta etapa es óptima pero se ve limitada por la etapa anterior que es el cuello de botella de la línea de producción de clavo.

3. PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE

3.1. Maquinaria y equipo del área

La maquinaria y equipo que se utiliza en el área de pulido y empaque de clavo se describe a continuación.

3.1.1. Pulidoras

Las máquinas pulidoras tienen la función de limpiar el clavo de suciedad y residuos metálicos que se traen del proceso de conformado, también se pule el producto, para darle brillo y mejorar su presentación. Las pulidoras utilizadas son marca Wafios de origen alemán, modelo PT1. El funcionamiento de esta máquina es girar sobre su propio eje a una velocidad de 900 revoluciones por minuto, con el fin de mezclar el clavo con aserrín para poder hacer la función de pulido en el producto.

3.1.2. Empaquetadoras

Las máquinas empaquetadoras utilizadas en el área son marca Wafios de origen alemán, modelo ESM230. Esta máquina tiene como partes principales la bandeja para depositar el clavo para pulir; el electroimán que sirve para orientar el clavo en un sentido y poder ordenarlo dentro de la caja, este electroimán utiliza bobinas de baja tensión 110 voltios con corriente directa; otra parte importante de la máquina es la banda transportadora que se utiliza para desplazar la caja a la báscula de pesaje y sellado.

3.1.3. Grúas

La nueva organización del área requerirá de 2 grúas que permita la carga y descarga del clavo en las máquinas y equipos del área. Para esto se construirá una estructura metálica que permita sostener el riel por donde correrán los polipastos que levantarán las charolas con clavo.

3.1.4 Bandejas de clavo

Para facilitar la carga y descarga de clavo en las máquinas pulidoras y empaquetadoras es necesario utilizar bandejas metálicas que permitan recolectar el clavo de las máquinas y que también facilite el traslado del producto al área de pulido y empaque. Las bandejas de clavo están fabricadas de planchas de lámina de $\frac{1}{4}$ de pulgada.

3.1.5. Básculas

Las básculas a utilizar en la línea de empaque de clavo son, básculas de banco marca Weightronix modelo QC – 3265, Checkweigher con pantalla digital LCD de 7 segmentos, con capacidad de pesaje de 50 kilogramos, tolerancia lineal de $\pm 0,005 \%$, valor de repetitividad de $\pm 0,005 \%$ e histéresis del $0,005 \%$.

3.1.6. Engrapadoras

Las engrapadoras a utilizar en el área, son engrapadoras industriales de pedestal marca Josef Kihlberg, modelo B561, serie 0503 de origen sueca. Estas máquinas utilizan grapa industrial esmaltada de 1 pulgada.

3.2. Redistribución del área

A continuación se describe el área, los equipos y la nueva distribución que se propone para reorganizar el proceso de pulido y empaque de clavo.

3.2.1. Área requerida para la redistribución

El área requerida para la nueva distribución de equipo es de 500 metros cuadrados, por lo que el área con la que se cuenta actualmente de 533 metros cuadrados es suficiente para cubrir esta necesidad.

3.2.2. Equipos requeridos para la redistribución

Para reorganizar el área de pulido y empaque se utilizarán los equipos con los que cuenta el área actualmente; pulidoras, empaquetadora, báscula y la engrapadora industrial. Además de los equipos ya existentes se utilizarán nuevos equipos que permitan hacer más eficiente el proceso, entre los equipos nuevos están 2 polipastos eléctricos que permitirán hacer más cortos los tiempos de carga y descarga de clavo en las pulidoras.

También se requerirá bandejas para almacenar y transportar el clavo, se utilizará 1 bandeja por máquina y otras que servirán de repuesto para realizar los cambios al momento de transportar una bandeja. También se requerirá un extractor que servirá para recolectar el aserrín utilizado en el proceso de pulido.

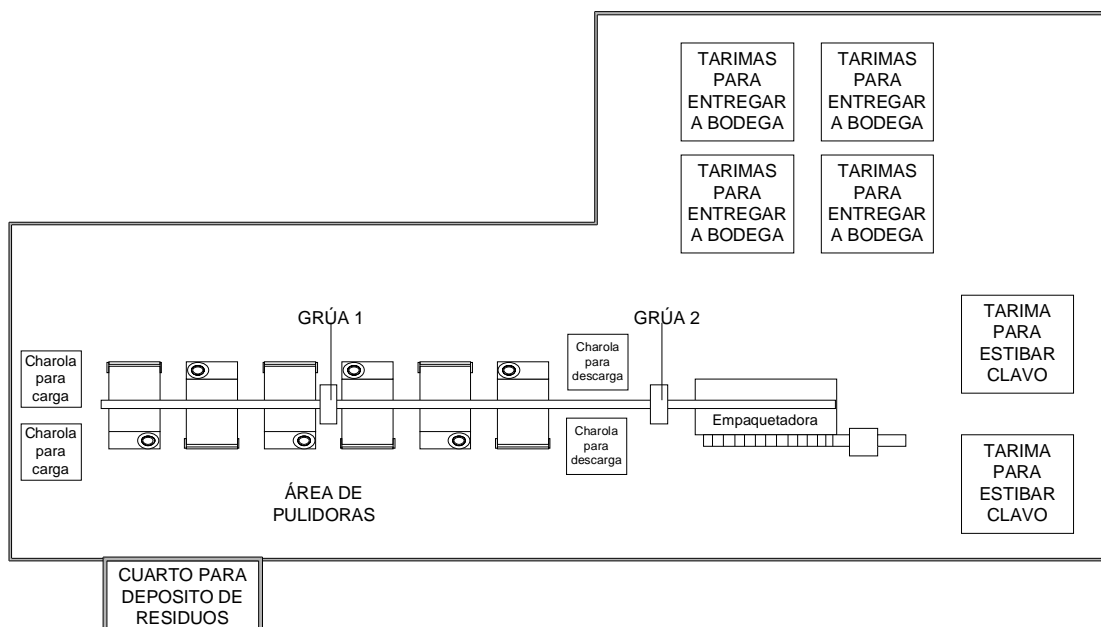
Los equipos requeridos para la redistribución del área de pulido y empaque son:

- 06 máquinas pulidoras de clavo
- 02 polipastos eléctricos
- Máquina empaquetadora
- Báscula
- Engrapadora industrial
- 40 bandejas para clavo
- Extractor de aserrín

3.2.3. Redistribución del área

A continuación se muestra el plano de la nueva organización del área de pulido y empaque de clavo para mejorar la eficiencia de la línea de producción.

Figura 18. Plano de redistribución del área de pulido y empaque



Fuente: elaboración propia.

3.3. Sistema de grúa

El sistema de grúa está diseñado para reducir el tiempo de carga y descarga de clavo en las máquinas y con esto aumentar el ritmo de producción en este proceso.

La grúa la conformará un polipasto el cual estará montado sobre un riel que le permita desplazarse por arriba de todas las pulidoras para poder realizar el llenado y vaciado de las máquinas pulidoras. La grúa permitirá también cargar la máquina empaquetadora con clavo para reducir el tiempo de empaque. Para poder montar la grúa se instalará una estructura metálica que servirá de soporte para este equipo.

3.3.1. Descripción de equipo

El sistema de grúa utilizará 2 polipastos marca Demag modelo tal DC-Pro, con capacidad de carga de 2 toneladas. Este polipasto utilizará un voltaje 440 voltios, el mismo con el que trabaja las máquinas pulidoras del área.

3.3.2. Materiales a utilizar

Los materiales a utilizar en la instalación y montaje del sistema se detallan a continuación, los costos se especifican en la tabla VII.

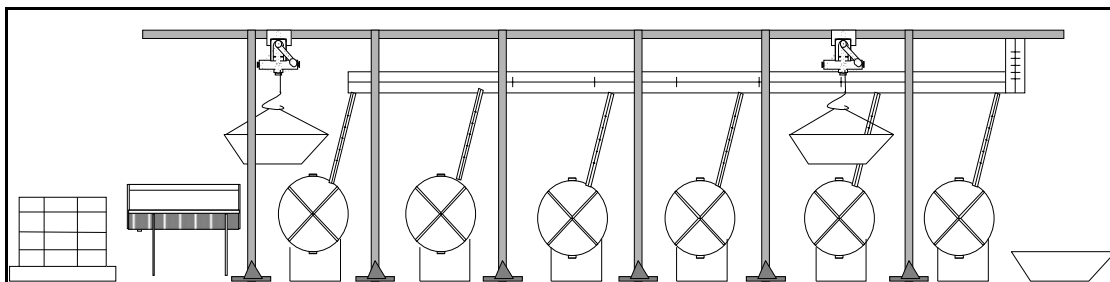
- 10 perfiles cuadrados de 6 x 6 x ¼" de 1,5 metros de largo
- 10 perfiles cuadrados de 6 x 6 x ¼" de 6 metros de largo
- 05 perfiles cuadrados de 6 x 6 x ¼" de 5 metros de largo
- 04 perfiles H de 6 x 6 x ¼" de 6 metros de largo
- 10 láminas cuadradas de 50 por 50 centímetros de ½ pulgada

- 100 libras de electrodo E 7018

3.3.3. Diseño de grúa

A continuación se muestra el diseño del sistema de grúa que permitirá hacer más cortos los tiempos de carga y descarga de clavo y aumentar el ritmo de producción.

Figura 19. Diseño del sistema de grúa



Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Funcionamiento de grúa

Los operadores para realizar una carga en la pulidora, deberá alinear la charola de clavo con la máquina, después levantarán esta charola con el polipasto hasta llegar a la altura que permita que el clavo deslice adentro de la máquina, cuando se encuentre la charola en posición, el operador abrirá las compuertas para dejar caer el clavo dentro de la pulidora, posteriormente se volverá a bajar la charola al piso y se cerrará las compuertas para iniciar con la operación del pulido del clavo. La grúa también permitirá cargar la máquina empaquetadora con clavo, ya que todas las máquinas pulidoras y

empaquetadoras estarán alineadas con el riel por donde se desplazan los polipastos.

3.4. Extracción de desperdicios

A continuación se describe los equipos, los materiales y el diseño del sistema de extracción de residuos que permitirán que el proceso sea más limpio.

3.4.1. Descripción de equipo

Para la extracción de residuos del proceso de pulido de clavo se utilizará un extractor fabricado con un motor de 100 *horse power* de potencia que gira a una velocidad de 3 000 revoluciones por minuto, y succionará el aserrín a través de un impeler. Este equipo utiliza un voltaje de 440 voltios, el mismo voltaje con el que trabajan los demás equipos del área.

3.4.2. Materiales a utilizar

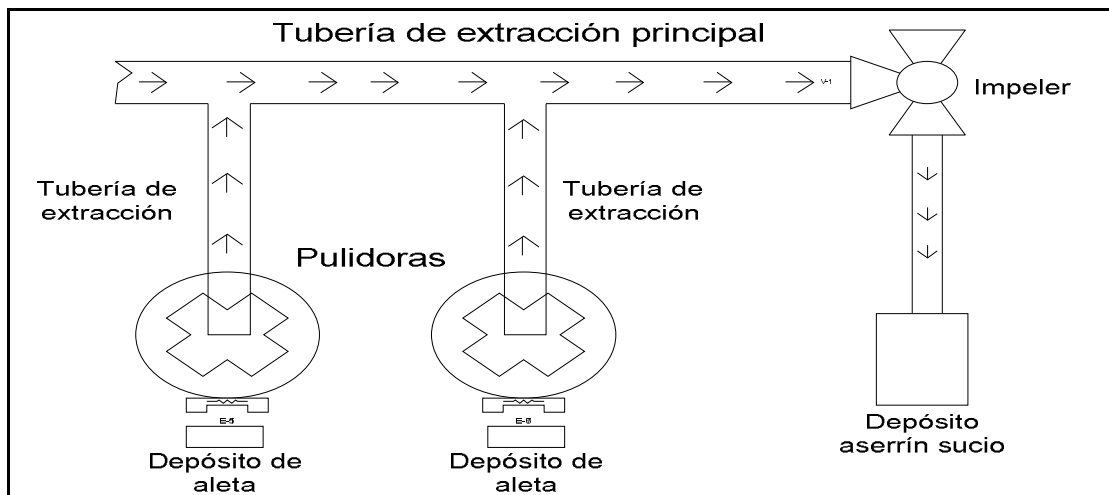
- Lámina cuadrada de 40 por 40 centímetros de ½ pulgada
- 07 tubos flexibles de PVC de 8 pulgadas de diámetro de 5 metros de largo
- 06 tubos flexibles de PVC de 3 pulgadas de diámetro de 3 metros de largo
- 05 acoples lineales para tubería de 8 pulgadas
- Acople en forma de codo para tubería de 8 pulgadas
- 06 acoples lineales para tubería de 3 pulgadas

Los costos de estos materiales se especifican en la tabla VII.

3.4.3. Diseño de sistema mecánico de extracción

En la figura se muestra el diseño mecánico del sistema de extracción de residuos, el cual está conformado por un extractor y una red de tubería de extracción.

Figura 20. Diseño del sistema de extracción de residuos



Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Funcionamiento de extracción de desperdicios

El sistema de extracción de desperdicios servirá para separar el clavo de los desperdicios del proceso de pulido, los desperdicios de este proceso son el aserrín y la aleta, que es el residuo metálico que se da la punta del clavo. Este sistema sustituirá la forma de separar el aserrín y la aleta del clavo colocando las tapaderas con agujeros en las máquinas, permitiendo así que la separación de los desperdicios sea más rápida y se genere menos suciedad en el área de trabajo.

Cuando el tiempo de pulido haya llegado a su fin, el operador abrirá la manija, para que el aserrín y la aleta sean succionados por la tubería que está conectada al recolector de aleta. El aserrín será evacuado por medio de la tubería hasta un depósito de desechos donde se almacenará en costales para posteriormente desecharlo. La aleta será retirada por medio del recolector de aleta y será depositada por el operador en la bandeja de chatarra metálica.

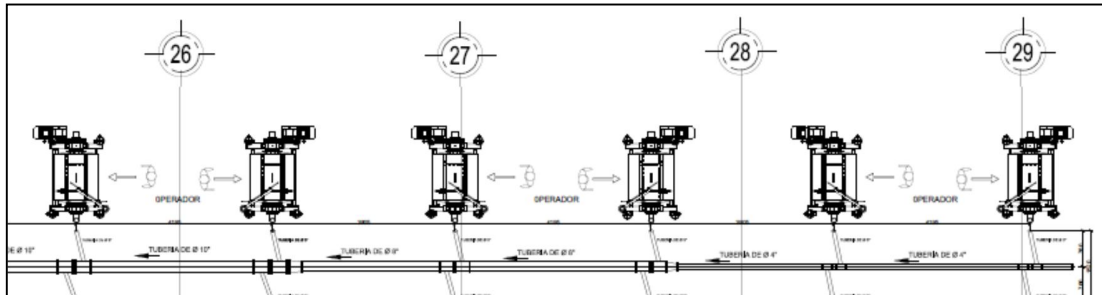
3.5. Montaje mecánico

En el montaje mecánico se describe los procedimientos, materiales y recursos que se requieren para montar e instalar los equipos del área.

3.5.1. Cimentación

Cada máquina pulidora estará montada sobre una losa de concreto de 6 metros de largo por 4 metros de ancho y una altura de 0,3 metros. Antes de realizar la cimentación se colocará toda la tubería donde irán colocados los cables que alimentarán de energía eléctrica a las máquinas, también se colocarán en su posición los pernos de anclaje para que cuando se realice la cimentación estos elementos queden sujetos al suelo.

Figura 21. **Cimentación de las máquinas pulidoras**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. **Montaje de maquinaria**

En el montaje de las máquinas se describe los materiales y el procedimiento para instalar en su posición las máquinas pulidoras de clavo.

3.5.2.1. **Material a utilizar**

- 45 metros cúbicos de concreto
- 240 varilla corrugada grado 40 de ½ pulgada
- 40 pernos de anclaje de 22 milímetros
- 24 pernos de anclaje de 16 milímetros
- 24 tuercas de 16 milímetros
- 12 tubos galvanizado de ½ pulgada

Los costos de estos materiales especifican en la tabla VII.

3.5.2.2. Anclaje de maquinaria

Las máquinas pulidoras se levantarán con el montacargas para poder colocarlas en posición, posteriormente se montarán sobre los pernos de anclaje colocados en el suelo, cuando la máquina ya esté ubicada en posición se fijará a los pernos colocando las tuercas, para realizar esta tarea se utilizará una llave no. 24 para realizar el apriete.

3.5.3. Montaje de grúa

En el montaje de grúa se describe la instalación de los elementos que conforman el sistema de grúa, en este caso el riel y los polipastos.

3.5.3.1. Instalación de riel

El riel por donde se desplazará los polipastos se instalará a la estructura metálica con electrodo E 7018, con capacidad de 78 000 libras/pulgadas², primero se colocará el riel en la posición deseada con el montacargas y luego con puntos de soldadura se fijará a la estructura, posteriormente el técnico terminará de soldar todas las partes de sujeción del riel a la estructura. Los costos de instalación se especifican en la tabla VII.

3.5.3.2. Instalación de polipasto

Después de haber terminado la instalación del riel, se colocarán los polipastos, estos se fijarán a los carros de traslación por medio de las tuercas de fijación al perfil. Los costos de instalación se especifican en la tabla VII.

3.5.4. Montaje de sistema de extracción

El montaje del sistema de extracción de aserrín será en dos etapas, primero la instalación del extractor que succionará todos los residuos y de segundo la instalación de la tubería por donde se realizará la extracción.

3.5.4.1. Instalación de extractores

El extractor de aserrín se instalará en la parte externa de la planta, este se fijará a una base metálica que está colocada en el suelo, se fijará a la base metálica por medio de las tuercas de fijación. Los costos de instalación se especifican en la tabla VII.

3.5.4.2. Instalación de tubería

La tubería de extracción de aserrín se instalará sujetándola a la estructura metálica que sostiene el sistema de grúa. Para esto se utilizará abrazaderas metálicas que se soldaran a la estructura. Se colocarán todos los acoples para conectar la tubería a los equipos. Los costos de instalación se especifican en la tabla VII.

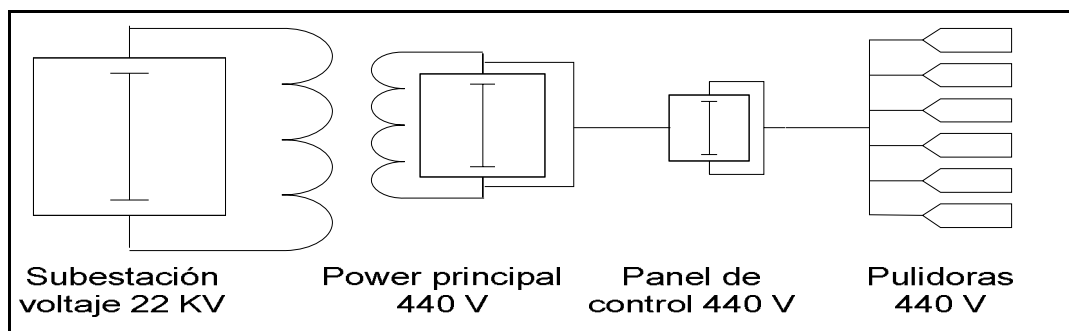
3.6. Montaje eléctrico

En el montaje eléctrico se muestra la acometida general, el cableado eléctrico, el panel eléctrico y se describe la instalación de estos elementos.

3.6.1. Acometida general

La acometida general con la que trabaja el área de pulido de clavo se presenta a continuación en la siguiente figura.

Figura 22. **Acometida eléctrica de pulido y empaque**



Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Cableado eléctrico

El cableado se realizará a través de la tubería previamente instalada por debajo del suelo, se llevarán todos los cables desde cada máquina hasta el panel de control, donde estará centralizada toda la alimentación eléctrica de las máquinas. Los costos de instalación se especifican en la tabla VII.

3.6.3. Instalación de panel de control

El panel de control se instalará a un costado del área de pulido y empaque de clavo, desde este panel se alimentará de energía eléctrica a todos los equipos del área, en el panel habrá dispositivos de seguridad que permitirá

bloquear la energía eléctrica de los equipos cuando se necesiten intervenirlos por algún mantenimiento. Los costos se especifican en la tabla VII.

Figura 23. **Panel de control de pulido y empaque**



Fuente: panel eléctrico pulidora de la planta de trafilación Sidegua.

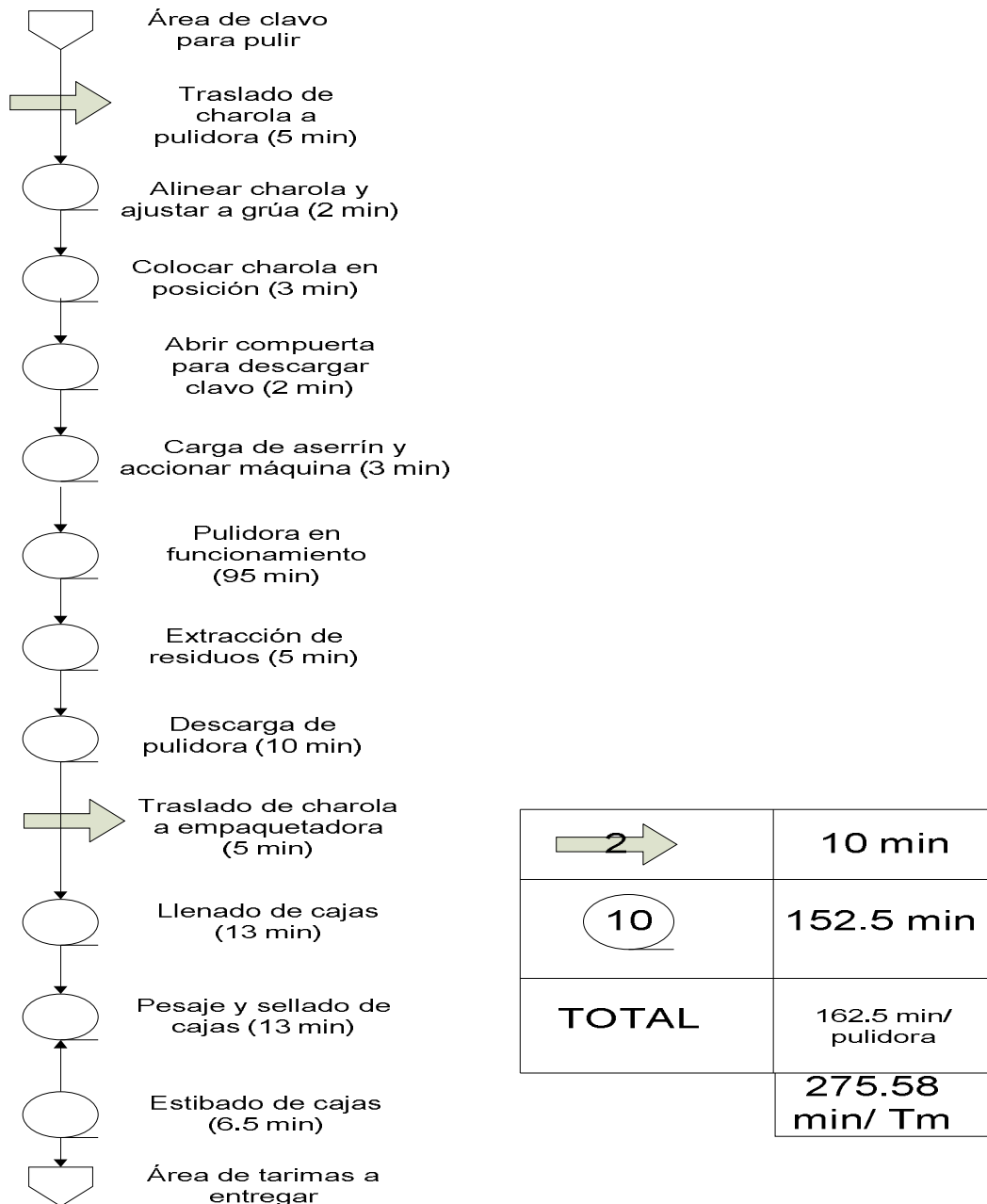
3.7. Descripción del proceso

A continuación se describe el proceso de pulido y empaque de clavo conjuntado como uno solo, a través de los diagramas de operación y recorrido, con el fin de reducir los tiempos de producción y aumentar la capacidad de producción.

3.7.1. Diagrama de operaciones propuesto

El diagrama de operaciones propuesto con las operaciones fundamentales para el proceso y pulido de clavo se muestra en la figura 24.

Figura 24. Diagrama de operaciones del proceso de pulido y empaque del clavo propuesto

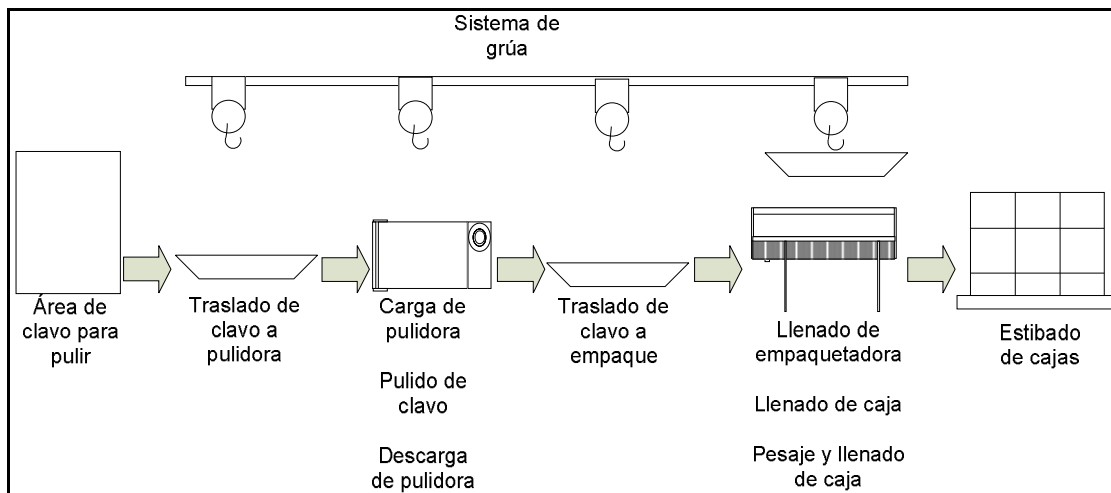


Fuente: elaboración propia.

3.7.2 Diagrama de recorrido propuesto

El diagrama de recorrido muestra el flujo del proceso a través de todas sus etapas, pasando por la etapa de espera, el pulido de clavo y por último el empaque.

Figura 25. Diagrama de recorrido del proceso de pulido y empaque del clavo propuesto



Fuente: elaboración propia.

3.8. Métodos de operación

Con la nueva organización del área de pulido y empaque de clavo se emplearán nuevos métodos de operación en este proceso, los cuales se describen a continuación.

3.8.1. Pulido de clavo

A continuación se describen los cambios en el método y en la cantidad de mano de obra para el proceso de pulido de clavo.

3.8.1.1. Descripción del método

Con la nueva distribución de maquinaria del área, el proceso de pulido y empaque de clavo será el siguiente. El colaborador transportará al área de pulido la charola de clavo y la alineará con la grúa, colocará la cadena a charola y la enganchará al polipasto. Luego de esto levantará la charola y la desplazará por medio del riel a la pulidora que se desea cargar.

Cuando la charola se encuentre encima de la pulidora, el operador alineará la charola con la máquina y abrirá la compuerta de la charola para que el clavo se deslice hasta llenar la pulidora. Ya con la pulidora cargada con clavo el operador depositará aserrín dentro de la pulidora, colocará las tapaderas y accionará la máquina. Al momento de completar el tiempo de pulido, el operador accionará la manija que abre el ducto de succión, para extraer todo el aserrín por la tubería y la aleta por el recolector.

Al terminar el tiempo de succión el operador alineará nuevamente la charola por debajo de la pulidora y retirará la tapadera de la máquina, luego girará la pulidora a modo que todo el clavo deslice y caiga por la charola. Luego de esto el operador transportará la charola al área de empaque. Los tiempos de las operaciones se detallan en la figura 24.

3.8.1.2. Mano de obra

Actualmente en el área de pulido y empaque se cuenta con 4 operadores de pulido de clavo por turno de trabajo, que se dedican a todas las tareas de pulir y empaquetar el clavo, con la nueva distribución de maquinaria y el nuevo método de trabajo, se utilizarán 3 operadores para esta área, un operador para cada 2 máquinas pulidoras.

3.8.2. Empaque de clavo

A continuación se describen los cambios en el método y en la cantidad de mano de obra para el proceso de empaque de clavo.

3.8.2.1. Descripción del método

Para el empaquetar el clavo, 1 operador enganchará la charola con clavo a la grúa y la transportará a la máquina empaquetadora, cuando esta esté en posición, abrirá la compuerta de la charola y descargará todo el clavo en la máquina. Con el sistema de grúa se reducirá el tiempo de llenado de la bandeja de la empaquetadora, además se reducirá el esfuerzo físico que realizan los operadores en esta área por estar sometidos al levantamiento repetitivo de cargas.

Cuando ya se encuentra llena la empaquetadora, 1 operador seguirá con el proceso normal de, orientación de clavo, llenado de caja. Luego de esto 1 operador se encargará del pesaje y sellado de caja; por último 2 operadores estibarán las cajas en tarimas y las trasladarán al área de recibo de bodega de producto terminado.

3.8.2.2. Mano de obra

Con el nuevo método de trabajo se necesitarán 4 operadores por turno, por lo que con la nueva organización del área se utilizará la misma cantidad de mano de obra, uniendo los dos procesos de pulido y empaque se utilizará 7 operadores por turno, con el beneficio de la disminución de tiempo en los procedimientos de operación. Cada turno de trabajo tienen una duración de 12 horas, el costo de la mano de obra es de Q 8,93 por operador, por lo que el costo de la mano de obra por hora es de Q 62,48 por turno en jornada diurna y Q 83,30 en jornada nocturna.

3.9. Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento del área de pulido y empaque de clavo está conformado por una serie de actividades de mantenimiento y también el sistema con el que se registrará las fallas, estos elementos del programa se describen a continuación.

3.9.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo para los equipos del área de pulido y empaque se ejecutarán por los técnicos del departamento mecánico y el departamento eléctrico según la programación que se establezca en el cronograma de mantenimientos del área, estas fechas establecidas en la programación deberán de cumplirse estrictamente, esto para garantizar el buen funcionamiento del equipo y no causar paros de producción por imprevistos que perjudiquen el cumplimiento con las metas de producción.

3.9.1.1. Elaboración de fichas de control

Todos los mantenimientos realizados deberán registrarse en la fichas de control, ya que posteriormente la información que se registre en esta ficha se digitalará en una base de datos para llevar el historial de mantenimiento de cada equipo. Al momento de realizar el mantenimiento preventivo el mecánico deberá llenar la ficha de control y realizar todas las tareas que se especifican en la ficha, marcando con una "x" al momento de terminar cada actividad, cuando el mantenimiento haya concluido, el mecánico deberá de firmar la ficha y entregarla al supervisor del área, el supervisor deberá revisar el trabajo y firmará, dejando constancia que está conforme con el trabajo. Posteriormente esta ficha será entregada por el mecánico al jefe de taller, el formato para elaborar la ficha de control se muestra en la figura 26.

Figura 26. **Ficha de control para mantenimientos**

Ficha de control de mantenimientos			
Planta:	<input style="width: 90%;" type="text"/>	Máquina no.	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Sección:	<input style="width: 90%;" type="text"/>	Nombre de operador:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
<u>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</u>		Fecha programada:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
<u>Aspectos a revisar:</u>		Fecha de ejecución:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Inspección de mantenimiento	<input type="checkbox"/>	Ajuste de acoples	<input type="checkbox"/>
Lavado de maquinaria	<input type="checkbox"/>	Lubricación de maquinaria	<input type="checkbox"/>
Ajuste de fajas	<input type="checkbox"/>	Revisión de sistema eléctrico	<input type="checkbox"/>
Ajuste de chumaceras	<input type="checkbox"/>		
<u>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</u>		Fecha de falla:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
		Fecha de ejecución:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Descripción de la falla:			
Descripción del mantenimiento realizado:			
<u>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</u>		Elemento a cambiar:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
		Estado de elemento:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Descripción de la falla:			
Descripción del mantenimiento realizado:			
Ejecutor del mantenimiento:		Conforme con mantenimiento:	
Nombre y firma		Nombre y firma	

Fuente: elaboración propia.

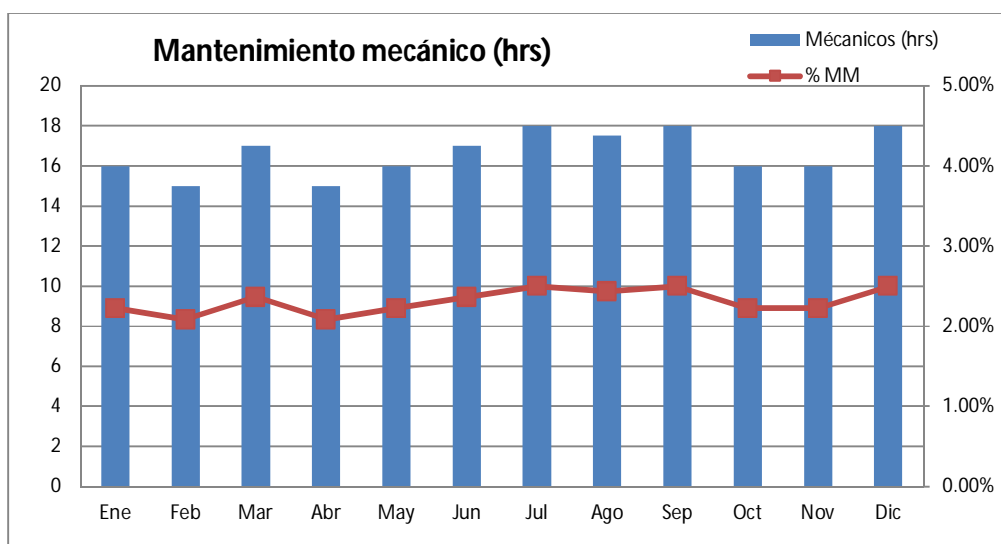
3.9.1.2. Actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento para el área de pulido y empaque de clavo se describen a continuación.

3.9.1.2.1. Inspección de mantenimiento

En esta inspección el mecánico deberá probar todas las funciones que el equipo realiza, antes de intervenirlo, para asegurarse que el equipo estaba en buenas condiciones antes de comenzar a trabajar. También realizará una inspección visual a todas las partes del equipo para encontrar golpes o anomalías en los equipos. En la figura 27 se muestran las horas de mantenimiento mecánico invertidas en la máquina del área de pulido y empaque en el 2011.

Figura 27. Horas de intervención de mantenimiento mecánico



Fuente: elaboración propia.

3.9.1.2.2. Lavado de maquinaria

Este lavado de maquinaria aplicará para las pulidoras, ya que están acumulan mucha suciedad de aceite y aserrín sucio, por lo que el mecánico deberá de limpiar las máquinas, sopleteando las partes en donde se acumulen estos residuos, si hubiera exceso de aceite, el mecánico limpiara la máquina con desengrasante a base de naranja marca DG-40.

3.9.1.2.3. Ajuste de fajas

El mecánico deberá revisar la tensión de las fajas de las pulidoras para determinar su estado, la forma de revisar esta tensión es presionar hacia abajo la faja y esta no deberá de ceder más de 2 milímetros, si la faja no estuviera con la tensión deseada, deberá cambiarla por otra nueva. Las fajas se cambiarán obligatoriamente cada 2 meses de trabajo. También se deberá revisar las poleas y se evaluará el estado de la ciza por donde corre la faja, si la polea estuviera muy gastada se cambiará por otra nueva.

3.9.1.2.4. Ajuste de chumaceras

Para la revisión de chumaceras, el mecánico revisará que los tornillos de la base de la chumacera estén bien apretados, para verificar que todo esté bien ajustado. Posteriormente deberá revisar la lubricación de los cojinetes, de ser necesario, lubricará con grasa estos elementos. Por último girará manualmente la pulidora para determinar que el eje de la máquina este bien ajustado y gire correctamente.

3.9.1.2.5. Ajuste de acoples

Los acoples que se deben revisar en el mantenimiento, son los acoples que sujetan la tubería de succión de aserrín a la máquina, es muy importante que estos acoples estén bien sujetos, ya que si hay alguna fuga de aire en la tubería, el sistema de extracción ya no tendrá la misma potencia para succionar todo el aserrín y el proceso de pulido se verá afectado.

3.9.1.2.6. Lubricación maquinaria

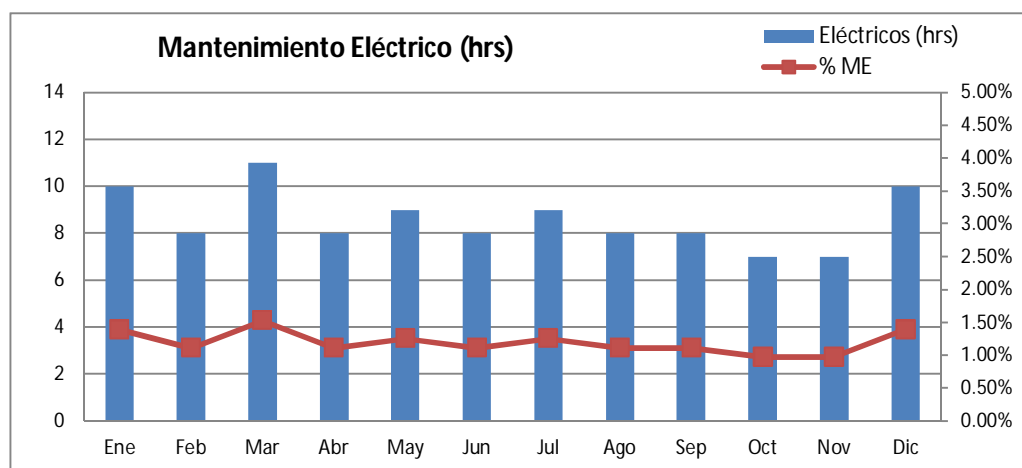
La lubricación de la máquina es muy importante para el buen funcionamiento, la lubricación de las máquinas pulidoras se realiza con grasa, se revisa el eje de rotación de la máquina y en la chumacera que los sujeta. Además como parte de la lubricación se deberá revisar la lubricación de la cadena de los polipastos, también se deberá revisar el correcto deslizamiento de los polipastos por su riel y de hacer falta se lubricará con grasa. Se utiliza una grasa multiuso a base de litio, esta grasa es de uso universal para trabajos a temperatura ambiente y tiene la ventaja de poderse lavar con agua. El aceite para los polipastos es de baja viscosidad clasificación grado SAE 30.

3.9.1.2.7. Revisión de sistema eléctrico

La revisión del sistema eléctrico quedará a cargo del eléctrico de la planta, revisará el buen funcionamiento de todas las botoneras de la máquina que este revisando. Revisará todas las conexiones eléctricas para asegurarse que no haya cables expuestos, de último soplará las botoneras y motor para retirar el exceso de polvo que se encuentre en la máquina. Como parte de la revisión del sistema eléctrico se revisará siempre las botoneras de los polipastos y el correcto funcionamiento de los movimientos de ascenso y descenso de estos

equipos. En la figura 28 se muestran las horas de intervención del departamento eléctrico en área de pulido y empaque en el 2011.

Figura 28. **Horas de intervención de mantenimiento eléctrico**

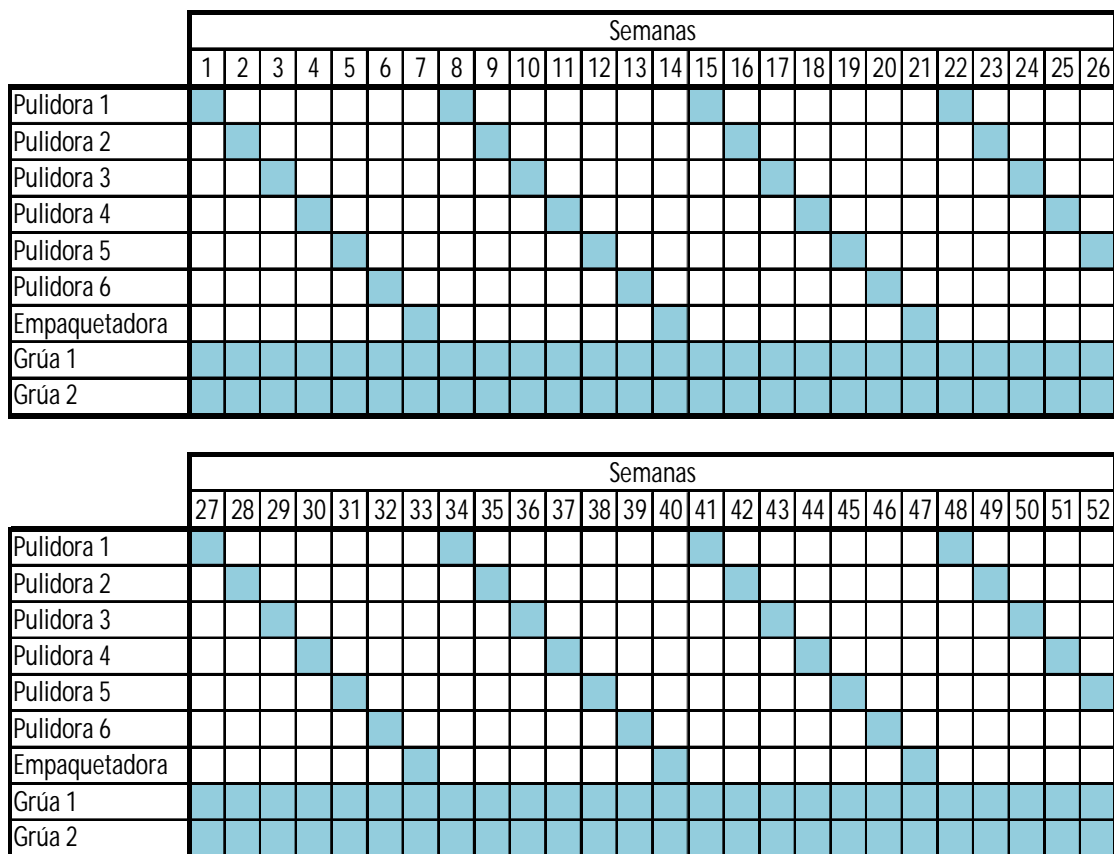


Fuente: elaboración propia.

3.9.1.3. Frecuencia de los mantenimientos

Los mantenimientos para la maquinaria del área se programarán semanalmente durante todo el año, cada semana se trabajará una máquina diferente para cubrir todos los equipos. Para ejecutar los mantenimientos se deberá seguir el cronograma de mantenimientos preventivos, en este cronograma están planificados los mantenimientos que se realizarán durante todo el año. Cada máquina tendrá un mantenimiento aproximadamente cada 7 semanas, por lo que recibirá 8 mantenimientos por año, a excepción de las grúas que tendrán mantenimiento semanal durante todo el año. El cronograma de mantenimiento se puede apreciar en la figura 29.

Figura 29. **Cronograma de mantenimiento preventivo**



Fuente: elaboración propia.

3.9.2. **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se llevará a cabo por alguna razón suceda una interrupción y se requiera intervenir algún equipo, el procedimiento para actuar en este caso se describe a continuación.

3.9.2.1. Procedimiento

Cuando en algún equipo del área ocurra una falla y no funcione con normalidad se solicitará un mantenimiento correctivo para el equipo por parte del supervisor del área. La forma de solicitar el mantenimiento correctivo será a través de la ficha de control, el supervisor anotará en la hoja la información de la máquina, la fecha en que ocurrió la avería y la descripción de la falla que tiene el equipo, luego de esto entregará al jefe de mecánicos la ficha de control para que este envíe a un mecánico a solucionar la falla.

El mecánico al llegar al área revisará el equipo y solucionará la avería con la mayor efectividad posible, al terminar la reparación el mecánico anotará la descripción del trabajo realizado en el equipo y entregará la ficha al supervisor. El supervisor deberá revisar que el equipo esté funcionando con normalidad y devolverá firmada la ficha, aceptando el trabajo realizado. Por último el mecánico entregará la ficha al jefe de taller para digitar la información de la ficha y agregarlo al historial de la máquina.

3.9.2.2. Fichas de control

A continuación se muestra el apartado de la ficha de control que se deberá llenar por el supervisor del área y el mecánico al momento de un mantenimiento correctivo.

Figura 30. **Apartado de mantenimiento correctivo en ficha de control**

<u>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</u>	Fecha de falla:	<input type="text"/>
	Fecha de ejecución:	<input type="text"/>
Descripción de la falla:		
Descripción del mantenimiento realizado:		

Fuente: elaboración propia.

3.9.3. Mantenimiento predictivo

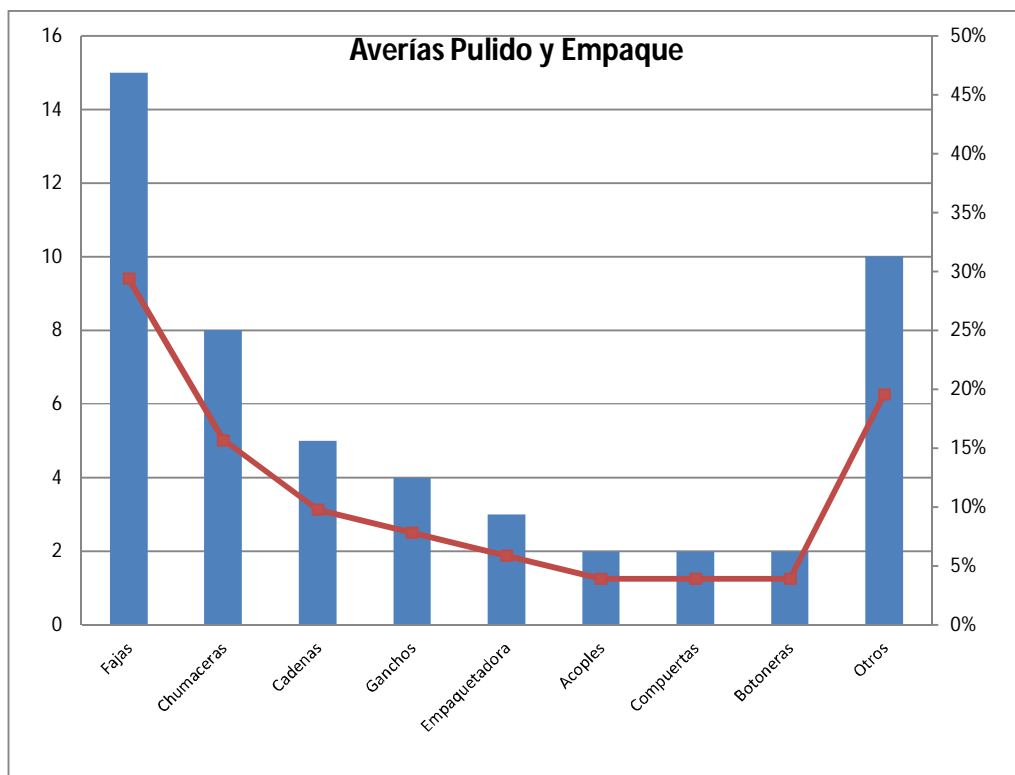
El mantenimiento predictivo se realiza a los elementos críticos de las máquinas y en los cuales se puede pronosticar el tiempo de vida para intervenirlos antes de que fallen.

3.9.3.1. Identificación de elementos críticos

Para determinar el mantenimiento predictivo, lo primero es determinar cuáles son los elementos críticos de las máquinas que hay que monitorear para saber en qué momento se deben reemplazar estos elementos, estos elementos son los que sufren desgaste por el uso de la maquinaria.

Los elementos críticos en el caso de las máquinas pulidoras serían las fajas y las chumaceras, en el caso de los polipastos las cadenas. En la figura 31 se muestran los elementos que más han resultado averiados en el 2011.

Figura 31. Elementos críticos de pulido y empaque



Fuente: elaboración propia.

3.9.3.2. Monitoreo

Para monitorear el cambio de elementos críticos de la maquinaria se utilizará un cronograma, el cual indicará en que semana del año se debe cambiar el elemento de cada máquina, este cronograma coincide con las fechas del cronograma del mantenimiento preventivo, esto con el fin de aprovechar el paro de producción de la máquina y poder cambiar estas partes. El cronograma de mantenimiento predictivo se muestra en la figura 31.

Figura 32. Cronograma de mantenimiento predictivo

Máquina	Elemento	Semanas																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Pulidora 1	Faja	■														■											
	Chumacera								■														■				
Pulidora 2	Faja		■														■										
	Chumacera									■															■		
Pulidora 3	Faja			■														■									
	Chumacera										■															■	
Pulidora 4	Faja				■														■								
	Chumacera											■															■
Pulidora 5	Faja					■																■					
	Chumacera												■														
Pulidora 6	Faja						■																■				
	Chumacera													■													
Grúas	Cadena G1																										
	Cadena G2														■												

Máquina	Elemento	Semanas																									
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Pulidora 1	Faja		■														■										
	Chumacera										■														■		
Pulidora 2	Faja			■														■									
	Chumacera											■														■	
Pulidora 3	Faja				■														■								
	Chumacera												■													■	
Pulidora 4	Faja					■															■						
	Chumacera													■													■
Pulidora 5	Faja						■																■				
	Chumacera														■												
Pulidora 6	Faja							■															■				
	Chumacera	■														■											
Grúas	Cadena G1																										
	Cadena G2																										

Fuente: elaboración propia.

3.9.3.3. Fichas de control

Las fichas de control para registrar los mantenimientos predictivos, serán las mismas que para los demás mantenimientos solamente que se dejará registro en el apartado correspondiente.

Figura 33. **Apartado de mantenimiento predictivo en ficha de control**

<u>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</u>	Elemento a cambiar:	<input type="text"/>
	Estado de elemento:	<input type="text"/>
Descripción de la falla:		
Descripción del mantenimiento realizado:		

Fuente: elaboración propia.

3.9.3.4. Procedimientos

El mantenimiento predictivo se realizará según lo indique el cronograma, como este mantenimiento coincide con el mantenimiento preventivo de cada máquina, el mecánico deberá utilizar la misma ficha de control cuando realice el mantenimiento. En el apartado de la ficha de control para mantenimiento predictivo el mecánico indicará la pieza que va a cambiar, el estado en que se encuentra y describirá el trabajo realizado en la máquina. Las piezas que se cambian en la maquinaria son elementos que sufren desgaste y tienen un costo relativo bajo en función de las horas de trabajo que prestan el servicio.

3.10. Análisis financiero

Para determinar si la reorganización del área de pulido y empaque es factible económicamente se presenta el análisis financiero a continuación.

3.10.1. Inversión

La inversión inicial que se debe realizar para poder llevar a cabo el proyecto, se detalla y se presenta a continuación en la tabla VII.

Tabla VII. Inversión Inicial

Elementos	Unidades	Costo unitario Q	Costo Q
Polipastos eléctricos	2	24 000,00	48 000,00
Bandejas para clavo	40	1 100,00	44 000,00
Extractor de aserrín	1	6 500,00	6 500,00
Perfil cuadrado de acero de 6x6x1/4" de 1,5 m de largo	10	350,00	3 500,00
Perfil cuadrado de acero de 6x6x1/4" de 6 m de largo	10	1 500,00	15 000,00
Perfil cuadrado de acero de 6x6x1/4" de 5 m de largo	5	937,50	4 687,50
Perfil H estructural de acero de 6x6x1/4" de 6 m de largo	4	1 125,00	4 500,00
Lámina cuadrada de acero de 50x50 cm de ½ pulgada	10	600,00	6 000,00
Lámina cuadrada de acero de 40x40 cm de ½ pulgada	1	500,00	500,00
Libras de electrodo de E 7018	100	60,00	6 000,00
Tubos flexibles de PVC de 8" de diámetro de 5 m de largo	7	500,00	3 500,00
Tubos flexibles de PVC de 3" de diámetro de 3 m de largo	6	350,00	2 100,00
Acoples lineales para tubería de 8"	5	250,00	1 250,00
Acople en forma de codo para tubería de 8"	1	120,00	120,00
Acoples lineales para tubería de 3"	6	90,00	540,00
Metros cúbicos de concreto	45	1 500,00	67 500,00
Varilla corrugada grado 40 de ½"	250	142,00	35 500,00
Pernos de anclaje tipo J de 22 mm de diámetro	40	300,00	12 000,00
Pernos de anclaje tipo J de 16 mm de diámetro	24	250,00	6 000,00
Tubo galvanizado de ½" de 6 m de largo	12	110,00	1 320,00
Costo total			268 517,50

Continuación de la tabla VII.

Instalación	Costo Unitario			Costo por hora Q	Costo Q
	Duración (h)	Trabajadores	Total (h)		
Instalación de riel	44	6	264	18,00	4 752,00
Instalación de polipasto	22	6	132	18,00	2 376,00
Instalación de extractor	14	2	28	18,00	504,00
Instalación de tubería	30	6	180	18,00	3 240,00
Instalación de cableado eléctrico	44	3	132	18,00	2 376,00
Instalación de panel de control	22	3	66	18,00	1 188,00
Costo total del montaje e instalación					14 436,00

Costo total materiales	Q 268 517,50
Costo total de mano de obra en la instalación	Q 14 436,00
Costo total	Q 282 953,50

Fuente: elaboración propia.

3.10.2. Gastos fijos

Los gastos fijos mensuales antes y después de implementada la nueva organización se mantiene constantes, los gastos fijos se obtuvieron del presupuesto que tiene asignado la sección de pulido y empaque de los gastos fijos totales de toda la planta. A pesar que los gastos fijos se mantienen constantes se debe tomar en cuenta la tasa inflacionaria, que en el 2011 se cerró en un 6,2 %, además de esto el salario mínimo para el 2012 aumento en

un 6,75 %, por lo que estos factores se tomaron en cuenta para proyectar los gastos fijos en el nuevo período.

Tabla VIII. **Gastos fijos de operación**

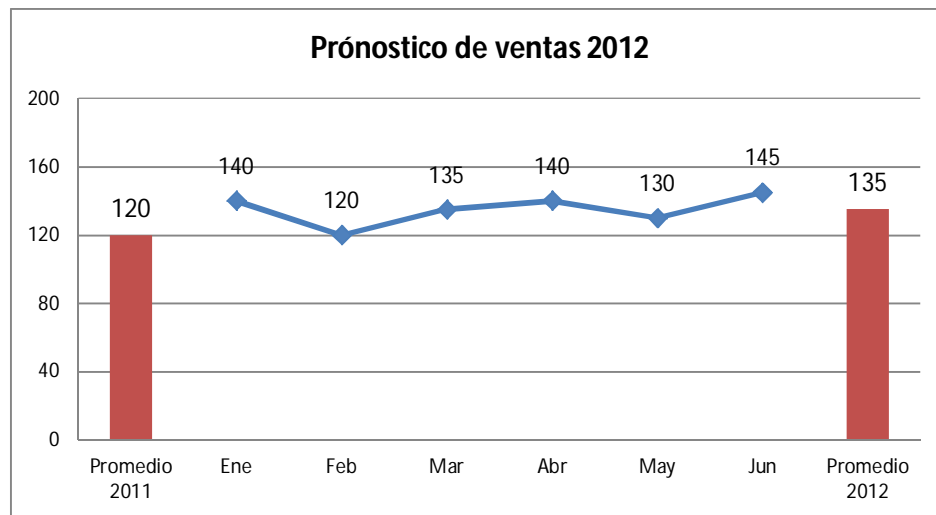
FIJOS	ANTES	DESPUÉS
Gastos administrativos	Q 12 080,00	Q 12 828.96
Mano de obra	Q 28 000,00	Q 29 736,00
Mantenimiento	Q 10 000,00	Q 10 620,00
Equipo de seguridad	Q 1 400,00	Q 1 486,80
Total	Q 51 480,00	Q 54 671,76

Fuente: elaboración propia.

3.10.3. Gastos variables

Los gastos variables mensuales de operación están ligados a las toneladas de producción que se procesan, con la organización actual solamente se logran procesar 120 toneladas de clavo por las deficiencias que tiene el proceso, con la nueva organización se tiene proyectado procesar las 135 toneladas promedio, según el pronóstico de ventas para el primer semestre del 2011, realizado por el departamento de planeación en base a las ventas históricas de los últimos años, según se muestra en la figura 34.

Figura 34. Pronóstico de ventas 2012



Fuente: elaboración propia.

Los gastos variables de operación están comprendidos por los insumos que se utilizan en el proceso de pulido y empaque. Los insumos de este proceso son la energía eléctrica que va a variar dependiendo las horas efectivas de trabajo de la maquinaria, con la nueva organización se tiene contemplado que disminuya el tiempo de ocio de la maquinaria, por lo que se elevará el consumo de energía eléctrica. Por otra parte el consumo de aserrín, el material de empaque, el pegamento de las cajas, las tarimas, los lubricantes; al aumentar la producción también aumentara el consumo de estos materiales.

Tabla IX. **Gastos variables de operación**

FIJOS	ANTES	DESPUÉS
Energía eléctrica	Q 28 500,00	Q 31 635,00
Aserrín	Q 8 000,00	Q 8 800,00
Lubricantes	Q 5 000,00	Q 5 550,00
Material de empaque	Q 6 000,00	Q 6 660,00
Pegamento	Q 2 000,00	Q 2 220,00
Tarimas	Q 11 000,00	Q 12 210,00
Total	Q 60 500,00	Q 67 155,00

Fuente: elaboración propia.

3.10.4. Valor actual neto

Para el cálculo del valor actual neto se utilizará la tasa de interés activa del 13,43 % anual publicada por el Banco de Guatemala, que corresponde a la tasa promedio del 2011. El cálculo del VAN se realizará en un flujo de efectivo a 6 meses, período en el que se desea recuperar la inversión realizada en el proyecto. Los ingresos están calculados en base a las utilidades mensuales que generará producir 135 toneladas de clavo, los cuales ascienden a Q 446 435,55 mensuales. Los gastos de cada mes son la suma de los gastos fijos con los gastos variables, estos ascienden a Q 121 826,76. Se presenta el flujo de efectivo en la figura 35.

Figura 35. **Flujo de efectivo**

	Inversión	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Ingresos		Q 446 435,55	Q 446 435,55	Q 446 435,55	Q 446 435,55	Q 446 435,55	Q 446 435,55
Gastos		Q 121 826,76	Q 121 826,76	Q 121 826,76	Q 121 826,76	Q 121 826,76	Q 121 826,76
Inversión	Q 282 953,50						

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Gastos (t=0)} = \text{Q } 390\,606,52$$

$$\text{Ingresos (t=0)} = \text{Q } 394\,495,71$$

$$\text{VAN} = \text{Q } 394\,495,71 - \text{Q } 390\,606,52$$

$$\text{VAN} = \text{Q } 3\,889,19$$

El valor actual neto representa un valor de Q 3 889,19 por lo que la inversión del proyecto es factible y la empresa está en capacidad de realizar la implementación del proyecto.

3.10.5. Valor uniforme anual equivalente

Para el cálculo del valor uniforme anual equivalente se utilizará el mismo período y la misma tasa de interés presentado en el inciso anterior.

$$\text{VAN} = \text{Q } 3\,889,19, \text{ período 6 meses, tasa de interés } 13,43\% \text{ anual.}$$

$$\text{VAUE} = \text{Q } 4\,401,25$$

El valor del VAUE de Q 4 401,25 representa un valor positivo por lo que bajo este criterio el proyecto también es factible para la empresa.

3.10.6. Costo beneficio

El costo de beneficio del proyecto representa un valor de 1,01, por lo que se recuperará en un 100 % la inversión realizada en el proyecto.

$$\text{Gastos (t=0)} = \text{Q } 390\,606,52$$

$$\text{Ingresos (t=0)} = \text{Q } 394\,495,71$$

$$\text{B / C} = \text{Q } 394\,495,71 / \text{Q } 390\,606,52$$

$$\text{B / C} = 1,01$$

3.10.7. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno para el proyecto representa un valor de 114 %, comparada con la tasa de interés del 13,43 %, es un valor mucho más grande, por lo que bajo este criterio el proyecto es factible ya que se recuperará la inversión realizada.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE

4.1. Montaje mecánico

A continuación se describe las actividades y los recursos que se utilizarán para la implementación del montaje mecánico del proyecto de reorganización.

4.1.1. Personal encargado

El que realizará el montaje de la maquinaria será el Departamento de Mantenimiento Mecánico de la planta, para esta tarea, el equipo de trabajo estará conformado por; el jefe de taller mecánico, quién será el responsable de dirigir todas las actividades, 4 mecánicos y 2 soldadores. Para actividades varias se contará con el apoyo de los colaboradores del área, quiénes estarán a disponibilidad del taller de mantenimiento mecánico en el tiempo que dure el montaje.

4.1.2. Cronograma de actividades

En el cronograma de actividades se muestra en que semana se va a realizar cada actividad para realizar el montaje mecánico del proyecto.

Figura 36. **Cronograma del montaje mecánico**

TAREA	Semana			
	1	2	3	4
Desmontaje maquinaria				
Extracción de concreto				
Cimentación				
Pintado de máquinas				
Montaje de estructura para				
Instalación polipastos				
Montaje pulidoras				
Montaje tubería extracción				
Montaje extractor				

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Descripción de las actividades

Desmontaje maquinaria: esta actividad consistirá en retirar la maquinaria hacia la sección de empaque para poder despejar el área y poder empezar con las actividades de montaje. Para retirar esta maquinaria solo se retirarán las tuercas que sujetan la máquina a los pernos anclados en el piso, para luego levantar con el montacargas las máquinas y trasladarlas hacia la sección asignada.

Rompimiento de concreto: en esta actividad se romperá todo el concreto que conforma el piso de la sección de pulido, esto servirá para instalar la tubería eléctrica que alimentará de energía eléctrica las máquinas y para cambiar el piso que se encuentra en mal estado.

Cimentación: después de colocar la tubería eléctrica, se colocará una armadura de varilla de $\frac{1}{4}$ como refuerzo para soportar la carga de las máquinas, en el piso se colocarán 4 pernos de anclaje por cada máquina, donde se

asegurará las pulidoras al suelo, también se colocaran los pernos de anclaje, donde se sujetará la estructura metálica que soportará el riel y el polipasto que componen el sistema de grúa del área. Cuando este colocada todo los elementos en posición se verterá el concreto en el piso, y se dará un tiempo de fraguado de una semana.

Pintado de máquinas: aprovechando los movimientos que se están realizando en el área, se pintará las pulidoras, para mejorar la apariencia de la maquinaria, se pintará de color verde industrial y las guardas de seguridad color amarillo, estos colores son los estándar dentro de las planta.

Montaje estructura: el montaje de la estructura para el riel se comenzará instalando primero, los cuatro parales que sostendrán la estructura, estos se asegurarán al piso, y luego se procederá a armar la parte las vigas y refuerzos que componen la estructura. Por último se instalará el riel a la estructura por medio de pernos y soldadura.

Montaje de polipastos: ya instalada la estructura metálica y el riel, se procederá a la instalación de los dos polipastos en el riel, estos equipos deben quedar perfectamente alineados para poder realizar las tareas de carga y descarga en todas las pulidoras, y la carga en la empaquetadora de clavo.

Montaje de pulidoras: se procederá con el montaje de las 6 pulidoras, estas máquinas se colocarán en los pernos de anclaje colocados en el piso y se sujetarán con tuercas. La preparación previa de los pernos, facilitará esta tarea.

Montaje tubería de extracción: la tubería de extracción principal se montara sobre la estructura metálica del riel, para esto se utilizarán abrazaderas metálicas que se soldaran a la estructura, luego de esto se instalará la tubería secundaria que va desde la máquina hasta la tubería principal.

Montaje del extractor: por último se instalará el extractor encima del techo del cuarto de desechos, se montará este equipo sobre una plancha metálica con pernos donde se sujetará. Luego de esto se hará la conexión con la tubería de extracción principal y del otro extremo se colocará la tubería que deposita los desperdicios en el cuarto de desechos.

4.2. Montaje eléctrico

A continuación se describe las actividades y los recursos que se utilizarán para la implementación del montaje eléctrico del proyecto de reorganización.

4.2.1. Personal encargado

El personal que se encargará de la instalación eléctrica, será el equipo mantenimiento eléctrico de la planta, el cual está conformado por el jefe taller quién dirigirá todas la tareas y por 3 electricistas quienes realizarán toda la instalación.

4.2.3. Cronograma de actividades

En el cronograma de actividades se muestra en que semana se va a realizar cada actividad para llevar a cabo el montaje eléctrico del proyecto.

Figura 37. **Cronograma del montaje eléctrico**

TAREA	Semana			
	1	2	3	4
Bloqueo de energía eléctrica				
Desconexión de equipos				
Instalación de tubería				
Cableado				
Conexión de equipos				
Instalación panel eléctrico				

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Descripción de las actividades

Bloqueo energía eléctrica: esta tarea será la primera a realizar y no se deberá realizar ninguna otra tarea tanto mecánica como eléctrica hasta completar esta. La razón es evitar accidentes que puedan ser causados por electrocución, se procederá a desconectar el panel de control de la alimentación de energía eléctrica y se eliminará la energía residual que permanece en los equipos.

Desconexión de equipos: luego de bloquear las fuentes de energía se procederá a desconectar todas las máquinas pulidoras, para que queden listas para que intervenga el departamento mecánico y puedan comenzar con el desmontaje.

Instalación de tubería: después que el equipo de mecánicos termine de romper el concreto del piso y se despeje el área, se procederá a instalar la tubería por donde pasaran las líneas eléctricas que alimentarán a las máquinas. Después de colocar toda la tubería se instalará un cable de cobre calibre 2 para

cada máquina, este cable servirá para conectar a tierra toda la maquinaria, este cable se enterrará en el piso a una profundidad de 1 metro.

Cableado: luego de terminada la cimentación, se procederá a realizar el cableado eléctrico, el cual servirá para conectar todas las máquinas al panel de control general. También se realizará el cableado de los polispastos, este cableado se sujetará con abrazaderas a la estructura metálica que sostiene el riel del sistema de grúa.

Instalación panel eléctrico: como última actividad se harán las conexiones eléctricas en las máquinas y en el panel de control general de las pulidoras. Luego de la conexión del panel se realizarán pruebas para verificar las conexiones y se dejará listo para que el equipo mecánico realice las pruebas con las máquinas.

4.3. Preparación para el arranque

A continuación se describe el proceso con el cual se prepara al personal del área para que esté listo al momento arranque la producción en el área de pulido y empaque.

4.3.1. Capacitación de personal

La capacitación del personal es una parte esencial en el proyecto, ya que es necesario que todos los colaboradores del área conozcan los nuevos procedimientos de trabajo, para que puedan realizar todas las tareas de manera eficiente y segura. La capacitación estará dirigida a los supervisores y operadores que laboran en la sección.

4.3.1.1. Personal encargado

La ejecución de la capacitación estará a cargo del ingeniero de proceso, apoyado por el superintendente de producción.

4.3.1.2. Método de capacitación

El método de capacitación se llevará a cabo en dos fases, la primera será una capacitación teórica donde se presentará el nuevo procedimiento de trabajo y se explicará el funcionamiento de los equipos nuevos. También se le expondrá a los colaboradores los riesgos que habrá en el área.

4.3.1.3. Cronograma de capacitación

Las actividades de capacitación se llevarán a cabo en la cuarta y quinta semana de ejecución del proyecto. Los días miércoles, jueves y viernes de la primera semana, se llevará a cabo la capacitación teórica y los días lunes y martes se llevará a cabo la capacitación práctica en el área de trabajo.

Figura 38. Cronograma de la capacitación

TAREA	Semana				
	1	2	3	4	5
Capacitación teórica	Montajes mecánico y eléctrico			M,J,V	
Capacitación práctica					L,M

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Evaluación y percepción de riesgos

La implementación de nuevos equipos y el cambio del método de trabajo, trae consigo nuevas fuentes de peligro y nuevos riesgos, por lo que es necesario evaluar el área para poder identificarlos y tomar medidas para poder mitigarlos.

4.3.2.1. Matriz de riesgos y peligros

La identificación de riesgos y peligros se hace a través de una matriz, la cual permite analizar las tareas que se realizan en el proceso de pulido y empaque de clavo. La matriz de identificación de peligros y riesgos se muestra en la figura 39.

Figura 39. Matriz de peligros y riesgos

Actividad	Fuente de peligro	Situación de riesgo	Riesgo asociado	Potencial de gravedad	Medida de mitigación
Traslado de charola a pulidoras	Charola con clavo	Caída de charola en pies	Golpe	Moderado	Botas punta de acero
Ajustar charola a grúa	Charola con clavo	Cortadura con gancho de grúa	Herida cortante	Leve	Guante de cuero
Colocar charola en posición con pulidora	Charola con clavo	Caída de charola	Aplastamiento	Grave	Casco. Regla general "Mantenerse alejado de cargas suspendidas".
Descarga de clavo en pulidora	Clavos	Caída de clavo	Aplastamiento	Grave	Casco. Regla general "Mantenerse alejado de cargas suspendidas".
Carga de aserrín en pulidora	Aserrín	Incrustación de astillas	Herida cortante	Leve	Guante de cuero
Pulidora en operación	Pulidora en movimiento	Atrapamiento de extremidades	Amputación	Grave	Guardas de seguridad. Regla general "Mantener extremidades alejadas de máquinas en movimiento".
		Ruido de máquina	Sordera	Moderado	Tapones auditivos
Extracción de residuos	Aserrín	Introducción de esquirla en ojos	Irritación	Leve	Lentes de seguridad
Descarga de clavo en charola	Clavos	Caída de clavo	Aplastamiento	Grave	Casco. Regla general "Mantenerse alejado de cargas suspendidas".
Traslado de charola a empaquetadora	Charola con clavo	Caída de charola	Aplastamiento	Grave	Casco. Regla general "Mantenerse alejado de cargas suspendidas".
Llenado de cajas	Clavos	Incrustación de clavo en manos	Herida cortante	Moderado	Guante de cuero y uniforme camisa manga larga.
Pesaje y sellado de cajas	Clavos	Incrustación de clavo en manos	Herida cortante	Moderado	Guante de cuero y uniforme camisa manga larga.
Estibado de cajas	Caja con clavos	Caída de caja en pies	Golpe	Leve	Botas punta de acero

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.2. Medidas de seguridad

En el área de trabajo se presenta el riesgo de aplastamiento por las cargas suspendidas de las charolas con clavo, también está el riesgo de atrapamiento por las pulidoras en movimiento; para poder mitigar estos riesgos se implementaron dos reglas generales de seguridad en el área; mantenerse alejado de cargas suspendidas y mantener extremidades alejadas de máquinas.

Se colocarán en el área rótulos que recuerden a los colaboradores los riesgos a los que están expuestos todos los días. Al inicio de cada turno se dará una charla de 5 minutos, sobre temas de seguridad para reforzar el comportamiento seguro de los colaboradores.

4.3.2.3. Equipo de seguridad

Para contrarrestar los riesgos de heridas por cortes, golpes en manos, introducción de objetos en ojos y aplastamiento por cargas, se implementó el siguiente equipo de seguridad.

- Guantes de cuero
- Lentes de seguridad
- Uniforme camisa manga larga
- Casco de seguridad
- Tapones para oídos

4.4. Arranque de la línea

A continuación se describe el proceso con el cual se llevará a cabo el arranque la producción en el área de pulido y empaque.

4.4.1. Personal encargado

El encargado de arrancar el área será el superintendente de producción, quien después de terminada la capacitación práctica, dará la orden de arranque de la línea. Los equipos de trabajo se dividieron en dos turnos, cada equipo de trabajo quedará conformado por 1 supervisor, 3 operadores pulidores y 4 operadores para empaque.

4.4.2. Cronograma de actividades

El arranque de la línea se llevará a cabo los días miércoles, jueves y viernes de la quinta semana, después de concluida la capacitación práctica.

Figura 40. Cronograma de arranque de línea

TAREA	Semana									
	1	2	3	4	5					
					L	M	M	J	V	
Montaje mecánico y eléctrico	x	x	x	x						
Capacitación teórica				x						
Capacitación práctica					x	x				
Arranque de línea							x	x	x	

Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Descripción de las actividades

El arranque de la línea dará comienzo el día miércoles, en esta primera semana todo el personal de la sección laborará en turno diurno, se formarán los dos equipos de trabajo quienes después de terminada esta semana trabajaran en turnos rotativos. Cada equipo de trabajo trabajará 4 horas diarias en el área para familiarizarse con los equipos y el método nuevo, en esta etapa los operadores del área darán sus puntos de vista y cualquier mejora se corregirá para perfeccionar el sistema.

5. SEGUIMIENTO DE LA REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE PULIDO Y EMPAQUE


5.1. Procedimientos de control

Para poder llevar el control del proceso de pulido y empaque se recopila información en varios registros, para poder medir y evaluar el proceso en varios aspectos.

5.1.1. Registros de producción

El registro de producción sirve para consolidar la información de la producción de clavo que se ha empacado por turno, y los desperdicios que se han generado del proceso, además en este documento también se registran los tiempos de producción de las máquinas y los tiempos de paros de producción; toda la información recopilada se utiliza para el cálculo de eficiencia del proceso. Este registro es llenado por los operadores del área y revisado por el supervisor. El registro de producción se muestra en la figura 41.

Figura 41. Registro de producción

 REGISTRO DE PRODUCCIÓN PULIDORAS DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN INDETA, S.A. Fecha: _____ Operador: _____ Área: <u>Trefilación</u> Turno: _____								
Máquina	Medida	Procedencia	Producción QQ	Desperdicios			Horas trabajadas calendario (horas)	Paro por causa externa (horas)
				Clavo malo lbs	Aleta lbs	Chatarra lbs		
Pulidora 1								
Pulidora 2								
Pulidora 3								
Pulidora 4								
Pulidora 5								
Máquina	Tiempo libre		Paradas Programadas			Interrupciones		
	Almuerzo y refacciones (min)	Cambio de turno (min)	Carga (min)	Descarga (min)	Limpieza (min)	Operario (min)	Mecánico (min)	Eléctrico (min)
Pulidora 1								
Pulidora 2								
Pulidora 3								
Pulidora 4								
Pulidora 5								
Pulidora 6								

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Registros de mantenimiento

Para registrar los mantenimientos que se realizaron en el área se utilizan las fichas de control, estas fichas de control se digitan en una base de datos y posteriormente se archivan. La información que se recopila de estos documentos permite calcular la eficiencia del mantenimiento.

Este registro es llenado por los operadores, mecánicos y supervisores. Registrar toda la información del mantenimiento es muy importante ya que permite determinar el costo de reparaciones y compararlo con el uso de la maquinaria, para evaluar si es conveniente seguir reparando maquinaria o es mejor cambiarla por nueva.

5.1.3. Checklist de preuso para maquinaria

Para asegurar el buen funcionamiento de los equipos de área y poder identificar anomalías antes de empezar la operación, los operadores realizan un *checklist* de preuso en los equipos del área, con la ayuda de este documento se verifica los puntos críticos para garantizar que no se van a presentar problemas durante el turno y así poder minimizar los paros de producción, este documento es llenado por los operadores y revisado por el supervisor encargado.

Figura 42. **Checklist de preuso**

Checklist preuso pulidoras				
Operador:		Fecha:		
		Turno:		
No.	Punto a revisar	C	NC	Observaciones
1	Los polipastos corren libremente sobre el riel.			
2	La cadena del polipasto permite el libre desplazamiento de la carga.			
3	Los ganchos de los polipastos se encuentran con su gancho en buen estado.			
4	Las eslingas para levantar cargas se encuentran en buen estado.			
5	Las guardas de las pulidoras estan en buen estado.			
6	Los sensores de seguridad de las pulidoras funcionan con normalidad.			
7	Las botoneras trabajan normalmente.			
8	Las máquinas no muestran golpes.			
9	Las pulidoras giran con normalidad.			
10	Los indicadores del panel de control funcionan normalmente.			
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> Firma Operator		<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> Firma Supervisor		

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Auditorias 5's

Para poder verificar que el proceso de pulido y empaque se esté realizando con orden y limpieza, se realizan auditorias quincenales de 5's; estas auditorías se llevan a cabo por el supervisor el área, quien utiliza un *checklist* que contiene varios requisitos con los que debe cumplir el área; se revisan aspectos de utilización, orden, limpieza, estándares y autodisciplina.

Cuando se concluye con la revisión de todos los aspectos se calcula una nota sobre 100 puntos, se lleva una estadística de las evaluaciones para poder determinar el desempeño del área a lo largo del tiempo. Posteriormente se realiza un plan de acción en donde se compromete a los colaboradores del área a corregir las anomalías encontradas en la auditoría. El formato que registra la auditoría se muestra en la figura 43.

Figura 43. Registro de auditoría 5'S

Evaluación 5S									
AREA: Pulido					PUESTO: Supervisor de producción				
DIA: xxxx					AUDITOR: xxxxxx				
MES: xxxx					PERIODO DE INSPECCIÓN: quincenal				
		Parámetro	1	2			Parámetro	1	2
1	Utilización	Todos los equipos son utilizados.			19	Salud	Hay EPP definidos por área.		
2		Todas las herramientas son utilizadas.			20		Los locales de reunión buenas condiciones.		
3		Todos los armarios son utilizados.			21		Uniformes estan en buenas condiciones.		
4		Todos los insumos son necesarios.			22		La temperatura ambiente es adecuada.		
5	Orden	Equipos muebles facilitan la circulación.			23	Autodisciplina	La iluminación es adecuada.		
6		Los equipos poseen identificación.			24		Los extintores con validez en día		
7		Las herramientas poseen local específico.			25		El suelo está en buen estado.		
8		Los insumos poseen local definido.			26		Todas las personas usan EPP.		
9		Hay cuadro de Gestion a la Vista)			27	Uniformes cumplen con una limpieza aceptable			
10		Hay local para descartes, residuos, basura.			28	Las cantidades min y max son respetadas.			
11		Las marcaciones y señalizaciones orientan a la seguridad.			29	La zona de trabajo, como un todo, está limpia.			
12		Verificar en los baños si los armarios están identificados.			30	Colaboradores conocimiento de 5S.			
13	Limpieza	Los equipos, herramientas estan en buen uso.			Porcentaje de atención (%A)				
14		La zona como un todo, esta limpia, organizada.							
15		Evaluar la limpieza de los baños.							
16		Los cuadros de gestion están limpios.							
17		Los paneles de comando están en buen estado.							
18		Las sillas, mesas y bancos están limpias.							

Fuente: elaboración propia.

5.1.5. Auditorías de seguridad

Para identificar condiciones físicas que representen riesgos potenciales en el área, se llevan a cabo auditorías de seguridad, donde se verifica varios aspectos de seguridad con los que debe cumplir el área. Además de las condiciones físicas también se evalúa el comportamiento de los colaboradores para verificar el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial establecidas por la empresa, como por el ejemplo el uso adecuado del equipo de protección personal. Si se encuentra alguna anomalía se realiza un plan de acción para poder corregirlas. Esta auditoría se realiza quincenalmente por el supervisor del área.

5.2. Revisión de la reorganización del área

A continuación se realizará la revisión del proceso de pulido y empaque de clavo con la nueva reorganización del área, para verificar que los cambios realizados tengan un efecto positivo en los resultados del proceso.

5.2.1. Eficiencia del proceso

Después de un mes de implementado los nuevos equipos y el nuevo procedimiento de trabajo se ha conseguido un mayor ritmo de producción. Con el proceso anterior se requería de 339 minutos para pulir y empacar una tonelada, según se muestra en la figura 13, mientras que con la nueva organización se puede pulir y empacar una tonelada de clavo en 276 minutos, según se muestra en la figura 25. Con esto se ha mejorado en un 18 % en el ritmo de producción, anteriormente solo se lograban pulir y empacar 120 toneladas semanales, actualmente se tiene la capacidad de procesar 160

toneladas semanales, lo suficiente para procesar todo el clavo proveniente de las máquinas de clavo.

$$E = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{160}{250} = 64 \%$$

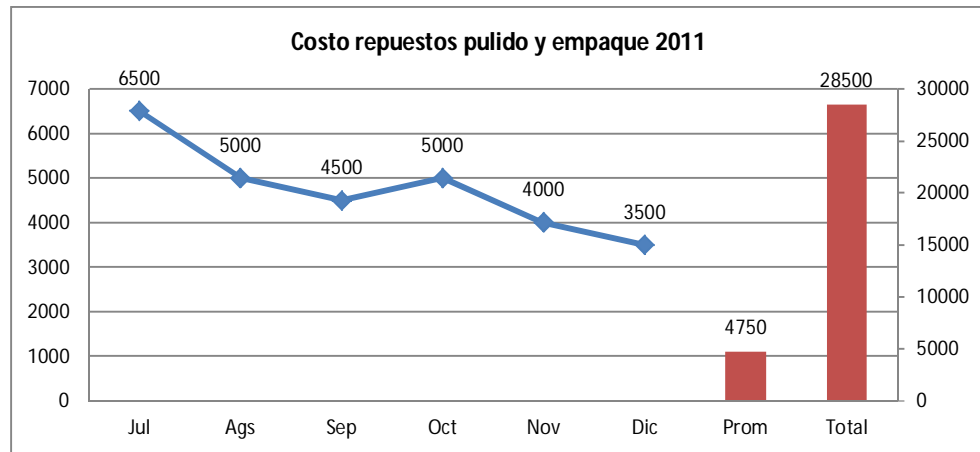
5.2.2. Eficiencia del mantenimiento

La eficiencia del mantenimiento va en relación al tiempo en el que un equipo haya sufrido algún daño, y que por esa causa el proceso haya sido detenido. Después del mes de implementado la nueva organización del área se han perdido 5,5 horas de producción por mantenimiento correctivo, en este mes se han trabajado 506 horas efectivas por lo que la eficiencia del mantenimiento ha sido del 98,91 %.

$$E \% = \left(1 - \frac{5.5 \text{ horas}}{506 \text{ horas}}\right) \times 100 = 98.91 \%$$

El costo del mantenimiento mensual por repuestos en el área de pulido y empaque en el segundo semestre del 2011, asciende a Q 4 750,00 en promedio y a un costo total en ese semestre de Q 28 500,00, según los registros de consumos de repuestos que se tienen almacenados, según se muestra en la figura 44.

Figura 44. Costo de repuestos



Fuente: elaboración propia.

El costo de una máquina pulidora de clavo nueva está actualmente en promedio en Q 600 000,00. Para que el costo del mantenimiento mensual ascienda al costo de una máquina nueva, deberán pasar por lo menos 10 años, por lo que el gasto en repuestos mensual todavía es rentable para la empresa, y por el momento no es necesario cambiar la maquinaria actual por otra nueva.

5.3.1. Resultados de las auditorías de orden y limpieza

En el mes de prueba se han realizado dos auditorías de 5's, el resultado de las evaluaciones ha sido de un 67 % de satisfacción en la primera evaluación y de un 83 % en la segunda. Por el tipo de proceso y el poco tiempo que se tiene trabajando con el nuevo método se consideran estos resultados satisfactorios, y se tiene proyectado alcanzar más del 90 % de satisfacción para el próximo mes. Los aspectos no conformes se colocaron en el plan de acción para darles solución. Los resultados se obtuvieron a partir de la siguiente fórmula:

$$Nota \% = \frac{C-NA}{TOTAL}$$

$$Evaluación 1 (\%) = \frac{21 - 1}{30} = 67 \%$$

$$Evaluación 2 (\%) = \frac{25 - 0}{30} = 83 \%$$

La evaluación realizada en el área de pulido y empaque se muestra en la figura 45.

Figura 45. Evaluación de 5'S

Evaluación 5S										
AREA: Pulido					PUESTO: Supervisor de producción					
DIA: xxxx					AUDITOR: xxxxxx					
MES: xxxx					PERIODO DE INSPECCIÓN: quincenal					
		Parametro	1	2			Parametro	1	2	
1	Utilización	Todos los equipos son utilizados.	C	C	19	Salud	Hay EPP definidos por área.	C	C	
2		Todas las herramientas son utilizadas.	NC	NC	20		Los locales de reunión buenas condiciones.	C	C	
3		Todos los armarios son utilizados.	NC	C	21		Uniformes estan en buenas condiciones.	C	C	
4		Todos los insumos son necesarios.	C	C	22		La temperatura ambiente es adecuada.	C	C	
5	Orden	Equipos muebles facilitan la circulación.	C	C	23	Autodisciplina	La iluminación es adecuada.	C	C	
6		Los equipos poseen identificación.	C	C	24		Los extintores con validez en día	NC	C	
7		Las herramientas poseen local específico.	C	C	25		El suelo está en buen estado.	C	C	
8		Los insumos poseen local definido.	C	C	26		Todas las personas usan EPP.	C	C	
9		Hay cuadro de Gestion a la Vista)	C	C	27		Uniformes cumplen con una limpieza aceptable	C	C	
10		Hay local para descartes, residuos, basura.	C	C	28		Las cantidades min y max son respetadas.	NA	C	
11		Las marcaciones y señalizaciones orientan a la seguridad.	NC	C	29		La zona de trabajo, como un todo, está limpia.	NC	NC	
12		Verificar en los baños si los armarios están identificados.	NC	NC	30		Colaboradores conocimiento de 5S.	NC	C	
13	Limpieza	Los equipos, herramientas estan en buen uso.	C	C	Porcentaje de atención (%A)				67	83
14		La zona como un todo, esta limpia, organizada.	C	C						
15		Evaluar la limpieza de los baños.	C	C						
16		Los cuadros de gestion están limpios.	C	C						
17		Los paneles de comando están en buen estado.	NC	C						
18		Las sillas, mesas y bancos están limpias.	C	C						

Fuente: elaboración propia.

5.2.4. Resultados de las auditorías de seguridad

En las dos auditorías de seguridad que se han realizado se han encontrado algunas anomalías que corresponden a condiciones físicas del área que representan riesgo para los colaboradores. También se ha encontrado situaciones de comportamiento no conformes a las normas de seguridad de la empresa, específicamente con el uso del equipo de protección personal. Estas anomalías se registraron en el plan de acción para corregirlas.

5.3. Plan de acción para mejora

El plan de acción de mejora, se utiliza para documentar todas las anomalías encontradas en los registros de control de proceso, para así poder establecer acciones que corrijan estas fallas, también asignar responsables que ejecuten estas acciones y fijar plazos para hacer las correcciones.

Figura 46. **Plan de acción de mejora**

PLAN DE ACCIÓN		
Área: _____		Zona: _____
		Fecha: _____
Coordinador de plan de acción: _____		
OPORTUNIDAD DE MEJORA	PERSONA RESPONSABLE	TIEMPO
Que	Quien	Cuando

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. **Acciones a tomar**

Las acciones de oportunidad de mejora que se establecieron, derivadas de las auditorías de seguridad industrial y 5's son las siguientes.

Tabla X. **Acciones de mejora**

No.	Auditoría	Oportunidad de mejora
		¿Qué?
1	5S	Se identificará un área para colocar las charolas vacías después de ser usadas.
2		Se identificará los recipientes donde se depositan los desechos del área.
3		Se rotulará los botones de mando de las máquinas.
4		Se marcará en el piso el área para colocar tarimas vacías.
5		Se pintará en la pared el nivel máximo y mínimo de cajas para empacar clavo.
6	Seguridad Industrial	Se dará charla de seguridad a colaboradores del área sobre importancia del uso correcto del equipo de protección personal.
7		Se alagará mango de gancho para jalar clavo, para que colaboradores no se tengan que estirar.
8		Se identificará la ruta de emergencia que deben utilizar los colaboradores en caso de alguna evacuación.
9		Se rotulará el lugar donde están ubicados los extintores del área.

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Responsables

Para que las acciones planteadas para corregir las anomalías encontradas en la auditoría de 5´s y seguridad industrial se lleven a cabo y se cumplan en los tiempos establecidos se deben asignar a las personas que se encargarán de velar porque se realicen las acciones que se presentan a continuación.

Tabla XI. **Asignación de responsables**

Tarea No.	Auditoría	Responsable
		¿Quién?
1	5´S	Colaborador asignado
2		Colaborador asignado
3		Eléctrico de planta
4		Colaborador asignado
5		Colaborador asignado
6	Seguridad Industrial	Supervisor de área
7		Supervisor de área
8		Supervisor de área
9		Supervisor de área

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Tiempos para las acciones

Los tiempos para realizar las correcciones a las anomalías serán distribuidos en las 4 semanas del mes donde se realizó la auditoría.

Tabla XII. **Asignación de fechas**

Tarea No.	Auditoría	Tiempo
		¿Cuándo?
1	5'S	1ra. Semana
2		1ra. Semana
3		2da. Semana
4		3ra. Semana
5		4ta. Semana
6	Seguridad Industrial	1ra. Semana
7		2da. Semana
8		3ra. Semana
9		4ta. Semana

Fuente: elaboración propia.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Inventario ambiental

En el inventario ambiental se describe el entorno y las características ambientales de la región donde está ubicada la planta de trefilación.

6.1.1. Medio natural

La planta de trefilación está ubicada en la zona 7 de Mixco, específicamente en la colonia San Ignacio. El municipio de Mixco se localiza a 90° 34' de longitud oeste y 14° 16' de latitud norte, y ocupa un área total de 132 kilómetros cuadrados de terreno. En esta región se presentan las siguientes características ambientales.

6.1.1.1. Clima

El clima de Mixco tiene temperaturas que van de los 12 a los 28 grados Celsius, un promedio de 27 grados Celsius. La temporada de lluvias regularmente es de mayo a noviembre y la estación de verano se presenta en los meses de diciembre a abril. En los meses de noviembre a enero suele soplar muy fuerte el viento por lo que son los meses donde más baja temperatura se presenta.

6.1.1.2. Flora

La flora del municipio de Mixco se encuentra principalmente en las montañas que rodean el municipio, ya que estas montañas están cubiertas de un bosque mixto, compuesto por árboles latifoliados, como el encino y el ilamo; y de árboles coníferas como el pino y el ciprés. En el municipio tiene una riqueza de epifitas como las bromelias y las orquídeas, que cubren las ramas de árboles maduros y ayudan a captar y almacenar la humedad de la neblina y lluvia.

6.1.1.3. Hidrología

Los recursos hidrológicos del departamento de Mixco para surtirse de agua son las fuentes del El Manzanillo, San Jerónimo y San Luis. Por el municipio circulan varias extensiones de ríos conocidos como el río De las Limas, Mansilla, Pancochá, El Seco, El Zapote, Mariscal, Guacamaya, Molino, Pansalic, Yumar, La Brigada, Naranjito, Salayá entre otros.

6.1.1.4. Calidad del aire

La calidad del aire en Mixco es baja, esto debido a que existe contaminación del aire que sobrepasan los límites de referencia sugeridos para una buena calidad del aire. Los contaminantes de mayor presencia son los materiales en partículas en suspensión, causantes de daños al sistema respiratorio. También se encuentran presencia de lluvia ácida que es un indicativo de emisión de óxidos de nitrógeno y azufre. Las áreas donde se encuentra mayor grado de contaminación son las áreas localizadas cerca de vías de tráfico vehicular.

6.1.1.5. Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas que se encuentran en el municipio están las siguientes:

- Dióxido de azufre: gas irritante que se produce por la combustión de materiales que contienen azufre como el bunker, diesel y llantas entre otros.
- Monóxido de carbono: gas incoloro e inodoro, se produce por una mala combustión, se origina principalmente de emisiones vehiculares, es altamente tóxico dañando el sistema nervioso y otras funciones del organismo humano.
- Óxidos de nitrógeno: gas irritante de color café-rojizo, se produce principalmente por la combustión en los motores de vehículos e industrias, produce daños al sistema respiratorio.
- Ozono: contaminante gaseoso secundario, se produce por la combinación de NO₂ y la radiación solar, es un gas irritante que daña las vías respiratorias.
- Hidrocarburos: compuestos orgánicos gaseosos, presentes en la mayoría de combustibles como la gasolina y el diesel. Se emiten principalmente por motores en mal estado y en actividades industriales de solventes y pinturas.

6.1.2. Medio socioeconómico

A continuación se describe el entorno socioeconómico de la comunidad en la que está ubicada la planta de trefilación Indeta.

6.1.2.1. Sociológicos

Dentro del municipio se encuentran 462 753 habitantes aproximadamente. La población del municipio está compuesta por ladino e indígenas, la mayoría de indígenas hablan español, pero todavía conservan sus lenguas, principalmente el *cakchiquel* y el *pocoman*.

6.1.2.2. Económicos

Entre la actividad agrícola esta la cosecha de granos, especialmente el maíz y el frijol. Existe actividad de ganado vacuno, porcino y avícola. Entre las actividades industriales están las fábricas de jabón, fábrica de licores, farmacéuticas e industrias de productos derivados de acero.

6.1.2.3. Urbanísticos

El municipio de Mixco está dividido en once zonas, las cuales están conformadas por colonias. En el municipio todavía se encuentran algunas aldeas y cantones. La mayoría de las aldeas has sido convertidas en colonias, lotificaciones y residenciales.

6.1.2.4. Patrimonios

Mixco cuenta con el patrimonio natural del Cerro Alux, en el cual, todavía se encuentra flora y fauna propia de la región, además cuenta con sitios arqueológicos, como Aycinema, Cruz de Cotió, La Brigada, Guacamaya, Lo de Bran y Lo de Fuentes entre otros.

6.2. Identificación y valoración de impactos

Se identificará los agentes que genera los procesos de la planta de trefilación que tengan impacto en el ambiente de la comunidad donde está ubicada la planta.

6.2.1. Desechos sólidos

Dentro de la planta de trefilación se clasifican los desechos sólidos en; desechos metálicos, generados por la materia prima utilizada en el proceso; los desechos sólidos industriales, generados por los insumos de los procesos y los desechos orgánicos los cuales son producidos en cualquier industria.

6.2.1.1. Desechos metálicos

Los desechos metálicos son generados por la materia prima utilizada en los procesos dentro de la planta y se clasifican de la siguiente manera:

6.2.1.1.1. Producto no conforme

Este desecho metálico se da cuando un producto, por no cumplir alguna especificación técnica, debe ser desechado por no estar bajo los estándares de calidad impuestos por la empresa.

6.2.1.1.2. Merma

La merma es el desecho que se genera directamente en los procesos productivos, por ejemplo en el caso del proceso de conformado de clavo, se toma como merma la aleta que se genera al momento de cortar la punta de los clavo.

6.2.1.1.3. Chatarra

Este desecho es todo aquel desperdicio metálico que surge de la materia prima que por no estar en buenas condiciones se tiene que descartar del proceso, también todo el material metálico utilizado para el embalaje y transporte de materia prima y productos en proceso.

6.2.1.2. Desechos industriales

Estos desechos son generados por los insumos que son utilizados en los procesos dentro de la planta.

6.2.1.2.1. Madera

En la planta se utiliza la madera para la fabricación de tarimas, cuando una tarima se encuentra en malas condiciones, ésta ya no puede soportar la carga a la que está sometida por las cajas de clavo, por lo que se desechan al cumplir con su vida útil.

6.2.1.2.2. Cartón

El cartón que se genera como desperdicio en la planta es el que proviene de las cajas de cartón que se utilizan en el área para actividades de limpieza y mantenimiento. Estas cajas se utilizan para cargar materiales como aserrín para limpieza de líquidos o recoger basura, luego de ser utilizadas se desechan. Además también se genera del material de empaque que trae algún defecto y ya no se utiliza en la producción.

6.2.1.2.3. Aserrín

Dentro del proceso de pulido de clavo se utiliza el aserrín para pulir el producto, por lo que este después de ser utilizado absorbe la suciedad que tiene el clavo y debe ser desechado.

6.2.1.2.4. Plásticos

Este desecho se genera principalmente en los recipientes plásticos que contienen lubricantes, desengrasantes y solventes. También están las botellas plásticas de bebidas que desechan los colaboradores de planta.

6.2.1.2.5. Materiales diversos

Los desechos diversos que se generan en la planta son el papel blanco, utilizado por los colaboradores para llenar reportes y la basura en general que desechan los colaboradores en los depósitos de basura.

6.2.1.3. Desechos orgánicos

Los desechos orgánicos que se generan dentro de planta son resultado de los residuos de comida que ingieren durante el turno los colaboradores. Este desecho se genera en una mínima cantidad.

6.2.2. Desechos líquidos

Los desechos líquidos que se generan dentro de la empresa son resultado de insumos que se utilizan en el proceso productivo y también para mantenimiento de la maquinaria e instalaciones de la planta.

6.2.2.1. Lubricantes

Los lubricantes que se generan en esta sección son el aceite que utiliza la maquinaria para la producción de clavo, sobre todo en la parte herramental de la maquinaria, y la grasa que se utiliza para lubricar ejes, chumaceras, levas y otros elementos de la maquinaria.

6.2.2.2. Desengrasantes

Este insumo se utiliza en los mantenimientos que se aplica a la maquinaria, para dar la limpieza general de la maquinaria y poder retirar la lubricación de alguna pieza de la máquina ya sea para cambiarla por otra nueva o por algún ajuste o cambio de elemento que se le deba reparar a la máquina, el desengrasante que se utiliza es derivado del petróleo.

6.2.2.3. Pinturas

Las pinturas que se utilizan en esta sección son varias según la aplicación donde se vaya a utilizar, a base de látex, para las instalaciones de la planta, pintura a base de aceite para marcaje o delimitaciones que se hacen en el piso y pintura sintética para la maquinaria, algunas veces no se termina por completo la pintura y quedan sobrantes, que se almacenan para volverlos a utilizar, pero con el tiempo estos pierden su calidad por lo que en algunas ocasiones hay que desecharlos.

6.2.2.4. Solventes

Ese insumo es un solvente mineral que se utiliza para diluir la pintura de aceite con lo que se hacen marcaciones en el piso, en ocasiones al igual que las pinturas puede pasar mucho tiempo almacenado y hay que desecharlo.

6.3. Medidas de mitigación

A continuación se muestran las medidas de mitigación que se deben realizar para la gestión y desecho de los desperdicios.

6.3.1. Desechos sólidos

A continuación se describen las medidas de mitigación que se deben realizar para la gestión y control de los desechos sólidos generados por la planta.

6.3.1.1. Desechos metálicos

Todos los desechos metálicos que se generan del proceso de producción de clavo se recolectan en charolas que están ubicadas en varios puntos de la planta, el contenido de las charolas se depositan en una compactadora, en donde se elaboran pacas de chatarra de hierro, esto para hacer más fácil el transporte de la chatarra. Posteriormente estas pacas se llevan con montacargas a la planta de acería, donde son procesadas para convertirlas en lingote de acero. El traslado de pacas a la acería se realizará al finalizar cada semana.

6.3.1.2. Desechos industriales

- Madera: se acumula toda la madera proveniente de las tarimas en la bodega de producto terminado en un espacio asignado, y cada fin de semana, se pulveriza en una máquina trituradora de madera, para convertir estos desechos en aserrín, el cual es utilizado posteriormente en el proceso de pulido de clavo. Esta actividad se realizará la tercera semana de cada mes.

- **Cartón:** este desecho se acumula en el cuarto de desperdicios, al tener una buena cantidad, este desecho es vendido a una empresa recicladora quien va a traer el cartón a la planta. Esta actividad se realizará en la segunda semana de cada mes.
- **Aserrín:** el aserrín sucio que se genera del proceso de pulido de clavo, contiene como gran cantidad de aceite, es vendido a una empresa que lo utiliza como combustible de hornos en fábricas cementeras. Esta actividad se realizará en la cuarta semana de cada mes. Este aserrín se acumulará en costales en el cuarto de desperdicios.
- **Plástico:** los recipientes plásticos se guardan y se vuelven a utilizar para recolectar los residuos de lubricantes, solventes y pinturas. Las botellas plásticas de bebidas son recolectadas en un depósito que está al alcance de todos los colaboradores, estas botellas se venden a la misma empresa que llega a recoger los residuos de cartón. Esta actividad se realizará en la segunda semana de cada mes.

6.3.1.3. Desechos orgánicos

Los desechos orgánicos se recolectan en un depósito en el área de cafetería, posteriormente el operador de servicios generales acumula todos los desechos y le entrega en bolsas al departamento de mantenimiento de jardines, quién los utiliza para crear abono para las áreas verdes de la planta. Esta actividad se realizará todas las semanas del mes.

6.3.1.4. Cronograma de actividades

A continuación se presenta el cronograma de actividades para la mitigación de los desechos sólidos generados por la planta, en el cuadro se especifica la semana del mes donde se realizarán las actividades de mitigación.

Figura 47. Cronograma de mitigación de desechos sólidos

	DESECHOS SÓLIDOS			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Metálicos	X	X	X	X
Madera			X	
Cartón		X		
Aserrín				X
Plástico		X		
Orgánicos	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

6.3.2. Desechos líquidos

A continuación se describen las medidas de mitigación que se deben realizar para la gestión y control de los desechos líquidos generados por la planta.

6.3.2.1. Lubricantes

El aceite residual que se genera de las máquinas de clavo contiene desechos metálicos, por lo que reciclar este aceite resulta muy complicado para poder utilizarlo nuevamente en las máquinas. Por esta razón este aceite se venderá a una empresa que lo utiliza como combustible en hornos para la producción de blocks en una cementera. Esta actividad se realizará la última semana de cada mes. El aceite se almacenará en toneles en una bodega en la parte externa de la planta.

6.3.2.2. Desengrasantes

Como el desengrasante que se utiliza es derivado del petróleo y difícil de desechar, la mejor opción es reemplazar el desengrasante que se utiliza por otro diluible en agua, formulado con solvente natural para una rápida remoción de grasa y suciedad difícil en la industria. Este producto es el desengrasante DG-40, contiene fragancia natural a naranja para eliminar olores en forma instantánea, tiene la ventaja de estar libre de fosfatos y es completamente biodegradable.

6.3.2.3. Pinturas

Este tipo de desecho es mínimo, ya que solo es el residuo de la pintura que no se utiliza para mantenimiento de las instalaciones de la planta, por lo que para evitar tener que desechar pintura, se generó la orden de utilizar en su totalidad la pintura y no dejar ningún residuo. Para esto es necesario pedir del almacén únicamente la cantidad que se va a utilizar. Con esto se evitará guardar pintura y que se deteriore y se tenga que tirar.

6.3.2.4. Solventes

Con el solvente se tomará la misma medida que el de la pintura, se utilizará en su totalidad lo que se pida y no se guardará nada para evitar que se tenga que desechar.

6.3.2.5. Cronograma de actividades

Las actividades de mitigación de los desechos líquidos se limita a la venta del aceite utilizado en las máquinas, esta actividad se realizará en la última semana de cada mes como se muestra en el cronograma.

Figura 48. Cronograma de mitigación de desechos líquidos

DESECHOS LÍQUIDOS				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Lubricantes				X

Fuente: elaboración propia.

6.4. Programa de vigilancia ambiental

El programa de vigilancia ambiental consiste en realizar actividades que permitan verificar y controlar que las actividades de mitigación que se establecieron se estén cumpliendo y no haya desviaciones. También se evaluará el desempeño del plan para determinar si esta siendo efectiva o si necesita de algún cambio.

6.4.1. Personal encargado

Para llevar a cabo el plan de vigilancia ambiental se formará un comité de vigilancia, que estará conformado por el gerente de planta, el superintendente de producción, el superintendente de mantenimiento mecánico y el ingeniero de proceso.

6.4.2. Plan de acción de vigilancia

Para verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación, se realizarán rondas de inspección por la planta. Estas inspecciones se llevaran a cabo quincenalmente; se revisará conjuntamente los desechos metálicas, la madera, el cartón y el plástico. Y en otra semana se inspeccionará el aserrín el lubricante y los orgánicos.

Figura 49. Cronograma del plan de vigilancia

PLAN DE VIGILANCIA				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Metálicos	X		X	
Madera	X		X	
Cartón	X		X	
Plástico	X		X	
Aserrín		X		X
Lubricantes		X		
Orgánicos		X		X

Fuente: elaboración propia.

6.4.3. Descripción de las actividades

La inspección de vigilancia constará en 3 partes; la inspección, la evaluación y por último el plan de acción. En la inspección se revisará que todos los desperdicios se estén almacenando de manera correcta en los espacios establecidos y en las cantidades permitidas, se verificará que se esté cumpliendo con las actividades de mitigación en las fechas establecidas, se realizarán entrevistas a los colaboradores del área para verificar el conocimiento que tienen sobre estas actividades.

En la parte de evaluación se identificará las desviaciones encontradas de la inspección y se analizarán los puntos de mejora. Por último se realizará un plan de acción, donde se determinarán las acciones correctivas para los desvíos encontrados, se asignará un responsable y una fecha para la realización de estas acciones. Estas acciones se adicionarán en el plan de acción de mejora continua general del área, con el fin de integrar estas actividades de cuidado ambiental al trabajo diario de los colaboradores.

CONCLUSIONES

1. El proceso de pulido y empaque con la organización y procedimientos actuales, es el cuello de botella de la línea de producción, en general el estado de la maquinaria de la línea se encuentra en buenas condiciones, pero hace falta equipos que apoyen el proceso y permitan reducir los tiempos de carga y descarga de las máquinas que es problema más crítico del proceso.
2. La maquinaria necesaria para la reorganizar el área de pulido y empaque y aumentar su eficiencia son: 6 máquinas pulidoras de clavo, 2 polipastos eléctricos, 1 máquina empaquetadora, 1 báscula, 1 engrapadora industrial y 1 extractor de aserrín.
3. La redistribución de la maquinaria del área se establecerá linealmente, una detrás de otra, tanto las máquinas pulidoras como la máquina empaquetadora.
4. El diseño del sistema de grúa permite realizar la carga y descarga de clavo en las máquinas pulidoras y en la máquina empaquetadora permite realizar la carga para poder proceder a empacar el producto.
5. El sistema mecánico de extracción permite succionar los desperdicios del proceso de pulido como lo es el aserrín y la aleta del clavo.

6. El sistema de mantenimiento preventivo se estableció de manera semanal, atendiendo los elementos críticos de los equipos como los son las fajas, las chumaceras, los puntos de lubricación y los elementos eléctricos.
7. Con la nueva distribución de maquinaria del área, el método de trabajo del proceso de pulido y empaque se realiza a través del sistema de grúa para realizar la carga y descarga de las máquinas pulidoras, con la grúa también se realiza la carga de la máquina empaquetadora, además el método de separación de desprecios se realiza a través del sistema de extracción.
8. La mano de obra necesaria para poder operar en el área de pulido y empaque son 7 operarios por cada turno de trabajo.
9. El análisis de costo beneficio del proyecto de reorganización indica que la inversión realizada se recuperara 1,01 veces, debido a que aumentará en un 18 % la capacidad de producción de la línea.
10. El valor actual neto del proyecto presenta un valor de Q 3 889,19, esto indica que se obtendrán beneficios de la inversión realizada y el proyecto será rentable para la empresa.
11. Con el presupuesto y la mano de obra disponible, a la empresa le conviene realizar el proyecto con sus propios recursos, ya que de esta manera incurrirán en menos gastos que subcontratando con terceros.

12. El proceso de producción de clavo genera una cantidad moderada de desperdicios, que bajo el control del programa de mitigación que se realiza son de bajo impacto ambiental a la comunidad donde está ubicada la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Para poder aumentar el ritmo de producción de la línea se debe identificar las etapas del proceso más lentas para buscar la manera de aumentar su eficiencia, cambiando los métodos de producción o adicionando elementos que permitan reducir los tiempos.
2. Se debe medir periódicamente los resultados obtenidos del proceso para poder verificar que se cuenta con la suficiente maquinaria y equipo para que el proceso sea eficiente.
3. El área de trabajo se deben mantener ordenada y limpia en todo momento para que el proceso pueda fluir con normalidad y no se vea afectado por materiales o desechos que puedan reducir su rendimiento.
4. Es importante hacer conciencia constantemente con los operarios del área sobre el riesgo que representan las cargas suspendidas para que siempre que utilicen el sistema de grúa aseguren adecuadamente la carga para evitar accidentes laborales.
5. Cuando el sistema de extracción haya terminado de succionar todos los desperdicios de cada máquina se debe apagar para evitar que este trabaje innecesariamente.

6. El mantenimiento preventivo del área se debe realizar de manera estricta y minuciosa, ya que la etapa de pulido y empaque es el cuello de botella del proceso, por lo que un paro en esta sección afecta de manera crítica la línea de producción.
7. Se debe evaluar periódicamente el desempeño de los operarios para poder verificar que se estén cumpliendo con los procedimientos establecidos y poder determinar si requieren de más capacitación en caso de un bajo desempeño.
8. Con el nuevo método de trabajo establecido, se debe analizar nuevamente las tareas que se está realizando cada operador, esto con el fin de determinar si se puede reducir la mano de obra del área o si es necesario aumentarla.
9. Para no afectar el costo de producción se debe amortizar la inversión realizada del proyecto en varios meses, para distribuir este gasto en el tiempo de operación. La empresa tiene estimado que para no afectar el costo de producción no deben haber gastos por repuestos o cambios en maquinaria mayores a Q 20 000, con esta condición el gasto deberá ser distribuido en 14 amortizaciones. Como lo establece la ley no se pueden trasladar gastos de un período anterior a otro, por lo que para este caso se deberá realizar en 12 meses, de enero a diciembre de 2012, la amortización de la inversión para no afectar al costo de producción y cumplir con lo que establece la ley.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALTIN, Leo. *Procesos para ingeniería de manufactura*. México: Alfaomega, 1990. 369 p.
2. BEBER GUILLÉN, José Enrique. *Validación del montaje y puesta en marcha de una máquina empacadora de cepillos dentales en burbujas de cloruro de polivinilo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 115 p.
3. DENTON, D. Keith. *Seguridad industrial, administración y métodos*. México: MCGraw-Hill, 1990. 342 p.
4. GARCÍA MARROQUÍN, José Pablo. *Rediseño de la distribución y mejoramiento de la calidad en la red del aire comprimido en planta de grasas y aceites*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 81 p.
5. IZZEPI OLIVA, Erwin Alfredo. *Evaluación del montaje y distribución de una máquina de llenado de agua purificada en garrafón*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 75 p.

6. MARTÍNEZ FLORES, Hugo Josué. *Ampliación y redistribución del proceso de soplado de botella pet para una planta embotelladora*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 96 p.
7. RAMÍREZ CAVASSA, César. *Seguridad industrial, un enfoque integral*. 3a ed. México: Limusa, 2007. 538 p.
8. ROJAS CETINA, Raúl Adolfo. *Redistribución de planta en el proceso de pintado de envase plástico – plano y cilíndrico*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 130 p.
9. VIÑAS VILLA, Santiago. *Montaje y mantenimiento de equipos, grado medio*. España: McGraw-Hill, 2009. 272 p.
10. XULÚ PATAL, Edgar Oswaldo. *Propuesta para la redistribución de maquinaria de la línea de producción de jamones, en la empresa empacadora Toledo, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 91 p.