



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

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA**

Eduardo Vallejo Mejicanos

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDUARDO VALLEJO MEJICANOS

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto 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. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazinni
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 10 de septiembre de 2012.


Eduardo Vallejo Mejicanos

Guatemala, 20 de mayo del 2014

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor director:

Por medio de la presente, le comunico que he asesorado y revisado el trabajo de graduación "PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA", del estudiante Eduardo Vallejo Mejicanos con carné No. 2002-17470. Por lo que determino que cumple con los requisitos establecidos y doy mi aprobación al encontrarlo satisfactorio.

Sin otro particular me suscribo, deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

Atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 3071

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ref.E.I.Mecanica.108.2014

El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA**, del estudiante **Eduardo Vallejo Mejicanos**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, mayo de 2014.



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.242.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria, del trabajo de graduación **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA**, del estudiante **Eduardo Vallejo Mejicanos**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



MA Ing. Julio César Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, Septiembre de 2014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

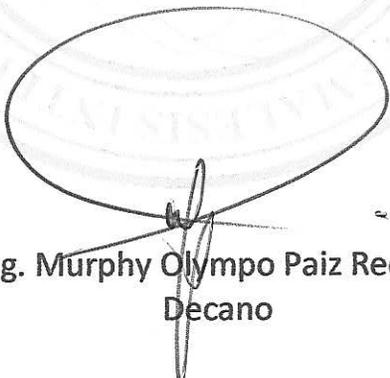


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 505.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE PLANTA SIDEGUA**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Vallejo Mejicanos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de septiembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el amigo fiel, quien me acompaña y fortalece en todo momento, permitiéndome realizar este sueño de ser profesional.
- Mis padres** Manuel de Jesús Vallejo y Miriam Patricia Mejicanos, por su sacrificio y apoyo incondicional los cuales se reflejan al cumplir esta meta.
- Mis hermanos** Manuel Arturo, Jorge Vinicio y Nidia Patricia Vallejo, por compartir tantos momentos inolvidables. Que este logro sea de motivación para cumplir sus metas.
- Mis abuelos** Augusto Cesar Vallejo, Graciela Beatriz Figueroa (q.e.p.d.); Juan Francisco Mejicanos y María Rita Solís, por haberme enseñado con el ejemplo la honestidad, el respeto y la disciplina.
- Mi familia** En general, por brindarme su apoyo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesor

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por su aportación, colaboración y el tiempo brindado para el desarrollo de este trabajo de graduación.

Mis amigos

Jaime Maldonado, Melvin Posadas, Juan José Zetino y Moisés Recinos por su amistad, solidaridad y ayuda a lo largo de mi formación profesional.

Siderúrgica de Guatemala

Por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser la casa que me ha formado como profesional para contribuir al desarrollo del país.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
LISTA DE SÍMBOLOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GLOSARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
RESUMEN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
OBJETIVOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.VII
INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA¡	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1. Reseña histórica de la empresa .	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Planeación estratégica	11
1.2.1. Misión de la empresa¡	Error! Marcador no definido.2
1.2.2. Visión de la empresa	12
1.2.3. Valores de la empresa	13
1.3. Servicios que presta la empresa	15
1.3.1. Malla electrosoldada.....	29
1.3.2. Varilla.....	33
1.4. Etapas del proceso de malla electrosoldada¡	Error! Marcador no definido.5
1.4.1. Almacenaje e inspección de alambión	37
1.4.2. Etapa 1: trefilado.....	37
1.4.3. Etapa 2: enderezado	42
1.4.4. Etapa 3: soldadura.....	44
1.5. Norma.....	50
1.6. Estructura del Departamento de Mantenimiento¡	Error! Marcador no definido
1.7. Ubicación de la empresa	53

2.	MARCO TEÓRICO	55
2.1.	¿Qué es el mantenimiento?	56
2.1.1.	Labor del Departamento de Mantenimiento	57
2.1.2.	Breve historia de la organización de mantenimiento.....	59
2.1.3.	Objetivos del mantenimiento	60
2.1.4.	Clasificación de fallas	62
2.1.4.1.	Fallas tempranas.....	64
2.1.4.2.	Fallas adultas	64
2.1.4.3.	Fallas tardías.....	64
2.2.	Tipos de mantenimiento	64
2.2.1.	Mantenimiento correctivo	65
2.2.2.	Mantenimiento preventivo	68
2.2.2.1.	Ventajas	71
2.2.2.2.	Desventajas.....	73
2.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	75
2.2.4.	Mantenimiento productivo total.....	91
2.3.	Método de implementación de gestión de mantenimiento	100
3.	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	103
3.1.	Instalaciones	103
3.2.	Estado actual de procesos de producción.....	104
3.3.	Metodos de control.....	104
3.3.1.	Requisición de materiales y repuestos.....	105
3.3.2.	Reporte de producción y paros	106
3.4.	Proceso de mantenimiento correctivo	110
3.5.	Proceso de mantenimiento preventivo	110
3.6.	Análisis del mantenimiento por método FODA.....	110

3.6.1.	Método FODA.....	111
3.6.2.	Análisis del mantenimiento	116
3.7.	Evaluación económica de paros no programados.....	117
3.7.1.	Determinación de tiempo perdido	120
3.7.2.	Costos debido a paros.....	120
4.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	123
4.1.	Inventario de la maquinaria	123
4.2.	Identificación de la maquinaria	125
4.3.	Inventario de elementos y repuestos de la maquinaria	127
4.4.	Determinación de la criticidad de la maquinaria	131
4.5.	Metodos de control	140
4.5.1.	Reporte de producción y paros modificado	140
4.5.1.1.	Control de producción	141
4.5.1.2.	Control de tiempos.....	142
4.5.2.	Reporte de mantenimiento	159
4.6.	Frecuencia del mantenimiento preventivo	160
4.7.	Procedimientos.....	160
4.7.1.	Procedimientos de calibración	161
4.7.2.	Procedimientos de operación	184
4.7.3.	Procedimientos de mantenimiento.....	200
4.8.	Cronograma de mantenimiento	202
4.9.	División del mantenimiento preventivo	206
4.9.1.	Programa de visitas e inspecciones	206
4.9.2.	Revisiones preventivas	207
4.9.3.	Correcciones programadas.....	208
4.9.4.	Actividades de lubricación	209
4.9.5.	Limpieza	211
4.10.	Stock de repuestos.....	212

4.10.1.	Inventario de elementos fabricados.....	214
4.10.2.	Inventario de repuestos	219
4.11.	Medición del programa o resultados	224
4.12.	Revisión del plan.....	228
4.13.	Actualización del plan.....	229
5.	CAPACITACIÓN Y DOCENCIA.....	231
5.1.	Capacitación	232
5.1.1.	Trefilado	235
5.1.1.1.	Operadores	235
5.1.1.2.	Técnicos	235
5.1.2.	Enderezado	236
5.1.2.1.	Operadores	236
5.1.2.2.	Técnicos	236
5.1.3.	Soldadura.....	236
5.1.3.1.	Operadores	236
5.1.3.2.	Técnicos	237
5.2.	Análisis del mantenimiento.....	237
	CONCLUSIONES.....	239
	RECOMENDACIONES	241
	BIBLIOGRAFÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Nace un pionero en la industria de acero.....	1
2.	Distribuidora Universal zona 1	2
3.	Aceros de Guatemala	2
4.	Laminadora J. Banning	3
5.	Hornos S. A.	4
6.	Industria de Tubos y Perfiles S. A.....	5
7.	Siderúrgica de Guatemala	5
8.	Industria de Trefilados y Alambres S. A.....	6
9.	Distribuidora Universal carretera a El Salvador	7
10.	Malla Electrosoldada.....	8
11.	Proyecto Arcoíris.....	9
12.	Horno de arco eléctrico (EAF).....	9
13.	Planta de laminación.....	10
14.	Corporación Centroamericana del Acero	10
15.	Producción de perfiles y trefilación en Sidegua	11
16.	Conciencia social	14
17.	Fabricación de palanquilla	17
18.	Alambrón.....	18
19.	Fabricación de barras	20
20.	Fabricación de perfiles	22
21.	Fabricación de trefilado.....	24
22.	Fabricación de cañería.....	26
23.	Fabricación de costanera.....	27

24.	Fabricación de tubería	29
25.	Fabricación de malla electrosoldada	31
26.	Nomenclatura de panel de malla electrosoldada	32
27.	Parte de la hilera o dado	41
28.	Rodillos laminadores	42
29.	Soldadura por resistencia	46
30.	Estructura del Departamento de Mantenimiento	52
31.	Ubicación de la empresa	53
32.	Proporción entre anomalía, falla y rotura.....	62
33.	Tipos de montaje para sensores de vibración	83
34.	Construcción de la planta de malla electrosoldada	103
35.	Requisición de materiales.....	105
36.	Reporte de producción y paros de trefiladora 1	106
37.	Reporte de producción y paros de enderezadora 1	107
38.	Reporte de producción de soldadora de mallas 1	108
39.	Reporte de paros de soldadora de mallas 1	109
40.	Comparación de costos de los tres sistemas de mantenimiento	119
41.	Inventario de repuestos de trefiladora 1	128
42.	Inventario de repuestos de enderezadora 1	129
43.	Inventario de repuestos de soldadora de mallas 1	130
44.	Matriz de criticidad.....	134
45.	Niveles de análisis para evaluar la criticidad	135
46.	Impactos	138
47.	Criticidad de trefiladora 1	139
48.	Criticidad de enderezadora 1	139
49.	Criticidad de soldadora de mallas 1	139
50.	Reporte de producción y paros trefiladora 1	149
51.	Control de producción trefiladora 1	150
52.	Control de tiempos de trefiladora 1	151

53.	Reporte de producción y paros de enderezadora 1	152
54.	Control de producción de enderezadora 1	153
55.	Control de tiempos de enderezadora 1	154
56.	Reporte de producción de soldadora de mallas	155
57.	Reporte de paros de soldadora de mallas	156
58.	Control de producción soldadora de mallas 1	157
59.	Control de tiempos de soldadora de mallas	158
60.	Reporte de mantenimiento	159
61.	Cambio de calibre en trefiladora 1	161
62.	Cambio de calibre en enderezadora 1	170
63.	Cambio de calibre en soldadora de mallas 1	174
64.	Operación de trefiladora 1	184
65.	Operación de enderezadora 1	189
66.	Operación de soldadora de mallas 1	194
67.	Procedimiento de mantenimiento	200
68.	Cronograma de mantenimiento trefiladora 1	203
69.	Cronograma de mantenimiento enderezadora 1	204
70.	Cronograma de mantenimiento soldadora de mallas 1	205
71.	Gráfica porcentual del valor de inventario	213
72.	Torneado	216
73.	Fresado	217
74.	Taladrado	217
75.	Cepillado	217
76.	Soldadura	218
77.	Tratamientos térmicos	218
78.	Resultados mensuales trefiladora 1	225
79.	Resultados mensuales enderezadora 1	226
80.	Resultados mensuales soldadora de mallas 1	227

TABLAS

I.	Calibres de malla electrosoldada.....	33
II.	Diámetros de varilla lisa.....	34
III.	Calibres de varilla transversal.....	35
IV.	Relación del tipo de montaje y frecuencia aceptables y naturales.....	83
V.	Comparación de costos de los tres sistemas de mantenimiento	119
VI.	Tiempo perdido de trefiladora	120
VII.	Producción diaria promedio de trefilado	121
VIII.	Frecuencia.....	136
IX.	Tiempos.....	142
X.	Distribución del personal para capacitación.....	232
XI.	Programa de capacitación	233

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cps	Ciclos por segundo
\$	Dólar estadounidense
HB	Dureza Brinell
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
Hr	Horas
Kw-h	Kilo watt por hora
Kg	Kilogramos
M	Metro
M²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
mm²	Milímetro cuadrado
Min	Minutos

”

Pulgada

Bar

Unidad de medida de presión

Un

Unidades

GLOSARIO

Alambrón	Rollo de alambre de acero de sección circular (5,5 a 12,5 milímetros) que sirve de materia prima para laminado en frío.
ASTM	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana de Ensayos y Materiales).
Clutch o embrague	Sistema que permite tanto transmitir como interrumpir la transmisión de energía mecánica a su acción final de manera voluntaria.
Coguanor	Comisión Guatemalteca de Normas.
Colada continua	Está conformada por una torreta giratoria, un distribuidor, moldes de cobre refrigerados, máquinas de arrastre, máquinas enderezadoras y sopletes de oxígeno que cortan la palanquilla a la medida solicitada.
Corrugá	Dotar de estrías y resaltos en forma de estrella al alambre de superficie lisa.
Dado	Piezas de carburo de tungsteno donde se realiza el cambio de dirección del alambre en un enderezador.

Decapado mecánico	Quitar la cascarilla que cubre el alambón por medio del cambio de dirección entre rodillos.
Enderezado	Etapa del proceso de malla electrosoldada que consiste en introducir alambre trefilado en un rotor giratorio que dentro del mismo realiza un movimiento para enervar (debilitar) y otro para enderezar.
Espectrómetro	Aparato que asegura la exactitud de la composición química del acero y con el cual se respalda la calidad de los productos.
Laminar	Operación de conformación en frío sin generación de viruta que consiste en la reducción de sección de un alambre haciéndolo pasar a través de rodillos laminadores elaborados de carburo de tungsteno.
Monoblock	Parte de la trefiladora en forma de cilindro, dividido en dos secciones en las cuales se tira del alambre.
Palanquilla	Barra de acero de sección cuadrada que sirve de materia prima para laminado en caliente.
Pérdida metálica	Resultado de dividir los desperdicios en kilogramos por el producto terminado en toneladas.
Perfil	Acero con su sección transversal en forma de L (angular), T (té), I (i), C (cé) y hembra (plano) normalmente de 6 metros de largo.

Prearmado	Derivado de la malla electrosoldada y por medio del proceso de corte y doble y se obtiene columna, solera y cimiento corrido.
Termografía	Tecnología para efectuar inspecciones no destructivas por medio de una cámara termográfica que capta los rayos infrarrojos que todo cuerpo emite, y así analizar si las temperaturas detectadas son normales o indicativas de posibles problemas que no son visibles al ojo humano.
Trefilar	Operación de conformación en frío sin generación de viruta que consiste en la reducción de sección de un alambre haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado.
Utilización	Porcentaje de dividir el tiempo útil en minutos por el tiempo programado total en minutos.
Varilla	Barra de acero de sección circular, superficie lisa o corrugada y normalmente de 6 o 9 metros de largo.
Vibración	Sumatoria del movimiento armónico simple o en su forma más sencilla, es la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es realizado en una planta dedicada a la elaboración de malla electrosoldada, ubicada en el parque industrial SIDEGUA (Siderúrgica de Guatemala), en el municipio de Masagua, del departamento de Escuintla.

Básicamente en la primer fase da a conocer la información general de la empresa haciendo referencia a los 60 años de trayectoria, da la imprescindible planeación estratégica en estos tiempos, la variedad de productos y sus respectivos procesos, las tres etapas del proceso de malla electrosoldada, la norma a la cual se rige dicho proceso y por último describe como está formado el Departamento de Mantenimiento para dicha planta.

La segunda fase retroalimenta con la definición del mantenimiento, la labor del Departamento de Mantenimiento, su historia, sus objetivos, la clasificación de fallas, los tipos de mantenimiento, y por último describe los métodos de implementación de la gestión del mantenimiento.

La tercera fase describe un análisis del estado actual del proceso de mantenimiento tomando en cuenta las instalaciones, el proceso de producción, los métodos de control, el proceso de mantenimiento, el análisis del mantenimiento por el método FODA y la evaluación económica de paros no programados.

La cuarta fase continúa con la columna vertebral del trabajo, el cual es el programa de mantenimiento preventivo. Inicia ordenando la maquinaria por medio de un inventario, después la identifica, para tener un mejor control proporciona un inventario de repuestos, para saber cuál es la prioridad da la criticidad, se mejoran los métodos de control y se obtienen resultados por medio de los indicadores de pérdida metálica (en kilogramos de desperdicios por toneladas de producción) y utilización (en porcentaje del tiempo útil por tiempo programado total), define la frecuencia del mantenimiento, establece procedimientos de calibración, operación y mantenimiento para el funcionamiento óptimo de la maquinaria, establece el cronograma de mantenimiento sin afectar la producción, define las formas en que se divide el mantenimiento, un óptimo *stock* de repuestos, finalizando con la importancia de la medición, revisión y actualización del programa de mantenimiento.

Por último la quinta fase finaliza, capacitando a los técnicos y operadores de las tres etapas del proceso de malla electrosoldada para iniciar la impostergable gestión del programa mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

General

Proponer un programa de mantenimiento preventivo para la línea de producción de malla electrosoldada de planta SIDEGUA.

Específicos

1. Analizar el estado del mantenimiento actual.
2. Definir procedimientos de operación y mantenimiento.
3. Establecer cronogramas que incluyan visitas, revisiones, correcciones, lubricación y limpieza.
4. Fortalecer el método de control de tiempos, materia prima, producción y pérdida metálica.
5. Establecer el inventario óptimo de repuestos.
6. Reducir tiempo de paro por fallas de la maquinaria.
7. Capacitar al personal de mantenimiento y operadores sobre el mantenimiento preventivo y los beneficios que conlleva su buena aplicación.

INTRODUCCIÓN

La Corporación Aceros de Guatemala últimamente centraliza la mayor parte de sus operaciones en el parque industrial SIDEGUA (Siderúrgica de Guatemala), de donde forma parte la planta de malla electrosoldada la cual expande cada día sus productos, de tal manera que tiene la necesidad de evolucionar su sistema de mantenimiento correctivo no programado a preventivo.

Para realizar el mantenimiento preventivo es necesario contar con una planificación y organización como base, por lo que se diseñó el presente programa.

Lo que se desea lograr es mantener los equipos en buenas condiciones, capaz de prestar su servicio cuando se le necesite, con la mejor calidad y al menor costo posible. Teniendo presente que todas las actividades requieren del factor económico, humano y tiempo necesario para llevarlas a cabo.

El presente trabajo de graduación consta de cinco capítulos de los cuales el primero describe la información general de la empresa, el segundo el marco teórico, el tercero da un análisis del estado actual del proceso de mantenimiento, el cuarto desarrolla la parte más importante, la cual es el programa de mantenimiento preventivo y el quinto concluye con la capacitación y docencia del programa dirigida a los operadores y técnicos del proceso de malla electrosoldada.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Aceros de Guatemala, S. A. es una empresa fundada en forma individual por el ingeniero José Luis Gabriel Abularach, en 1953. Con su marca líder “AG” respalda alrededor de 60 años en el mercado procesando los mejores productos del acero para construcción que se producen en el país.

1.1. Reseña histórica de la empresa

- En 1953 nace un pionero en la industria del acero.

Desde 1953 comenzaba una empresa que luego sería pionera y líder en la industria siderúrgica de Centroamérica.

Figura 1. **Nace un pionero en la industria de acero**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 1956 inicia Distribuidora Universal.

Se inaugura el primer punto de venta llamado Distribuidora Universal al que se le dió el nombre comercial de Distun ubicada desde su inicio en la 20 calle 7 - 62 zona 1 en la ciudad de Guatemala.

Figura 2. **Distribuidora Universal zona 1**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 1963 nace Aceros de Guatemala.

Aceros de Guatemala inicia sus operaciones como empresa individual, dedicándose a la fabricación de clavo para madera y arranca con varias máquinas de tecnología alemana marca Wafios.

Figura 3. **Aceros de Guatemala**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Esta planta se encontraba ubicada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, donde se fabricaba acero en formas (perfiles) y productos trefilados (alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado, clavo para madera y clavo para lámina). Actualmente fue trasladada al parque industrial Sidegua, que está ubicado en el kilómetro 65,5 en Masagua, Escuintla.

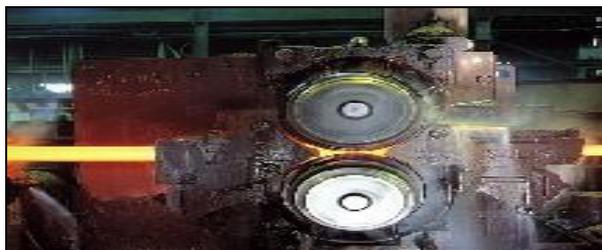
En noviembre del 2011, se trasladaron las máquinas para la fabricación de clavo para madera y clavo para lámina, que presentan 95 toneladas métricas mensuales.

A partir de febrero 2012 se trasladan las máquinas para la fabricación de alambre de amarre que representan 770 toneladas métricas mensuales. Quedándose en la planta de zona 12, hasta julio del 2012, la maquinaria para alambre espigado y alambre galvanizado, que representan 800 toneladas métricas mensuales. La planta de varilla corrugada se mantiene hasta diciembre del 2012 con 9 600 toneladas métricas mensuales y la planta de perfiles se queda hasta marzo del 2013 con 4 500 toneladas métricas mensuales.

- En 1970 Aceros de Guatemala a la vanguardia.

Instalación de una nueva laminadora moderna y electrónica de la casa J. Banning de Alemania, con una capacidad de 3 000 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 acero para la construcción desde 3/16 a 1-1/4 pulgadas.

Figura 4. **Laminadora J. Banning**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 1974 Aceros de Guatemala a la vanguardia.

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 con una capacidad de producción de 1 000 toneladas por mes.

Figura 5. **Hornos S. A.**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 1987 Industria de Tubos y Perfiles S. A. pasa a formar parte de Aceros de Guatemala.

Se compra la planta Industria de Tubos y Perfiles, S. A. a la empresa U.S. Steel. Empresa dedicada a la fabricación de tubería y perfiles metálicos, adquiriéndose dos líneas marca American, para fabricación de tubería industrial (capacidad de 2 000 toneladas), dos líneas para la fabricación de tubería negra (capacidad de 1 500 toneladas) y una línea de galvanizado de tubería de 1/2 hasta 4" (capacidad de 800 toneladas).

Figura 6. **Industria de Tubos y Perfiles S. A.**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Inició sus operaciones en 1961. Esta planta se encuentra ubicada en la zona 2 de Mixco, Guatemala y tiene una capacidad de producción de 4 100 toneladas métricas. Esta planta se dedica a la transformación de productos derivados del acero, fabricando costanera, tubería galvanizada, tubería industrial, tubería mecánica y tubería negra.

- En 1991 inicia la construcción de Siderúrgica de Guatemala.

La primera piedra de la acería marca el inicio en un terreno agrícola de 275 000 metros cuadrados, ubicados en el kilómetro 65,5, Masagua, Escuintla. Se crea como parque industrial en 1991 y cuenta con un área total de 700 000 metros cuadrados de terreno y tiene 50 000 metros cuadrados de planta techada. Actualmente, participan 1 300 colaboradores y es el parque siderúrgico más grande de Centroamérica.

Figura 7. **Siderúrgica de Guatemala**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Inició sus operaciones en 1994. Esta siderúrgica ha tenido una capacidad de producción de 67 500 toneladas métricas con la producción de palanquilla, alambrón, varilla corrugada, malla electrosoldada y varilla lisa. Pero con el traslado de las plantas de clavos, grapas, alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado y malla ciclón, la capacidad de producción de Sidegua aumenta a 71 000 toneladas métricas mensuales.

En enero del 2012 se incluye la fabricación de trefilados y se inicia la fabricación de productos conocidos como elementos prearmados tales como columnas, soleras y cimientos corridos. Para finales de ese año se contempla incluir la fabricación de hierro en formas (lo que se conoce comercialmente como perfiles).

- En 1995 Aceros de Guatemala adquiere Industria de Trefilados y Alambres.

Aceros de Guatemala compra la planta de Industria de trefilados y alambres. Fundada por la familia Seveira en 1960, para la fabricación de clavos y alambres, con maquinaria marca Wafios y Koch, ambas de tecnología alemana.

Figura 8. **Industria de Trefilados y Alambres S. A.**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Esta planta se encuentra ubicada en la zona 7 de Mixco, Guatemala y tiene una capacidad de producción de 14 540 toneladas métricas donde se fabrica varilla corrugada, productos trefilados (alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado, clavo para madera, grapa) y perfiles (hembra de 1/2 y de 3/4).

A partir de noviembre del 2011 se traslada al parque industrial Sidegua, con las máquinas para fabricación de clavo para madera, clavo para lámina, grapa, alambre espigado y malla ciclón, lo que representa 905 toneladas métricas mensuales de producción.

- En 1999 Distribuidora Universal se posiciona en carretera a El Salvador.

Se inaugura Distun carretera a El Salvador en el kilómetro 22,5.

Figura 9. **Distribuidora Universal carretera a El Salvador**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2000 Malla Electrosoldada.

Inicio de operaciones de 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.

Figura 10. **Malla Electrosoldada**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2005 Proyecto Arcoíris.

Surge de 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, rediseño de estructura organizacional, implementación de nueva tecnología, entre otros.

Figura 11. **Proyecto Arcoiris**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2006 se amplía la capacidad del horno de arco de Sidegua.

Se adquiere un horno marca Fuchs de tecnología alemana con el cual se amplía la capacidad del horno de arco (EAF) a 420 000 toneladas por año. El mismo año se amplía la Planta de humos con una maquinaria de tecnología Italiana, marca Fiam, para una capacidad de extracción de 900 000 metros cúbicos por hora.

Figura 12. **Horno de arco eléctrico (EAF)**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2008 se amplía la planta de laminación continua en Sidegua.

Adquiere una planta de laminación nueva para una capacidad de producción de 350 000 toneladas al año para la fabricación de varilla corrugada (7,5 milímetros a 1-3/8 en largos de 6, 9,12 y 15 metros), alambón (de 5,5 a 12 milímetros en rollos de 2 toneladas de peso).

Figura 13. **Planta de laminación**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2010 nace Corporación Centroamericana del Acero.

Surge de 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.

Figura 14. **Corporación Centroamericana del Acero**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- En 2011 producción de perfiles y trefilación en Siderúrgica de Guatemala.

Construcción de cimentaciones y de estructuras de naves industriales para las plantas de perfiles y trefilación en Sidegua.

Figura 15. **Producción de perfiles y trefilación en Sidegua**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

1.2. Planeación estratégica

Es un proceso que se inicia con el análisis de los factores externos e internos, continua con la definición o redefinición de la misión y visión, los objetivos estratégicos y concluye hasta formular las estrategias de la organización, para lograr las metas y objetivos buscados. También es un proceso para decidir de antemano qué tipo de esfuerzos de planeación deben hacerse, cuándo y cómo debe realizarse, quién lo llevará a cabo y qué se hará con los resultados. La planeación estratégica es sistemática en el sentido de que es organizada y conducida con base a una realidad entendida.

Por otra parte, es una actitud gerencial, una forma de vida organizacional.

Requiere de dedicación para actuar con base en la observación del futuro y una determinación para planear constante y sistemáticamente como una parte integral de la dirección. Representa un ejercicio mental, un proceso intelectual, más que una serie de procesos, procedimientos, estructuras o técnica prescritas. Un sistema de planeación estratégica formal reúne tres tipos de planes fundamentales perfectamente estructurados, que son: a) Planes estratégicos, b) Programas y presupuestos de mediano plazo y c) Planes operativos.

1.2.1. Misión de la empresa

“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”.

1.2.2. Visión de la empresa

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.

1.2.3. Valores de la empresa

- Honestidad y rectitud
- Actitud responsable
- Calidad en todo lo que se hace
- Personas leales, comprometidas y realizadas
- Seguridad en el ambiente de trabajo
- Cliente satisfecho
- Conciencia social

Aceros de Guatemala siempre preocupado por las necesidades de los colaboradores, como de los guatemaltecos en general, inicia en el 2005 el Programa de Conciencia Social enfocado al área de salud, educación y medio ambiente.

- Salud

En los años ochenta por iniciativa del Ing. Nelson Gabriel se inició la atención médica en Aceros de Guatemala, con el objetivo de brindar asistencia preventiva y curativa a los colaboradores a través de clínicas médicas en las diferentes plantas productivas.

En la actualidad se han realizado jornadas preventivas, educativas e informativas orientadas a generar un ambiente sano y seguro para sus colaboradores.

- Educación

Se ha apoyado a varios establecimientos educativos con materiales educativos y de construcción, en especial donde laboran los hijos de los colaboradores de Sidegua en el departamento de Escuintla.

- Medio ambiente

Estando conscientes de la importancia del cuidado del planeta y la Tierra, se está promoviendo la cultura del reciclaje sobre todo de papel, botellas de vidrio y plástico. En Aceros de Guatemala, conciencia social es darse cuenta de las necesidades del alrededor. Comprender y hacer un cambio positivo de apoyo al prójimo.

Figura 16. **Conciencia social**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

1.3. Servicios que presta la empresa

- Palanquilla

- Materia prima

La chatarra es la materia prima utilizada para la obtención del acero a través de horno de arco eléctrico, por lo que se presta especial atención a la calidad de la chatarra. Para ello, la misma es sometida a estrictos controles e inspecciones, tanto en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material en la fábrica.

- Clasificación de la chatarra

Se cuenta con un parque de chatarra donde se lleva un estricto control de la clasificación de la misma, de acuerdo a su densidad y análisis químico. También cuenta con una planta trituradora de chatarra que le permite triturar y procesar la chatarra de clasificación No. 2 y convertirla en una chatarra de mayor densidad, es decir, en chatarra No. 1, y un separador magnético para separación de materiales no ferrosos.

- Proceso de fundición

La corporación, cuenta con dos hornos (el horno de arco eléctrico EAF y el horno de afinado LF) y una máquina de colada continua para la producción de palanquillas de acero.

- Horno de arco eléctrico EAF

Es de última generación, con capacidad de 60 toneladas de acero, marca Fuchs de Alemania. Se emplea energía eléctrica para fundir la chatarra y un sistema de More (Italia) para aportar energía química, mediante la inyección de oxígeno (O₂) y carbono (C) que producen reacción exotérmica y formación de escoria espumosa. Este sistema está regulado por medio de un software que realiza todas las operaciones en forma sistemática. En este horno se realizan las operaciones de fusión, oxidación y reducción de algunos elementos. Se efectúan análisis químicos y posteriormente se vacía en una olla a la temperatura de 1 600 °C aproximadamente.

- Horno LF

En el Horno LF se realiza la afinación del acero. Este horno está conformado por la olla, los electrodos, un tapón poroso, válvula de argón que se utiliza para homogenizar el acero y las tolvas que sirven para adicionar las ferroaleaciones. Luego de que se ajusta perfectamente el análisis químico deseado, mediante el envío de muestras al laboratorio, el acero es trasladado a la máquina de colada continua.

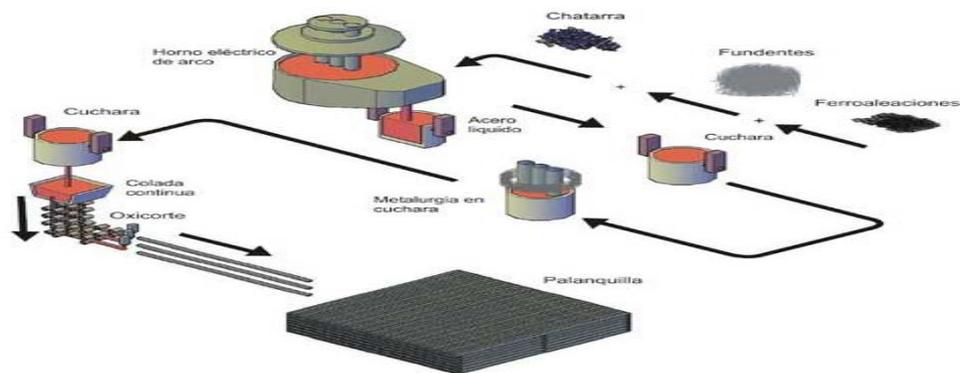
- Colada continua

Aquí se recibe el acero líquido que viene del Horno LF. Está conformada por una torreta giratoria, un distribuidor, moldes de cobre refrigerados, máquinas de arrastre, máquinas enderezadoras y sopletes de oxígeno que cortan la palanquilla a la medida solicitada.

- Control de calidad de la palanquilla

Se cuenta con un estricto control de calidad mediante 2 espectrómetros de emisión óptica de alta precisión Thermo Scientific ARL 3460 OES. Actualmente analiza 13 elementos y tiene capacidad para analizar hasta 18, donde se realizan los análisis químicos del acero durante todo el proceso. Estos análisis son enviados a las pantallas de las computadoras de los hornos para que el operador modifique el análisis.

Figura 17. **Fabricación de palanquilla**

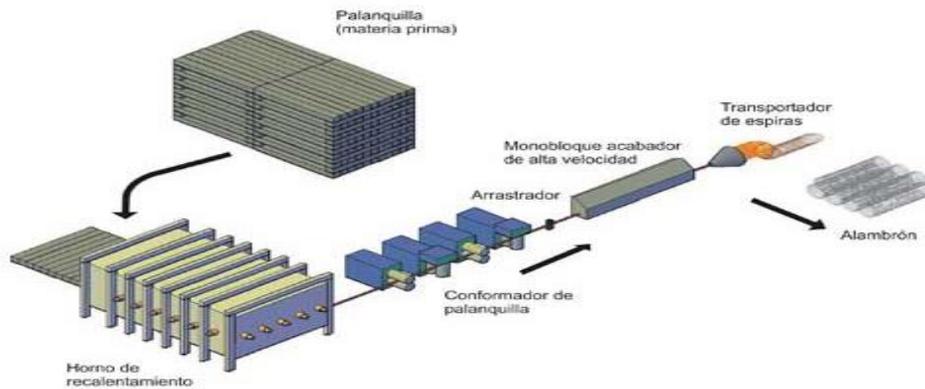


Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- Alambrón

La línea de producción de alambrones cuenta con un tren con la alternativa de producir alambrones que van desde diámetros desde 5,5 hasta 12,5 milímetros, con velocidades lineales hasta de 95 metros por segundo, por medio de un monobloque acabador Twist Free (laminador sin torsión de la barra) de 10 pasos con anillos de carburo de alto rendimiento.

Figura 18. **Alambrón**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- **Barras corrugadas**

El proceso de fabricación de productos laminados consiste en el calentamiento de palanquillas de acero al carbono de sección cuadrada, que se obtienen por medio del proceso de colada continua. Posteriormente se hacen pasar por cajas de laminación, que son básicamente una pareja de cilindros girando en sentido contrario uno respecto del otro, sometiénolas a un proceso de conformación mecánica, reduciendo su área sucesivamente en cada paso. Finalmente se obtienen productos terminados como: barras corrugadas, alambres y perfiles.

- **Proceso de carga de palanquilla de acero**

Se dispone de dos opciones para la carga: en frío, que consiste en la carga de palanquillas a temperatura ambiente; y en caliente, que son palanquillas entre 700 a 800 grados centígrados, provenientes directamente de la máquina de colada continua.

- Horno de recalentamiento

Horno de empuje marca Bendotti, con deshornamiento lateral. Funciona a base de bunker y aire, con capacidad de calentar palanquillas de 150 x 150 x 12 000 milímetros con una base productiva de 70 toneladas por hora, totalmente automatizado.

- Tren laminador en continuo

Es un tren laminador Twist Free (laminador sin torsión), marca Siemens-Vai de construcción italiana. Diseñado para fabricar barras corrugadas con diámetros desde 3/8 hasta 1-1/2 pulgadas y alambres con diámetros desde 5,5 a 12,5 milímetros. El Tren laminador está conformado por una serie de cajas de laminación en continuo, agrupadas en tres trenes: desbaste, intermedio y terminador. Por donde se hace pasar la palanquilla que sale del horno, y que realizan reducciones sucesivas de su sección hasta obtener el producto final. Dispone de un diseño con sistema múltiple de corte: Slitting (2 hilos) para la producción de barras corrugadas de 1/2 y 5/8 pulgadas; así como Tri-Slitting (3 hilos) para la producción de barras corrugadas de 3/8", 8,5 y 7,8 milímetros.

- Mesa de enfriamiento de barras de acero

Después del corte a medida múltiplo de la medida comercial, las barras se depositan en una mesa de enfriamiento de 80 metros de longitud, para enfriarlas de forma natural y llevarlas a la zona de acabado, donde se cortan en longitudes comerciales de 6, 9 y 12 metros.

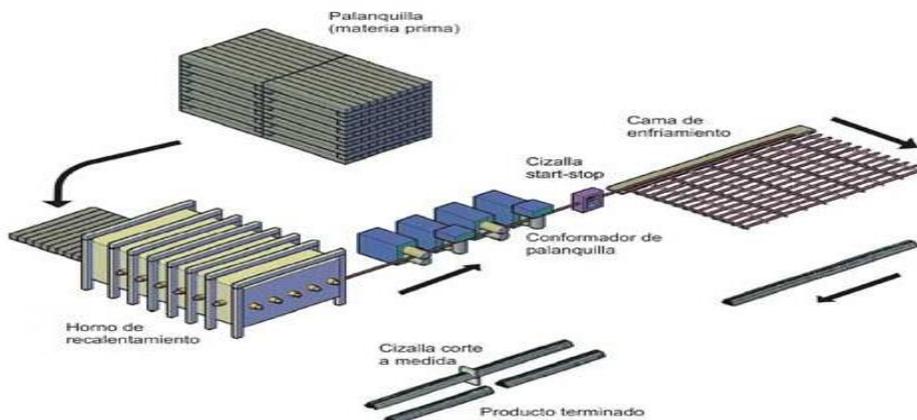
- Evacuación y atado automático de barras de acero

Posterior al corte a medidas comerciales, se realiza la evacuación de los estratos de barras corrugadas para iniciar el proceso de verificación de conteo, por medio de un sistema novedoso de conteo óptico. El que se utiliza como confirmación que los estratos tienen la cantidad estándar de barras requerido. Se dispone de un sistema de transferencia que lleva los estratos a las atadoras de fajos pequeños (líos), que posteriormente se atan y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado a la bodega de producto terminado.

- Sistemas de comunicación hombre-máquina (HMI)

El tren dispone de un sistema de control y automatización avanzado, que contribuye al aumento de la productividad, la calidad del producto y el rendimiento del laminador. El video y las funciones de configuración mediante el teclado, aseguran una óptima visión.

Figura 19: **Fabricación de barras**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- Perfiles

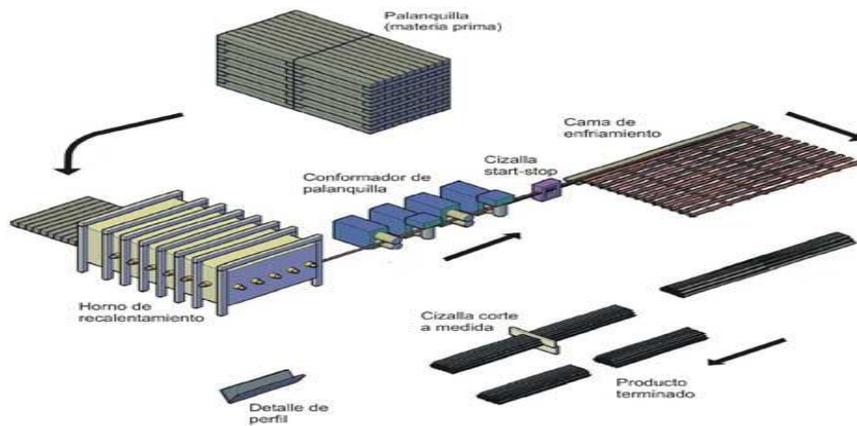
La materia prima para la fabricación de perfiles es la palanquilla de acero. La palanquilla es cortada a diferentes medidas y luego es almacenada en el patio de enfriamiento o bien, es trasladada al horno de recalentamiento de marca Bendotti para fabricar perfiles o varilla corrugada.

El horno de recalentamiento tiene un deshornamiento frontal, funciona con base en Bunker y aire. Su función principal es elevar la temperatura de 600 grados centígrados que trae la palanquilla desde la colada continua hasta 1 150 grados centígrados.

Una vez recalentada la palanquilla, es trasladada al tren de desbaste, que es una caja de laminación que consta de una pareja de cilindros que giran en sentido contrario, uno respecto del otro; sometándose a un proceso de conformación mecánica que reduce el área de la palanquilla de 100 x 100 a 30 x 30 milímetros. Seguidamente, pasa por el tren intermedio reduciendo el material de 30 x 30 milímetros a diferentes medidas que a su vez se siguen reduciendo en el tren acabador hasta llegar a la variedad de medidas y formas según se tenga la programación de producción de perfiles (angulares desde 3/4 hasta 2 pulgadas, cuadrados de 3/8 y 1/2 pulgadas, hembras hasta de 1 pulgada y redondos lisos hasta 3/4 pulgadas).

El perfil pasa a la cama de enfriamiento y después pasa para ser cortado a seis o nueve metros de longitud según se requiera. Por último, pasa a empaque y son almacenados en la bodega de producto terminado.

Figura 20: **Fabricación de perfiles**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- Trefilado

La materia prima para el proceso de trefilación, en el que se producen alambres y clavos se conforma por: alambón 1006, diámetro de 5,5 milímetros y rollos de 1,5 a 2 toneladas. El alambón se reduce por medio de la máquina trefiladora de un diámetro de 5,5 milímetros a: calibres 4, 5, 6, 7, 7.5, 9, 10, 12, 12.5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20. El proceso de trefilado modifica las propiedades mecánicas, se endurece mientras se deforma. Se obtienen excelentes tolerancias y acabados superficiales.

- Proceso de fabricación del clavo para madera

El conformado de clavo se lleva a cabo a partir del alambre trefilado que se aprovecha la modificación de su propiedad mecánica la cual se endurece.

El clavo para madera se empaca en cajas de 50 libras y de las siguientes medidas: 1/2x20, 3/4x18, 1x16, 1-1/2x15, 3/4x16, 2x13, 2-1/2x12, 3x10, 4x8, 5x6, 6x5, 7x3, 8x2 en donde los primeros dígitos es el largo del clavo y los dígitos siguientes es el calibre del alambre. Ejemplo 3x10 largo de 3 pulgadas y calibre 10 (3,38 mm diámetro).

- Proceso de fabricación del clavo para lámina

El conformado del clavo para lámina se realiza en dos etapas que son: conformado de ficha por medio de un troquel que perfora y se une al alambre trefilado para formar el clavo de lámina. Se empaca en caja de 50 libras y es de 2-1/2 x 12. (2-1/2 de largo y alambre calibre 12).

- Proceso de fabricación del alambre de amarre

El alambre de amarre se obtiene del alambre trefilado recocido a una temperatura de 800 grados centígrados el cual se realiza en hornos de resistencias eléctricas y el resultado es un alambre suave que facilita su utilización al momento de ser doblado a mano.

- Proceso de fabricación del alambre galvanizado

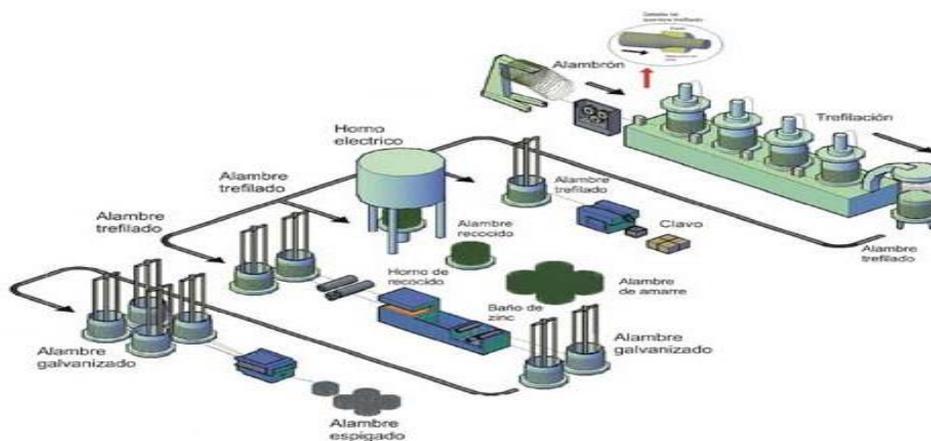
El galvanizado de alambre se realiza a partir del alambre trefilado, el cual un hilo continuo pasa en el horno para normalizar el alambre (recocerlo).

Seguidamente se enfría y se realiza un decapado químico, el cual limpia la superficie por medio de un baño de ácido clorhídrico, posteriormente pasa a la cuba que contiene zinc líquido a una temperatura de 600 grados centígrados, el cual se adhiere a la superficie del alambre, siendo la función principal del recubrimiento de zinc el proteger al alambre de acero de la oxidación del ambiente.

- Proceso de fabricación del alambre espigado

Los tipos de alambres espigados producidos por la corporación aceros de Guatemala, son AG-400, Cerca, Económico y Toro, fabricado con materias primas de primera calidad y su venta se realiza por rollo. Los rollos de alambre espigado se presentan en rollos de 50 y 100 libras de alambre galvanizado de diferentes calibres tales como: 8, 9, 10, 12, 12.5, 13, 14, 15 y 16 para la comercialización.

Figura 21. **Fabricación de trefilado**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- Cañería

La materia prima que se utiliza para la fabricación de cañería son rollos de lámina rolada en caliente grado SAE 1008.

El proceso de fabricación de la cañería, inicialmente es similar al de la tubería, el cual inicia con una cortadora en donde los rollos de lámina pasan por unas cuchillas para ser cortadas en tiras de diferente ancho. Estas tiras de lámina pasan por una bobinadora para formar nuevos rollos de lámina más delgados.

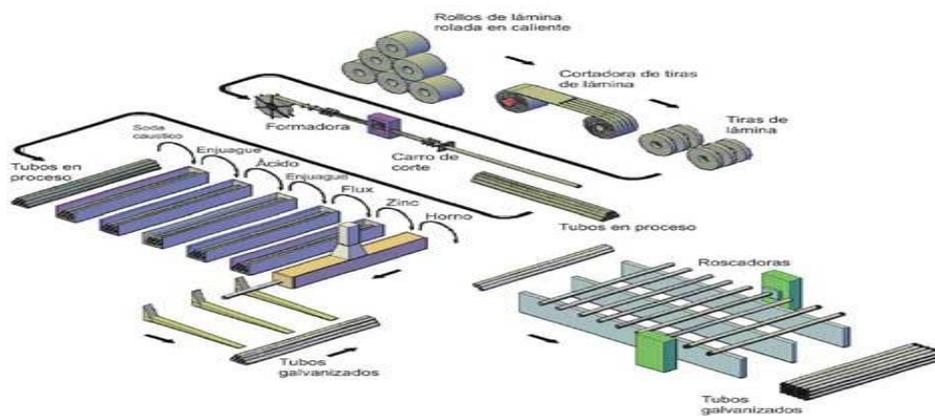
A estos nuevos rollos se les unen sus extremos (punta y cola) para formar una sola tira que es colocada en un acumulador, para que posteriormente la tira pase a las torres de formación donde la tira de lámina se va redondeando, a través de varios rodillos hasta darle finalmente la forma de tubo.

Luego pasa a una máquina soldadora de resistencia eléctrica para soldar y unir la orilla de la lámina. Una vez soldado el tubo pasa al tren de rectificación, para darle el diámetro exterior exacto a través de rodillos, dejando el tubo totalmente redondo.

Por último, el tubo pasa a la máquina de corte, el cual es realizado por medio de cuchillas que le dan la longitud de seis metros a cada unidad. Después del corte, la cañería es sometida a un proceso de galvanizado por inmersión en caliente, que consiste en pasar los tubos por una serie de tanques de preparación con soda cáustica, ácido y flux. Seguidamente, los tubos son trasladados por grúa al horno de galvanizado, en donde se introducen los tubos para adherirles el zinc.

Es importante que la temperatura del horno esté a 840 grados Fahrenheit, que es la temperatura exacta para el galvanizado. Al salir los tubos del horno son soplados con aire comprimido para dar un mejor acabado en la parte exterior, e igualmente son soplados con vapor en la parte interna para eliminar cualquier exceso de zinc. Luego, los tubos pasan al área de roscadoras en donde se les hace la rosca en los extremos y finalmente se van a la bodega de producto terminado.

Figura 22. **Fabricación de cañería**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- **Costanera**

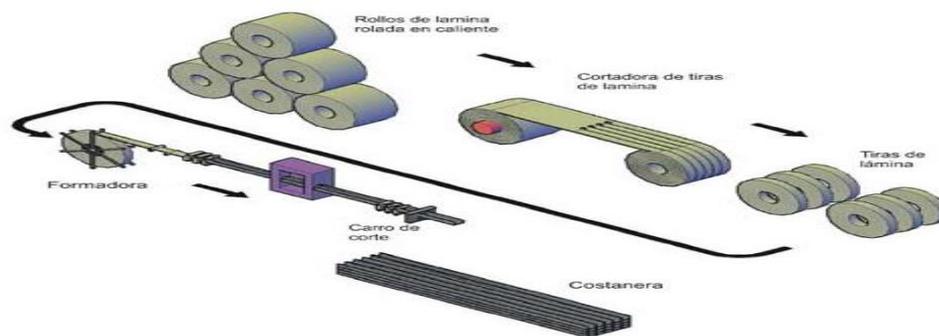
La materia prima que se utiliza para la fabricación de costanera, son rollos de lámina rolada en caliente grado SAE 1008.

El proceso de fabricación de la costanera (perfil C), inicialmente es similar al de la tubería, el cual inicia con una cortadora en donde los rollos de lámina pasan por unas cuchillas para ser cortadas en tiras de diferente ancho.

Estas tiras de lámina pasan por una bobinadora para formar nuevos rollos de lámina más delgados. A estos nuevos rollos se les unen sus extremos para formar una sola tira, que es colocada en un acumulador para que posteriormente la tira pase a las torres de formación de la costanera.

Por último, la costanera pasa a la máquina de corte, dándole una longitud de seis metros a cada unidad, luego del corte se le adhiere anticorrosivo y finalmente se lleva a la bodega de producto terminado. Todas las costaneras producidas en Intupersa van identificadas con una impresión en la que se indica el lugar de fabricación, la medida y el espesor.

Figura 23. **Fabricación de costanera**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

- Tubería

La materia prima que se utiliza para la fabricación de tubería estructural (tubo bananero, tubería cerca galvanizada, tubería cuadrada, tubería de escape negro y tubería mecánica) son rollos de lámina rollada en caliente grado SAE 1008. En el caso de tubería eléctrica (ducto) y tubería industrial (cuadrada, rectangular y redonda) la materia prima son rollos de lámina rollada en frío en grado SPHT1, según la norma JIS G3141.

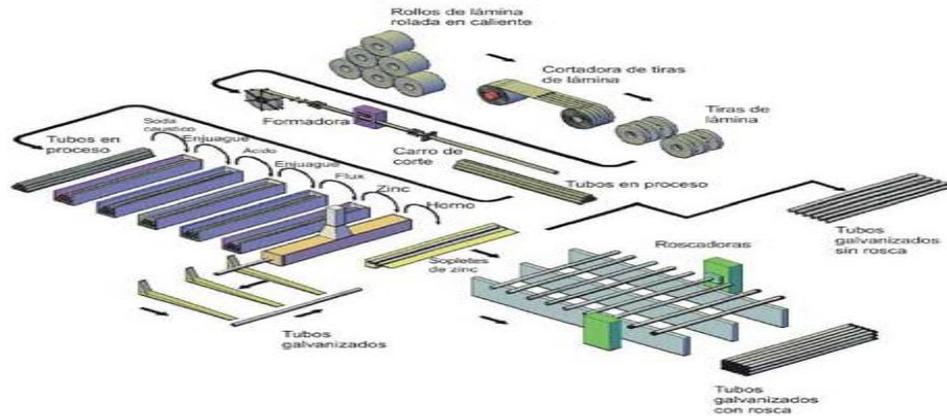
El proceso de fabricación de cualquier tipo de tubería inicia con una cortadora, en donde los rollos de lámina pasan por unas cuchillas para ser cortadas en tiras de diferente ancho (el ancho siempre dependerá del producto que se vaya a producir). Estas tiras de lámina pasan por una bobinadora para formar nuevos rollos de lámina más delgados. A estos nuevos rollos se les unen sus extremos (punta y cola) para formar una sola tira, que es colocada en un acumulador para que posteriormente la tira pase a las torres de formación.

En estas torres es donde la tira de lámina se va redondeando a través de varios rodillos hasta darle finalmente la forma de tubo.

Luego pasa a una máquina soldadora de resistencia eléctrica para soldar y unir la orilla de la lámina. Una vez soldado el tubo pasa al tren de rectificación para darle el diámetro exterior exacto a través de rodillos dejando el tubo totalmente redondo. Por último, el tubo pasa a la máquina de corte para darle la longitud requerida, que generalmente es a 6 metros a excepción del tubo ducto que es a 3 metros y el tubo bananero que es a 6,10 m o 6,70 m.

Después del corte los tubos pasan a la mesa de botado, donde son preparados para su empaque, el cual consiste en colocar un fleje y un sello que permitirá mantener la tubería por atados. La cantidad de tubos por atado varía en función del diámetro. Una vez armados los atados son llevados a la bodega de producto terminado.

Figura 24. **Fabricación de tubería**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

1.3.1. **Malla electrosoldada**

Es una estructura de acero plana que se compone de varillas longitudinales y transversales laminadas en frío, lisas o corrugadas, entrecruzadas formando cuadrículas y electrosoldadas en todos los puntos de intersección sin rebabas ni exceso de material. Gracias a su mayor resistencia, permite utilizar una menor cantidad de acero. A diferencia de los sistemas tradicionales, la malla electrosoldada llega lista para ser instalada en obra y es un producto desarrollado para aumentar la productividad y eficiencia en la construcción.

Actualmente, se ha convertido en un complemento imprescindible, para el reforzamiento del concreto armado en diversas construcciones, que amerite una larga duración y permanencia estable. Se presentan en una gran cantidad de secciones, cuadrícula y diámetros de acero, según su aplicación final.

La fabricación de la malla electrosoldada inicia con el proceso de trefilado, el cual consiste de conformado en frío de alambión, mediante este conformado se le reduce el diámetro y se modifica su estructura, de manera que el acero obtenido alcance las características mecánicas requeridas por las normas de calidad. Al finalizar esta etapa del proceso, por medio de rodillos especiales se talla la corruga necesaria para su utilización en el armado de hormigón. Este proceso se lleva a cabo en máquinas especiales denominadas laminadoras, las cuales desenrollan el alambión, lo decapan, lubrican, laminan y el alambre se recoge en carretes. Posteriormente se endereza y corta la varilla transversal para la malla, dependiendo del ancho de la malla a fabricar, de esa forma se ajustan las enderezadoras para el corte.

La fase final del proceso consiste en unir, mediante electrosoldadura, los dos grupos de elementos: varillas transversales y varillas longitudinales, que conforman el panel. Esto se realiza en máquina electrosoldadora, dotada de un avanzado software que mediante la introducción de parámetros específicos, ordena de manera automática el ajuste de la máquina, permitiendo la realización de cualquier tipo de malla electrosoldada ya sea en plancha o en rollo.

Esta máquina, partiendo de varilla cortada y carretes, según el caso, suelda y retira el panel fabricado hacia una mesa de rodillos provista de volteador. Una vez formado el paquete de mallas, se evacúa, ata y almacena.

- Aplicaciones y usos

Pisos, entresijos, muros, lozas, tabiques, banquetas, pavimentos rígidos, canales, túneles, protecciones, cercas, rejas, tubería de concreto, escaleras y otras más.

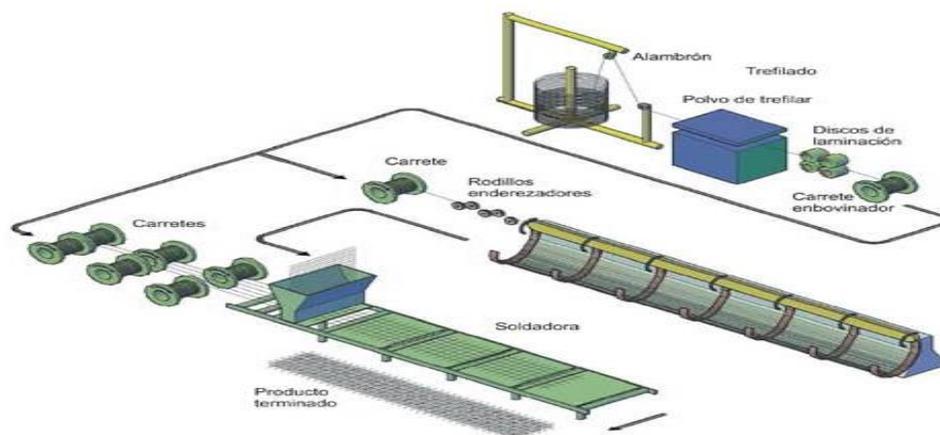
- Presentación

Se presentan en paneles de 2,35 x 6,0 metros (área de 14,1 metros cuadrados), 2,50 x 7,5 metros (área de 18,75 metros cuadrados) y en rollos: 2,35 x 40,0 metros (área de 94,0 metros cuadrados). Ambos en diversidad de calibres y cuadrícula.

- Propiedades mecánicas

- Resistencia a la tensión: calibre liso 517 mega pascales (mínimo) y calibre corrugado 552 mega pascales (mínimo).
- Resistencia al corte: 25 kilogramos por milímetro cuadrado.
- Límite a la fluencia: calibre liso 448 mega pascales (mínimo) y calibre corrugado 483 mega pascales (mínimo).
- Reducción de área: calibre liso 30 % (mínimo).
- Prueba de doblado: calibre liso a 180° y calibre corrugado a 90° (a temperatura ambiente).

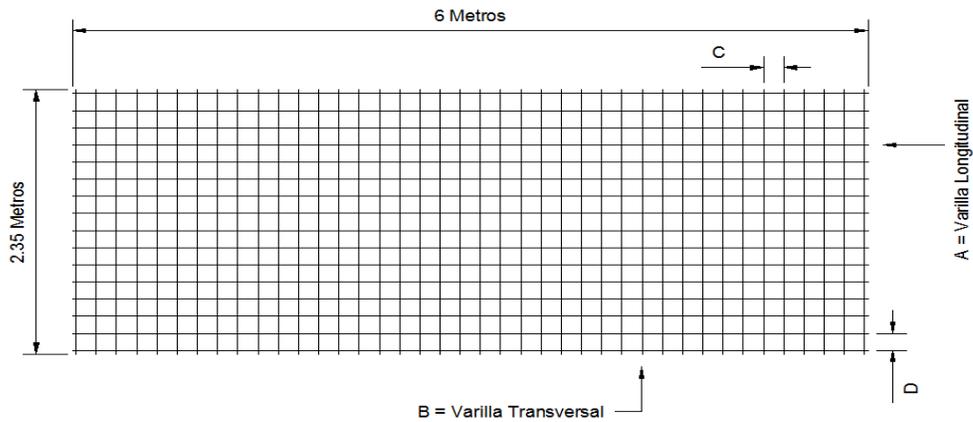
Figura 25. **Fabricación de malla electrosoldada**



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Nomenclatura de panel de malla electrosoldada: C x D x E/F.

Figura 26. **Nomenclatura de panel de malla electrosoldada**



Fuente: elaboración propia.

A = varilla longitudinal

B = varilla transversal

C = espaciamiento en pulgadas entre varillas transversales

D = espaciamiento en pulgadas entre varillas longitudinales

E = calibre ASWG (American Steel Wire Gauge) de varilla longitudinal

F = calibre ASWG (American Steel Wire Gauge) de varilla transversal

- La malla electrosoldada normalmente se compone de:
 - 16 varillas longitudinales
 - 40 varillas transversales
 - 2,35 metros de ancho x 6 metros de largo
 - 14,10 metros cuadrados de área bruta
 - Cuadros de 15 x 15 centímetros (6 x 6 pulgadas)
 - Varillas soldadas en sus intersecciones

Tabla I. **Calibres de malla electrosoldada**

CALIBRE	CUADRO (plg)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA VARILLA (mm²)	PESO (kg/malla)	TIPO DE VARILLA
10 / 10	6X6	3,43	9,24	13,78	Lisa
9 / 9	6X6	3,80	11,34	16,92	Corrugada
8 / 8	6X6	4,11	13,26	19,79	Lisa
7 / 7	6X6	4,50	15,90	23,72	Corrugada
6 / 6	6X6	4,88	18,70	27,90	Lisa
4,5 / 4,5	6X6	5,50	23,75	35,44	Corrugada
4 / 4	6X6	5,72	25,69	38,33	Lisa
3 / 3	6X6	6,20	30,19	45,03	Corrugada
2 / 2	6X6	6,67	34,94	51,80	Lisa
1 / 1	6X6	7,20	40,71	60,52	Corrugada

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Varilla

Las varillas son barras de acero, generalmente de sección circular, con diámetros específicos. Normalmente la superficie de estas varillas es corrugada (rebordes uniformes espaciados en toda su longitud) que mejoran la adherencia a los materiales aglomerantes e inhiben el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea siendo utilizadas como refuerzo en la construcción con concreto. Además de tener un papel fundamental en absorber los esfuerzos de tracción y torsión de la construcción. Las varillas se pueden utilizar en la construcción de losas de claros cortos, vigas, castillos, castillos ahogados, elementos prefabricados, postes de concreto, acero adicional para viguetas, estribos, refuerzo horizontal en muros de mampostería (tipo escalerilla) y tubería de concreto.

- Varilla lisa

Es un producto fabricado partiendo del alambroón como materia prima. Este proceso se lleva a cabo en máquinas especiales denominadas enderezadoras, las cuales desenrollan el alambroón, lo decapan, enderezan y cortan la varilla a 6 metros de longitud para diámetros de 7/32 y 1/4. Por último se cuentan las varillas en fajos pequeños (líos), que posteriormente se atan y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado a la bodega de producto terminado.

Tabla II. **Diámetros de varilla lisa**

DIÁMETRO (mm)	PESO (kg)	UNIDADES POR LIO	LÍOS POR ATADO
7/32	1,14	40	20
1/4	1,47	30	20

Fuente: elaboración propia.

- Varilla de alta resistencia

Es un producto fabricado partiendo del alambroón como materia prima. Este para obtenerlo como producto terminado debe contar con 2 procesos (trefilado y enderezado) los cuales se llevan a cabo en máquinas especiales denominadas trefiladora y enderezadora. En el proceso de trefilado las maquinas desenrollan el alambroón, lo decapan, lubrican, laminan y el alambre se recoge en carretes; y en el proceso de enderezado las máquinas desenrollan el trefilado, lo enderezan y cortan.

Por último se cuentan las varillas en fajos pequeños (líos), que posteriormente se atan y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado a la bodega de producto terminado.

La varilla de alta resistencia es un producto complementario de la malla electrosoldada y es utilizada en la producción de elementos prefabricados o en sustitución de la varilla corrugada, de acuerdo a diseño, el grado de dicho producto es 70 (70 000 PSI) y su longitud es de 6 metros en las siguientes medidas:

Tabla III. **Calibres de varilla transversal**

CALIBRE	DIÁMETRO (mm)	PESO (kg)	UNIDADES POR LIO	LIOS POR ATADO
9	3,8	0,53	84	20
7	4,5	0,75	60	20
4,5	5,5	1,11	45	20
3	6,2	1,42	31	20
1	7,2	1,91	27	20

Fuente: elaboración propia.

1.4. Etapas del proceso de malla electrosoldada

Antes de adentrar a las etapas del proceso de la malla electrosoldada es necesario hacer referencia a los procesos previos, para conocer qué es lo que pasa con la materia prima (alambrón) antes de que llegue al almacén para ser inspeccionada. Todo inicia en el momento que ingresa la chatarra al parque siderúrgico, la cual es la materia prima utilizada para la obtención del acero, por lo que se presta especial atención a la calidad de dicha chatarra.

Para ello, la misma es sometida a un estricto control e inspección, tanto en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material en la fábrica.

Se cuenta con un parque de chatarra donde se lleva un estricto control de la clasificación de la misma de acuerdo a su densidad y análisis químico. También se cuenta con una planta trituradora de chatarra que le permite triturar y procesarla de clasificación No. 2 y convertirla en una chatarra de mayor densidad, es decir, en chatarra No. 1, y un separador magnético para separación de materiales no ferrosos.

Después de contar con la chatarra adecuada se hace uso racional de la misma ya que es necesario analizar ciertos factores para la calidad del acero que debe producirse en forma de palanquillas. Dichas palanquillas se obtienen por la fusión de chatarra en un horno eléctrico de arco, que posteriormente pasa a la etapa de afino y finalmente a la máquina de la colada continua que es la que recibe el acero líquido que viene del horno y se vierte en moldes para obtener palanquillas de diferente sección. Estas palanquillas sufren un proceso de recalentamiento para su posterior conformación en un tren laminador y obtener los productos de uso comercial tales como barras corrugadas para hormigón armado, barras lisas, alambrones y perfiles.

1.4.1. Almacenaje e inspección de alambón

Para la elaboración de malla electrosoldada el proceso inicia en el momento que se le da ingreso a la materia prima llamada alambón. Esta ingresa por medio de montacargas y se almacena en un lugar seguro donde esté libre de golpes, bien estibada y protegida del medio ambiente como la lluvia, la cual dificulta el proceso y puede llegar al extremo de detener la producción ya que al momento del decapado la cascarilla no se suelta del alambón y la misma contamina la lubricación en polvo.

Después de estibado se da la inspección del alambón e inicia con la toma de datos de cada rollo y son los siguientes: número de rollo, número de colada y el grado del acero. Se continúa con la inspección de posibles defectos y son los siguientes: óxido, mojado, ovalidad, vena y escama. Y por último se llena el formato respectivo para dejar un registro. Cuando en el transcurso de la inspección surge un defecto en la materia prima que no está dentro de la tolerancia es motivo de rechazo.

1.4.2. Etapa 1: trefilado

Es aquel producto cuya materia prima es el alambón. Las máquinas utilizadas para realizar este proceso se denominan trefiladoras y en ellas se hace pasar el alambón a través de las hileras o rodillos. Su proceso de fabricación consiste en la reducción del diámetro por medio de conformado en frío del alambón a diferentes calibres de acuerdo al uso final del producto. Dentro de esta categoría se puede mencionar el alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado, clavo para madera, grapa, varilla alta resistencia, malla electrosoldada, entre otros.

Trefilar es la operación de conformación en frío sin generación de viruta que consiste en la reducción de sección de un alambre, haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado.

Laminar es la operación de conformación en frío sin generación de viruta que consiste en la reducción de sección de un alambre, haciéndolo pasar a través de rodillos laminadores elaborados de carburo de tungsteno.

En el interior de dicha hilera (dado) o rodillos, se produce una reducción de área entre la sección del material que entra y el que sale de aquélla, resultando un ordenamiento cristalino longitudinal, que mejora la resistencia a la tracción entre 20 y 40 % en los aceros de bajo contenido de carbono, porcentaje que depende de la magnitud de dicha reducción de área. Los materiales más empleados para su conformación mediante trefilado o laminado son el acero, el cobre, el aluminio y los latones, aunque puede aplicarse a cualquier metal o aleación dúctil.

La reducción de sección es paulatina y da al material una cierta acritud en beneficio de sus características mecánicas pero sobre todo aumenta la resistencia. Pero alcanzado cierto límite, variable en función del tipo del acero, no es aconsejable continuar con el proceso de trefilado pues, a pesar que la resistencia a la tracción sigue aumentando, se pierden otras características como la flexión.

Las ventajas que aporta el trefilado propias del conformado en frío son las siguientes:

- Buena calidad superficial
- Precisión dimensional
- Aumento de resistencia y dureza, y por supuesto
- La posibilidad de producir secciones muy finas

Aunque la presencia de esfuerzos de tensión es obvia en el estirado, la compresión también juega en papel importante ya que el metal se comprime al pasar a través de la abertura del dado o rodillos. Por esta razón, la deformación que ocurre en estirado se llama algunas veces compresión indirecta.

- Proceso

La trefilación, como todo proceso, conlleva varias operaciones bien definidas para lograr el producto requerido, las cuales son:

- Desembobinado

Consiste en colocar el rollo de alambón sobre un devanador, el cual cuenta con una base y un cilindro o alma de acero, colocado de tal forma que por un extremo pueda montarse el rollo y a la vez pueda ser liberado. Este puede estar instalado de forma horizontal o vertical, la cual permita que al momento de aplicar importantes fuerzas mecánicas de tracción en un extremo del alambre este pueda desembobinarse libremente sin ningún enredo y con la velocidad que el proceso permita.

- Decapado mecánico

Consiste en darle en distintas ocasiones un cambio de dirección al alambroón y gracias a la flexibilidad del mismo y a la rigidez de la cascarilla, esta se quiebra y se desprende, dejando un alambre sin impurezas el cual no pueda contaminar lo que continúa del proceso.

- Lubricación

Para evitar el contacto directo de la hilera o rodillos con el acero en proceso de trefilación, se utiliza un lubricante en polvo de alta presión que durante su acción, se convierte en una pasta que sale adherida en forma de película, a la superficie del material procesado y normalmente se suele utilizar de lubricantes la parafina y el grafito en solución coloidal o finamente dividido. El lubricante seco más utilizado en el proceso de trefilación es el grafito en polvo el cual es negro y opaco y tiene un lustre metálico y una densidad de entre 2,09 y 2,2 gramos por centímetro cubico. Al ser muy blando mancha cualquier cosa que toque y tiene tacto graso o escurridizo.

- Laminado

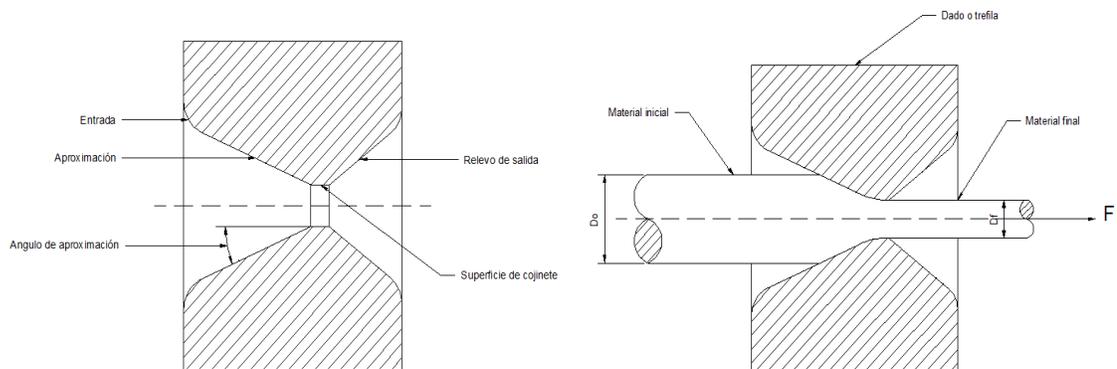
Consiste en reducir la sección del alambre por deformación plástica a través de hileras o rodillos. La parte más importante de la máquina de estirado de alambre es la hilera (dado) o los rodillos. El dado consiste de dos partes, la cubierta y la boquilla. La cubierta está hecha de acero para dados de gran diámetro y de bronce para los pequeños, su función principal es proteger la boquilla.

La boquilla, que está contenida dentro de la cubierta, está hecha de carburo de tungsteno en los dados grandes y de diamante industrial en los pequeños. Debe ser hecha de un material extremadamente duro puesto que es la parte en donde se lleva a cabo la reducción. La boquilla tiene un agujero en su centro el cual tiene un perfil definido.

Las cuatro regiones del dado que se pueden distinguir son las siguientes:

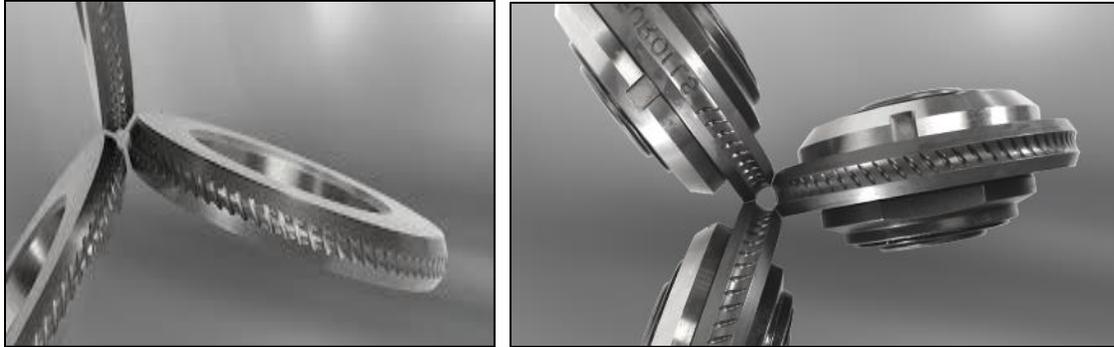
- Entrada: la región de entrada es generalmente una abertura en forma de campana. Su propósito es hacer en embudo lubricante en el dado y prevenir el rayado en la superficie de trabajo.
- Ángulo de aproximación: es donde ocurre el proceso de estirado. Es una abertura en forma de cono con un ángulo que fluctúa de 6 a 20°.
- Superficie del cojinete: determina el tamaño final del material estirado.
- Relevado de salida: se provee con un relevado hacia atrás con un ángulo de 30°.

Figura 27. Parte de la hilera o dado



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

Figura 28. **Rodillos laminadores**



Fuente: <http://laminadoenfrio.weebly/molinos-laminadores.html>. Consulta: agosto de 2013.

- Embalaje

Consiste en formar bobinas (enrollar) de alambre trefilado en carretes que giran y distribuir las a lo largo de los mismos por medio de un mecanismo llamado estratificador.

1.4.3. Etapa 2: enderezado

Proceso que tiene como principal objetivo enderezar o dejar completamente recta la varilla transversal y cortarla a la misma longitud.

El método de enderezado consiste en pasar alambre trefilado por un enderezador que gira con dados de tungsteno colocados excéntricamente para cambiarle de dirección al alambre y poder obtenerlo completamente recto listo para el corte.

- Proceso

- Desembobinado

Consiste en colocar horizontalmente carretes con alambre trefilado sobre sus bases giratorias (contrapuntos), las cuales permitan que al momento de aplicar fuerzas mecánicas de tracción en un extremo del alambre, este pueda desembobinarse libremente sin ningún enredo y con la velocidad que el proceso permita sin ninguna interrupción.

- Enderezado

Consiste en pasar alambre trefilado entre dos rodillos que girando en dirección contraria lo introducen al enderezador, que gira con dados de carburo de tungsteno colocados excéntricamente para cambiarle de dirección al alambre, hasta llegar a otro par de rodillos que lo extraen de dicho enderezador completamente recto listo para el corte.

- Corte

Consiste en cortar alambre trefilado y enderezado para obtener varilla completamente recta y a la misma longitud.

El proceso de enderezado es de mucha importancia ya que con la varilla completamente recta se obtendrán soldaduras uniformes en todas las intersecciones, y la varilla con la misma longitud da medidas uniformes en todo el largo de la malla.

- Embalaje

La máquina al momento del corte cuenta las varillas, que posteriormente se atan y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado al área de varilla transversal, lista para ser colocada al alimentador de la máquina soldadora de mallas.

1.4.4. Etapa 3: soldadura

Es evidente que el trabajo de soldadura debe realizarse automáticamente, por lo cual se han diseñado soldadoras de punto con múltiples cabezales, accionadas por actuadores neumáticos las cuales realizan el proceso de forma rápida, segura y con muy pocos defectos.

La soldadura por puntos es un método de soldadura por resistencia que se basa en presión y temperatura, en el que se calienta una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y se ejerce una presión entre las mismas.

La soldadura por puntos es la más común y simple de los procedimientos de soldadura por resistencia. Los materiales bases se deben disponer solapados entre electrodos, que se encargan de aplicar secuencialmente la presión y la corriente correspondiente al ciclo produciendo uno o varios puntos de soldadura.

Es un tipo de soldadura que se cataloga por soldadura sin fusión del metal base a soldar, se considera un proceso en el cual los electrodos utilizados no son consumibles, además no se necesita material de aporte para que se produzca la unión entre las dos piezas, se considera un tipo de soldadura rápida, limpia y fuerte.

El material utilizado de los electrodos es una aleación de cobre con cadmio (Cd), cromo (Cr), berilio (Be), wolframio (W) con objetivo de que presente una baja resistencia y una elevada oposición a la deformación, bajo una presión, estando su dureza comprendida entre 130 y 160 HB (Brinell).

También este tipo de soldadura necesita de un transformador donde la bobina secundaria suministra un voltaje a los electrodos de 1V a 10V y una gran corriente, debido a que generalmente la resistencia de las piezas a soldar es muy baja, por tanto la corriente que debe pasar por la zona a soldar debe de ser del orden de los 500 amperios.

El principio del funcionamiento de este proceso consiste en hacer pasar una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir. Como en la unión de los mismos la resistencia es mayor que en el resto de sus cuerpos, se genera el aumento de la temperatura en la junta conocida como efecto Joule.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t.$$

Donde:

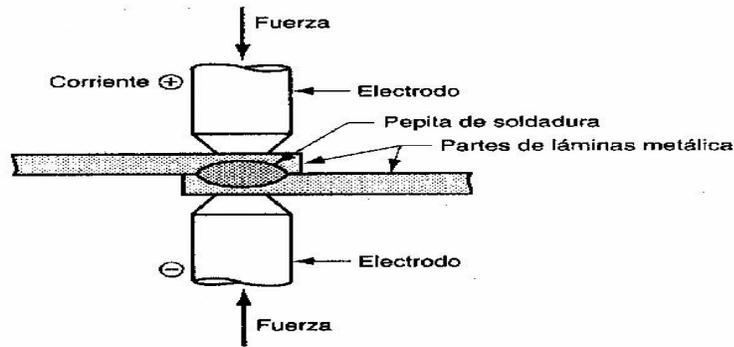
Q = Cantidad de calor generado (J)

I = Intensidad de la corriente de la soldadura (A)

R = Resistencia eléctrica de la unión a soldar (Ω)

t = Tiempo durante el cual circula la corriente (s)

Figura 29. **Soldadura por resistencia**



Fuente: <http://vivesoldando-camilo.blogspot/2010/06/rw.html>. Consulta: agosto de 2013.

Aprovechando esta energía y con una determinada presión se logra la unión. Solamente se obtienen soldaduras uniformes si las piezas a soldar están limpias, los óxidos superficiales son causa de variaciones en el tamaño y resistencia de los puntos de soldadura. La presencia de óxidos o suciedad puede aumentar diez veces o más la resistencia total entre los puntos de los electrodos.

Para este tipo de soldadura se deben tener en cuenta varios parámetros regulables:

- Intensidad-tiempo de soldadura
- Resistencia eléctrica de la unión
- Presión de apriete
- Geometría de los electrodos

La intensidad es el factor más influyente en el calentamiento final. Para una soldadura rápida se necesita más intensidad y menos tiempo y viceversa.

El parámetro correspondiente a la resistencia eléctrica de la unión, es un parámetro a tener en cuenta pues influye directamente en la cantidad de calor generado en la soldadura. A mayor conductividad eléctrica menor resistencia al paso de la corriente (aumento de la intensidad).

Los factores que influyen en la resistencia eléctrica son:

- La temperatura, cuyo aumento provoca una disminución de la resistencia.
- La fuerza aplicada a los electrodos, que al aumentar la presión a las piezas a unir, provoca la disminución de las resistencias de contacto.
- El estado superficial de las superficies a unir, su limpieza y la eliminación de rugosidades ocasionan menores resistencias de contacto.
- El estado de conservación de los electrodos, cuyo desgaste y deterioro provoca el aumento de las resistencias de contacto con las piezas a unir.
- La presión de apriete, también se considera un parámetro muy importante a tener en cuenta. Al inicio de la soldadura la presión debe ser baja, con una resistencia de contacto elevada y calentamiento inicial con intensidad moderada. Esta presión debe ser suficiente para que las chapas a unir tengan un contacto adecuado y se acoplen entre sí.

Iniciada la fusión del punto de la resistencia de contacto es la zona delimitada por los electrodos, la presión debe ser alta para expulsar los gases incluidos y llevar la forja del punto.

Las presiones excesivamente bajas son consecuencia de una forja deficiente, además de altas resistencias de contacto produciendo salpicaduras, proyecciones, cráteres y pegaduras. Por el contrario, una presión excesivamente alta, puede producir una expulsión del metal fundido y una disminución de la resistencia, además de esto también puede producir, una baja resistencia de contacto, huellas profundas en la chapa, partículas de material del electrodo desprendidas y una deformación plástica de los electrodos.

- Proceso

- Desembobinado

Consiste en colocar horizontalmente carretes con alambre trefilado sobre sus bases giratorias, las cuales permitan que al momento de aplicar fuerzas mecánicas de tracción en un extremo del alambre, este pueda desembobinarse libremente sin ningún enredo y con la velocidad que el proceso permita sin ninguna interrupción.

- Alimentación de trefilado para varilla longitudinal

Este es un sistema con el cual por medio de cilindros electro-neumáticos actúan rodillos, que presionan el alambre trefilado de los carretes sobre otros rodillos en movimiento y lo alimentan (girando) de forma proporcional a las soldaduras realizadas.

- Enderezado

Es un sistema con el que por medio de rodillos se cambia de dirección al alambre trefilado dejándolo completamente recto, ya que de no dejar completamente recta la varilla perjudica al momento de la soldadura y no se obtienen todas las intersecciones en línea recta.

- Alimentación de varilla transversal

Este es un mecanismo que cuenta con una tolva que se alimenta con la varilla transversal. Un imán que rota por medio de un eje, transporta dicha varilla a un plato que rota y cuenta con espacios en su perímetro, que se ajustan dependiendo del calibre de la varilla. Por lo que se deposita varilla por varilla y por medio de empujadores, las coloca en imanes que la detienen y/o posicionan para la soldadura.

- Soldadura

Esta se da por medio de soldadura de puntos que es un método de soldadura por resistencia que se basa en presión y temperatura, en el que se calienta una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y se ejerce una presión entre las mismas.

- Cizalla

Este mecanismo corta la malla al momento de tener el número de varillas transversales correctas y el largo de la malla correcto.

- Embalaje

Normalmente se atan a cada 10 mallas y posteriormente se ata para formar un paquete de 50 mallas y almacenar por tarimas hasta de 12 paquetes (600 mallas).

- Evacuación

La evacuación de la malla se da por medio de rodillos que rotan hasta evacuar paquetes de 50 mallas, hasta un lugar donde puede ser transportada por medio de grúas-puente hasta la bodega de producto terminado.

1.5. Norma

Es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Las normas son el fruto del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad objetivo de la misma. Además, deben aprobarse por un organismo de normalización reconocido. Las normas garantizan unos niveles de calidad y seguridad que permiten a cualquier empresa posicionarse mejor en el mercado, y constituyen una importante fuente de información para los profesionales de cualquier actividad económica.

Los modernos equipos con que la Corporación cuenta garantizan el compromiso con las necesidades y satisfacciones de los clientes; ya que se asegura el cumplimiento estricto de las normas internacionales ASTM y las nacionales Coguanor.

A continuación encontrará la descripción de las normas internacionales de calidad que rigen la producción de cada uno de los productos:

- Alambrón

ASTM A 510 - 03 Standard specification for general requirements for wire rods and coarse round wire, carbon steel.

- Varilla

- Varilla lisa: Coguanor 36 018 “alambre de acero estirado en frío para refuerzo de hormigón (concreto)”.
- Varilla corrugada: ASTM A497-88 y Coguanor 36 020 “alambre de acero corrugado conformado en frío para refuerzo de hormigón (concreto)”.

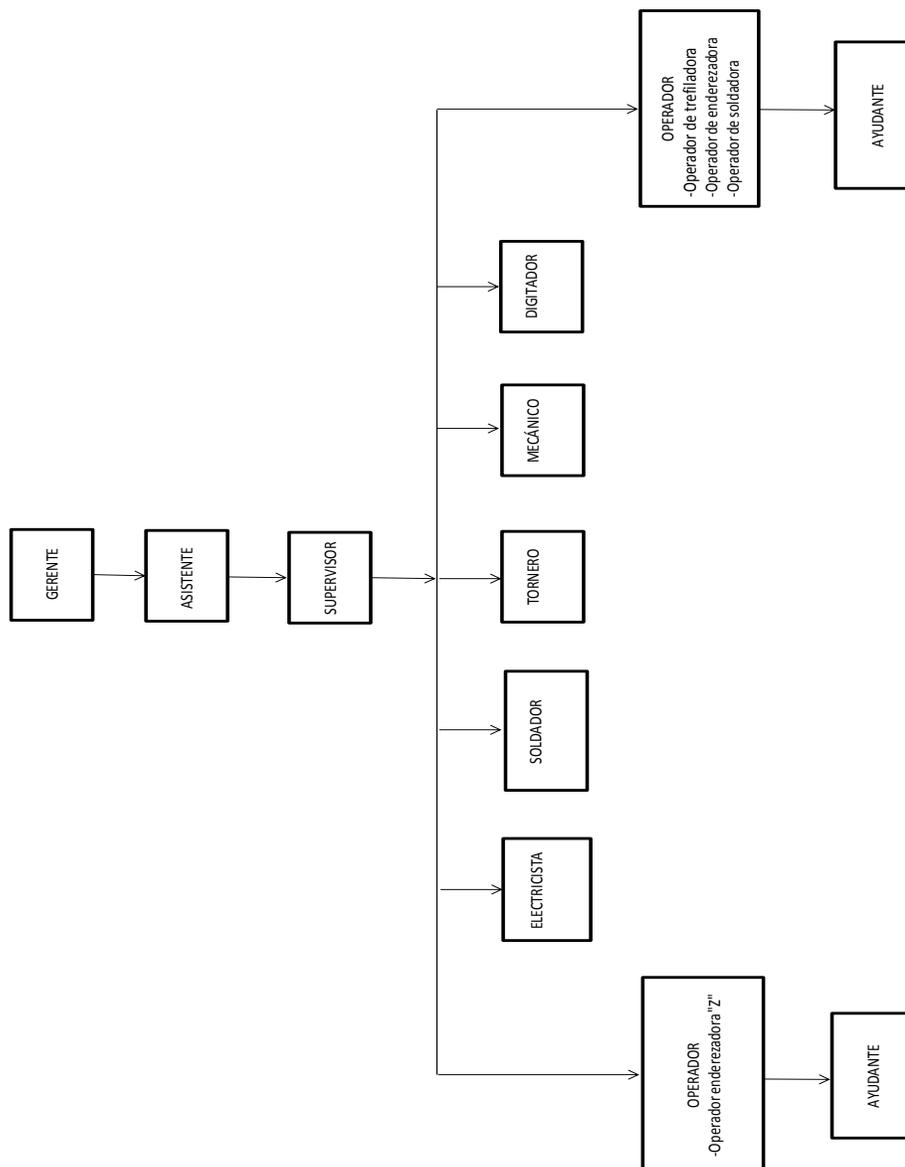
- Malla electrosoldada

- La malla electrosoldada: es fabricada conforme a las Normas ASTM A497-A01.
- Malla alambre liso: Coguanor 36 019 “Malla electrosoldada de alambre de acero estirado en frío para refuerzo de hormigón (concreto)”.
- Malla alambre corrugado: Coguanor 36 021 “Malla electrosoldada de alambre de acero corrugado conformado en frío para el refuerzo de hormigón (concreto)”.

1.6. Estructura del Departamento de Mantenimiento

A continuación se encuentra la estructura del Departamento de Mantenimiento.

Figura 30. Estructura del Departamento de Mantenimiento

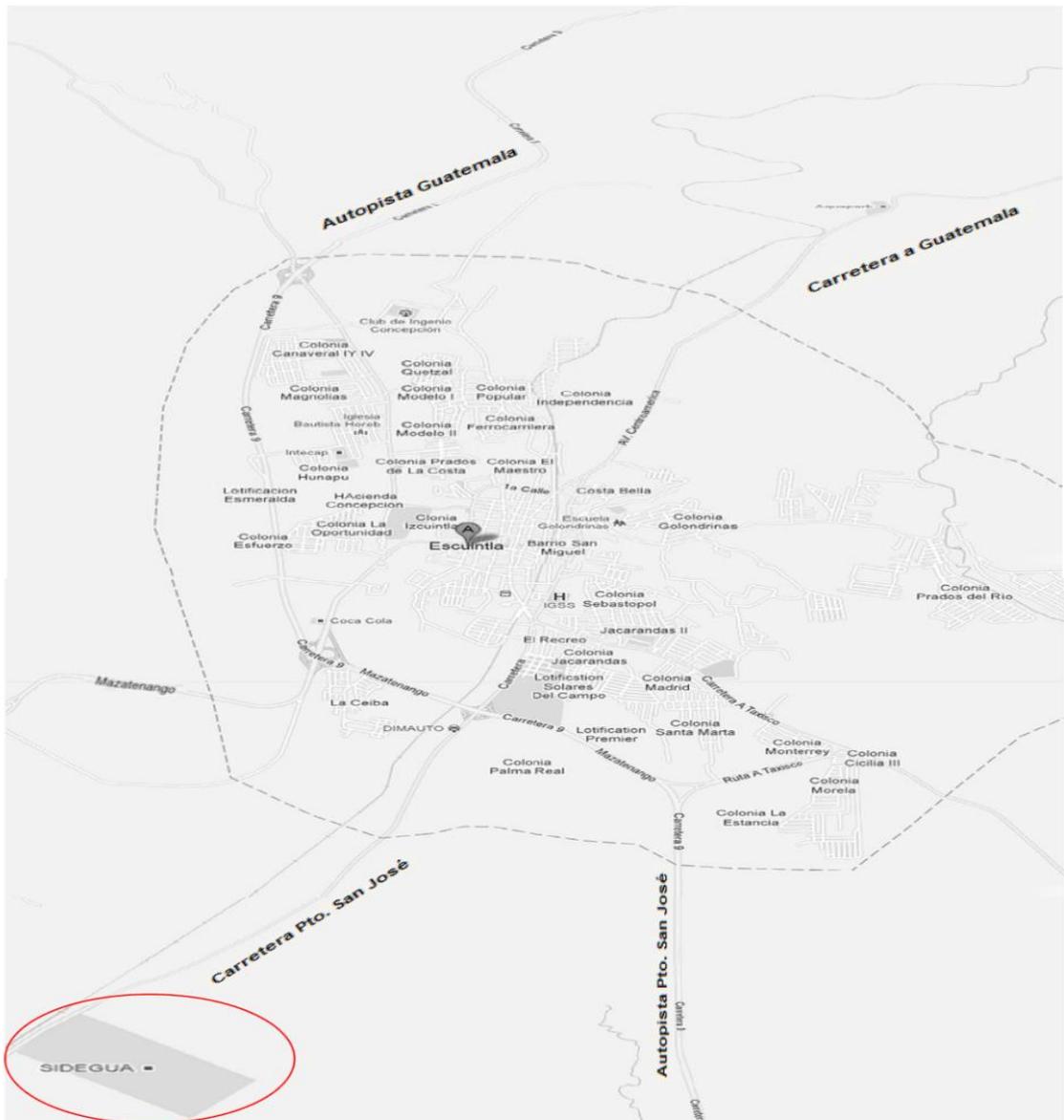


Fuente: elaboración propia.

1.7. Ubicación de la empresa

A continuación se encuentra la ubicación de la empresa.

Figura 31. Ubicación de la empresa



Fuente: <https://maps.google.com.gt>. Consulta: agosto de 2013.

2. MARCO TEÓRICO

La época actual, debido a las consideraciones demandadas por el mercado, se encuentra en un estado de transición en la que la excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el mantenimiento, siendo función importante de apoyo a la producción, y por ende parte de la organización empresarial, no la tuviera.

Eventualmente, las empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de gestión del mantenimiento para ser más sostenibles. El mantenimiento como estructura de apoyo, es un centro de costos a efectos de los intereses de la empresa. Ciertamente, como un costo solo se justifica si perfecciona el negocio a través de la mejora de las condiciones de productividad, mediante la capacidad continua de adaptación, desarrollo y conservación (independiente de sus funciones particulares). Para ello, se debe enfocar adecuadamente la visión y la misión mediante la definición clara de políticas, objetivos, valores, entre otros.

Es un hecho que, en los escenarios de hoy, las empresas se juegan su capacidad competitiva por la cantidad y calidad de los recursos que se comprometen en el área de mantenimiento, debido a la capacidad de esta para generar beneficios a su más inmediato grupo de interés como es, el área de Producción. La principal ventaja que ofrece el mantenimiento, reside en la consecución de que los sistemas productivos continúen desempeñando las funciones deseadas, y de esta forma contribuir a conservar las actividades productivas, de las cuáles la empresa obtiene las utilidades económicas (produciendo su sostenibilidad en un negocio particular).

Actualmente a nivel mundial, el mantenimiento como estructura de apoyo, ocupa un lugar importante dentro de las organizaciones, y es visto como pieza fundamental, dada la beligerancia de los cambios tecnológicos, a la competitividad entre las empresas, originada por la influencia de esta función sobre los productos elaborados, reflejando notoriamente, sus efectos en los costos de manufactura debido a la producción de desperdicios de los recursos, de esta manera aumentan los costos contribuyendo notablemente a obtener resultados que no satisfacen las expectativas de la organización.

El mantenimiento es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción, el mismo que ha estado sujeto a diferentes cambios al paso del tiempo; en la actualidad se ve como una inversión que ayuda a mejorar y mantener la calidad en la producción. El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa, se tiene ya personal dedicado a estudiar en que período se producen las fallas, con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

2.1. ¿Qué es el mantenimiento?

El mantenimiento se define como un conjunto de tareas recurrentes que tienen como principal objetivo mantener o restaurar un equipo o instalación en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico para luego prolongar su vida útil. Estas tareas incluyen la combinación de las tareas técnicas y administrativas correspondientes.

Entre las tareas técnicas se tienen: remplazos, reparaciones, mediciones, comprobaciones y ajustes necesarios para una unidad funcional, de forma que esta pueda cumplir sus funciones. Entre las tareas administrativas se tienen: planificación, procedimientos, cronogramas, inspección, logística de repuestos, métodos de control, medición de resultados y actualización de la planificación.

Para poder garantizar la disponibilidad operacional de sistemas, edificios, instalaciones, equipos y accesorios, el mantenimiento debe ser ejecutado de manera continua y permanente, a través de planes que contengan metas y objetivos precisos y claramente definidos. Con una buena planificación y programas oportunos de inspecciones rutinarias, el ingeniero de mantenimiento está en capacidad de detectar los síntomas que indican, muchas veces con bastante anticipación, que los equipos están próximos a fallar y que, en consecuencia, debe abocarse a corregir las desviaciones antes que se conviertan en problemas de mayor trascendencia.

La filosofía del mantenimiento es disponer de un grupo mínimo de recurso humano, capaz de garantizar optimización de producción, disponibilidad de equipos, y la seguridad en la planta industrial.

2.1.1. Labor del Departamento de Mantenimiento

Esta área se ha perfilado tanto que hoy en día ocupa un lugar importante en la estructura de la organización e inclusive, es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad. Así como el Departamento de Mantenimiento ha mejorado, la gente que lo lleva a cabo también ha sufrido cambios y han pasado de ser técnicos multiusos a especialistas que conocen perfectamente su área de trabajo.

Las responsabilidades del equipo de mantenimiento tienen implícitamente el cuidado de la planta (hablando de edificios y equipos); la instalación del equipo nuevo y la supervisión de las condiciones nuevas. Las responsabilidades del Departamento de Mantenimiento son:

- Los mecánicos, son los que instalan, mantienen y reparan todo el equipo mecánico.
- Los electricistas, son los que instalan, mantienen y reparan todo el equipo eléctrico.
- Los soldadores, son los que instalan, mantienen y reparan todo equipo en conjunto con los mecánicos, electricistas y ayudantes.
- Los torneros, son los que fabrican y reparan todo equipo en conjunto con los mecánicos, electricistas y soldadores.
- Ayudantes, son los que llevan a cabo el traslado de materiales y equipos, y desempeñan diversas tareas con los mecánicos, electricistas, soldadores o torneros.
- Personal de limpieza, son los responsables de toda la limpieza.

El mantenimiento es la actividad que se encarga de conservar en las mejores condiciones de operación y producción a cualquier equipo, máquina o planta de una empresa. Por ende, la mayor responsabilidad de un programa de mantenimiento industrial es no sólo la correcta, sino la óptima operación de dichas plantas.

De la correcta administración del mantenimiento depende el éxito operativo de una planta, cualquiera que esta fuere. Es también, por ello, que las responsabilidades de las personas que están a cargo de planear, programar e implementar las rutinas de mantenimiento en una empresa tienen una carga de responsabilidad enorme.

Así, se puede decir que un departamento de mantenimiento únicamente se justifica, cuando logra conservar los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento al más bajo costo, implicando esto el mayor rendimiento que se puede obtener de la relación mantenimiento-costo-producción en las plantas que componen una empresa.

2.1.2. Breve historia de la organización de mantenimiento

La función del mantenimiento data desde que se inicia la época industrial, donde además nace la necesidad de dar mantenimiento a la maquinaria. Inicia cuando el hombre aislado casi por completo de sus semejantes, se ve en la necesidad de proveerse de alimento y abrigo por el mismo. Conforme fue evolucionando se organizó en grupos, inventando armas y herramientas (máquinas primitivas) que con el paso del tiempo mejoraron enormemente el rendimiento de lo que se considera maquinaria humana de producción, cabe señalar que además los métodos y procedimientos de las actividades propias de su tiempo se mejoraron a pasos agigantados.

Llegando a la primera década del siglo XVII en el Reino Unido, uno de los países más industrializados, contó en esa época con trabajos inhumanos para hombres, mujeres, niños y ancianos que necesitaban subsistir. Con la llegada del invento de James Watt, la máquina de vapor, empieza a surgir un cambio radical en el ambiente laboral que se vivía en aquel tiempo. Con la llegada de la revolución industrial (1760 - 1830), se mejoran en demasía los tiempos de producción y con ello las condiciones de trabajo para los obreros. En esta época la conservación (preservación y mantenimiento) era de manera correctiva ya que sólo se pensaba en arreglar la máquina y no en el servicio que esta prestaba.

El advenimiento de la industrialización incrementó la necesidad de mantenimiento, para obtener una mayor disponibilidad de la maquinaria y equipo para la producción; y con ello las máquinas aumentaron su volumen, complejidad e importancia.

En la Primera Guerra Mundial (1914), se presenta un incremento en los volúmenes de producción debido a las necesidades propias de una guerra de esa magnitud, por ello, la máquina incrementa nuevamente su importancia y sus cuidados. Esta es la forma de cómo nace el mantenimiento preventivo, que en la década de los veinte se considera costosa pero necesaria. Ya en los años cincuentas la máquina se integra por dos factores que son: la máquina propiamente dicha y el servicio que esta proporciona, en donde el servicio se mantiene y el recurso se preserva. Como la importancia de la máquina todavía quedaba en segundo término, un cierto grupo de proveedores de máquinas realizaron estudios respecto a la fiabilidad y mantenimiento, con el fin de reducir los problemas en la preservación de las máquinas y minimizar las actividades de mantenimiento sin dejar que estas fueran menos productivas.

En 1970, el japonés Seichi Nakajima desarrolla un nuevo sistema, el Mantenimiento Productivo Total (MPT) que hace hincapié en lo importante que resulta involucrar al personal de producción, y al de mantenimiento en las actividades de mantenimiento productivo, ya que ha dado resultados satisfactorios en las industrias de punta.

2.1.3. Objetivos del mantenimiento

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

El mantenimiento incide por lo tanto, en la calidad y cantidad de la producción. En consecuencia la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

El personal de mantenimiento tiene dos puntos de vista para cumplir con los objetivos: el aspecto humano y el técnico. El evitar los accidentes previene pérdidas humanas y de grandes responsabilidades. Por el lado técnico, la maquinaria, las instalaciones y los equipos bien mantenidos no provocarán pérdidas económicas y facilitarán la producción continua y eficiente de la planta. Los principales objetivos del mantenimiento son:

- Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
- Satisfacer y preservar los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Minimizar los costos de mantenimiento.
- Minimizar los períodos de mantenimiento.
- Evitar, reducir y, en su caso, reparar fallas.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar.
- Evitar accidentes.
- Prolongar la vida útil de los bienes.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos e instalaciones.
- Maximizar la productividad y eficiencia.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

2.1.4. Clasificación de fallas

Estudios de mantenimiento han demostrado que, normalmente, problemas menores (anomalías y fallas) anteceden a la rotura, y que muchas veces, no solucionar adecuadamente estas anomalías y fallas acaban llevando a la rotura, lo que se vuelve una situación crítica, ya que interrumpe el proceso productivo. La cual se convierte en una importante forma de pérdida en dichos procesos.

El mantenimiento planificado actúa en la prevención de las anomalías y de las fallas, estudiando y entendiendo los mecanismos que hicieron que ellas ocurrieran y creando soluciones que eviten que vuelvan a ocurrir.

- Anomalía son anomalías en componentes de los equipos. Por ejemplo: pérdidas de aceite, tornillos rotos, entre otros.
- Falla es la situación que provoca la pérdida parcial o total de las funciones de un componente sin, entretanto, paralizar la máquina.
- Rotura es la situación en que uno o más componentes provocan una pérdida de desempeño de la función que imposibilita el uso de la máquina. El período de falla es el intervalo de tiempo entre la anomalía y la rotura.

Figura 32. **Proporción entre anomalía, falla y rotura**



Fuente: elaboración propia.

Las fallas que se originan en un equipo o maquinaria, se ocasionan por:

- La maquinaria o equipo mismo

Se vuelve una fuente importante de fallas, dependiendo de las propiedades eléctricas, mecánicas y electrónicas de sus partes; la calidad de los materiales empleados en ella, la bondad del diseño y por último, la calidad de su instalación en el lugar donde será utilizada.

- El ambiente circundante

Se toma como una fuente de fallas cuando es agresivo a la maquinaria, por ejemplo: la humedad y la temperatura fuera de especificaciones, polvo y humo.

- El ambiente que interviene (por mantenimiento u operación)

Se comporta como una fuente de fallas cuando sus habilidades manuales y de pensamiento lógico son de baja calidad; también cuando no conocen en forma plena el equipo que va a mantener; la mano de obra de mantenimiento debe de ser cuidadosamente considerada a fin de adecuarla en calidad y cantidad.

- El personal operativo

Será una fuente de fallas si manejan mal su maquinaria, esto sucede, generalmente por ignorancia.

2.1.4.1. Fallas tempranas

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

2.1.4.2. Fallas adultas

Presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, entre otros).

2.1.4.3. Fallas tardías

Representa una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurre en la etapa final de la vida útil (envejecimiento de la aislación de un motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, entre otros).

2.2. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el desarrollo de las máquinas se organizan los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en que período se producen las fallas, con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

2.2.1. Mantenimiento correctivo

Se realiza cuándo el equipo es incapaz de seguir operando, es decir, es la intervención cuando los componentes están fallando o han fallado, no teniendo en cuenta intervalos de tiempo, así que la ocurrencia puede ser en cualquier momento por lo que se deben definir tolerancias de riesgos (incertidumbre), además, requiere de la coordinación de esfuerzos para determinar los recursos necesarios y contribuir a satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento los cuales se clasifican en:

- No planificado

Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, entre otros).

- Planificado

Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continúa la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a los clientes mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras.

El mantenimiento correctivo puede agruparse en dos clases:

- El mantenimiento rutinario es la corrección de fallas que no afectan mucho a los sistemas.
- El mantenimiento de emergencia se origina por las fallas que requieren ser corregidas en plazo breve.

Acciones en el mantenimiento correctivo:

Primero se deben realizar acciones inmediatas para reencauzar la condición u operación. Una vez iniciada se debe empezar en cuanto sea posible, la toma de decisiones sobre acciones inmediatas que conduzcan a la solución del problema. Las condiciones resultantes del primer grupo de acciones son de carácter temporal.

El segundo grupo de acciones debe conducir a soluciones tan permanentes o definitivas como sea posible. Cuando existe un buen mantenimiento no debe haber fallas repetitivas que provoquen situaciones de emergencia. Lo más importante a todo esto es cobrar conciencia de que las soluciones temporales son precisamente eso, temporales.

Esta estrategia no requiere planes por adelantado o ninguna otra actividad más que la de asegurar que al momento de la falla se contará con los hombres, las herramientas y los repuestos necesarios para atender la emergencia en el menor tiempo posible. Desde todo punto de vista, esta es la estrategia menos deseable si se empleara como la única por seguir.

Es aplicable a sistemas:

- Complejos
- En los que es imposible predecir los fallos
- Admiten ser interrumpidos en cualquier momento y con cualquier duración

Ventajas:

- Bajo costo en la planificación, ya que es mínima o nula
- No se requiere de una inversión
- Volumen reducido de *stock*
- Poco personal cuando la maquinaria es reciente

Desventajas:

- El fallo puede aparecer en el momento más inoportuno.
- Fallos no detectados a tiempo pueden causar daños irreparables en otros elementos.
- Gran capital en piezas de repuesto.
- Personal de producción inactivo.
- Máquinas ociosas.
- Los repuestos en inventario no existen muchas de las veces por falta de información, por lo tanto una mayor demora.
- Una mayor presión hacia el personal que labora en el mantenimiento, especialmente si existe incentivos por producción.
- Las normas de seguridad no se aplican muchas veces, poniendo en peligro la vida de las personas.
- La calidad del producto se verá seriamente afectada.

2.2.2. Mantenimiento preventivo

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Este surge de la necesidad de reducir el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina, con base en la experiencia y los datos históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias.

Es un mantenimiento totalmente planeado que implica la reparación o remplazo de componentes a intervalos fijos, efectuándose para hacer frente a fallas potenciales, es decir, ejecuta acciones orientadas a dirimir las consecuencias originadas por condiciones físicas identificables, que están ocurriendo o podrían ocurrir y, conducirían a fallos funcionales de los sistemas productivos. Tiene dos dimensiones:

- Con base en las condiciones

También se conoce con el nombre de mantenimiento predictivo, pues se sostiene en la vigilancia continuada de los parámetros clave que afectan el desempeño al degradar una condición establecida, indicando si algo está fallando.

Se lleva a cabo a través de la captura de valores fuera de especificación mediante la sensibilidad, factor elemental en este tipo de mantenimiento, pues analiza los agentes que causan la degradación a nivel de: efectos dinámicos, efectos de partículas, efectos químicos, efectos físicos, efectos de temperatura y corrosión; captados por observación directa que incluyen los sentidos (que son imprecisos), o bien, por técnicas avanzadas con tecnología de punta (poseen reducida versatilidad).

- Con base en el uso o en el tiempo

También se conoce con el nombre de mantenimiento de pronóstico, se lleva a cabo de acuerdo al número de horas de funcionamiento establecidas en un calendario, previamente diseñado, con un alto nivel de planeación. Los procedimientos repetitivos, o como comúnmente se les llama “de rutina”, requieren establecer frecuencias que se ajusten a las necesidades, para ello, se necesitan conocimientos de la distribución de fallas o la confiabilidad del equipo.

En general todo modelo debe poseer las características:

- Metas claras y precisas.
- Incluir a toda la organización con su respectivo personal como gestores del proceso de mantenimiento.
- Enfoque a los ejes funcionales de la empresa.
- Considerar al proceso de mantenimiento dentro de todas las fases de la empresa y no solo al de operación.
- Orientado a evolución y a la mejora continúa.
- Incluir aplicaciones sistemáticas y de prioridad para optimizar planes de mantenimiento y asegurar confiabilidad.

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, entre otros, a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento. Haciendo uso de los datos se hace su planeación, esperando evitar los paros y obtener una alta efectividad de la planta, los conceptos de este mantenimiento se agrupan en dos categorías: preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como: reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, entre otros; hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos (tiempos dirigidos). El mantenimiento preventivo podrá en un futuro ser potencialmente mejorado por medio de la incorporación de un programa de mantenimiento predictivo.

Dentro del mantenimiento planeado se contempla el mantenimiento predictivo. El mantenimiento correctivo se utilizará como la acción que emana de los programas de mantenimiento preventivo y predictivo (tiempos dirigidos y condiciones dirigidas de los equipos).

El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

2.2.2.1. Ventajas

- Disponibilidad de equipo: reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
- Menos reparaciones: menor número de reparaciones en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de fuerza de trabajo de mantenimiento y del equipo.
- Evitar rechazos: menor número de servicios rechazados o deficientes, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido al correcto funcionamiento del equipo.
- Ahorro: reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y materiales. El ahorro en mantenimiento es mucho dinero de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.
- Mayor productividad: con un adecuado mantenimiento, el equipo se conservará en óptimas condiciones de trabajo, permitiendo que los servicios continúen sin interrupciones. Los niveles de productividad subirán considerablemente.

- Precios competitivos: aumenta la productividad de los equipos, los costos se reducirán también, pudiéndose fijar precios más competitivos.
- *Stock*: se podrá establecer fácilmente la cantidad máxima y mínima de repuestos, lo cual es más racional. Se podrán adquirir los repuestos con la debida anticipación.
- Mejora la utilización de los recursos: cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones.
- Reduce los niveles del inventario: al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.
- Seguridad: las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.
- Vida útil: una instalación tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- Coste de reparaciones: es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo.

2.2.2.2. Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante, para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.
- No todas las empresas están preparadas para el cambio. Si un análisis muy objetivo del programa le da íntima convicción de que no es el momento oportuno, es preferible posponer la decisión.
- Todo cambio del sistema produce problemas y traumas, estos deben ser enfrentados y resueltos en la primera fase.
- El principal problema que se encuentra cuando se introduce un programa de mantenimiento preventivo, es el hecho de un aumento en los costos del mantenimiento general, puesto que si en las primeras revisiones se encuentran fallas que deben de ser corregidas, el consumo de repuestos se eleva, al igual que los tiempos de parada. Entonces se sumarán simultáneamente los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Si el equipo ha sido manejado tradicionalmente basado en el mantenimiento correctivo, lo más probable es que se encuentre en un estado de deterioro bastante lamentable, por lo tanto, la introducción del mantenimiento preventivo será más difícil.

- En una empresa que no sea de proceso, si no de tareas individuales, por secciones o por máquina muy concretas, la introducción del programa de mantenimiento preventivo puede causar dificultades y tener muchos tropiezos.

Tanto para el mantenimiento preventivo como para el correctivo existen muchas actividades que deben planearse, programarse, controlarse y ser productivas. Básicamente la diferencia entre estos dos tipos de mantenimiento radica en el tiempo de ejecución.

El mantenimiento correctivo es la actividad de reparar después del paro no previsto o bien es consecuencia de un paro programado, después de haber realizado una inspección a la maquinaria como parte de las revisiones de un programa de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es la conservación planeada del equipo, a diferencia del mantenimiento correctivo, el preventivo busca programar los paros por reparación en los momentos más oportunos o de menos impacto en la producción, evitando al máximo los paros por falla o avería en el equipo. Aparentemente, el mantenimiento preventivo tiene muchas más ventajas que el correctivo, pero la realidad es que no todas las plantas pueden obtener beneficios iguales.

Cuanto más altamente mecanizada es una industria, más necesita de las ventajas del mantenimiento preventivo, pero debe tomarse en cuenta que no puede hacerse un mantenimiento a todos los equipos ni a todas las partes, puesto que sería sumamente engorroso y difícil de llevarse a cabo.

Por tanto, se realiza una selección del equipo que por sus condiciones sea el más crítico y necesita de una mayor atención por parte del departamento de mantenimiento.

2.2.3. Mantenimiento predictivo

Es un sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipo. Esto da la oportunidad de hacer con el tiempo cualquier clase de mantenimiento preventivo y, si se atiende adecuadamente, nunca se pierde la calidad del servicio esperado.

En este tipo de mantenimiento, los trabajos por efectuar proceden de un diagnóstico permanente derivado de inspecciones continuas utilizando transductores (captadores y sensores), que tienen la propiedad de cambiar cualquier tipo de energía (lumínica, sonora, ultrasónica, radiante, vibratoria o calorífica), en señales de energía eléctrica, las cuales son enviadas a una unidad electrónica procesadora que analiza e informa del buen o el mal estado de funcionamiento de la máquina en cuestión.

Este tipo de mantenimiento requiere, para su aplicación, de un estudio profundo del recurso que se va a mantener para conocer sus partes vitales, su tiempo de vida útil y la calidad de servicio que se espera de cada una de ellas, así como de su conjunto, con el objetivo de colocar los transductores en los lugares idóneos, y ajustarlos a la norma y la tolerancia para que todas las variaciones que estos registren sean enviadas a la unidad electrónica procesadora, en donde se puede obtener en tiempo real lo siguiente:

- Información sobre el proceso de la planta.
- Estadística.
- Diagnóstico predictivo de funcionamiento.
- Cambio automático de elementos redundantes para salvaguardar la calidad de servicio.

La implantación de este tipo de mantenimiento en la fábrica es costosa pero su operación es económica y se obtiene el más alto grado de fiabilidad; por lo que su uso es ideal para máquinas y sistemas vitales. Para llevar a cabo este mantenimiento es necesario realizar mediciones mediante ensayos no destructivos. Los instrumentos utilizados para realizar este tipo de mantenimiento son de un alto costo, sin embargo hay que destacar que la mayoría de las inspecciones se realizan con el equipo en funcionamiento y sin causar paros en la misma. Dentro de los instrumentos de mayor prioridad se encuentran:

- De desgaste: espectrofotómetro de absorción atómica, este se puede aplicar sobre los aceites y proporcionan información de un excesivo desgaste de material.
- De espesor: con ultrasonido.
- De fracturas: partículas magnéticas, rayos X, ultrasonido, corrientes parásitas o tintas reveladoras.
- De ruido: con decibelímetros.
- De vibraciones: medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
- De temperatura: termografía.

El mantenimiento predictivo se utiliza como información para un adecuado programa de mantenimiento preventivo.

- Ventajas
 - Intervenir en el equipo o cambio de un elemento. Obligando a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

- Desventajas
 - La implementación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.

 - Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones con base en ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.

 - Por todo ello la implementación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros inesperados ocasionan grandes pérdidas, y producen grandes costos.

Las técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo son:

- Análisis de vibraciones

Los sistemas de ingeniería que poseen masa y elasticidad están capacitados para tener movimiento relativo. Si el movimiento de estos sistemas se repite después de un determinado intervalo de tiempo, el movimiento se le conoce como vibración. La vibración es, en general, una forma de energía disipada y en muchos casos inconveniente. Esto es particularmente cierto en maquinarias; debido a las vibraciones, se producen ruidos, se arruinan las diferentes partes y se transmiten las fuerzas y movimientos indeseables a los objetos muy cercanos.

Los parámetros que influyen en las vibraciones son los siguientes:

- Frecuencia: es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de vibración se usa los ciclos por segundo o Hertz.
- Desplazamiento: es la distancia total que describe el elemento vibrante desde un extremo al otro de su movimiento.
- Velocidad y aceleración: es la velocidad con que el punto de medida se mueve respecto de su posición de reposo. Por consiguiente la aceleración es con la que el punto de medida se mueve respecto de su posición de reposo.
- Dirección: las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales.

- Tipos de vibraciones
 - Vibración libre: es causada por un sistema que vibra debido a una excitación instantánea.
 - Vibración forzada: es causada por un sistema que vibra debido a una excitación constante.

Para poder medir el nivel de vibración absoluto en un cojinete, es necesario un elemento convertidor, por así decirlo, que convierta la onda de vibración que se está generando en la máquina, a otro tipo o forma de señal, por ejemplo mecánica, eléctrica, entre otros. Estos elementos convertidores son los sensores de vibración. La vibración será transmitida al sensor al estar este montado en la máquina para luego convertir este movimiento en una señal eléctrica y enviarla al equipo analizador. Dicha señal eléctrica será proporcional al nivel de vibración.

Usualmente se encuentran tres tipos de sensores para medir vibración: sensor de aceleración, sensor de velocidad y sensor de desplazamiento. Cada uno de estos tipos de sensores tiene sus propias aplicaciones las cuales justifican su uso para el monitoreo de vibraciones en máquinas.

- Sensor de aceleración

El sensor de aceleración o acelerómetro, como su nombre lo indica es un sensor que proporciona directamente la medida de la aceleración de la vibración.

La operación de un acelerómetro se basa en el principio masa resorte, en el cual para la conversión del movimiento mecánico de la vibración a una señal eléctrica se emplea el efecto piezoeléctrico del cuarzo. Ese efecto es la existencia de una carga eléctrica en una de las caras del cristal que está sometido a una tensión o compresión.

Normalmente los acelerómetros para aplicaciones industriales tienen como límite superior de frecuencias 20 kHz y el inferior puede ser 1Hz. Típicamente, son usados para medir vibraciones en máquinas cuyos ejes son soportados por rodamientos. La causa de esto es que los rodamientos transfieren de buena manera la vibración del eje a la carcasa y son de mayor uso común en los programas de monitoreo de vibración, debido a las ventajas que se listan a continuación:

- Construcción robusta.
- Insensible a los campos magnéticos.
- No son unidireccionales.
- Reducidas dimensiones.
- Carcasa de material inoxidable sellada herméticamente.
- Menor costo en comparación a sensores de velocidad o desplazamiento.
- Amplio rango de frecuencia.

Sin embargo, los acelerómetros tienen también ciertas desventajas en relación con los sensores de velocidad:

- Sensor pasivo, requiere potencia externa para operar
- Baja sensibilidad a bajas frecuencias

- Sensor de velocidad

Los sensores de velocidad o velocímetros, día a día están siendo reemplazados por los acelerómetros debido a su amplia gama de aplicaciones que tienen, sin embargo una de las ventajas que los velocímetros tienen es que no necesitan una fuente de alimentación. Además de proporcionar directamente la velocidad de la vibración, en tanto que la señal proveniente de un acelerómetro necesita ser integrada para dar una lectura de velocidad de vibración.

Los sensores de velocidad operan de acuerdo al principio electrodinámico. Se suspende una bobina, libre de fricciones, mediante dos resortes o muelles de membrana que forman, junto a la bobina, un sistema masa resorte. Al estar suspendida en un campo magnético permanente, la tensión que se genere será proporcional a la velocidad de la vibración. La aplicación principal de los sensores de velocidad se da cuando existe la necesidad de medir la vibración en máquinas de baja velocidad rotacional, debido a su capacidad de elevada sensibilidad a bajas frecuencias, donde además los sensores de aceleración no son recomendados. Las características que se constituyen como ventajas para los sensores de velocidad son:

- Construcción robusta
- Elevada sensibilidad aún a bajas frecuencias
- Fuerte señal de salida con baja resistencia interna
- Sensor activo, no requiere fuente de alimentación
- Impermeable, estanco al aceite y al vacío
- Resistencia a los productos químicos

Estos sensores, encuentran también ciertas desventajas en el campo de aplicación:

- Frecuencia superior limitada (aproximadamente 2kHz).
 - Sensible a campos magnéticos.
- Sensor de desplazamiento de proximidad sin contacto

El sensor de desplazamiento sin contacto, llamado también, sensor de proximidad sin contacto, normalmente es empleado para medir la vibración relativa de los ejes de las máquinas con respecto a su carcasa.

Los sensores de desplazamiento sin contacto para medir las vibraciones relativas de ejes en una máquina en operación, deben llenar algunos requerimientos especiales tales como:

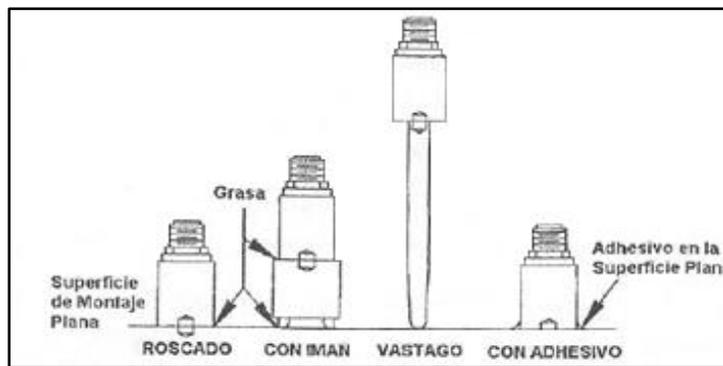
- Medir el valor de vibración sin contacto.
- No ser influidos por aceites u otro medio entre el sensor y la superficie medida.
- Rango de medida lineal amplio, con elevada resolución.
- Instalación, ajuste y calibres simples.

En el campo de las vibraciones, su principal aplicación es la medida de las vibraciones relativas de ejes, ya que también son empleados para medir la posición axial y radial del eje y medir el diferencial de expansión entre la carcasa y el rotor.

- Montaje del sensor

Típicamente, hay cuatro formas de realizar el montaje de los sensores, tal como se puede observar en la figura 32 y que se listan en la tabla IV.

Figura 33. **Tipos de montaje para sensores de vibración**



Fuente: LÓPEZ AGUSTÍN, Jorge Luis. *Propuesta de mantenimiento predictivo para planta de laminación de la siderúrgica de Guatemala.* p. 62.

Tabla IV. **Relación del tipo de montaje y frecuencia aceptables y naturales**

TIPO DE MONTAJE	FRECUENCIA MÁXIMA ACEPTABLE	FRECUENCIA NATURAL DEL MONTAJE
Roscado	975 000 cps	1 900 000 cps
Con adhesivo	540 000 cps	No observado
Roscado en un magneto o imán	450 000 cps	724 500 cps
Vástago sujetado con la mano	48 000 cps	88 500 cps

Fuente: LÓPEZ AGUSTÍN, Jorge Luis. *Propuesta de mantenimiento predictivo para planta de laminación de la siderúrgica de Guatemala.* p. 62.

Los sensores roscados son catalogados como el mejor tipo de montaje de sensores, consiste este en roscar el sensor a un esparrago que también se encuentra roscado a la máquina. El roscado es usado en aplicaciones donde los sensores se montan permanentemente.

Los sensores de montaje con adhesivo tienen también una respuesta a la frecuencia muy buena pero inferior al roscado, y su rango depende de usar el tipo adecuado de adhesivo, sin embargo, este montaje puede ir perdiendo su respuesta a la transmisión de la vibración con el paso del tiempo.

Los sensores de montaje con magneto o imán es la manera más común de montaje de los sensores. Básicamente el sensor se rosca a un imán por su fuerza magnética que posee se fija a la superficie de la máquina.

La respuesta que ofrece este montaje es generalmente adecuado para las necesidades de los programas de análisis de vibraciones. Sin embargo, es importante hacer notar que algunas máquinas pueden generar vibraciones de alta frecuencia, en tales casos se prefiere realizar el montaje mediante roscado o con adhesivo.

El sensor de vástago sujetado con la mano es el método menos recomendable de los cuatro mencionados, en donde el sensor se rosca al vástago y este es sujetado con la mano durante la toma de nivel de vibración. El rango de frecuencia es apenas superior a los 50 000 cps, no importando el diámetro, longitud o material del vástago.

- Análisis por lubricantes

El trabajo de monitoreo de aceite lubricante en uso es un proceso científico de ensayos de laboratorio, con el fin de determinar la presencia y origen de contaminantes en el aceite, así como de verificar eventuales cambios en las características del fluido. Por las múltiples funciones que ejerce (lubricación, refrigeración, limpieza, protección contra agentes corrosivos), y por el acceso a los puntos más íntimos de una máquina, el aceite constituye un trazador de extrema confianza: un análisis de las innumerables impresiones recogidas como elementos de contaminación, desgaste y oxidación, transformaciones fisicoquímicas, traducen, en manos experimentadas, las verdaderas condiciones de los componentes de los sistemas lubricados.

Así, con rapidez y precisión, se logra un valioso apoyo en el mantenimiento de conjuntos mecánicos: equipamientos automotrices e industriales. Monitorear regularmente lubricantes y fluidos hidráulicos o refrigerantes es garantía para un trabajo en niveles de contaminación no perniciosos: los resultados van desde la economía en el consumo del fluido (mayor tiempo de utilización en servicio), hasta la toma de decisión de la oportunidad de una intervención correctiva evitando grandes perjuicios económicos debido a fallas severas.

Como ya se dijo, el trabajo de analizar una muestra de aceite (u otro fluido) en uso, consiste en realizar un conjunto de ensayos de laboratorio con el fin de determinar la presencia de contaminantes en el aceite, su origen, así como de verificar eventuales cambios en las características del fluido. Estas informaciones son obtenidas y procesadas por personal especializado, utilizándose técnicas y equipamientos modernos.

Es de destacar que para que el trabajo sea redituable el muestreo debe realizarse en forma adecuada: equipo en funcionamiento y a la temperatura de operación, envases nuevos para muestras, cantidad suficiente de muestra, datos del equipo (producto, horas, kilómetros), entre otros.

Los ensayos más utilizados y su significado son:

- Viscosidad cinemática (ASTM D-445)

Una medida de la resistencia del aceite a fluir. El cambio de la misma en los aceites usados pone de manifiesto problemas de oxidación, presencia de agua, dilución por combustible, entre otros.

- Determinación de contenido de agua (ASTM D-95)

La presencia de agua puede indicar problemas vinculados al agua de refrigeración, condensación, entre otros.

- Determinación del TBN (ASTM D-2896)

Mide la capacidad residual de aditivos básicos del lubricante que protegen al equipo de la corrosión.

- Análisis de metales por espectroscopia de absorción atómica (AAS)

Existen tres fuentes que originan metales: metales de desgaste, aditivos y contaminantes.

- Metales de desgaste

Estos metales indican desgastes en componentes particulares de una unidad estudiada permitiendo evaluar el estado de los mismos (hierro, cromo, plomo, cobre, entre otros).

- Aditivos

Existen metales en numerosos paquetes de aditivos de lubricantes; la caída de concentración de los mismos da una idea del deterioro de las propiedades del lubricante (magnesio, zinc, calcio, entre otros).

- Contaminantes

Contaminantes externos (polvo, tierra, refrigerante) pueden ser detectados de acuerdo a componentes metálicos presentes en los mismos, indicando una falla en la estanqueidad del sistema lubricante (silicio, sodio, aluminio, entre otros).

- Dilución por combustible por cromatografía de gases (ASTM D-3524)

El pasaje de combustible al aceite es frecuente en motores con problemas de mala relación aire/combustible por problemas de inyección, compresión, entre otros.

- Blotter test (cromatografía de gota)

Mediante una gota de aceite en un papel adecuado se obtiene una primera información cualitativa valiosa sobre el estado del mismo.

- Examen microscópico de cualquier partícula visible en la muestra o eventualmente en el filtro.

La identificación cualitativa de la composición del metal revela componentes que están sufriendo el desgaste y el análisis morfológico sugiere modo y causa del mismo.

- Análisis por termografía

La termografía es la rama de la teledetección que se ocupa de la medición de la temperatura radiada por los fenómenos de la superficie de la Tierra desde una cierta distancia. Una termografía infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para los ojos), emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica.

Una cámara termográfica produce una imagen en vivo (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación). Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad.

Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: termografía o termograma.

La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para ver en estas longitudes de onda. Esto permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala determinada, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

La física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por infrarrojos.

La implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, entre otros. Es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

- Aplicaciones del análisis por termografía

El análisis mediante cámaras termográficas infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, entre otros.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de frío industrial y climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

- Ventajas de los análisis por termografía

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.

- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

2.2.4. Mantenimiento productivo total

El mantenimiento productivo total surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción, la cual tiene como objetivo primordial la eliminación sistemática de desperdicios.

- Seis grandes pérdidas:
 - Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
 - Puesta a punto y ajustes de las máquinas que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o hacer un ajuste.
 - Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por la operación de detectores, buzones llenos, obstrucciones en las vías, entre otros.

- Velocidad de operación reducida, que produce pérdidas de tiempo al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
- Defectos en el proceso, que producen pérdidas de tiempo al tener que rehacer partes de él o reparar piezas defectuosas o completar actividades no terminadas.
- Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha blanca, periodo de prueba, entre otros.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, con base en la cual es factible alcanzar la competitividad total.

La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar al unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción e involucra a la empresa en el TPM.

La empresa industrial tradicional suele estar dotada de sistemas de gestión basados en la producción de series largas, con poca variedad de productos y tiempos de preparación largos, con tiempos de entrega asimismo largos, trabajadores con una formación muy específica y control de calidad con base en la inspección del producto.

Cuando dicha empresa ha precisado emigrar desde este sistema a otros más ágiles y menos costosos, ha necesitado mejorar los tiempos de entrega, los costes y la calidad simultáneamente, es decir, la competitividad, lo que le ha supuesto entrar en la dinámica de gestión contraria a cuanto se ha mencionado: series cortas, de múltiples productos, en tiempos de operaciones cortos, con trabajadores polivalentes y calidad basada en procesos que llegan a sus resultados.

El resultado final que se persigue con la implementación del mantenimiento productivo total, es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

Los 5 puntos del mantenimiento productivo total son:

- Enfocado a conseguir el uso más eficaz del equipo (mejorar la eficacia global).
- Establece un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa. Incluye prevención del mantenimiento, mantenimiento preventivo y mantenimiento relacionado con las mejoras.
- Exige el involucramiento de todos los departamentos de los diseñadores del equipo, operarios del equipo y operarios del departamento de mantenimiento.
- Todos los empleados están activamente involucrados desde la alta dirección hasta operarios.
- Promociona y lleva a cabo mantenimiento preventivo a través de la gestión de la motivación: basado en actividades autónomas en grupos pequeños.

El objetivo del mantenimiento de máquinas y equipos se puede definir como conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene.

Por disponibilidad se entiende la proporción de tiempo en que está dispuesta para la producción respecto al tiempo total.

Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

- La frecuencia de las averías (recibe el nombre de fiabilidad, es un índice de la calidad de las instalaciones y de su estado de conservación, y se mide por el tiempo medio entre averías.
- El tiempo necesario para reparar las mismas (denominado mantenibilidad es representado por una parte de la bondad del diseño de las instalaciones y por otra parte de la eficacia del servicio de mantenimiento. Se calcula como el inverso del tiempo medio de reparación de una avería).

En consecuencia, un adecuado nivel de disponibilidad se alcanzará con unos óptimos niveles de fiabilidad y de mantenibilidad. Es decir, expresado en lenguaje corriente, que ocurran pocas averías y que estas se reparen rápidamente.

- Evolución de la gestión de mantenimiento

Para llegar al mantenimiento productivo total hubo que pasar por tres fases previas. Siendo la primera de ellas el mantenimiento reactivo, el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación, todo quedaba allí. Con posterioridad y como segunda fase de desarrollo se dio lugar a lo que se denominó el Mantenimiento Preventivo. Con esta metodología de trabajo se busca por sobre todas las cosas la mayor rentabilidad económica con base en la máxima producción, estableciéndose para ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes que tuvieran lugar.

En los años sesenta tuvo lugar la aparición del mantenimiento productivo, lo cual constituye la tercera fase de desarrollo. El mantenimiento productivo incluye los principios del mantenimiento preventivo, pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices se destinan a mejorar la fiabilidad y mantenibilidad.

Finalmente se llega al mantenimiento productivo total el cual comienza a en Japón durante los años sesenta. El mismo incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados a los métodos previos, entre los cuales cabe destacar el mantenimiento autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. Agrega conceptos antes desarrollados como el mantenimiento preventivo, nuevas herramientas tales como las mejoras de mantenibilidad, la prevención de mantenimiento y el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento productivo total adopta como filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El mantenimiento productivo total ha recogido también los conceptos relacionados con el mantenimiento basado en el tiempo (MBT) y el mantenimiento basado en las condiciones (MBC).

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento. En tanto que el MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

El mantenimiento productivo total constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la eficacia global.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del mantenimiento productivo total garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

El mantenimiento productivo total requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
 - Comprender el funcionamiento de los equipos.
 - Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
 - Poder analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
 - Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
 - Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.
- Pérdidas por averías

La meta de cero averías

- Impedir el deterioro acelerado.
- Mantenimiento de condiciones básicas del equipo.
- Adherirse a las condiciones correctas de operación.
- Mejorar la calidad del mantenimiento.
- Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria.
- Corregir debilidades del diseño.
- Aprender lo máximo posible de cada avería.

- Pérdidas por preparación y ajuste

La meta de cero ajustes

- Revisión de la precisión de montaje del equipo, plantillas y herramientas.
- Promocionar la estandarización.

- Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

La meta de cero tiempos muertos y paradas pequeñas

- Hacer una observación cuidadosa de los que está pasando
- Corregir defectos leves
- Determinar las condiciones óptimas

- Pérdidas por velocidad reducida

La meta de aumentar la velocidad del equipo

- Aplicar las mismas acciones contra pérdidas de velocidad reducida que para eliminar averías.
- Definir claramente la velocidad especificada (diseñada)
- Establecer distintas velocidades para distintos productos.
- Estudiar adecuadamente los problemas que surgen al operar con la velocidad especificada.

- Pérdidas por defectos de calidad y trabajos de rectificación

La meta de cero defectos

- No deducir precipitadamente conclusiones sobre las causas. Observar cuidadosamente las condiciones actuales.
- Revisar la lista de factores causales.
- Revisar y buscar la causa de los efectos pequeños, los cuales se encuentran escondidos dentro de otros factores causales.

- Pérdidas de arranque de la producción

La meta de disminuir las pérdidas de arranque

- Observar cuidadosamente las condiciones al inicio de cada tanda de producción.
- Evaluar la disponibilidad de herramientas, procedimientos, estabilidad del proceso, capacidad de los operadores, pruebas del producto, entre otros.

2.3. Método de implementación de gestión de mantenimiento

Las empresas se encuentran hoy, abarrotadas de una gran cantidad de métodos de mantenimiento que se usan indiscriminadamente, como una panacea (el remedio para todos los males), por el deseo de no quedarse atrás y estar dentro de las corrientes de pensamiento actual, tomando la forma de los bienes que se pone a la moda utilizándolas como fin y no como medio para alcanzar excelencia.

Estos métodos poseen una metodología específica de implementación que requiere de un conocimiento profundo para lograr desarrollarlas con éxito.

Además, cabe destacar que aún existentes empresas que se apoyan en viejos paradigmas de mantenimiento, y otras que ni siquiera poseen una dirección sólida de gestión de mantenimiento.

Es por ello que en la realidad se observan fracasos rotundos, debido a la visión heterogénea de los conceptos básicos, derivada de malas interpretaciones de los profesionales y cuyo principal protector son los aspectos culturales de las organizaciones donde se utilizan; son estos conceptos los que precisan un entendimiento claro de los métodos (método, del griego significa, camino para llegar a un resultado) que se tienen a la mano y, son la base de las metodologías. Por lo tanto, si no se posee un entendimiento preciso, el fundamento esencial de conocimientos no será sólido y toda la estructura que soportan tenderá a fallar, proyectando una visión poco clara que sea la diferencia mediante una efectiva filosofía de gestión.

El principal problema, causado por el bombardeo tecnológico y el carecer de bases sólidas, se evidencia al delimitar el camino a seguir con el cual atacar el conflicto, pues al implantar los métodos e implementar las metodologías se requiere de tiempo para tratar las interrogantes que proporcionen el conocimiento necesario y respondan, por ejemplo, a ¿qué línea estratégica de acción tomar?, ¿cuánto mantenimiento hacer?, ¿cómo asignar los recursos?, ¿bajo qué criterios?, ¿qué determina y como a una gestión efectiva y eficiente? entre otras, y en el afán de obtener beneficios cuasi-instantáneos, se toman caminos equivocados por el poco o inexistente análisis de la situación del entorno en el que se desarrollan, ocasionando peores condiciones de las que presentaba la organización, esto, conlleva a realizar grandes inversiones.

En efecto, tomar caminos equivocados es una muestra directa de crisis en la dirección de la función del mantenimiento, comprometiendo seriamente el desarrollo de la gestión para afrontar los conflictos y, por ende, la sostenibilidad de la organización y el negocio. Los orígenes se deben a que las apreciaciones, que se hacen, no provienen del análisis objetivo, desprejuiciado y científico de la realidad que se trata de enjuiciar. Por otra parte, cuando se habla de la calidad de la gestión del mantenimiento los enfoques son generalmente incompletos, ya que no se analizan los diversos factores o variables que inciden, con más o menos intensidad, en la manifestación de las mismas, siendo la deficiente información una de las causas determinantes de esta situación.

En tales casos, las empresas sufren importantes daños que las limitan a alcanzar la tan anhelada excelencia; parámetro que valora su desarrollo mediante el aumento de capacidad y deseo de satisfacer sus aspiraciones competitivas en el negocio y su crecimiento organizacional. Según la fundación europea para la gestión de calidad en su criterio de orientación hacia los resultados, la excelencia consiste en alcanzar resultados que satisfagan plenamente a todos los grupos de interés de la organización.

En este sentido, para que la gestión sea efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias en el mantenimiento bajo la consideración, como aspecto básico para la selección del tipo de tácticas de mantenimiento, las características de las fallas. Asimismo, las tácticas deben obedecer a los siguientes principios filosóficos:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento productivo total

3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

3.1. Instalaciones

La planta de malla electrosoldada cuenta con una estructura de 36 metros de ancho, 192 metros de largo y 10 metros de alto, formada por dos naves que abarcan 6 912 metros cuadrados y enlaminada del techo y sus costados. Fue construida dentro del parque industrial en el 2011 por colaboradores propios de Sidegua (departamento de proyectos) y posteriormente el traslado, instalación y puesta en marcha de la maquinaria en febrero del 2012 por colaboradores propios de Sidegua (personal de planta de malla y departamento de proyectos).

Figura 34. Construcción de la planta de malla electrosoldada



Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Entre las principales áreas que conforman la planta está la subestación y cuarto eléctrico, cuarto de bombas y compresor, producción, taller de mantenimiento, control de calidad y oficinas.

Todas estas áreas están protegidas de la intemperie por estar ubicadas dentro de dicha estructura. Las instalaciones actualmente no están incluidas en el plan de mantenimiento, ya que no existe dicho plan. Eso significa que cuando se da la necesidad de reparar una falla como por ejemplo en la estructura, agua pluvial, drenajes, instalaciones eléctricas o agua potable se opta por el mantenimiento correctivo no programado.

3.2. Estado actual del proceso de producción

Las tres etapas del proceso de producción de malla electrosoldada, cuentan con un operador (sin ayudante) en cada máquina para cada turno diurno y nocturno. La planta cuenta con personal de mantenimiento que es un mecánico, un soldador, un electricista y un tornero para cada turno diurno y nocturno. Al momento de surgir una falla repentina en cualquiera de los equipos o en cualquier máquina de alguna etapa del proceso, el operador de la máquina se convierte automáticamente en ayudante del técnico de mantenimiento.

Actualmente las tres etapas del proceso de producción no están incluidas en el plan de mantenimiento, ya que no existe dicho plan. Esto significa que cuando se da la necesidad de reparar una falla ya sea mecánica o eléctrica, en cualquier etapa del proceso, de forma inesperada se opta por el mantenimiento correctivo no programado.

3.3. Métodos de control

Entre los métodos de control está la requisición de materiales y reporte de producción y paros.

3.3.2. Reporte de producción y paros

A continuación se encuentran los reportes de producción y paros de trefiladora 1, enderezadora 1 y soldadora de mallas 1.

Figura 36. Reporte de producción y paros de trefiladora 1

PLANTA MALLA ELECTROSOLDADA TREFILADORA					
FECHA: ___ / ___ / 2013				TURNO: _____	
				PESOS (KG)	
DE	A	TIEMPO	MOTIVO DEL PARO	ROLLO	CARRETE
TOTAL (MIN) =			TOTAL (KG) =		

Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Figura 38. **Reporte de producción de soldadora de mallas 1**

PLANTA MALLA ELECTROSOLDADA PRODUCTO TERMINADO					
TURNO: _____			FECHA: ____ / ____ / 2,013		
Paquetes	Cantidad (UN)	Cuadro	Peseo (KG)	Calibre	Observaciones
1		X		/	
2		X		/	
3		X		/	
4		X		/	
5		X		/	
6		X		/	
7		X		/	
8		X		/	
9		X		/	
10		X		/	
11		X		/	
12		X		/	
13		X		/	
14		X		/	
15		X		/	
16		X		/	
17		X		/	
18		X		/	Mallas de Desperdicio:
19		X		/	
20		X		/	
Total Mallas =		Total Peso (Kg) =		Producción No.	
Total Malla Especial (0,38x1,37, 9/9) =					

Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

Figura 39. **Reporte de paros de soldadora de mallas 1**

PLANTA MALLA ELECTROSOLDADA				
SOLDADORA				
FECHA: / / 2013				
DE	A	TIEMPO	MOTIVO DEL PARO	
MALLAS:		CALIBRE:		OPERADOR:

Fuente: Siderúrgica de Guatemala.

3.4. Proceso del mantenimiento correctivo

Actualmente en la planta de malla electrosoldada se realiza mantenimiento correctivo no programado, ya que se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando, es decir, se interviene cuando los componentes han fallado, no teniendo en cuenta intervalos de tiempo, así que la ocurrencia puede ser en cualquier momento por lo que se deben definir tolerancias de riesgos, además, se requiere de la coordinación de esfuerzos para determinar los recursos necesarios y contribuir a satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento.

3.5. Proceso de mantenimiento preventivo

Actualmente en la planta de malla electrosoldada no existe programa de mantenimiento preventivo para evitar o mitigar las consecuencias de las fallas potenciales en equipos, y lograr prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Por lo tanto, no existen métodos de control, estadísticas, cronogramas o un programa con base en condiciones o tiempo que ataque la necesidad de reducir al máximo el mantenimiento correctivo no programado.

3.6. Análisis del mantenimiento por método FODA

A continuación se encuentra el método FODA y el análisis.

3.6.1. Método FODA

La sigla FODA es un acrónimo de:

- Fortalezas (factores críticos positivos con los que se cuenta).
- Oportunidades (aspectos positivos que se pueden aprovechar utilizando las fortalezas).
- Debilidades (factores críticos negativos que se deben eliminar o reducir).
- Amenazas (aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de los objetivos).

La matriz FODA es una herramienta de análisis que puede ser aplicada a cualquier situación, individuo, producto, empresa, entre otros; que esté actuando como objeto de estudio en un momento determinado.

Es como si se tomara una radiografía de una situación puntual de lo particular que se esté estudiando. Las variables analizadas y lo que ellas representan en la matriz son particulares de ese momento. Luego de analizarlas, se deberán tomar decisiones estratégicas para mejorar la situación actual en el futuro.

El análisis FODA es una herramienta que permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permite, en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados.

Luego de haber realizado el primer análisis FODA, se aconseja realizar sucesivos análisis de forma periódica teniendo como referencia el primero, con el propósito de conocer si se está cumpliendo con los objetivos planteados en la formulación estratégica. Esto es aconsejable dado que las condiciones externas e internas son dinámicas y algunos factores cambian con el paso del tiempo, mientras que otros sufren modificaciones mínimas. La frecuencia de estos análisis de actualización dependerá del tipo de objeto de estudio del cual se trate y en que contexto se está analizando.

En términos del proceso de *marketing* en particular, y de la administración de empresas en general, se dirá que la matriz FODA es el nexo que permite pasar del análisis de los ambientes interno y externo de la empresa hacia la formulación y selección de estrategias a seguir en el mercado.

El objetivo primario del análisis FODA consiste en obtener conclusiones sobre la forma en que el objeto estudiado será capaz de afrontar los cambios y las turbulencias en el contexto, (oportunidades y amenazas) a partir de sus fortalezas y debilidades internas. Ese constituye el primer paso esencial para realizar un correcto análisis FODA. Cumplido el mismo, el siguiente consiste en determinar las estrategias a seguir.

Para comenzar un análisis FODA se debe hacer una distinción crucial entre las cuatro variables por separado y determinar qué elementos corresponden a cada una. A su vez, en cada punto del tiempo en que se realice dicho análisis, resultaría aconsejable no solo construir la matriz FODA correspondiente al presente, sino también proyectar distintos escenarios de futuro con sus consiguientes matrices FODA y plantear estrategias alternativas.

Tanto las fortalezas como las debilidades son internas de la organización, por lo que es posible actuar directamente sobre ellas. En cambio las oportunidades y las amenazas son externas, y solo se puede tener injerencia sobre ellas modificando los aspectos internos.

- Fortalezas

Son las capacidades especiales con que cuenta la empresa, y que le permite tener una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos que se controlan, capacidades y habilidades que se poseen, actividades que se desarrollan positivamente, entre otros.

- Oportunidades

Son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas.

- Debilidades

Son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia, recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, entre otros.

- Amenazas

Son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la organización.

El análisis FODA no se limita solamente a elaborar cuatro listas. La parte más importante de este análisis es la evaluación de los puntos fuertes y débiles, las oportunidades y las amenazas, así como la obtención de conclusiones acerca del atractivo de la situación del objeto de estudio y la necesidad de emprender una acción en particular.

- Importancia del análisis FODA para la toma de decisiones en las empresas

La toma de decisiones es un proceso cotidiano mediante el cual se realiza una elección entre diferentes alternativas a los efectos de resolver las más variadas situaciones a nivel laboral, familiar, sentimental, empresarial, entre otros, es decir, en todo momento se deben tomar decisiones. Para realizar una acertada toma de decisión sobre un tema en particular, es necesario conocerlo, comprenderlo y analizarlo, para así poder darle solución. Es importante recordar que sin problema no puede existir una solución.

Por lo anterior, y antes de tomar cualquier decisión, las empresas deberían analizar la situación teniendo en cuenta la realidad particular de lo que se está analizando, las posibles alternativas a elegir, el costo de oportunidad de elegir cada una de las alternativas posibles, y las consecuencias futuras de cada elección.

Lo significativo y preocupante, es que existe una gran cantidad de empresas que enfrentan sus problemas tomando decisiones de forma automática e irracional (no estratégica), y no tienen en cuenta que el resultado de una mala o buena elección puede tener consecuencias en el éxito o fracaso de la empresa.

Las organizaciones deberían realizar un proceso más estructurado que les pueda dar más información y seguridad para la toma de decisiones, y así reducir el riesgo de cometer errores. El proceso que deberían utilizar las empresas para conocer su situación real es la matriz de análisis FODA. La importancia de confeccionar y trabajar con una matriz, reside en que este proceso permite buscar y analizar, de forma proactiva y sistemática, todas las variables que intervienen en el negocio con el fin de tener más y mejor información al momento de tomar decisiones.

A continuación se describe el análisis FODA para la planta de malla electrosoldada:

- Fortalezas
 - Técnicos con experiencia
 - Operarios con experiencia
 - Equipo apropiado
 - Instalaciones apropiadas
 - Controle de calidad
 - Apoyo de alta gerencia

- Oportunidades
 - Capacitación del personal
 - Mejora continua
 - Nuevas tecnologías
 - Crecimiento del mercado
 - Necesidad del producto
 - Competencia débil

- Debilidades
 - Herramienta en mal estado
 - Poco personal de mantenimiento
 - Falta de controles de mantenimiento
 - Falta de un adecuado *stock* de repuestos
 - Falta de documentación de mantenimiento (registros)
 - Poco mantenimiento a máquinas-herramientas
 - Falta de planificación para mantenimiento

- Amenazas
 - Negligencia en la operación de los equipos
 - Negligencia en la calibración de los equipos
 - Negligencia o falta de criterio en las tareas de mantenimiento
 - Asignación de escasos recursos
 - Negligencia o poca colaboración de otros departamentos
 - Baja en ventas

3.6.2. Análisis del mantenimiento

Con el uso los equipos se desgastan, y si esto no es observado y corregido a tiempo, provocará inevitablemente que los mismos dejen de funcionar. Con el consecuente reflejo en el sistema productivo que puede, inclusive, ocasionar serios problemas de seguridad tanto a las personas como a las instalaciones. Cuando esto ocurre, se está ante un mantenimiento correctivo, y se tendrá que cargar con las consecuencias provenientes del mismo.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es el de propiciar medios, para que los equipos se mantengan en condiciones de atender las necesidades de producción. El mantenimiento preventivo debe actuar antes que el desgaste o la rotura de algún componente paralice la máquina.

Actualmente no se tiene ningún control de los equipos, no se lleva un registro para que las fallas no se repitan; los formatos de control no existen y no se puede determinar el beneficio de mantener una máquina o si es mejor comprar otra, ya que el costo de mantenimiento de la misma es muy elevado. Tampoco se sabe cada cuánto se tiene que cambiar un accesorio, y sobre todo al no poder llevar todos estos controles dificulta y retrasa la producción.

3.7. Evaluación económica de paros no programados

Los costos totales de mantenimiento comprenden:

- Mano de obra
- Materiales y repuestos
- Tiempo muerto en producción

Los costos pueden clasificarse en:

- Costos fijos
 - Incurridos en todas las actividades planeadas de mantenimiento.
 - Son fijos porque son independientes del volumen de producción o servicios.
 - Son fijos porque son planeados para periodos de tiempo definidos previamente.

- Costos variables
 - Gastos incurridos cuando aparecen fallas o reparaciones no planeadas.
 - Sus valores dependen de la mano de obra, materiales, repuestos, instrumentos de mantenimiento, entre otros; que se usen para llevar a cabo las reparaciones o modificaciones.
 - Estos costos pueden controlarse mediante la aplicación de instrumentos como: análisis de fallas, procedimiento FMECA (Failure, mode, effects, causes and criticality analysis), el RPN (Risk priority number), análisis predictivos.

- Costos financieros

Generan costos financieros lo siguiente:

- Inversión de repuestos, materiales e insumos en almacén
 - Duplicidad de maquinaria para elevar la confiabilidad (o disponibilidad)
 - Otros valores asociados
- Costos de la no disponibilidad por fallas

El valor de no poder utilizar una máquina por reparaciones o modificaciones causadas por fallas imprevistas es el rubro más importante en los costos de mantenimiento.

Normalmente superior a los otros tres anteriores sumados, la estimación de este costo se realiza como sigue:

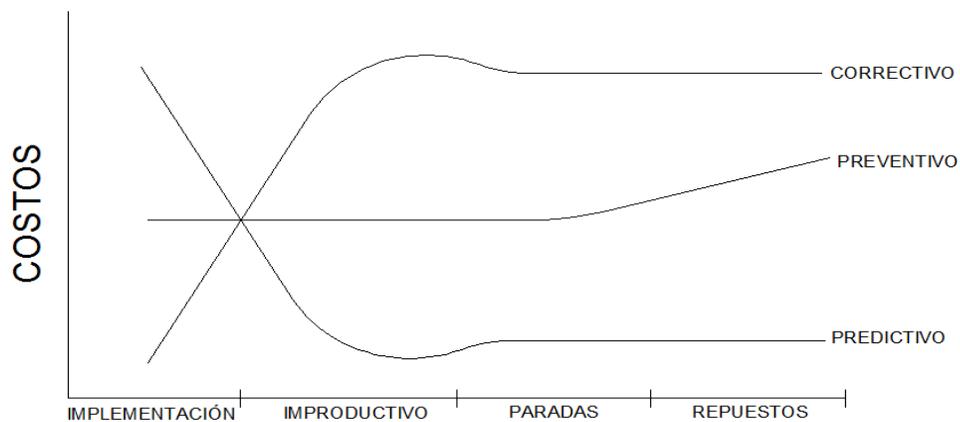
Costo de la no disponibilidad = Costo de la producción en tiempo (1 – Disponibilidad en el tiempo).

Tabla V. **Comparación de costos de los tres sistemas de mantenimiento**

COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS TRES SISTEMAS DE MANTENIMIENTO				
		Mantenimiento		
		Correctivo	Preventivo	Predictivo
Costo	Para implementar	Bajo	Mediano	Alto
	Improductivo	Alto	Mediano	Muy bajo
	Tiempo de parada	Altos o indefinidos	Predefinidos	Minimos
	Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

Fuente: JIMÉNEZ QUIROA, Erick Noel. *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la sala hidráulica de horno de arco eléctrico en siderúrgica de Guatemala*. p. 72.

Figura 40. **Comparación de costos de los tres sistemas de mantenimiento**



Fuente: JIMÉNEZ QUIROA, Erick Noel. *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la sala hidráulica de horno de arco eléctrico en siderúrgica de Guatemala*. p. 72.

3.7.1. Determinación de tiempo perdido

Para determinar el tiempo perdido o tiempo de paro de los equipos a causa de una falla, la cual perjudica la producción de trefilado, se tomaron los siguientes datos:

Tabla VI. **Tiempo perdido de trefiladora**

TIEMPO PERDIDO DE TREFILADORA 1			
Fecha	Motivo	Causa	Tiempo (minutos)
11/07/11D	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	280
11/07/11N	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
12/07/11D	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
12/07/11N	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
13/07/11D	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
13/07/11N	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
14/07/11/D	Ruido en caja reductora	Falla de cojinete 32315	720
Total =			4 600

Nota: el alambre en proceso es el calibre 9 (ALAB0013).

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Costo debido a paros

Para determinar el costo a causa de una falla, la cual perjudica la producción de trefilado, se tomaron los siguientes datos:

Tabla VII. **Producción diaria promedio de trefilado**

TREFILADO			
CALIBRE	CÓDIGO	PRECIO (Quetzales/Kg)	PRODUCCIÓN DIARIA PROMEDIO (Kg)
9	ALAB0013	6,235	9 086
7	ALAB0011	5,263	13 696
6	ALAB0042	5,188	23 544
4,5	ALAB0009	5,923	30 535
4	ALAB0040	6,027	24 412
3	ALAB0007	2,921	23 400
2	ALAB0006	5,774	19 770
1	ALAB0133	5,560	18 600

Fuente: elaboración propia.

- Trefiladora 1
 - Tiempo del paro: 4 600 minutos = 76,66 horas = 3,19 días
 - Producción diaria promedio: calibre 9 = 9 086 Kg
 - Cantidad de trefilado solicitada: calibre 9 = 27 064
 - Cantidad que no se produjo: 9 086 Kg (3,19) = 28 984 Kg de calibre 9
 - Costo de trefilado: 28 984 (Q 6,235) = **Q 180 715,24**

4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. Inventario de la maquinaria

El inventario comprende un listado completo de toda la maquinaria y equipo existente en la empresa, desglosando los mismos en sus elementos principales, en un grado de detalle que permita conocer las partes del equipo, sin complicarse en muchos elementos no relevantes. Se debe tener en cuenta que el inventario realizado, será la base de la codificación de equipos para utilizarla en archivos, órdenes, existencias y en general para determinar en el futuro fácilmente cualquier elemento de la planta por medio de su código.

Una vez elaborado el inventario, se tiene la información para iniciar el trabajo de organización del mantenimiento. También se realiza la clasificación por sectores de la empresa y la codificación del equipo, en el grado de detalle deseado. A continuación se detalla inventario de la línea de producción de malla electrosoldada:

- Trefiladora 1
 - Desembobinado
 - Torre
 - Decapado
 - Lubricación en polvo
 - Laminado
 - Monoblock
 - Bobinadora

- Enderezadora 1
 - Desembobinado
 - Enderezador
 - Caja reductora de rodillos de entrada y salida
 - Clutch
 - Cizalla
 - Embalaje

- Soldadora de mallas 1
 - Desembobinado
 - Paneles de enderezado 1
 - Alimentación de trefilado para varilla longitudinal
 - Formador de bucles
 - Paneles de enderezado 2
 - Alimentación de varilla transversal
 - Soldadura
 - Cizalla
 - Evacuador de malla
 - Volteador
 - Embalaje
 - Evacuador de paquetes de malla

4.2. Identificación de la maquinaria

La codificación sirve para identificar física y contablemente la maquinaria de la empresa, facilita el control sobre la misma y el seguimiento a los trabajos que se hacen en ella. Es importante definir el nivel de detalle de la maquinaria que se codificará: equipos y subequipos. No confundir con partes o repuestos.

- Características
 - Correlativos comunes o códigos inteligentes.
 - Numérico o alfanumérico.
 - Sencillos y prácticos. Recordar que se usarán para control y seguimiento de la maquinaria.
 - Relaciona clases y subclases de la maquinaria.
 - En armonía con contabilidad.
 - Necesidad de control estricto de su asignación.

- Descripción de la maquinaria
 - Nombre con el que se conoce la maquinaria.
 - Sencilla y práctica. El personal debe estar familiarizado con ella.
 - Debe tener una estructura definida.
 - Las ubicaciones físicas de la maquinaria también se codifican y nombran.

A continuación se detalla identificación de la maquinaria de la línea de producción de malla electrosoldada.

- Trefiladora 1
 - Marca: Comapac
 - Fabricante: Comapac
 - Modelo:1999
 - Número de serie: 991019
 - Características: 380 voltios, trifásica, 60 hertz
 - Área: 15 X 4 metros cuadrados
 - Motores: 12 unidades

- Enderezadora 1
 - Marca: Abbondlo Vitari
 - Fabricante: Abbondlo Vitari
 - Modelo: 1999
 - Número de serie: 990607
 - Características: 380 voltios, trifásica, 60 hertz
 - Área: 8 X 2 metros cuadrados
 - Motores: 3 unidades

- Soldadora de mallas 1
 - Marca: Schlatter
 - Fabricante: Schlatter
 - Modelo: 1984
 - Número de serie: ZG24SL4
 - Características: 380 voltios, trifásica, 60 hertz
 - Área: 54 X 5 metros cuadrados
 - Motores: 7 unidades

4.3. Inventario de elementos y repuestos de la maquinaria

Este inventario es de mucha importancia, ya que se debe tener el control de los repuestos de la maquinaria, que puedan ser de utilidad en cualquier falla imprevista, aunque con anticipación, se debe definir, en que tiempo establecido se deben pedir al departamento de compras. Dándole mayor énfasis a algunos repuestos que deben ser comprados en el extranjero y por ello, se tiene que tener a mano, para cuando sea necesario el cambio.

Es un trabajo que dura algunos años y conforme la experiencia que se obtiene con el equipo se crea el control del mismo, identificando la cantidad, el tipo, ubicación y periodicidad del repuesto.

Figura 41. Inventario de repuestos de trefiladora 1

TREFILADORA 1					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UM	UBICACIÓN	
1	Cojinete 6204 ZZ	2	UN	Desembobinado	Motor de central hidráulica
2	Manómetro de 0-210 Bar con glicerina y rosca vertical de 1/4.	1	UN		Central hidráulica
3	Aceite Tellus 32	15	GL		Central hidráulica
4	Chumacera SKF SYT-40	2	UN	Torre	Rodillo grande
5	Cojinete 6206 ZZ	2	UN		Rodillo grande
6	Cojinete 6211 ZZ	2	UN		Rodillo inferior 1
7	Cojinete 1310 ZZ	2	UN		Rodillo inferior 2
8	Cojinete 6208 ZZ	10	UN		Decapado
9	Faja FM-54	1	UN	Lubricación en polvo	Motor de caja del polvo
10	Cojinete 6005 ZZ	2	UN		Motor de caja del polvo
11	Cojinete 6007 ZZ	2	UN		Caja del polvo
12	Cojinete 32009 XA	24	UN	Laminado	Base de rodillo (2 por base)
13	Cojinete 6304 ZZ	8	UN		Motor de rodillos laminadores
14	Manguera transparente para agua de 1/4	5	MT		Enfriamiento de rodillos laminadores
15	Sensor inductivo de 12mm, 3 cables, "PNP", 24VDC, 200mA, para 1,5mm.	1	UN		Polea de cambio de dirección del alambre
16	Cojinete 6208 ZZ	2	UN		Polea de cambio de dirección del alambre
17	Abrazadera tipo cincho de 1/2	24	UN		Mangueras de enfriamiento
18	Cojinete 6314 ZZ	2	UN		Motor de monoblock
19	Faja SPB-2360 MC	12	UN	Motor de monoblock	
20	Cojinete 32315B	1	UN	Monoblock	Eje horizontal de corona helicoidal
21	Cojinete 32314	1	UN		Eje horizontal de corona helicoidal
22	Cojinete 22315	1	UN		Eje horizontal central
23	Cojinete 22314	1	UN		Eje horizontal central
24	Cojinete 22313	1	UN		Eje horizontal de polea y cambio de velocidades
25	Cojinete UN 2314	1	UN		Eje horizontal de polea y cambio de velocidades
26	Cojinete 32218	1	UN		Lado superior del eje vertical
27	Cojinete 32220	1	UN		Lado inferior del eje vertical
28	Aceite Omala 220	15	GL	Caja reductora	
29	Cojinete 6206 ZZ	2	UN	Bobinadora	Rodo grande de estratificador
30	Cojinete 6204 ZZ	8	UN		Rodo pequeño de estratificador
31	Cadena Número 50	5	MT		Estratificador
32	Unión para cadena Número 50	2	UN		Estratificador
33	Cojinete 6205 ZZ	1	UN		Motor de estratificador
34	Cojinete 6304 ZZ	1	UN		Motor de estratificador
35	Fajas SPB-2500 LP	6	UN		Motor de bobinadora
36	Cojinete 6310 ZZ	2	UN		Motor de bobinadora
37	Cojinete NU312 EL	1	UN		Motor de bobinadora
38	Manómetro de 0-210 Bar con glicerina y rosca vertical de 1/4.	1	UN		Central hidráulica
39	Cojinete 6204 ZZ	2	UN		Motor de central hidráulica
40	Aceite Tellus 32	10	GL		Central hidráulica
41	Electroválvula 5/2 con bobina 120VAC, rosca 1/4,	2	UN		Sistema neumático
42	Manómetro de 0-11 Bar sin glicerina y rosca horizontal de 1/8	1	UN		Sistema neumático

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Inventario de repuestos de enderezadora 1**

ENDEREZADORA 1						
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UM	UBICACIÓN		
1	Cojinetes 6209 2Z	2	UN	Desembobinado	Contra punto	
2	Cojinete radial 53309	2	UN		Contra punto	
3	Electroválvula 5/2 con bobina 120VAC, rosca 1/4,	1	UN		Sistema neumático	
4	Manómetro de 0-11Bar sin glicerina y rosca horizontal de 1/4.	1	UN		Sistema neumático	
5	Cojinete 22NU13EC	2	UN	Enderezador	Entrada y salida de enderezador	
6	Cojinete 6213 2Z	1	UN		Salida de enderezador	
7	Faja 3VX 630	4	UN		Salida de enderezador	
8	Aceite Omala 220	5	GL	Caja reductora de rodillos entrada y salida	Cajas reductoras	
9	Cojinete 6312 2RSR	1	UN		Motor principal (Delantero)	
10	Cojinete 6311 2Z	1	UN		Motor principal (Trasero)	
11	Faja 3VX 710	6	UN		Motor principal	
12	Fajas SPZ-1600	7	UN		Entre fajas de enderezador y motor principal	
13	Fajas SPZ-400	7	UN		Entre fajas de enderezador y motor principa	
14	Faja A-92	4	UN	Clutch	Clutch	
15	Cojinete 6011 2Z	1	UN		Polea de arrastre del clutch	
16	Cojinete 6211 2Z	1	UN		Polea de arrastre del clutch	
17	Cojinete 6312 2RS	1	UN		Apollo del eje tracero y delantero del clutch	
18	Cojinete 21314	1	UN		Apollo del eje tracero y delantero del clutch	
19	Cojinete 6206 2RSR	2	UN	Cizalla	Motor de cizalla (Trasero)	
20	Cojinete 6208 2Z	1	UN		Motor de cizalla (Delantero)	
21	Retenedor 50X80X8	1	UN		Eje de la cizalla	
22	Retenedor 100X130X12	1	UN		Eje de la cizalla	
23	Cuchilla 259436	1	UN		Cizalla	
24	Sensor inductivo de 12mm, 3 cables, "PNP", 24VDC, 200mA, para 1,5mm.	1	UN	Embalaje	Longitud de varilla	

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Inventario de repuestos de soldadora de mallas 1

SOLDADORA DE MALLAS 1					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UM	UBICACIÓN	
1	Cojinete 6205 2Z	24	UN	Alimentación de trefilado	Rodillos alimentadores
2	Cojinete 6215 2Z	8	UN		Eje de rodillos alimentadores
3	Manómetro de 0-11Bar sin glicerina y rosca horizontal de 1/4	1	UN		Cilindros de rodillos alimentadores
4	Sensor de 18mm, 3 cables, "PNP", 10-36VDC, 250mA, para 5mm.	24	UN	Formador de bucles	Torre formador de bucles
5	Sensor de 32mm, 3 cables, "PNP", 10-36VDC, 250mA, para 5mm.	6	UN		Torre formador de bucles
6	Cojinete 6009 2Z	2	UN	Avance	Cilindros neumáticos
7	Cojinete 6018 2Z	2	UN		Cilindros neumáticos
8	Cojinete 6211 2Z	2	UN		Cilindros neumáticos
9	Chumacera SKF "SY 510 M"	1	UN		Barra transmisora de movimiento
10	Retenedor A65X100X10	2	UN		Cilindros neumáticos
11	Retenedor 90x110x12 BAU6-CFW-CFW-A1	2	UN	Cilindros neumáticos	
12	Sensor inductivo cuadrado de 12x12mm, 3 cables, PNP, 24VDC, 200mA, para 1,5mm.	1	UN	Alimentación de varilla transversal	Empujadores de varilla
13	Abrazadera tipo cincho de 3/8	32	UN	Soldadura	Enfriamiento de electrodos superiores
14	Abrazadera tipo cincho de 1-1/8	32	UN		Bases de electrodos inferiores
15	Manguera para agua de 3/8	10	MT		Enfriamiento de electrodos superiores
16	Manguera para agua de 28.6mm	10	MT		Bases de electrodos inferiores
17	Acoples rapidos para manguera de 3/8	90	UN		Enfriamiento de electrodos superiores
18	Electrodos superiores de cobre	16	UN		Soldadura
19	Electrodos inferiores de cobre	16	UN	Soldadura	
20	Cojinete 6306 2Z	1	UN	Cizalla	Motor
21	Cojinete 6308 2Z	1	UN		Motor
22	Fajas B-112 (17x2845 L)	4	UN		Clutch
23	Sensor inductivo cuadrado de 12x12mm, 3 cables, PNP, 24VDC, 200mA, para 1,5mm.	2	UN	Cizalla	
24	Cojinete 6007 2Z	4	UN	Evacuación de malla	Brazos de rodillo evacuador
25	Cojinete 6203 2Z	2	UN		Motor
26	Cojinete 6205 2Z	1	UN		Motor
27	Cojinete 6207 2Z	2	UN		Rodillo evacuador
28	Retenedor 35x62x7	1	UN		Motor
29	Retenedor 25x40x7	1	UN		Motor
30	Retenedor 25x47x7	1	UN	Motor	
31	Cojinete 6005 2Z	2	UN	Volteador de malla	Cilindros de caída de malla / Lado de rodillo evacuador
32	Cojinete 6205 2Z	1	UN		Motor
33	Sprocket de 30 dientes para cadena 50	4	UN		Cilindros de caída de malla
34	Sprocket 36 dientes para cadena 50	6	UN		Cilindros de caída de malla / Lado de rodillo evacuador
35	Unión doble para cadena número 50	3	UN		Cilindros de caída de malla
36	Union sencilla para cadena número 50	6	UN		Cilindros de caída de malla
37	Cojinete 6206 2Z	2	UN		Motor
38	Cojinete 6006 2Z	4	UN		Cilindros de caída de malla / Lado de motor transmisor de movimiento
39	Limit switch XCM-B5152 de 3A, 240V, IP-67 marca "TELEMECANIQUE"	2	UN		Pinzas y cilindros de caída de malla
40	Limit switch D4C-1902 de 5A, 250V, IP-67 marca "OMRON"	12	UN		Pinzas y cilindros de caída de malla

Fuente: elaboración propia.

4.4. Determinación de la criticidad de la maquinaria

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, con la finalidad de dirigir recursos de la manera más efectiva en áreas donde sea más importante mantener o mejorar la confiabilidad operacional. De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación. Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

- **Objetivo**
 - Crear una técnica o método para identificar y jerarquizar por su importancia los elementos (sistemas), sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos), permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.
 - Aprobar los resultados presentados como la jerarquización oficial para todos efectos de utilidad.
- **Metodología del análisis de criticidad**
 - Reconocer el problema.
 - Definir el alcance y objetivo para el estudio.
 - Establecer criterios de importancia (seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento).

- Seleccionar o diseñar un método de evaluación que permita jerarquizar los sistemas objetos de estudio.

- Activo

Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible.

- Análisis de criticidad de modo de falla y efectos

Es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, manutención, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

- Causa de falla

Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.

- Consecuencia

Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen.

- Riesgo

Este término de naturaleza probabilística está definido como la probabilidad de tener una pérdida y comúnmente se expresa en unidades monetaria.

Matemáticamente se expresa como: $R(t) = P(t) \times C$.

Donde: $R(t)$ es el riesgo en función del tiempo, $P(t)$ es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo, y C sus consecuencias.

- Criticidad

Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

Criticidad = Frecuencia X consecuencia

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

Figura 44. **Matriz de criticidad**

FRECUENCIA	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	IMPACTO																					

Criticidad Alta	A	$50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
Criticidad Media	M	$30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
Criticidad Baja	B	$5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$

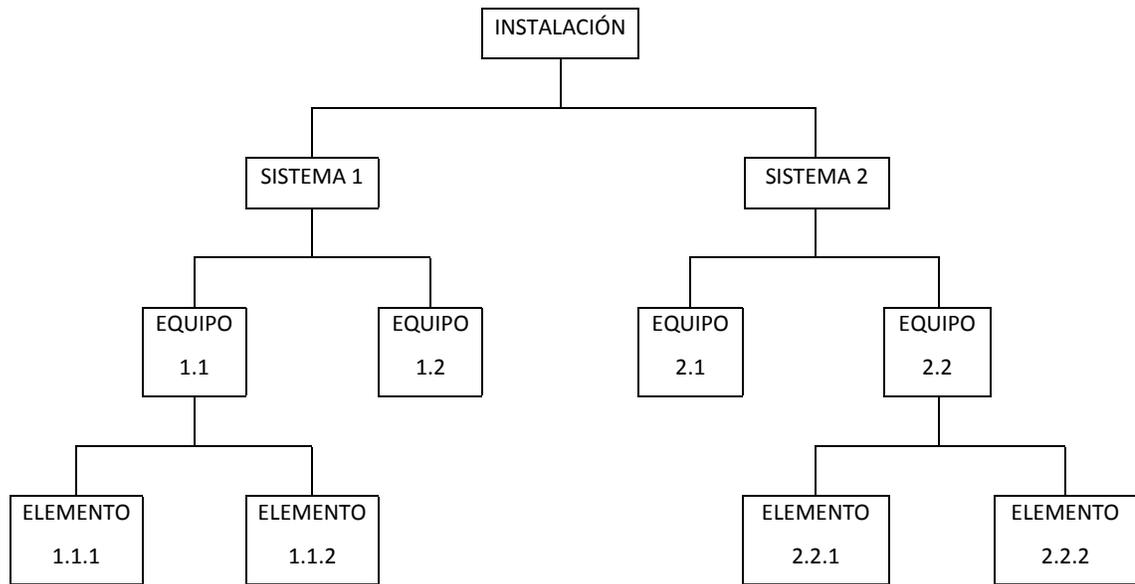
Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de criticidad debes seguir los siguientes pasos:

- Definir el nivel de análisis

Se deberán definir los niveles en donde se efectuará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos.

Figura 45. **Niveles de análisis para evaluar criticidad**



Fuente: elaboración propia.

- Definir la criticidad

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos.

- Estimación de la frecuencia de la falla funcional

Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año. Por lo que la tabla VIII muestra los criterios para estimar la frecuencia.

Tabla VIII. **Frecuencia**

FRECUENCIA			
Categoría	TPEF, Tiempo promedio entre fallas (en años)	Número de fallas (en años)	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF \leq 10$	$0,1 \leq \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF \leq 100$	$0,01 \leq \lambda \leq 0,1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF \leq 1\,000$	$0,001 \leq \lambda \leq 0,01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1 000 años, pero poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF > 1\,000$	$0,001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran fallas en 1 000 años.

Fuente: elaboración propia.

- Estimación de las consecuencias o impactos de la falla

Para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos:

- Daños al personal: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.
- Impacto a la población: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a la población.
- Impacto ambiental: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al medio ambiente.
- Impacto en la producción: capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.
- Daños a las instalaciones: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a las instalaciones.

Los impactos en la producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: tiempo promedio para reparar (TPPR), producción diferida y costos de producción.

$$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto})$$

El valor resultante permitirá categorizar el impacto a la producción de acuerdo con los criterios de la tabla categoría de los impactos.

Los impactos asociados a daños de las instalaciones (DI = costo de reparación + costo de reposición de equipos) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados
- Costos de reparación
- Costos de reposición de equipos

El valor resultante permitirá categorizar el daño a la instalación de acuerdo con los criterios de la tabla XIII de categoría de impactos.

De la tabla categoría de los impactos, el valor ubicado en la columna categoría se asignará a las consecuencias, y este se empleará para realizar el cálculo del nivel de criticidad.

El impacto o consecuencia total de una falla se determina sumando los valores de las categorías correspondientes a cada columna o criterio multiplicado por el valor de la categoría obtenida de la tabla que determina la frecuencia de ocurrencia de falla.

Figura 46. Impactos

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

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del nivel de criticidad

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia.}$$

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como categorías de las tablas; categoría de las frecuencias de ocurrencia y categoría de los impactos, respectivamente. Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la matriz de criticidad diseñada para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

A continuación se detalla criticidad de la maquinaria de la línea de producción de malla electrosoldada:

Figura 47. **Criticidad de trefiladora 1**

TREFILADORA 1									
No.	EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO					TOTAL	CRITICIDAD Frecuencia X Impacto
			Personal	Población	Ambiente	Producción	Instalación		
1	Desembobinado	4	4	1	1	1	1	8	32
2	Torre	5	5	1	1	1	1	9	45*
3	Decapado	5	4	1	1	1	1	8	40
4	Lubricación en polvo	5	2	1	1	1	1	6	30
5	Laminado	5	4	1	1	1	1	8	40
6	Monoblock	5	4	1	1	1	1	8	40
7	Embobinado	5	4	1	1	1	1	8	40
*Criticidad Media									45

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Criticidad de enderezadora 1**

ENDEREZADORA 1									
No.	EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO					TOTAL	CRITICIDAD Frecuencia X Impacto
			Personal	Población	Ambiente	Producción	Instalación		
1	Desembobinado	5	5	1	1	1	1	9	45*
2	Enderezador	4	4	1	1	1	1	8	32
3	Caja reductora de rodillos de entrada y salida	4	4	1	1	1	1	8	32
4	Clutch	5	4	1	1	1	1	8	40
5	Cizalla	5	4	1	1	1	1	8	40
6	Embalaje	5	2	1	1	1	1	6	30
*Criticidad Media									45

Fuente: elaboración propia.

Figura 49. **Criticidad de soldadora de mallas 1**

SOLDADORA 1									
No.	EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO					TOTAL	CRITICIDAD Frecuencia X Impacto
			Personal	Población	Ambiente	Producción	Instalación		
1	Desembobinado	5	5	1	1	1	1	9	45*
2	Paneles de enderezado	4	4	1	1	1	1	8	32
3	Alimentación de trefilado para varilla longitudinal	5	4	1	1	1	1	8	40
4	Formador de bucles	4	2	1	1	1	1	6	24
5	Paneles de enderezado	4	4	1	1	1	1	8	32
6	Alimentación de varilla transversal	5	2	1	1	1	1	6	30
7	Soldadura	5	5	1	1	1	1	9	45*
8	Cizalla	5	2	1	1	1	1	6	30
9	Evacuador de malla	5	4	1	1	1	1	8	40
10	Volteador	5	4	1	1	1	1	8	40
11	Embalaje	4	2	1	1	1	1	6	24
*Criticidad Media									45

Fuente: elaboración propia.

- Análisis y validación de los resultados

Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones, para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identificados que causan la falla funcional. Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que amerite la reevaluación de la criticidad.

4.5. Métodos de control

Los métodos de control de las actividades generan documentos que sirven para detectar posibles fallas o errores cometidos en el desarrollo del programa de mantenimiento y basado en esto, poder determinar mejores alternativas de acción que permitan alcanzar o mejorar los objetivos planificados inicialmente.

4.5.1. Reporte de producción y paros modificado

La hoja de producción y paros constituye una de las herramientas muy importantes para el mantenimiento preventivo, ya que proporciona información del comportamiento del equipo tales como: cuánto tiempo ha prestado el servicio, quién opera la máquina, cuánto tiempo se ha perdido por fallas o por otros problemas. Otro beneficio es que proporciona información detallada para justificar la eficiencia de la línea y de esta manera tomar todas las medidas necesarias para solventar los distintos y posibles problemas que se presenten.

4.5.1.1. Control de producción

El control de producción puede ser aplicado para un equipo (máquina), para un proceso o para una célula (conjunto de equipos/ procesos) con el fin de medir las pérdidas metálicas ocurridas en el proceso productivo por tonelada de alambre producida.

Su unidad de medida es el kg/ton y su fórmula es $PM = A / B$

Donde:

A = total de pérdidas metálicas en el periodo (en kg).

B = producción de alambres trefilados buenos (en ton).

- Criterio de evaluación
 - Las pérdidas metálicas abarcan todas las pérdidas en el proceso (chatarras generadas en las máquinas de trefilar), las pérdidas por calidad (chatarra generada por calidad) y pérdidas por manejo y transporte.
 - Pérdidas metálicas comprobadamente generadas por problemas de laminación deben contabilizarse para la laminación y no en la trefiladora.
 - Se debe pesar todas las pérdidas metálicas.
 - La producción corresponde a la cantidad confirmada en los órdenes de producción.
 - Las pérdidas provocadas por manejo de logística no deben contabilizarse como pérdida metálica de la trefiladora, sino como logística.

4.5.1.2. Control de tiempos

El control de tiempos puede ser aplicado para un equipo (máquina), para un proceso o para una célula (conjunto de equipos / procesos) con el fin de medir el porcentaje de utilización del equipo en el periodo.

Su fórmula es $U = A / B$

Donde:

A = tiempo útil

B = tiempo programado total

La tabla XVII muestra, de modo genérico, los diversos tiempos que son considerados en el control de tiempos.

Tabla IX. **Tiempos**

TIEMPO CALENDARIO (C)					
TIEMPO PROGRAMADO P/PRODUCCIÓN (PP)			PARADAS PROGRAMADAS (P)	CAUSAS EXTERNAS (E)	TIEMPO LIBRE (L)
TIEMPO ÚTIL (U)	QUIEBRA RITMO (r)	INTERRUPCIÓN (I)			
TIEMPO PROGRAMADO TOTAL (PT)					

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo calendario (c)

Es el periodo calendario considerado en horas, eso es, los días del mes multiplicados por 24 horas. Por ejemplo, para un mes de 30 días, se tienen: $30 \times 24 = 720$ horas.

- Causas externas (e)

Son las horas paradas debido a motivos que no están bajo la gestión de la unidad industrial, como por ejemplo: fallo de energía eléctrica por responsabilidad de la concesionaria, falta de gas natural por responsabilidad del proveedor, paros, fenómenos naturales como inundaciones, huracanes, entre otros.

No son causas externas, las paradas de equipos debidas a:

- Falta de materia prima
- Problemas de movimiento y manoseo de materiales y/o materia prima.
- Problemas de utilidades (falta de agua, gas natural, aire comprimido, entre otros).

- Tiempo libre (L)

Son las horas en que el equipo, aunque aptó para operar, no fue utilizado en la producción por decisión de la empresa, y no se realizó cualquier actividad operacional o de mantenimiento.

Son considerados como tiempo libre:

- Reuniones o fiestas en que la empresa decide parar la producción.
- Las horas pico de energía eléctrica cuando no utilizadas en paradas programadas (mantenimiento, cambios) o para producción.
- Las horas de grandes reformas.
- Las paradas anuales de mantenimiento.

- Las paradas para implantación de inversiones.
- El periodo de teste en frío de un nuevo equipo.
- El tiempo vinculado al desarrollo de nuevos productos y mejora de los procesos.

Cuando se utiliza el tiempo libre para actividades generales, que no consumirían tiempo útil de operación, como limpieza predial y pintura, realizadas principalmente con objetivo de ocupar la mano de obra disponible, estas horas deben seguir siendo contabilizadas como tiempo libre. También se considera tiempo libre el tiempo de espera en el cambio de turno o del horario de pico en la acería, cuando este tiempo no exceda un *tap to tap* (sangría).

- Tiempo programado total (pt)

Son las horas programadas para la producción y para las paradas programadas.

Tiempo programado total = tiempo calendario - causas externas - tiempo libre.

- Tiempo programado para producción (PP)

Son las horas del tiempo programado total, programadas para producción.

Tiempo programado para producción = tiempo programado total - paradas programadas.

- Paradas programadas

Son caracterizadas por su previsibilidad, es decir, la programación anticipada y/o sistemática. Son las horas de parada previstas, programadas, para mantenimiento, cambios, entre otros; necesarias al buen funcionamiento del equipo.

Cuando no se opera en las horas de pico de energía, pero se utiliza este tiempo para realizar mantenimientos, cambios o reformas, que de otro modo consumirían el tiempo útil de producción, se debe contabilizar ese tiempo como parada programada. Cuando una parada programada se extiende más allá del tiempo programado, el tiempo excedente debe considerarse como parada programada y no como interrupción, pues no había un equipo operando que fue imprevistamente interrumpido para que se caracterizara una interrupción.

Para que una parada sea considerada como programada, debe haber sido definida con una antelación mínima de 24 horas. Cuando el tiempo de una parada programada no se utiliza totalmente para la parada, el tiempo restante disponible debe ser definido como:

- Tiempo útil, si el equipo empieza a operar.
- Tiempo libre, si el equipo no vuelve a operar por falta de programación o por decisión de la empresa.
- Causa externa, si el equipo no vuelve a operar por un factor fuera de la gestión de la unidad industrial.

- Interrupciones

Son las paradas que interrumpen la operación de la línea de forma imprevista. Lo que caracteriza una interrupción es el hecho de que la línea esté operando y para por un motivo imprevisto. Las interrupciones pueden ser operacionales o de mantenimiento (mecánico o eléctrico). Por ejemplo: cambios de electrodos, enredos, reventaduras en el alambión, cambios de carretes como de rollos y cuando no planeados con antelación, son consideradas interrupciones operacionales.

- Quiebra de ritmo (r)

La quiebra de ritmo es caracterizada por una operación del equipo, abajo o arriba del estándar de producción horaria (EPH), definido para el binomio equipo/producto. Si, para la producción de un determinado producto, el equipo opera a una producción horaria inferior a la capacidad estándar determinada para el producto en cuestión, hará una quiebra de ritmo.

Las quiebras de ritmo positivas significan que se opera con un ritmo menor del estándar. Y las quiebras de ritmo negativas ocurren cuando el estándar es ultrapasado. En este caso, un nuevo estándar de producción horaria (EPH) debe ser establecido. Con el nuevo estándar, la quiebra de ritmo deberá dejar de ser negativa.

Las quiebras de ritmo son de difícil medición directa. En la práctica la medición es hecha de forma indirecta, considerando la producción real obtenida para el ítem y su respectivo estándar de producción horaria.

Para que se pueda calcular las quiebras de ritmo, todos los productos deben tener definidos los respectivos EPH (los cuales son calculados para el equipo / producto cuello de botella).

Para obtener el valor de la quiebra de ritmo (r), se parte del tiempo programado para producción (PP) donde se sustraen las interrupciones (I) que pueden ser operacionales (o), mecánicas (m) y eléctricas o electrónicas (e) y el tiempo realmente, gasto para producción (calculado por la división de la producción real por el suyo respectivo EPH).

$$r = PP - o - m - e - (\text{Producción real} / \text{EPH})$$

- Tiempo útil (U)

Son las horas en que el equipo opera sin interrupciones y en su ritmo y producción horaria estándares. El tiempo útil es obtenido por la división de la producción real obtenida en el tiempo programado para producción por el estándar de producción horaria (EPH).

$$U = \text{Producción real} / \text{EPH}$$

- Estándar de producción horaria (EPH)

Es la producción horaria que el equipo / proceso puede realizar sin interrupciones y dentro del ritmo estandarizado. El estándar de producción horaria es definido por el equipo cuello de botella del laminador, de cada máquina de trefilar, entre otros o por el proceso cuello de botella y es específico para cada producto.

Para un laminador el cuello de botella, y por consecuencia el EPH, puede variar de valor y posición para las diferentes dimensiones y perfiles producidos o debe ser determinado correctamente por la ingeniería del proceso.

Ejemplos de cuellos de botella:

- Velocidad de la desbobinadora
 - Velocidad de la última cabeza de la máquina
 - Sistema de atado
-
- Cálculo de la utilización

La fórmula utilizada para el cálculo de la utilización, descuenta las causas externas (E) y el tiempo libre (L), todavía, incluye las paradas programadas (PP).

Utilización = tiempo útil (U) / tiempo programado total (PT)

A continuación se detalla hoja de producción y paros, control de producción y control de tiempos de la línea de producción de malla electrosoldada:

Figura 50. Reporte de producción y paros trefiladora 1



**REPORTE DE PRODUCCIÓN
TREFILADORA NO.**

SDG-FRM-1050-01

VERSIÓN 1

FECHA: TURNO: OPERADOR:

CAILBRE: DIAMETRO ALAMBRO: No. PRODUCCIÓN:

INICIO	FIN	DURACIÓN	CODIGO	OBSERVACIONES	PESO (KG) ALAMBRO/TREFILADO																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DESEMBAJADO Y DECAJADO</th> <th colspan="2">LISTA DE CODIGOS DE PAROS</th> <th colspan="2">GENERALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DD-001</td><td>IO</td><td>Diseñado</td><td>GR-001</td><td>P</td><td>Corta de seguridad</td></tr> <tr><td>DD-002</td><td>P</td><td>Cambio de Rollo</td><td>GR-002</td><td>P</td><td>Atmuerzo</td></tr> <tr><td>DD-003</td><td>IO</td><td>Reventadura</td><td>GR-003</td><td>P</td><td>Cambio de Calibre</td></tr> <tr><td>DD-004</td><td>IO</td><td>Sobresaturación de Puntas (Centrales)</td><td>GR-004</td><td>E</td><td>Fallo de Energía</td></tr> <tr><td>DD-005</td><td>IE</td><td>Falla palpato</td><td>GR-005</td><td>L</td><td>Sin Programa de Producción</td></tr> <tr><td>DD-006</td><td>IM</td><td>Falla palpato</td><td>GR-006</td><td>IE</td><td>Fallo de Equipos Auxiliares y Guía</td></tr> <tr><td>DD-007</td><td>IM</td><td>Sobrecarga base de rollo de torre</td><td>GR-007</td><td>IM</td><td>Fallo de Equipos Auxiliares y Guía</td></tr> <tr><td>DD-008</td><td>IM</td><td>Mantenimiento rutinario de descajato</td><td>GR-008</td><td>IO</td><td>Espera de Guía o Montacarga</td></tr> <tr><td>DD-009</td><td>IO</td><td>Falla de materia prima</td><td>GR-009</td><td>IO</td><td>Espera de Soldadora de Puntas</td></tr> <tr><td>DD-010</td><td>E</td><td>Rollo con defecto</td><td>GR-010</td><td>IO</td><td>Espera de Operador</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-011</td><td>P</td><td>Engrase</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-012</td><td>P</td><td>Desajuste de rollos auxiliares</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-013</td><td>IO</td><td>Movimiento con montacarga</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-014</td><td>P</td><td>Trar chatarra</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-015</td><td>IE</td><td>Falla de panel de control</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-016</td><td>P</td><td>Limpieza del baño</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-017</td><td>E</td><td>Fallo de Operador</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-018</td><td>IO</td><td>Apoyo a otra trefiladora</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-019</td><td>P</td><td>Check list montacarga</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-020</td><td>IO</td><td>Traslado de carretes</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-021</td><td>L</td><td>Capacitación</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-022</td><td>IM</td><td>Espera de mecánico</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-023</td><td>IE</td><td>Espera de eléctrico</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-024</td><td>L</td><td>Nuevo producto o mejora en equipo</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-025</td><td>P</td><td>Mantenimiento de substitución</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-026</td><td>P</td><td>Limpieza del área</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-027</td><td>L</td><td>Cambio de turno</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-028</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>GR-029</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								DESEMBAJADO Y DECAJADO		LISTA DE CODIGOS DE PAROS		GENERALES		DD-001	IO	Diseñado	GR-001	P	Corta de seguridad	DD-002	P	Cambio de Rollo	GR-002	P	Atmuerzo	DD-003	IO	Reventadura	GR-003	P	Cambio de Calibre	DD-004	IO	Sobresaturación de Puntas (Centrales)	GR-004	E	Fallo de Energía	DD-005	IE	Falla palpato	GR-005	L	Sin Programa de Producción	DD-006	IM	Falla palpato	GR-006	IE	Fallo de Equipos Auxiliares y Guía	DD-007	IM	Sobrecarga base de rollo de torre	GR-007	IM	Fallo de Equipos Auxiliares y Guía	DD-008	IM	Mantenimiento rutinario de descajato	GR-008	IO	Espera de Guía o Montacarga	DD-009	IO	Falla de materia prima	GR-009	IO	Espera de Soldadora de Puntas	DD-010	E	Rollo con defecto	GR-010	IO	Espera de Operador				GR-011	P	Engrase				GR-012	P	Desajuste de rollos auxiliares				GR-013	IO	Movimiento con montacarga				GR-014	P	Trar chatarra				GR-015	IE	Falla de panel de control				GR-016	P	Limpieza del baño				GR-017	E	Fallo de Operador				GR-018	IO	Apoyo a otra trefiladora				GR-019	P	Check list montacarga				GR-020	IO	Traslado de carretes				GR-021	L	Capacitación				GR-022	IM	Espera de mecánico				GR-023	IE	Espera de eléctrico				GR-024	L	Nuevo producto o mejora en equipo				GR-025	P	Mantenimiento de substitución				GR-026	P	Limpieza del área				GR-027	L	Cambio de turno				GR-028						GR-029		
DESEMBAJADO Y DECAJADO		LISTA DE CODIGOS DE PAROS		GENERALES																																																																																																																																																																																							
DD-001	IO	Diseñado	GR-001	P	Corta de seguridad																																																																																																																																																																																						
DD-002	P	Cambio de Rollo	GR-002	P	Atmuerzo																																																																																																																																																																																						
DD-003	IO	Reventadura	GR-003	P	Cambio de Calibre																																																																																																																																																																																						
DD-004	IO	Sobresaturación de Puntas (Centrales)	GR-004	E	Fallo de Energía																																																																																																																																																																																						
DD-005	IE	Falla palpato	GR-005	L	Sin Programa de Producción																																																																																																																																																																																						
DD-006	IM	Falla palpato	GR-006	IE	Fallo de Equipos Auxiliares y Guía																																																																																																																																																																																						
DD-007	IM	Sobrecarga base de rollo de torre	GR-007	IM	Fallo de Equipos Auxiliares y Guía																																																																																																																																																																																						
DD-008	IM	Mantenimiento rutinario de descajato	GR-008	IO	Espera de Guía o Montacarga																																																																																																																																																																																						
DD-009	IO	Falla de materia prima	GR-009	IO	Espera de Soldadora de Puntas																																																																																																																																																																																						
DD-010	E	Rollo con defecto	GR-010	IO	Espera de Operador																																																																																																																																																																																						
			GR-011	P	Engrase																																																																																																																																																																																						
			GR-012	P	Desajuste de rollos auxiliares																																																																																																																																																																																						
			GR-013	IO	Movimiento con montacarga																																																																																																																																																																																						
			GR-014	P	Trar chatarra																																																																																																																																																																																						
			GR-015	IE	Falla de panel de control																																																																																																																																																																																						
			GR-016	P	Limpieza del baño																																																																																																																																																																																						
			GR-017	E	Fallo de Operador																																																																																																																																																																																						
			GR-018	IO	Apoyo a otra trefiladora																																																																																																																																																																																						
			GR-019	P	Check list montacarga																																																																																																																																																																																						
			GR-020	IO	Traslado de carretes																																																																																																																																																																																						
			GR-021	L	Capacitación																																																																																																																																																																																						
			GR-022	IM	Espera de mecánico																																																																																																																																																																																						
			GR-023	IE	Espera de eléctrico																																																																																																																																																																																						
			GR-024	L	Nuevo producto o mejora en equipo																																																																																																																																																																																						
			GR-025	P	Mantenimiento de substitución																																																																																																																																																																																						
			GR-026	P	Limpieza del área																																																																																																																																																																																						
			GR-027	L	Cambio de turno																																																																																																																																																																																						
			GR-028																																																																																																																																																																																								
			GR-029																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">MECANIZADO EN FRIO</th> <th colspan="2">EMBAJAJE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MF-001</td><td>IO</td><td>Cambio de Rollo</td><td>ET-001</td><td>P</td><td>Evacuación de Rollo o Carrete</td></tr> <tr><td>MF-002</td><td>IE</td><td>Falla Rotación de Rollo</td><td>ET-002</td><td>IE</td><td>Disparo de Carro Guía Hilo</td></tr> <tr><td>MF-003</td><td>IM</td><td>Falla Rotación de Rollo</td><td>ET-003</td><td>IM</td><td>Fallo en contrapunto</td></tr> <tr><td>MF-004</td><td>IM</td><td>Fuga de agua</td><td>ET-004</td><td>IO</td><td>Falla de carretes</td></tr> <tr><td>MF-005</td><td>IO</td><td>Reventadura en Monoblock</td><td>ET-005</td><td>IM</td><td>Fallo de costales o carretes (V)</td></tr> <tr><td>MF-007</td><td>IM</td><td>Falla de monoblock</td><td>ET-006</td><td>IM</td><td>Falla del freno bobinadora</td></tr> <tr><td>MF-008</td><td>IE</td><td>Falla controlador de metros</td><td>ET-007</td><td>IM</td><td>Fallo de carro guía hilo</td></tr> <tr><td>MF-009</td><td>IE</td><td>Falla controlador de metros</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-010</td><td>IO</td><td>Destapar boquilla</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-011</td><td>IM</td><td>Falla en rodillos laminadores</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-012</td><td>IM</td><td>Falla del freno monoblock</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-013</td><td>IE</td><td>Pala de motor del monoblock</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-014</td><td>IE</td><td>Falla de variador</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-015</td><td>IE</td><td>Falla de bomba de aceite E</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MF-016</td><td>IM</td><td>Falla de bomba de aceite M</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								MECANIZADO EN FRIO		EMBAJAJE		MF-001	IO	Cambio de Rollo	ET-001	P	Evacuación de Rollo o Carrete	MF-002	IE	Falla Rotación de Rollo	ET-002	IE	Disparo de Carro Guía Hilo	MF-003	IM	Falla Rotación de Rollo	ET-003	IM	Fallo en contrapunto	MF-004	IM	Fuga de agua	ET-004	IO	Falla de carretes	MF-005	IO	Reventadura en Monoblock	ET-005	IM	Fallo de costales o carretes (V)	MF-007	IM	Falla de monoblock	ET-006	IM	Falla del freno bobinadora	MF-008	IE	Falla controlador de metros	ET-007	IM	Fallo de carro guía hilo	MF-009	IE	Falla controlador de metros				MF-010	IO	Destapar boquilla				MF-011	IM	Falla en rodillos laminadores				MF-012	IM	Falla del freno monoblock				MF-013	IE	Pala de motor del monoblock				MF-014	IE	Falla de variador				MF-015	IE	Falla de bomba de aceite E				MF-016	IM	Falla de bomba de aceite M																																																																																									
MECANIZADO EN FRIO		EMBAJAJE																																																																																																																																																																																									
MF-001	IO	Cambio de Rollo	ET-001	P	Evacuación de Rollo o Carrete																																																																																																																																																																																						
MF-002	IE	Falla Rotación de Rollo	ET-002	IE	Disparo de Carro Guía Hilo																																																																																																																																																																																						
MF-003	IM	Falla Rotación de Rollo	ET-003	IM	Fallo en contrapunto																																																																																																																																																																																						
MF-004	IM	Fuga de agua	ET-004	IO	Falla de carretes																																																																																																																																																																																						
MF-005	IO	Reventadura en Monoblock	ET-005	IM	Fallo de costales o carretes (V)																																																																																																																																																																																						
MF-007	IM	Falla de monoblock	ET-006	IM	Falla del freno bobinadora																																																																																																																																																																																						
MF-008	IE	Falla controlador de metros	ET-007	IM	Fallo de carro guía hilo																																																																																																																																																																																						
MF-009	IE	Falla controlador de metros																																																																																																																																																																																									
MF-010	IO	Destapar boquilla																																																																																																																																																																																									
MF-011	IM	Falla en rodillos laminadores																																																																																																																																																																																									
MF-012	IM	Falla del freno monoblock																																																																																																																																																																																									
MF-013	IE	Pala de motor del monoblock																																																																																																																																																																																									
MF-014	IE	Falla de variador																																																																																																																																																																																									
MF-015	IE	Falla de bomba de aceite E																																																																																																																																																																																									
MF-016	IM	Falla de bomba de aceite M																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESUMEN DE PRODUCCIÓN</th> <th colspan="2">RESUMEN DE DESPERDICIOS (KG)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">ROLLOS (UNIDADES):</td> <td colspan="2">EMPAQUE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CARRETES (UNIDADES):</td> <td colspan="2">PUNTAS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">POLVO PARA TREFILAR</td> <td colspan="2">MUESTRAS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">INICIO</td> <td colspan="2">CALIBRACIÓN</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FIN</td> <td colspan="2">REVENTADURAS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CONSUMO</td> <td colspan="2">ENREDO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL</td> <td colspan="2">TOTAL</td> </tr> </tbody> </table>								RESUMEN DE PRODUCCIÓN		RESUMEN DE DESPERDICIOS (KG)		ROLLOS (UNIDADES):		EMPAQUE		CARRETES (UNIDADES):		PUNTAS		POLVO PARA TREFILAR		MUESTRAS		INICIO		CALIBRACIÓN		FIN		REVENTADURAS		CONSUMO		ENREDO		TOTAL		TOTAL																																																																																																																																																					
RESUMEN DE PRODUCCIÓN		RESUMEN DE DESPERDICIOS (KG)																																																																																																																																																																																									
ROLLOS (UNIDADES):		EMPAQUE																																																																																																																																																																																									
CARRETES (UNIDADES):		PUNTAS																																																																																																																																																																																									
POLVO PARA TREFILAR		MUESTRAS																																																																																																																																																																																									
INICIO		CALIBRACIÓN																																																																																																																																																																																									
FIN		REVENTADURAS																																																																																																																																																																																									
CONSUMO		ENREDO																																																																																																																																																																																									
TOTAL		TOTAL																																																																																																																																																																																									

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Control de producción trefiladora 1

CONTROL DE PRODUCCIÓN TREFILADORA 1 JULIO 2013															
FECHA	TURNO	CALIBRE	Nº DE PRODUCCIÓN	DESPERDICIOS GENERADOS						MATERIA PRIMA		PRODUCCIÓN		PERDIDA METALICA [KG/TON]	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA [Kw-h]
				ESCORIA	EMPAQUE	PUNTAS	MUESTRAS	CALIBRACIÓN	REVENTADURAS	ENREDO	TOTAL (KG)	Nº ROLLOS	TOTAL PESO ROLLOS (KG)		
01/07/2013	1														
01/07/2013	2														
02/07/2013	1														
02/07/2013	2														
03/07/2013	1														
03/07/2013	2														
04/07/2013	1														
04/07/2013	2														
05/07/2013	1														
05/07/2013	2														
06/07/2013	1														
06/07/2013	2														
07/07/2013	1														
07/07/2013	2														
08/07/2013	1														
08/07/2013	2														
09/07/2013	1														
09/07/2013	2														
10/07/2013	1														
10/07/2013	2														
11/07/2013	1														
11/07/2013	2														
12/07/2013	1														
12/07/2013	2														
13/07/2013	1														
13/07/2013	2														
14/07/2013	1														
14/07/2013	2														
15/07/2013	1														
15/07/2013	2														
16/07/2013	1														
16/07/2013	2														
17/07/2013	1														
17/07/2013	2														
18/07/2013	1														
18/07/2013	2														
19/07/2013	1														
19/07/2013	2														
20/07/2013	1														
20/07/2013	2														
21/07/2013	1														
21/07/2013	2														
22/07/2013	1														
22/07/2013	2														
23/07/2013	1														
23/07/2013	2														
24/07/2013	1														
24/07/2013	2														
25/07/2013	1														
25/07/2013	2														
26/07/2013	1														
26/07/2013	2														
27/07/2013	1														
27/07/2013	2														
28/07/2013	1														
28/07/2013	2														
29/07/2013	1														
29/07/2013	2														
30/07/2013	1														
30/07/2013	2														
31/07/2013	1														
31/07/2013	2														

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Control de tiempos de trefiladora 1

CONTROL DE TIEMPOS TREFILADORA 1 SIDEGUA JULIO 2013																
DIA	TURNO	CALIBRE	EPH	INTERRUPCIONES		TIEMPO CALENTARIO (C) [min]	CAUSAS EXTERNAS (E) [min]	TIEMPO LIBRE (L) [min]	TIEMPO PROG. TOTAL (PT) [min]	PARADA PROGRAM (PP) [min]	TIEMPO PROG. P/PROD. (PP) [min]	TIEMPO UTIL. (U) [min]	TIEMPO INTERRUPCIÓN (I) [min]	QUEIEBRA DE RITMO (R) [min]	UTILIZACIÓN [%]	
				OPERACIONALES [min]	MANTENIMIENTO MECÁNICO [min]											MANTENIMIENTO ELECTRICO/ELECTRONICO [min]
01/07/2013	1															
01/07/2013	2															
02/07/2013	1															
02/07/2013	2															
03/07/2013	1															
03/07/2013	2															
04/07/2013	1															
04/07/2013	2															
05/07/2013	1															
05/07/2013	2															
06/07/2013	1															
06/07/2013	2															
07/07/2013	1															
07/07/2013	2															
08/07/2013	1															
08/07/2013	2															
09/07/2013	1															
09/07/2013	2															
10/07/2013	1															
10/07/2013	2															
11/07/2013	1															
11/07/2013	2															
12/07/2013	1															
12/07/2013	2															
13/07/2013	1															
13/07/2013	2															
14/07/2013	1															
14/07/2013	2															
15/07/2013	1															
15/07/2013	2															
16/07/2013	1															
16/07/2013	2															
17/07/2013	1															
17/07/2013	2															
18/07/2013	1															
18/07/2013	2															
19/07/2013	1															
19/07/2013	2															
20/07/2013	1															
20/07/2013	2															
21/07/2013	1															
21/07/2013	2															
22/07/2013	1															
22/07/2013	2															
23/07/2013	1															
23/07/2013	2															
24/07/2013	1															
24/07/2013	2															
25/07/2013	1															
25/07/2013	2															
26/07/2013	1															
26/07/2013	2															
27/07/2013	1															
27/07/2013	2															
28/07/2013	1															
28/07/2013	2															
29/07/2013	1															
29/07/2013	2															
30/07/2013	1															
30/07/2013	2															
31/07/2013	1															
31/07/2013	2															

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Reporte de producción y paros de enderezadora 1

REPORTE DE PRODUCCIÓN Y PAROS ENDEREZADORA 1		SDG-FRM-1060-01	VERSIÓN 1
FECHA:		OPERADOR:	
CALEBRE:		TURNO:	
		No. PRODUCCIÓN:	
LISTA DE CODIGOS DE PAROS			
DESEMBOLINADO		EMBALAJE	
DE-001	IO	EM-001	IE
DE-002	IO	EM-002	IM
DE-003	IO	EM-003	IM
DE-004	IM	EM-004	IE
DE-005	IO	EM-005	IM
DE-006	IM	EM-006	IM
DE-007	IM	EM-007	IM
DE-008	IM		
DE-009			
DE-010			
DE-011			
DE-012			
GENERAL			
GR-001	L	GR-001	L
GR-002	P	GR-002	P
GR-003	P	GR-003	P
GR-004	E	GR-004	E
GR-005	L	GR-005	L
GR-006	IM	GR-006	IM
GR-007	IE	GR-007	IE
GR-008	IO	GR-008	IO
GR-009	IO	GR-009	IO
GR-010	P	GR-010	P
GR-011	IM	GR-011	IM
GR-012	IE	GR-012	IE
GR-013	IO	GR-013	IO
GR-014	P	GR-014	P
GR-015		GR-015	
GR-016		GR-016	
ENDEREZO Y TRANSMISIÓN			
ET-001	IM		
ET-002	IM		
ET-003	IM		
ET-004	IM		
ET-005	IE		
ET-006	IE		
ET-007	IO		
ET-008	IE		
ET-009	IM		
ET-010	IM		
ET-011	IM		
ET-012			
ET-013			
ET-014			
CIZALLA Y CLUTCH			
CC-001	IM		
CC-002	IM		
CC-003	IM		
CC-004	IM		
CC-005	IM		
CC-006			
CC-007			
CC-008			
DESCRIPCIÓN DE ABBREVIATURAS			
IO	INTERRUPCIÓN OPERACIONAL		
IM	INTERRUPCIÓN MECÁNICA		
IE	INTERRUPCIÓN ELÉCTRICA		
RESUMEN DE PRODUCCIÓN			
L	TIEMPO LIBRE		
E	CAUSA EXTERNA		
P	PARADA PROGRAMADA		
ROLLOS (UNIDADES):			
CARRETES (UNIDADES):			
DESPERDICIO (KG)			
TOTAL			

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Control de producción de enderezadora 1

CONTROL DE PRODUCCIÓN ENDEREZADORA 1 JULIO 2013														
FECHA	TURNO	CALIBRE	No. PRODUCCIÓN	DESPERDICIOS GENERADOS				MATERIA PRIMA CONSUMIDA		PRODUCCIÓN		PERDIDA METALICA [Kg/M]	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	
				ENREDO	REVENTADURAS	CALIBRACIÓN	VARILLA CORTA	TOTAL (KG)	No. CARRETES	TOTAL PESO CARRETES (KG)	No. ATADOS		TOTAL PESO ATADOS (KG)	[Kw-h]
01/07/2013	1													
01/07/2013	2													
02/07/2013	1													
02/07/2013	2													
03/07/2013	1													
03/07/2013	2													
04/07/2013	1													
04/07/2013	2													
05/07/2013	1													
05/07/2013	2													
06/07/2013	1													
06/07/2013	2													
07/07/2013	1													
07/07/2013	2													
08/07/2013	1													
08/07/2013	2													
09/07/2013	1													
09/07/2013	2													
10/07/2013	1													
10/07/2013	2													
11/07/2013	1													
11/07/2013	2													
12/07/2013	1													
12/07/2013	2													
13/07/2013	1													
13/07/2013	2													
14/07/2013	1													
14/07/2013	2													
15/07/2013	1													
15/07/2013	2													
16/07/2013	1													
16/07/2013	2													
17/07/2013	1													
17/07/2013	2													
18/07/2013	1													
18/07/2013	2													
19/07/2013	1													
19/07/2013	2													
20/07/2013	1													
20/07/2013	2													
21/07/2013	1													
21/07/2013	2													
22/07/2013	1													
22/07/2013	2													
23/07/2013	1													
23/07/2013	2													
24/07/2013	1													
24/07/2013	2													
25/07/2013	1													
25/07/2013	2													
26/07/2013	1													
26/07/2013	2													
27/07/2013	1													
27/07/2013	2													
28/07/2013	1													
28/07/2013	2													
29/07/2013	1													
29/07/2013	2													
30/07/2013	1													
30/07/2013	2													
31/07/2013	1													
31/07/2013	2													

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Control de tiempos de enderezadora 1

CONTROL DE TIEMPOS ENDEREZADORA 1 JULIO 2013																		
DIA	TURNO	CALIBRE	EPH	OPERACIONALES			INTERRUPCIONES		TIEMPO CALENDARIO	CAUSAS EXTERNA	TIEMPO LIBRE (L)	TIEMPO TOTAL (PT)	PARADA PROGRAMADA (P)	TIEMPO PROG. (PP)	TIEMPO UTIL. (U)	TIEMPO INTERRUPCIÓN (I)	QUIEBRA DE FIBRA (R)	UTILIZACIÓN (%)
				[min]	[min]	[min]	MECÁNICO	MANTENIMIENTO ELECTRICO/ ELECTRONICO										
01/07/2013	1																	
02/07/2013	2																	
03/07/2013	1																	
04/07/2013	2																	
05/07/2013	1																	
06/07/2013	2																	
07/07/2013	1																	
08/07/2013	2																	
09/07/2013	1																	
10/07/2013	2																	
11/07/2013	1																	
12/07/2013	2																	
13/07/2013	1																	
14/07/2013	2																	
15/07/2013	1																	
16/07/2013	2																	
17/07/2013	1																	
18/07/2013	2																	
19/07/2013	1																	
20/07/2013	2																	
21/07/2013	1																	
22/07/2013	2																	
23/07/2013	1																	
24/07/2013	2																	
25/07/2013	1																	
26/07/2013	2																	
27/07/2013	1																	
28/07/2013	2																	
29/07/2013	1																	
30/07/2013	2																	
31/07/2013	1																	
	2																	

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. Reporte de producción de soldadora de mallas



REPORTE DE PRODUCCIÓN SOLDADORA DE MALLAS

Fecha: Turno: Operador:
 Cuadro: Calibre: No. Producción:
 Hora Inicio: Hora Fin:

MATERIA PRIMA

Línea Longitudinal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
# Carrete																	
Longitud																	
Peso (Kg)																	

Total Peso Longitudinal (Kg)

Atado Varilla Transversal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
# Varillas (UN)										
Peso (Kg)										

Total # Varillas (UN) Total Peso Transversal (Kg)

PRODUCCIÓN

Paquetes	Cantidad (UN)	Peso (Kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Paquetes	Cantidad (UN)	Peso (Kg)
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Total de Mallas (UN): Total Peso (Kg):

DESPERDICIOS (Kg)

LAR: Soldadora: Volteador:
 Total Desperdicios (Kg):

FIRMA OPERADOR: _____

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. Reporte de paros de soldadora de mallas

REPORTE DE PAROS SOLDADORA DE MALLAS		SDG-FRM - 1037-02		VERSIÓN 1		
FECHA:		OPERADOR:		TURNO:		
CAIBRE:		NO. PRODUCCIÓN:		CUADRO:		
INICIO	FIN	DURACIÓN	CODIGO	OBSERVACIONES		
LISTA DE CODIGOS DE PAROS						
LAR						
LR-001	IM			Carrete Atrancado		
LR-002	IO			Cambio de Carrete		
LR-003	P			Espera de Carretes		
LR-004	IO			Reventadura Longitudinal		
LR-005	IO			Enredo Longitudinal		
LR-006	IM			Rodillo Atrancado		
LR-007	IE			Electroavulva No Activa		
LR-008	IE			Falla Sensor LAR		
SOLDADORA						
SL-001	IO			Calibración Rodillos Enderezadores		
SL-002	IM			Enfriamiento Portaelectrodo		
SL-003	IO			Falla Electrodo		
SL-004	IO			Cambio de Electrodo		
SL-005	IM			Cambio de Prensa		
SL-006	IM			Falla en Avance		
SL-007	IO			Lubricación en avance		
SL-008	IM			Falla Pinzas		
SL-009	IM			Enfriamiento Transformador (0007)		
SL-010	IE			Disparo Transfo. Panel (0008)		
SL-011	IM			Falla empulsores (0451)		
SL-012	IM			Falla Neumatica Cizalla (4008)		
SL-013	IM			Falla Fricciones Cizalla (4008)		
SL-014	IO			Calibración Corte de Cizalla		
SL-015	IO			Atasco de mallo en Cizalla		
SL-016	IO			Falla en Imanes		
VOITEADOR						
VL-001	IM			Falla Rodillo Evacuador		
VL-002	IM			Pinzas no Agarran Mallo		
VL-003	IM			Falla Cadena		
VL-004	IM			Falla Sprocket		
VL-005	IE			Falla de Micros		
VL-006	IO			Destabar mallo		
VL-007	IO			Sacar mallo despegado		
GENERALES						
GR-001	P			Charra de Seguridad		
GR-002	P			Almuerzo		
GR-003	P			Limpieza		
GR-004	P			Preparación de Máquina		
GR-005	IO			Revisión de Máquina		
GR-006	E			Falla de Energía		
GR-007	L			Sin Programa Producción		
GR-008	IM			Falla Equipos Auxiliares y Guia		
GR-009	IO			Espera de Guia		
DESCRIPCIÓN DE ABBREVIATURAS						
IO	INTERRUPCIÓN OPERACIONAL				L	TIEMPO LIBRE
IM	INTERRUPCIÓN MECANICA				E	CAUSA EXTERNA
IE	INTERRUPCIÓN ELECTRICA				P	PARADA PROGRAMADA
TOTALES						

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Control de producción soldadora de mallas 1

CONTROL DE PRODUCCIÓN SOLDADORA DE MALLAS 1 JULIO 2013										CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA								
FECHA	TURNO	CALBRE	CUADRO	N ^o PRODUCCIÓN	DESPERDICIOS GENERADOS			PRODUCCIÓN Y MATERIA PRIMA CONSUMIDA										
					LAR	SOLDADORA	VOLTEADOR	TOTAL (KG)	PERDIDA METÁLICA (KG/TM)	N ^o MALLAS	TOTAL PESO PRODUCCIÓN REAL (KG)	TRANSVERSAL DEL DIA CONSUMIDA (KG)	TRANSVERSAL TEORICO CONSUMIDO (KG)	LONGITUDINAL TEORICO CONSUMIDO (KG)	TOTAL PESO PRODUCCION TEORICO (KG)	DIFERENCIA	IMP. CONSUMIDA TOTAL DEL DIA	[Kw-h]
01/07/2013	1																	
01/07/2013	2																	
02/07/2013	1																	
02/07/2013	2																	
03/07/2013	1																	
03/07/2013	2																	
04/07/2013	1																	
04/07/2013	2																	
05/07/2013	1																	
05/07/2013	2																	
06/07/2013	1																	
06/07/2013	2																	
07/07/2013	1																	
07/07/2013	2																	
08/07/2013	1																	
08/07/2013	2																	
09/07/2013	1																	
09/07/2013	2																	
10/07/2013	1																	
10/07/2013	2																	
11/07/2013	1																	
11/07/2013	2																	
12/07/2013	1																	
12/07/2013	2																	
13/07/2013	1																	
13/07/2013	2																	
14/07/2013	1																	
14/07/2013	2																	
15/07/2013	1																	
15/07/2013	2																	
16/07/2013	1																	
16/07/2013	2																	
17/07/2013	1																	
17/07/2013	2																	
18/07/2013	1																	
18/07/2013	2																	
19/07/2013	1																	
19/07/2013	2																	
20/07/2013	1																	
20/07/2013	2																	
21/07/2013	1																	
21/07/2013	2																	
22/07/2013	1																	
22/07/2013	2																	
23/07/2013	1																	
23/07/2013	2																	
24/07/2013	1																	
24/07/2013	2																	
25/07/2013	1																	
25/07/2013	2																	
26/07/2013	1																	
26/07/2013	2																	
27/07/2013	1																	
27/07/2013	2																	
28/07/2013	1																	
28/07/2013	2																	
29/07/2013	1																	
29/07/2013	2																	
30/07/2013	1																	
30/07/2013	2																	
31/07/2013	1																	
31/07/2013	2																	

Fuente: elaboración propia.

Figura 59. Control de tiempos de soldadora de mallas

CONTROL DE TIEMPOS SOLDADORA DE MALLAS 1																			
JULIO 2013																			
DIA	TURNO	CALIBRE	CUADRO	EPH	OPERACIONALES		INTERRUPCIONES		TIEMPO CALENDARIO (C) [min]	CAUSAS EXTERNAS (E) [min]	TIEMPO LIBRE (L) [min]	TIEMPO PROG. TOTAL (PT) [min]	PARADA PROGRAM. (P) [min]	TIEMPO PROG. P/PROD. (PP) [min]	TIEMPO UTIL (U) [min]	INTERRUPCION (I) [min]	QUIEBRA DE RITMO (r) [min]	UTILIZACION (%)	
					MECANICO [min]	ELECTRICO/ELECTRONICO [min]	MANTENIMIENTO												
01/07/2013	1																		
01/07/2013	2																		
02/07/2013	1																		
02/07/2013	2																		
03/07/2013	1																		
03/07/2013	2																		
04/07/2013	1																		
04/07/2013	2																		
05/07/2013	1																		
05/07/2013	2																		
06/07/2013	1																		
06/07/2013	2																		
07/07/2013	1																		
07/07/2013	2																		
08/07/2013	1																		
08/07/2013	2																		
09/07/2013	1																		
09/07/2013	2																		
10/07/2013	1																		
10/07/2013	2																		
11/07/2013	1																		
11/07/2013	2																		
12/07/2013	1																		
12/07/2013	2																		
13/07/2013	1																		
13/07/2013	2																		
14/07/2013	1																		
14/07/2013	2																		
15/07/2013	1																		
15/07/2013	2																		
16/07/2013	1																		
16/07/2013	2																		
17/07/2013	1																		
17/07/2013	2																		
18/07/2013	1																		
18/07/2013	2																		
19/07/2013	1																		
19/07/2013	2																		
20/07/2013	1																		
20/07/2013	2																		
21/07/2013	1																		
21/07/2013	2																		
22/07/2013	1																		
22/07/2013	2																		
23/07/2013	1																		
23/07/2013	2																		
24/07/2013	1																		
24/07/2013	2																		
25/07/2013	1																		
25/07/2013	2																		
26/07/2013	1																		
26/07/2013	2																		
27/07/2013	1																		
27/07/2013	2																		
28/07/2013	1																		
28/07/2013	2																		
29/07/2013	1																		
29/07/2013	2																		
30/07/2013	1																		
30/07/2013	2																		
31/07/2013	1																		
31/07/2013	2																		

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Reporte de mantenimiento

Es un reporte que debe llenar el técnico de mantenimiento después de realizada cualquier tarea.

Figura 60. Reporte de mantenimiento



REPORTE DE MANTENIMIENTO

Equipo o Instalación: _____

Día y fecha de paro: _____ Hora de paro: _____

Día y fecha de mantenimiento: _____ Hora inicio mantenimiento: _____

Día y fecha final de mantenimiento: _____ Hora final mantenimiento: _____

Descripción de la falla: _____

Origen de la falla: _____

Descripción del mantenimiento: _____

Personal que realizó el mantenimiento: _____ F. _____
_____ F. _____
_____ F. _____
_____ F. _____

Tipo de interrupción: Número de orden:

Fuente: elaboración propia.

4.6. Frecuencia del mantenimiento preventivo

Se define frecuencia como la cantidad de veces que se repite una tarea por unidad de tiempo, por lo cual se hace referencia a las frecuencias de mantenimiento preventivo planificado que se van a realizar:

- Diario
- A cada cambio de calibre (2 o 3 días)
- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Trimestral
- Semestral

4.7. Procedimientos

Después de establecer de normas, es necesario sistematizar el mantenimiento, estableciendo procedimientos a fin de ejecutar este en la forma más repetitiva posible, y lograr la simplificación del trabajo al estudiar los métodos que los componen permitiendo, entre otras cosas, la estandarización del tiempo.

Procedimiento es un término que hace referencia a la acción que consiste en proceder, que significa actuar de una forma determinada. El concepto, por otra parte, está vinculado a un método o una manera de ejecutar algo, en este sentido, consiste en seguir ciertos pasos predefinidos para desarrollar una labor de manera eficaz. Su objetivo debería ser único y de fácil identificación, aunque es posible que existan diversos procedimientos que persigan el mismo fin, cada uno con estructuras y etapas diferentes, y que ofrezcan eficiencia.

4.7.1. Procedimientos de calibración

Son procedimientos que tienen como objetivo evitar el mantenimiento prematuro por calibración incorrecta de la maquinaria.

Figura 61. Cambio de calibre en trefiladora 1

		CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-01	Página 1 de 9
Elaborado por: Eduardo Vallejo		Revisado por: Edgardo Medrano		Versión: 0
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández		Aprobado por: Edgardo Medrano		Fecha de aprobación: 30/07/2013
Resumen de cambios en la versión actual				
Descripción de los cambios				

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar el cambio de calibre en trefiladora 1, y sobre todo busca el orden adecuado de las tareas para lograr mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes, daños materiales y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores de trefiladora 1, personal de mantenimiento y administrativo de la planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores de trefiladora 1 la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

PASO: está formado por tres rodillos laminadores, los cuales están colocados y distribuidos a cada 120° para dar forma a una circunferencia simétrica y por consiguiente dar la forma redonda por deformación plástica al alambre trefilado.

CALIBRAR: es lograr la correcta alineación entre los tres rodillos laminadores de cada paso (a cada 120°), formando una circunferencia simétrica por medio de la igualdad de distancias entre la separación de cada uno de los tres rodillos.

VELOCIDAD: por medio de un potenciómetro se aumenta o disminuye la velocidad del monoblock.

TIRO: por medio de un potenciómetro se aumenta o disminuye la velocidad del carrete para tensar el alambre trefilado que sale del monoblock.

ESTRATIFICADOR: es un mecanismo con el cual se distribuye el alambre trefilado en bobinas y en capas sobre carretes en movimiento.

Detalle de trefiladora 2:



Continuación de la figura 61.

	CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-01	Página 2 de 9
---	---	-----------------------	---------------

5. DESARROLLO

Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

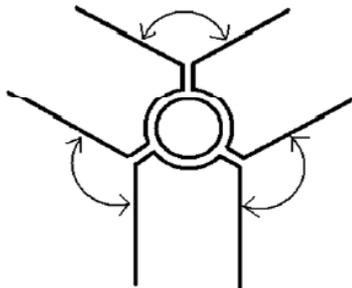
No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave (Cuidado con los riesgos)
1	Operador	Cambio de calibre	1. Solicitar al mecánico armado de rodillos según el calibre a utilizar.	(CO) COSTO Peligro: no solicitar armado de rodillos. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • Paro improductivo. • Afecta la utilización. Prevención: solicitar armado de rodillos cuando falten 5 carretes de trefilado.
2	Mecánico	Armar rodillos	1. Consultar parámetros del cambio de calibre en trefiladoras SDG-EO-1050-01. 2. Armado de rodillos en sus respectivas bases con la prensa hidráulica. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). (CO) COSTO Peligro: golpear los rodillos. Riesgo: quebrar o astillar los rodillos. Prevención: armar con mucho cuidado y control.
3	Operador	Agua de enfriamiento	1. Cerrar la llave del agua de enfriamiento. 	
4	Operador	Separación de paso 2 del paso 1	1. Abrir mordazas por medio de motores eléctricos del paso 1 y 2. 2. Aflojar tuercas con llave de cola de 2-1/4 del paso 2. 3. Aflojar 4 tornillos con llave No. 24 del paso 2 y separarlo del paso 1. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). (CO) COSTO Peligro: presionar el pulsador incorrecto y cerrar rodillos. Riesgo: presionar demasiado los rodillos y quebrarlos. Prevención: asegurarse de presionar el pulsador correcto Rojo: cerrar / Negro: abrir

Continuación de la figura 61.

	CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-01	Página 3 de 9
5 Operador	Extraer bases con rodillos del paso 1 y 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y extraer tuerca de eje enfriado por agua con llave No. 45. 2. Extraer eje enfriado por agua. 3. Extraer bases con rodillos. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p> <p>(CO) COSTO Peligro: golpear los rodillos. Riesgo: quebrar o descantillar los rodillos. Prevención: manipular con mucho cuidado y control.</p>
6 Operador	Limpiar y revisar mordazas del paso 1 y 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar mordazas y boquillas. 2. Revisar posibles averías en bujes de mordazas, roscas y mangueras. 3. Verificar estado de bujes colocando el eje en la mordaza y comprobar si hay juego. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manipulación de keroseno. • manipulación de piezas. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • quemaduras. • golpes en manos. <p>Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
7 Operador	Colocar bases con rodillos del paso 1 y 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar bases con rodillos. 2. Introducir eje enfriado con agua. 3. Apretar tuerca con llave No. 45. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p> <p>(CO) COSTO Peligro: golpear los rodillos. Riesgo: quebrar o astillar los rodillos. Prevención: manipular con mucho cuidado y control.</p>

Continuación de la figura 61.

	<p>CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1</p>	<p>SDG-PR-1050-01</p>	<p>Página 4 de 9</p>
---	--	------------------------------	----------------------

<p>8</p>	<p>Operador y ayudante</p>	<p>Calibración de rodillos del paso 1 y 2</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cerrar rodillos por medio de motores eléctricos y lograr la correcta alineación entre los 3 rodillos de cada paso, formando una circunferencia simétrica por medio de la igualdad de distancias entre la separación de cada uno de los 3 rodillos. 2. Para lograr la correcta alineación utilizar los 2 tornillos de cada mordaza (tornillo para movimiento lateral y movimiento circular). 3. Acercar todo lo posible el paso 2 al 1 sin llegar hacer contacto entre rodillos. 4. Lograr la correcta alineación entre paso 2 con respecto al paso 1 para que el alambre trefilado se deslice en línea recta. 5. Repetir las tareas 4, 5, 6, 7 y 8 para los pasos 3 y 4. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p> <p>(CO) COSTO Peligro: golpear los rodillos. Riesgo: quebrar o astillar los rodillos. Prevención: manipular con mucho cuidado y control.</p>
<p>9</p>	<p>Operador</p>	<p>Colocar rollo de alambón</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar devanador en posición horizontal. 2. Trasladar grúa al área de alambón 3. Colocar estrobo al rollo. 4. Levantar rollo. 5. Trasladar rollo. 6. Colocar rollo en devanador 7. Quitar estrobo. 8. Cortar empaque y puntas con caimán. 9. Colocar el devanador en posición vertical. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Estrobo con hilos rotos. • Traslado a demasiada altura el rollo. • Personas cercanas al movimiento del rollo. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Romperse el estrobo. • Caída de rollo sobre personas. • Golpe con el rollo. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atención a la grúa vecina. • Fabricación de estrobo nuevo • La altura del rollo no debe superar los 30 cm del suelo. • Alertar al personal cercano al traslado del rollo.

Continuación de la figura 61.

	CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1		SDG-PR-1050-01	Página 5 de 9
10	Operador	Regresar el polvo al depósito	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parar depósito de polvo. 2. Levantar tapaderas. 3. Regresar el polvo al depósito 4. Poner tapaderas. 	<p>(CO) COSTO Peligro: poco polvo de trefilar en el depósito (lubricación deficiente). Riesgo: reventarse el alambre. Prevención: retornar el polvo al depósito.</p>
11	Operador	*Cambio de polvo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parar depósito de polvo. 2. Levantar tapaderas. 3. Vaciar depósito y depositarlo en charola de escoria. 4. Llenar el depósito de polvo. 5. Poner tapaderas. 6. Poner en marcha depósito. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: encender por accidente el depósito del polvo. Riesgo: atrapamiento. Prevención: cambio del polvo de trefilar (cantidad 1plg debajo del alambre).</p> <p>(CO) COSTO Peligro: polvo de trefilar contaminado. Riesgo: reventarse el alambre. Prevención: cambio del polvo de trefilar.</p>
12	Operador	Enhebrar paso 1 y 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajar base de rodillo con polipasto eléctrico y enhebrar torre. 2. Regresar la base del rodillo. 3. Pasar por depósito de polvo 1. 4. Abrir rodillos y pasar alambre en los pasos 1 y 2. 5. Halar alambre con mordaza de cadena y pasar el alambre por el monoblock. 6. Colocar alambre en rodillos de decapado. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de alambre. Riesgo: atrapamiento. Prevención: no hacer la tarea con la máquina en marcha.</p>

Continuación de la figura 61.

		CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-01	Página 6 de 9
13	Operador	Reducir diámetro paso 1 y 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner en marcha lenta el monoblock por medio del pedal. 2. Cerrar rodillos por medio de motores eléctricos iniciando a conformar. 3. Detener la marcha, palpar alambre y <u>verificar que esté completamente redondo y medir el alambre al salir del paso 2</u> (consultar parámetros del cambio de calibre en trefiladoras SDG-EO-1050-01). 4. <u>Si se está arriba del diámetro:</u> Cerrar rodillos de paso 1 y 2 (sin perder la forma redonda del alambre). <u>Si se está abajo del diámetro:</u> Abrir rodillos de paso 1 y 2 (sin perder la forma redonda del alambre). 5. Teniendo el alambre a medida, poner a cero los contadores de paso 1 y 2. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: palpar alambre sin detener la máquina. Riesgo: atrapamiento. Prevención: prohibido realizar la tarea con la maquina en marcha.</p> <p>(CO) COSTO Peligro: presionar el pulsador incorrecto y cerrar los rodillos. Riesgo: presionar demasiado los rodillos y quebrarlos. Prevención: asegurarse de presionar el pulsador correcto Rojo: Cerrar Negro: Abrir</p>
14	Operador	Enhebrar paso 3 y 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner en marcha lenta el monoblock por medio del pedal y juntar alambre para enhebrar. 2. Cortar alambre (5 vueltas) para enhebrar paso 3 y 4. 3. Pasar por depósito de polvo 2. 4. Pasar alambre por el contador de metros. 5. Abrir rodillos y pasar alambre por los pasos 3 y 4. 6. Halar alambre con mordaza de cadena y pasar el alambre por el monoblock. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de alambre. Riesgo: atrapamiento. Prevención: prohibido realizar la tarea con la máquina en marcha.</p>

Continuación de la figura 61.

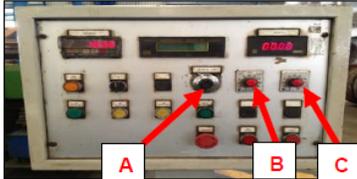
	CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1		SDG-PR-1050-01	Página 7 de 9
15	Operador	Reducir diámetro paso 3 y 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner en marcha lenta el monoblock por medio del pedal. 2. Cerrar rodillos por medio de motores eléctricos iniciando a conformar el alambre. 3. Revisar apariencia física del alambre (consultar tabla de defectos y soluciones en trefilado SDG-FR-1050-05). 	<p>(CO) COSTO Peligro: presionar el pulsador incorrecto y cerrar los rodillos. Riesgo: presionar demasiado los rodillos y quebrarlos. Prevención: asegurarse de presionar el pulsador correcto Rojo: Cerrar Negro: Abrir</p>
16	Operador	Sacar muestra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortar muestra con caimán. 2. Enderezar muestra. 3. Esmerilar y dar longitud. 4. Pesar muestra y consultar parámetros del cambio de calibre en trefiladoras SDG-EO-1050-01. 5. <u>Si está arriba del peso:</u> Cerrar rodillos del paso 3 y 4 (sin perder la forma redonda del alambre). <u>Si está abajo del peso:</u> Abrir rodillos del paso 3 y 4 (sin perder la forma redonda del alambre). <u>Si está arriba del peso y con vena:</u> Cerrar rodillos del paso 3. <u>Si está abajo del peso y con vena:</u> Abrir rodillos del paso 3. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: • Punta filosa del alambre. • Esmerilar. Riesgo: • Cortes. • Proyección de partículas. Prevención: • Sujetar la punta del alambre. • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p> <p>(CA) CALIDAD Peligro: no consultar parámetros del cambio de calibre en trefiladoras SDG-EO-1050-01. Riesgo: defectos en el alambre trefilado. Prevención: consultar parámetros del cambio de calibre en trefiladoras SDG-EO-1050-01.</p>
17	Operador	Enhebrar bobinadora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Halar alambre con mordaza de cadena (5 vueltas del monoblock). 2. Quitar mordaza para liberar alambre. 3. Pasar alambre por carro estratificador. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas. Riesgo: cortes. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>

Continuación de la figura 61.

		CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1		SDG-PR-1050-01	Página 8 de 9
18	Operador	Colocar carrete	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantar guarda. 2. Extraer carrete lleno con montacargas. 3. Introducir carrete vacío. 4. Levantar carrete con mesa hidráulica. 5. Colocar contrapuntos. 6. Colocar alambre en el carrete. 7. Bajar guarda. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: <ul style="list-style-type: none"> • tránsito de montacargas. • caída de carrete. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • atropellamiento. • golpes con carrete. Prevención: mantenerse a distancia segura del tránsito del montacargas.	
19	Operador y mecánico	Enfriamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar al mecánico encender bombas del agua de enfriamiento. 2. Abrir la llave del agua de enfriamiento. 3. Palpar manguera de agua de enfriamiento y asegurarse del flujo. 	(CO) COSTO Peligro: no abrir llave de agua de enfriamiento. Riesgo: sobrecalentamiento del monoblock. Prevención: cumplir con los pasos de este procedimiento.	
20	Operador	Engrasar cojinetes de rodillos laminadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de grasera y su alrededor. 2. Colocar la boquilla de la engrasadora a la grasera. 3. Aplicar grasa Alvania EP-2 a presión. 4. Extraer la grasa que se derrama sobre la grasera y colocarla sobre el recipiente contiguo a la engrasadora. 	(CO) COSTO Peligro: falta de lubricación de rodillos laminadores. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • Falla de cojinetes. • Falla de rodillos laminadores. Prevención: al aplicar grasa verificar que los rodillos laminadores expulsen grasa usada por el interior.	
21	Operador	Ajustar velocidades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consultar velocidades en trefiladoras SDG-FRM-1050-06. 2. Ajustar la velocidad del monoblock (A), tiro (B) y estratificador (C). 		

Continuación de la figura 61.

	CAMBIO DE CALIBRE EN TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-01	Página 9 de 9
---	---	-----------------------	---------------

				
22	Ayudante	Limpiar área	1. Barrer escoria. 2. Pesar cada desperdicio (escoria, puntas, empaque, muestras, calibración, reventaduras y enredos) y reportarlos.	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: polvo del acero. Riesgo: enfermedades respiratoria. Prevención: utilizar mascarilla.
23	Operador	Arranque de trefiladora	1. Asegurarse de la realización de engrase, contador a cero, fluidez del agua de enfriamiento de rodillos (sin fugas) y llave abierta del agua de enfriamiento del monoblock. 2. Arrancar trefiladora.	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: retirar el bloqueo y etiquetado de energía por persona ajena a la operación. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • descarga eléctrica. • atrapamiento. Prevención: respetar que el bloqueo y etiquetado de energía es retirado por el operador con previa inspección.

REGISTROS: no aplica.

6. REFERENCIAS:

- Parámetros del cambio de calibre en trefiladoras (SID-EO-1050-01).
- Defectos y soluciones en trefilado SDG-FRM-1050-05.
- Velocidades en trefiladoras SDG-FRM-1050-06.

7. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

Figura 62. Cambio de calibre en enderezadora 1

	CAMBIO DE CALIBRE EN ENDEREZADORA 1		SDG-PR-1060-03	Página 1 de 4
	Elaborado por: Eduardo Vallejo	Revisado por: Edgardo Medrano	Versión: 0	
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández	Aprobado por: Edgardo Medrano	Fecha de aprobación: 30/07/2013		
Resumen de cambios en la versión actual				
Primer documento				

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar el cambio de calibre en enderezadora 1, y sobre todo busca el orden adecuado de las tareas para lograr mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes, daños materiales y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores de enderezadora 1, personal de mantenimiento y personal administrativo de planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores de enderezadora 1 y personal de mantenimiento la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Detalles de máquina enderezadora:



A

Desembobinado



B

Enderezado



C

Corte



D

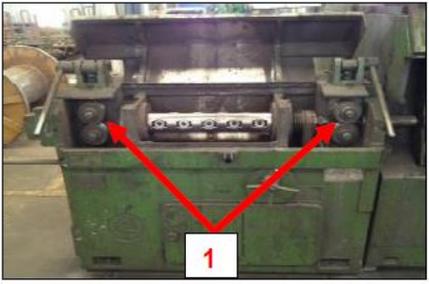
Embalaje

Continuación de la figura 62.

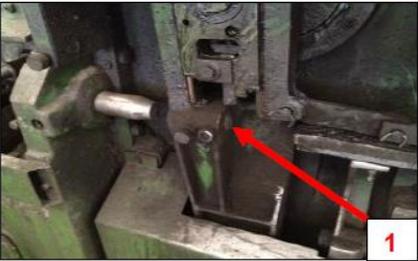
	<p align="center">CAMBIO DE CALIBRE EN ENDEREZADORA 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1060-03</p>	<p align="right">Página 2 de 4</p>
---	--	---	------------------------------------

5. DESARROLLO

Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio Ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

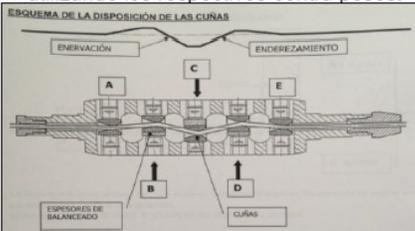
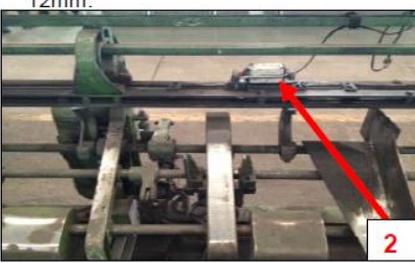
No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Operador	Colocar carrete	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de carretes. 2. Colocar cadenas a la pasteca de la grúa 3. Colocar cadenas al carrete. 4. Levantar carrete. 5. Trasladar carrete. 6. Colocar carrete en contrapunto. 7. Quitar cadenas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar carrete. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de carrete. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión de grúa. • Asegurarse de carrete enganchado.
2	Operador	Cambio de rodillos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar cuatro tuercas con llave cola corona de 32mm. 2. Extraer rodillos. 3. Limpieza de ejes. 4. Colocar cuatro rodillos del nuevo calibre. 5. Colocar y apretar tuercas con llave de cola corona de 32mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: bloqueo y etiquetado de energía.</p>
3	Operador	Cambio de boquilla de corte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar 2 tornillos con llave Allen de 14mm. 2. Extraer boquilla de corte. 3. Limpieza donde se aloja la boquilla de corte. 4. Colocar boquilla de corte del nuevo calibre. 5. Colocar y apretar tornillo con llave allen de 14mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: bloqueo y etiquetado de energía.</p>

Continuación de la figura 62.

	CAMBIO DE CALIBRE EN ENDEREZADORA 1	SDG-PR-1060-03	Página 3 de 4	
				
4	Operador	Cambio de boquilla guía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar tornillo con llave allen de 14mm. 2. Extraer boquilla guía. 3. Limpieza donde se aloja la boquilla guía. 4. Colocar boquilla guía del nuevo calibre. 5. Colocar y apretar tornillo con llave allen de 14mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: Bloqueo y etiquetado de energía.</p>
5	Operador	Enhebrar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sujetar el extremo del alambre. 2. Introducir alambre en la entrada de la maquina. 3. Pasar alambre por rodillos de entrada. 4. Pasar alambre por enderezador. 5. Pasar alambre por rodillos de salida. 6. Pasar alambre por boquilla guía. 7. Pasar alambre por boquilla de corte. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: Bloqueo y etiquetado de energía.</p>

Continuación de la figura 62.

	CAMBIO DE CALIBRE EN ENDEREZADORA 1	SDG-PR-1060-03	Página 4 de 4
---	--	-----------------------	---------------

6	Operador	Calibración	<p>Las cuñas (dados) A y E mantienen el alambre en el eje del rotor, mientras las cuñas B, C y D actúan sobre el alambre para realizar un movimiento para enervar (debilitar) y otro para enderezar.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La cuña central C se mueve en relación con el diámetro y tipo de alambre. 2. Las cuñas B y D se desplazan a la mitad de la medida de aquella central C. 3. Si durante el funcionamiento existe vibración del rotor, este se debe balancear, accionando los 3 puntos indicados con las flechas B-C-D, utilizando los respectivos contra pesos. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: Bloqueo y etiquetado de energía.</p>
7	Operador	Dar el largo de la varilla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar dos tornillos con llave allen de 12mm. 2. Mover el sensor hasta la seña de referencia. 3. Apretar dos tornillos con llave allen de 12mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: máquina no bloqueada. Riesgo: activar máquina. Prevención: Bloqueo y etiquetado de energía.</p>

6. **REGISTROS:** no aplica.
 7. **REFERENCIAS:** no aplica.

8. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

Figura 63. Cambio de calibre en soldadora de mallas 1

		CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 1 de 10
Elaborado por: Eduardo Vallejo		Revisado por: Edgardo Medrano		Versión: 0
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández		Aprobado por: Edgardo Medrano		Fecha de aprobación: 30/07/2013
Resumen de cambios en la versión actual				
Descripción de los cambios				

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar el cambio de calibre en soldadora de mallas 1, y sobre todo, lograr el orden adecuado de las tareas, mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores y ayudantes de soldadora de mallas 1, personal de mantenimiento y administrativo de la planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores y ayudantes de soldadora de mallas 1 la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

SOLDADURA DE LA MALLA: soldadura que se realiza por medio de la combinación de calor (provocada por resistencia eléctrica) y presión (provocada por un cilindro neumático).

ELECTRODOS: piezas de cobre (fija y móvil) en las cuales la pieza móvil presiona el alambre transversal contra el alambre longitudinal, ambos soportados por la pieza fija y posteriormente se le trasmite calor al momento de pasar la corriente eléctrica.

BUCLE: espira de alambre trefilado que sirve de alimentación para las varillas longitudinales de una malla electrosoldada.

AVANCE: movimiento uniforme que le da la soldadora de mallas a las varillas longitudinales para depositar la varilla transversal y realizar la soldadura la cual forma los cuadros de la estructura.



Carretes



L.A.R



Soldadora



Evacuador



Volteador



Embalaje

Continuación de la figura 63.

	<p align="center">CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1037-01</p>	<p align="right">Página 2 de 10</p>
---	---	---	-------------------------------------

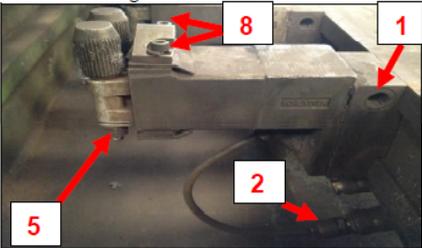
5. DESARROLLO

Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio Ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

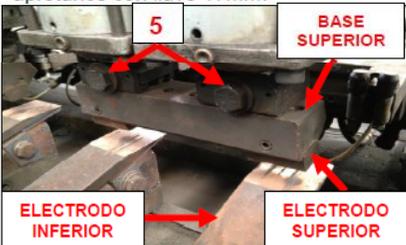
No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Ayudante	Montar carretes o rollos con trefilado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de la carga. 2. Colocar cadenas a la pasteca de la grúa. 3. Colocar los 2 soportes a carrete. 4. Sujetar carrete o rollo. 5. Levantar carrete o rollo. 6. Trasladar carrete o rollo. 7. Montar carrete o rollo. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar carrete. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de carrete. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticollisión de grúa. • Asegurarse de carrete o rollo enganchado.
2	Operador	Desmontar electrodos inferiores.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir mordazas que sujetan electrodos 17mm. 2. Extraer electrodo inferior. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
3	Operador	Desmontar bases y electrodos superiores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desacoplar mangueras. 2. Quitar de la base 2 tornillos hexagonales con llave 17mm. 3. Extraer base. 4. Quitar de electrodo superior 2 tornillos Allen con llave 5mm. 5. Extraer electrodo. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.

Continuación de la figura 63.

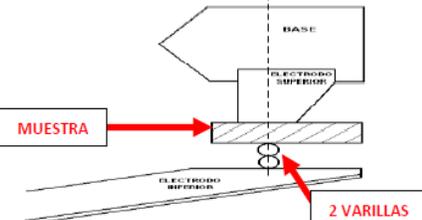
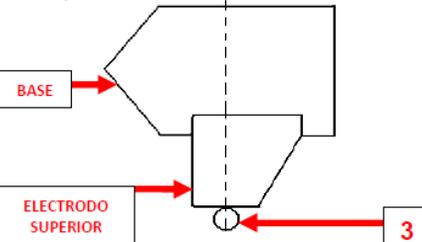
	CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 3 de 10
---	---	-----------------------	----------------

4	Mecánico	Armado de pinzas	<p>Partiendo del centro del avance.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Desmontar pinza aflojado tornillo Allen con llave 10mm. 2.Quitar acople hexagonal de la manguera de la pinza con llave 13mm. 3.Correr la pinza al lugar necesario (medidas conforme la malla a fabricar). 4.Montar pinza apretando tornillo Allen con llave 10mm. 5.Quitar tuerca de tornillo halador con llave 13mm. 6.Colocar tornillo jalador del nuevo calibre. 7.Colocar y apretar tuerca de tornillo jalador con llave 13mm. 8.Desmontar guía del alambre aflojando 2 tornillos Allen con llave 4mm. 9.Montar guía del alambre. 10.Colocar y apretar 2 tornillos Allen con llave 4mm de la guía del alambre. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
5	Operador	Armado de base inferior	<ol style="list-style-type: none"> 1.Retirar alimentador de varilla transversal. 2.Desmontar base aflojando tornillo Allen con llave 10mm. 3.Quitar adaptador que conecta al transformador aflojando tornillo hexagonal con llave 14mm. 4.Desacoplar manguera de 3/8. 5.Extraer base con mangueras (28.6mm) y adaptador de transformador. 6.Lijar base y adaptador del transformador. 7.Colocar base alineada a la pinza. 8.Montar base y apretar tornillo Allen con llave 10mm. 9.Colocar adaptador que conecta al transformador y apretar tornillo hexagonal con llave 14mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.

Continuación de la figura 63.

	CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 4 de 10	
6	Operador	Armado de prensas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar tornillo Allen con llave 10mm. 2. Deslizar seguro de la prensa. 3. Extraer prensa. 4. Colocar prensa alineada con las pinzas. 5. Subir torre de las prensas con manivela. 6. Hacer prueba de prensas y verificar si bajan libremente. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
7	Operador	Armado de electrodos y bases superiores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lijar electrodo superior y su base. 2. Colocar electrodo superior sobre su base. 3. Colocar 2 tornillos y apretar con llave Allen 5mm. 4. Colocar base superior sobre su prensa. 5. Colocar los 2 tornillos hexagonales y apretarlos con llave 17mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
8	Operador	Armado de electrodos inferiores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lijar electrodo inferior. 2. Colocar el avance hacia adelante. 3. Colocar 2 varillas transversales entre las pinzas centrales y rodillos enderezadores. 4. Cerrar pinzas manualmente. 5. Colocar 2 electrodos inferiores en sus bases a 1 mm entre electrodo y varilla. 6. Quitar las 2 varillas transversales. 7. Bajar prensas manualmente. 8. Los electrodos inferiores y superiores de los 2 juegos deben de tener la misma separación. 9. Colocar todos los electrodos topados a los superiores. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.

Continuación de la figura 63.

		CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 5 de 10
9	Operador	Calibrar electrodos inferiores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Subir prensas. 2. Colocar 2 varillas transversales pegadas a los imanes. 3. Bajar torre. 4. Dejar separación entre las 2 varillas y electrodos superiores colocando muestra de cobre. 5. Apretar tuercas de torre. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
10	Operador	Alineación de imanes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quitar los cuatro imanes centrales aflojando tornillo con llave allen 10mm. 2. Colocar los 2 imanes de los extremos. 3. Ajustar los 2 imanes de los extremos de manera que la varilla transversal quede al centro de los electrodos superiores. 4. Colocar el hilo entre los 2 imanes. 5. Colocar los 4 imanes centrales pegados al hilo para que queden alineados 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
11	Ayudante	Ajustar tolva	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar 2 manivelas de tolva donde se deposita la varilla transversal. 2. Ajustar tolva donde se deposita la varilla transversal conforme el largo de la varilla. 3. Quitar 4 tornillos con llave Allen 8mm de tolva de caída de varilla transversal. 4. Ajustar tolva de caída de varilla transversal conforme el largo de la varilla. 5. Colocar y apretar 4 tornillos Allen 8mm de tolva de caída de varilla transversal. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.

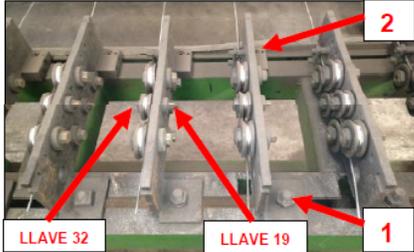
Continuación de la figura 63.

		CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1		SDG-PR-1037-01	Página 6 de 10
					
12	Operador	Ajustar disco	<ol style="list-style-type: none"> Aflojar 4 tornillos hexagonales con llave 13mm del disco. Aflojar 1 tornillo hexagonal con llave 13mm donde se calibra la varilla. Colocar la varilla y ajustar de tal manera que tenga un pequeño juego para que pueda ser transportada. Apretar 1 tornillo hexagonal con llave 13mm de donde se coloca la varilla. Apretar 4 tornillos hexagonales con llave 13mm del disco. Ajustar láminas que detienen la varilla aflojando tornillo Allen con llave 5mm de tal manera que la varilla no pase forzada. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD</p> <p>Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> Manipulación de piezas. Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Golpes en manos. Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). Bloqueo y etiquetado de energía. 	
13	Operador	Calibrar avance (medida del cuadro y largo de la malla)	<ol style="list-style-type: none"> Colocar avance hacia atrás. Abrir compuertas de los brazos del avance. Aflojar tornillo con llave Allen 10mm del pivote del avance. Empujar el avance para darle la medida del cuadro de la malla a fabricar. Girar tuerca con llave hexagonal de 55mm para dar la medida del largo de la malla. Apretar tornillo con llave Allen 10mm de pivote del avance. Cerrar compuertas de los brazos del avance. Colocar los seguros de las compuertas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD</p> <p>Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> Manipulación de piezas. Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Golpes en manos. Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). Bloqueo y etiquetado de energía. 	

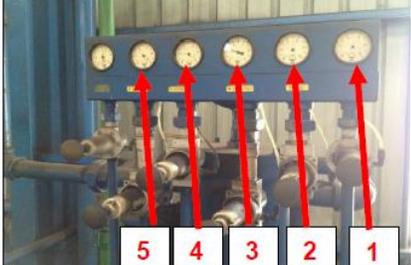
Continuación de la figura 63.

		CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 7 de 10
			 	
14	Operador	Calibración de rodillos enderezadores No.1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al lugar. 2. Colocar cadenas al gancho de la grúa. 3. Enganchar panel, quitarlo y trasladarlo a su lugar. 4. Enganchar el otro panel, trasladarlo y colocarlo. <p>La calibración se realiza ajustando los dos rodillos centrales de cada panel.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Aflojar tomillo de rodillo central con llave hexagonal de 19mm. 6. Ajustar rodillo central con llave hexagonal 32mm (o Allen 10mm). 7. Realizar tarea 5 y 6 para el otro rodillo central. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
				

Continuación de la figura 63.

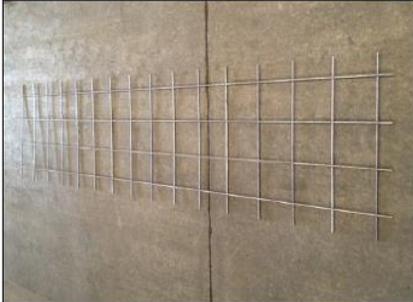
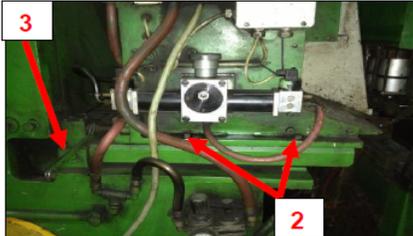
	CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-01	Página 8 de 10
15	Operador	Ajustar rodillos enderezadores No.2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar tuerca con llave hexagonal 24mm de la base del panel de 6 rodillos. 2. Aflojar tornillo con llave Allen 8mm de la base del panel de 6 rodillos. 3. Alinear panel de 6 rodillos respecto del centro del avance conforme están las prensas. 4. Apretar tuerca con llave hexagonal 24mm de la base del panel de 6 rodillos. 5. Apretar tornillo con llave Allen 8mm de la base del panel de 6 rodillos. <p>La calibración se realiza ajustando los dos rodillos centrales de cada panel.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Aflojar tornillo de rodillo central con llave hexagonal de 19mm. 7. Ajustar rodillo central con llave hexagonal 32mm (o Allen 10mm). 8. Introducir varilla y verificar que esté recta.  <p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de piezas. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
16	Operador	Enhebrar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Halar alambre del carrete. 2. Pasar alambre por las rejillas. 3. Pasar alambre por rodillos enderezadores Núm.1. 4. Pasar alambre por rodillos alimentadores. 5. Pasar alambre por guía de entrada a bucle. 6. Alimentar por medio del control (manual) y formar bucle. 7. Pasar alambre por guía de salida a bucle. 8. Pasar alambre por rodillos enderezadores Núm.2. 9. Pasar alambre por guía de las pinzas. 10. Pasar alambre por los electrodos. <p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de alambre. Riesgo: golpes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
17	Operador	Regular presiones	Regular presiones conforme el calibre a producir: <ol style="list-style-type: none"> 1. Disco alimentador de varilla transversal a 5 bar. 2. Pinzas. 3. Retorno del avance. 4. Avance. 5. Prensas (página 45 del manual schlatter).

Continuación de la figura 63.

	CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1		SDG-PR-1037-01	Página 9 de 10
				
18	Operador Colocar varilla transversal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de atados. 2. Colocar cadenas a la pasteca de la grúa. 3. Sujetar atado. 4. Levantar atado. 5. Trasladar atado. 6. Colocar atado. 7. Cortar empaque con caimán. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar atado. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de atado. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión de grúa. • Asegurarse de atado enganchado. 	
19	Operador Programar máquina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menú principal. 2. Con el control activar modo manual. 3. Con F3 se entra a programación (control). 4. Con la flecha del teclado se baja (↓). 5. Posicionarse en el tipo de malla a producir. 6. Activar malla con el pulsador. 7. Con F9 emitir malla. 8. Con F9 emitir. 		

Continuación de la figura 63.

	<p align="center">CAMBIO DE CALIBRE EN SOLDADORA DE MALLAS 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1037-01</p>	<p align="right">Página 10 de 10</p>
---	---	---	--------------------------------------

<p align="center">20</p>	<p align="center">Operador</p>	<p align="center">Sacar muestra</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Detener la máquina. 2. Quitar seguro del alimentador de varilla transversal. 3. Correr alimentador de varilla transversal. 4. Cortar muestra (4 varillas transversales) con caimán. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de muestra. Riesgo: cortes en manos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
	<p align="center">Operador</p>	<p align="center">Calibración corte de cizalla</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Separar alimentador. 2. Aflojar y quitar 4 tornillos con llave hexagonal de 24mm. 3. Dar medida al corte de la cizalla por medio de la llave puesta en la máquina. 	

6. **REGISTROS:** no aplica.

7. **REFERENCIAS:** no aplica.

8. **APROBACIÓN:**

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

4.7.2. Procedimientos de operación

Son procedimientos que tienen como objetivo evitar el mantenimiento prematuro por operación incorrecta de la maquinaria.

Figura 64. Operación de trefiladora 1

	OPERACIÓN DE TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-03	Página 1 de 5
Elaborado por: Eduardo Vallejo Revisado por Seguridad Industrial: Ing. Marco Fernández	Revisado Por: Edgardo Medrano Aprobado por: Edgardo Medrano	Versión: 0 Fecha de Aprobación: 30/07/2013	
Resumen de cambios en la versión actual			
Descripción de los cambios			

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para operación de trefiladora 1 en Planta de Malla Electrosoldada, y sobre todo, lograr el orden adecuado de las tareas, mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores de trefiladora 1 y personal administrativo de Planta de Malla Electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de Planta de Malla Electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores de trefiladora 1 la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS



Devanador



Torre



Decapado



Depósito de polvo



Cajas de laminación



Monoblock



Bobinadora

Continuación de la figura 64.

	<p align="center">OPERACIÓN DE TREFILADORA 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1050-03</p>	<p align="right">Página 2 de 5</p>
--	---	---	------------------------------------

5. DESARROLLO

Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

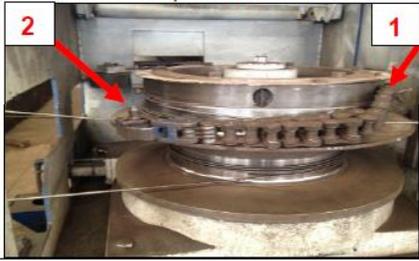
No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Operador	Colocar rollo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar devanador en posición horizontal. 2. Trasladar grúa al área de alambón. 3. Colocar estrobo al rollo. 4. Levantar rollo. 5. Trasladar rollo. 6. Colocar rollo en devanador. 7. Quitar estrobo. 8. Cortar empaque. 9. Localizar puntas, cortarlas con caimán y desenrollar tres espiras. 10. Colocar el devanador en posición vertical. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Estrobo con hilos rotos. • Traslado a demasiada altura el rollo. • Personas cercanas al movimiento del rollo. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Romperse el estrobo. • Caída de rollo sobre personas. • Golpe con el rollo. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar sensores de proximidad. • Fabricación de estrobo nuevo • La altura del rollo no debe superar los 30 cm del suelo. • Alertar al personal cercano al traslado del rollo.
2	Operador	Cambio de carrete	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar carrete vacío con el montacargas. 2. Levantar guarda. 3. Cortar alambre trefilado. 4. Cortar muestra de 50 cm. 5. Extraer carrete con trefilado. 6. Colocar carrete vacío. 7. Colocar contrapuntos. 8. Colocar punta de alambre en el carrete. 9. Bajar guarda. 10. Colocar reloj a cero. 11. Trasladar carrete con trefilado con el montacargas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tránsito de montacargas. • Manipulación de carretes. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atropellamiento. • Caída de carrete. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montacargas respetar la velocidad máxima de 10 K/h. • Alejarse de manipulación de carretes.

Continuación de la figura 64.

	OPERACIÓN DE TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-03	Página 3 de 5
---	---------------------------------------	-----------------------	---------------

3	Operador	Cambio de polvo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar depósito de polvo. 2. Levantar tapaderas. 3. Vaciar depósito y colocarlo en charola de escoria. 4. Llenar el depósito de polvo. 5. Poner tapaderas. 6. Poner en marcha el depósito. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: encender por error el depósito del polvo. Riesgo: atrapamiento. Prevención: evitar recostarse sobre depósito del polvo.</p> <p>(CO) COSTO Peligro: polvo de trefilar contaminado. Riesgo: reventarse el alambre. Prevención: cambio del polvo de trefilar.</p>
4	Operador	Subir polvo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parar depósito de polvo. 2. Levantar tapaderas. 3. Regresar el polvo al depósito. 4. Poner tapaderas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: encender por error el depósito del polvo. Riesgo: atrapamiento. Prevención: evitar recostarse sobre depósito del polvo.</p> <p>(CO) COSTO Peligro: poco polvo de trefilar en el depósito (lubricación deficiente). Riesgo: reventarse el alambre. Prevención: retornar el polvo al depósito.</p>
5	Operador	Desenredo sin cortar el alambre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajar base de rodillo de torre. 2. Desenredar con las manos. 3. Subir base de rodillo de torre. 4. Sujetar base de rodillo. 5. Verificar que el sensor de enredos este en su posición. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: alambre con tensión. Riesgo: liberar tensión el alambre. Prevención: bajar base de rodillo de torre.</p>
6	Operador	Desenredo cortando el alambre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajar base de rodillo de torre. 2. Sujetar alambre. 3. Cortar enredo con el caimán. 4. Soldadura de tope del alambre. 5. Subir base de rodillo de torre. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: alambre con tensión. Riesgo: liberar tensión el alambre. Prevención: bajar base de rodillo</p>

Continuación de la figura 64.

		OPERACIÓN DE TREFILADORA 1	SDG-PR-1050-03	Página 4 de 5
			6. Sujetar base de rodillo. 7. Verificar que el sensor de enredos este en su posición. 	de torre.
7	Operador	Reventadura en monoblock	1. Colocar un extremo de la cadena en monoblock. 2. Sujetar el alambre con la mordaza de la cadena. 3. Halar el alambre por medio del monoblock. 4. Preparación de puntas del alambre 5. Soldadura de tope del alambre 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: halar alambre con el monoblock. Riesgo: atrapamiento. Prevención: evitar el contacto de manos con el alambre.
8	Operador	Fuga de agua	1. Aflojar las dos abrazaderas tipo cincho con destornillador. 2. Extraer manguera con sus abrazaderas. 3. Cortar manguera a medida con sierra. 4. Colocar abrazaderas a manguera. 5. Colocar manguera. 6. Apretar las dos abrazaderas con destornillador. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: corte de manguera. Riesgo: corte en manos. Prevención: bajar base de rodillo de torre.
9	Operador	Engrase	1. Limpieza de grasera y su alrededor. 2. Colocar la boquilla de la engrasadora a la grasera. 3. Aplicar grasa Alvania EP-2 a presión. 4. Extraer la grasa que se derrama sobre la	

Continuación de la figura 64.

	<p align="center">OPERACIÓN DE TREFILADORA 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1050-03</p>	<p align="right">Página 5 de 5</p>
---	---	---	------------------------------------

			<p>grasera y colocarla sobre el recipiente contiguo a la engrasadora.</p> 	
10	Operador	Limpieza de boquilla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar máquina. 2. Introducir una varilla dentro de la boquilla. 3. Expulsar suciedad. 4. Extraer varilla. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipulación de varilla. Riesgo: golpes en ojos. Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
11	Operador	Limpieza de área	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar máquina. 2. Barrer el área. 3. Echar escoria en charola. 4. Trasladar grúa al área. 5. Colocar báscula a grúa. 6. Colocar cadenas a gancho de báscula. 7. Enganchar charola. 8. Pesar escoria. 9. Vaciar charola a depósito de escoria. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: <ul style="list-style-type: none"> • Polvo del acero. • Traslado de grúa. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades respiratorias. • Colisión entre grúas. Prevención: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar mascarilla. • Colocar sensores de proximidad. </p>

6. **REGISTROS:** no aplica.

7. **REFERENCIAS:** no aplica.

8. **APROBACIÓN:**

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. Operación de enderezadora 1

		OPERACIÓN DE ENDEREZADORA 1		SDG-PR-1060-02	Página 1 de 5
Elaborado por: Eduardo Vallejo		Revisado por: Edgardo Medrano		Versión: 0	
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández		Aprobado por: Edgardo Medrano		Fecha de aprobación: 30/07/2013	
Resumen de cambios en la versión actual					
Descripción de los cambios					

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para operación de enderezadora 1 en planta de malla electrosoldada, y sobre todo, lograr el orden adecuado de las tareas, mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores de enderezadora 1 y personal administrativo de la planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores de enderezadora 1 la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Detalles de máquina enderezadora:



Desembobinado



Enderezado



Cizalla



Embalaje

Continuación de la figura 65.

	OPERACIÓN DE ENDEREZADORA 1	SDG-PR-1035-03	Página 2 de 5
---	--	-----------------------	---------------

5. DESARROLLO

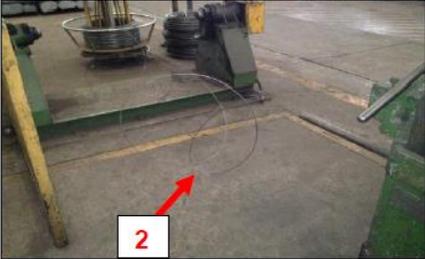
Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Operador	Colocar rollo o carrete	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de carretes. 2. Colocar cadenas al carrete. 3. Levantar carrete. 4. Trasladar carrete. 5. Colocar carrete en contrapunto. 6. Quitar cadenas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar carrete. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de carrete. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión entre grúas. • Asegurarse de carrete enganchado.
2	Operador	Hacer atado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortar dos espiras de alambón con caimán. 2. Colocar una espira de alambón en un extremo, enrollarla dos veces sobre el atado, realizar nudo girando las puntas entre sí y doblarlas. 3. Repetir el paso 2 en el otro extremo. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: manipular espiras de alambón.</p> <p>Riesgo: golpes en ojos.</p> <p>Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
3	Operador	Trasladar atado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de enderezadora. 2. Colocar cadenas al atado. 3. Levantar atado. 4. Trasladar atado. 5. Colocar atado en área de varilla transversal. 6. Quitar cadenas. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar atado. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de atado. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión entre grúas. • Trasladar atado a una altura considerable.

Continuación de la figura 65.

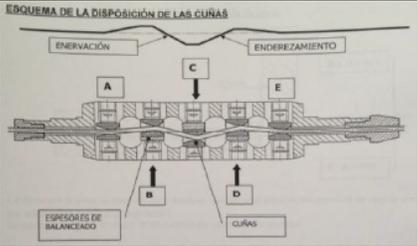
	OPERACIÓN DE ENDEREZADORA 1		SDG-PR-1035-03	Página 3 de 5
4	Operador	Cambio de boquilla de corte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar 2 tornillos con llave Allen de 14mm. 2. Extraer boquilla de corte. 3. Limpieza donde se aloja la boquilla de corte. 4. Colocar boquilla de corte del nuevo calibre. 5. Colocar y apretar tornillo con llave Allen de 14mm. 6. Colocar y apretar tornillo con llave cola corona de 24mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Atrapamiento. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energía.
5	Operador	Cambio de boquilla guía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar tornillo con llave Allen de 14mm. 2. Extraer boquilla guía. 3. Limpieza donde se aloja la boquilla guía. 4. Colocar boquilla guía del nuevo calibre. 5. Colocar y apretar tornillo con llave Allen de 12mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Atrapamiento. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energía.
6	Operador	Afilarse cuchilla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar y quitar tornillo con llave hexagonal 19mm. 2. Extraer cuchilla. 3. Encender esmeril. 4. Afilarse cuchilla. 5. Apagar esmeril. 6. Colocar cuchilla. 7. Colocar y apretar tornillos con llave Allen 14mm. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piedra de esmeril girando. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyección de partículas. • Atrapamiento. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Realizar pre-uso a esmeril. • Bloqueo y etiquetado de energía.

Continuación de la figura 65.

		OPERACIÓN DE ENDEREZADORA 1	SDG-PR-1035-03	Página 4 de 5
7	Operador	Desenredo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar máquina. 2. Desenredar alambre con las manos. 3. Si no se puede desenrollar cortar alambre con caimán. 4. Sujetar el extremo del alambre. 5. Introducir alambre en la entrada de la máquina. 6. Pasar alambre por rodillos de entrada. 7. Pasar alambre por enderezador. 8. Pasar alambre por rodillos de salida. 9. Pasar alambre por boquilla guía. 10. Pasar alambre por boquilla de corte. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de alambre. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes y/o cortes en manos. • Atrapamiento. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energía.
8	Operador	Reventadura de alambre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortar punta de alambre con caimán. 2. Sujetar el extremo del alambre. 3. Introducir alambre en la entrada de la máquina. 4. Pasar alambre por rodillos de entrada. 5. Pasar alambre por enderezador. 6. Pasar alambre por rodillos de salida. 7. Pasar alambre por boquilla guía. 8. Pasar alambre por boquilla de corte. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de alambre. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes y/o cortes en manos. • Atrapamiento. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energía.
9	Operador	Engrase	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de grasera y su alrededor. 2. Colocar la boquilla de la engrasadora a la grasera. 3. Aplicar grasa Alvania EP-2 a presión. 4. Extraer la grasa que se derrama sobre la grasera y colocarla sobre el recipiente contiguo a la engrasadora. 	

Continuación de la figura 65.

	OPERACIÓN DE ENDEREZADORA 1	SDG-PR-1035-03	Página 5 de 5
---	--	-----------------------	---------------

10	Operador	Recalibración	<p>Las cuñas o dados B, C y D actúan sobre el alambre para realizar un movimiento para enervar (debilitar) y otro para enderezar.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La cuña central C se mueve en relación con el diámetro y tipo de alambre. 2. Las cuñas B y D se desplazan a la mitad de la medida de aquella central C. 3. Si durante el funcionamiento existe vibración del rotor, este se debe balancear, accionando los 3 puntos indicados con las flechas B-C-D, utilizando los respectivos contra pesos. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD</p> <p>Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energía.
----	----------	---------------	--	---

6. **REGISTROS:** no aplica.

7. **REFERENCIAS:** no aplica.

8. **APROBACIÓN:**

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

Figura 66. **Operación de soldadora de mallas 1**

		OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1		SDG-PR-1037-03	Página 1 de 6
Elaborado por: Eduardo Vallejo		Revisado por: Edgardo Medrano		Versión: 0	
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández		Aprobado por: Edgardo Medrano		Fecha de aprobación: 30/07/2013	
Resumen de cambios en la versión actual					
Descripción de los cambios					

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para operación de soldadora de mallas 1 en planta de malla electrosoldada, y sobre todo, lograr el orden adecuado de las tareas, mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Operadores y ayudantes de soldadora de mallas 1 y personal administrativo de planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y de los operadores y ayudantes de soldadora de mallas 1 la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Detalles de máquina soldadora de mallas:



Carretes



LAR



Soldadora



Evacuador



Volteador



Embalaje

Continuación de la figura 66.

	<p align="center">OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1037-03</p>	<p align="right">Página 2 de 6</p>
---	---	---	------------------------------------

5. DESARROLLO

Realizar las actividades de las tareas definidas en este procedimiento con atención a las actividades con riesgos, que contienen el detalle cómo, en relación a (SS) Salud y Seguridad, (CA) Calidad, (MA) Medio ambiente, (CO) Costo y (EN) Entrega.

No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Operador y ayudante	Carrete atrancado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de carretes. 2. Colocar cadenas a la pasteca de la grúa. 3. Sujetar carrete. 4. Levantar carrete. 5. Quitar soportes de carretes. 6. Colocar soportes de carretes. 7. Colocar carretes sobre bases. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar carrete. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de carrete. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión de grúa. • Asegurarse de carrete o rollo enganchado.
2	Ayudante	Amarre de paquete de mallas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortar alambón. 2. Doblar y colocar alambón a paquete de 50 mallas. 3. Girar extremos del alambón. 4. Doblar puntas del amarre. 5. Repetir pasos en los 5 puntos de sujeción.  <p align="center">POSICIÓN DEL GANCHO</p>	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas</p> <p>Riesgo: cortes</p> <p>Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).</p>
3	Ayudante	Evacuar paquete de mallas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trasladar grúa al área de evacuación. 2. Sujetar cercha de malla. 3. Sujetar paquete con los 6 ganchos. 4. Levantar paquete. 5. Trasladar paquete. 6. Montar paquete sobre torre de mallas. 7. Colocar escalera. 8. Subir escalera y desenganchar paquete. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de grúa. • Levantar y trasladar paquete. • Tarea sobre escalera. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colisión entre grúas. • Caída de paquete. • Caída de diferente nivel. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores anticolidión de grúa. • Asegurarse de paquete enganchado. • Prohibido hacer uso del último peldaño de la escalera.

Continuación de la figura 66.

		OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-03	Página 3 de 6
4	Operador	Reventadura longitudinal	1. Parar soldadora de mallas. 2. Identificar puntas de alambre. 3. Trasladar soldadora de tope. 4. Realizar soldadura de tope.	
5	Operador	Enredo longitudinal	1. Parar soldadora de mallas. 2. Desenredar alambre con las manos. 3. Si no se puede desenredar el alambre cortar con caimán. 4. Trasladar soldadora de tope. 5. Realizar soldadura de tope.	
6	Operador	Falla de electrodo inferior	1. Abrir mordazas que sujetan electrodos aflojando tornillo hexagonal con llave de 17mm. 2. Extraer electrodo (en mal estado). 3. Colocar electrodo (en buen estado). 4. Apretar tornillo hexagonal con llave de 17mm.	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: <ul style="list-style-type: none"> Manipulación de piezas. Máquina no bloqueada. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> Golpes en manos. Activar máquina. Prevención: <ul style="list-style-type: none"> Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). Bloqueo y etiquetado de energías.
7	Operador	Falla de electrodo superior	1. Desacoplar mangueras de 3/8. 2. Aflojar y quitar dos tornillos hexagonales con llave 17mm. 3. Extraer bases superiores. 4. Aflojar y quitar dos tornillos Allen con llave 5mm. 5. Extraer electrodo (en mal estado). 6. Colocar electrodo (en buen estado). 7. Colocar y apretar dos tornillos Allen con llave 5mm.	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: <ul style="list-style-type: none"> Manipulación de piezas. Máquina no bloqueada. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> Golpes en manos. Activar máquina. Prevención: <ul style="list-style-type: none"> Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). Bloqueo y etiquetado de energías.
8	Operador	Lubricación de avance	1. Aflojar y quitar tornillo con llave hexagonal de 25mm. 2. Extraer válvula. 3. Echar aceite Tellus 32 hasta el nivel máximo del visor. 4. Colocar válvula. 5. Colocar y apretar tornillo con llave hexagonal de 25mm.	

Continuación de la figura 66.

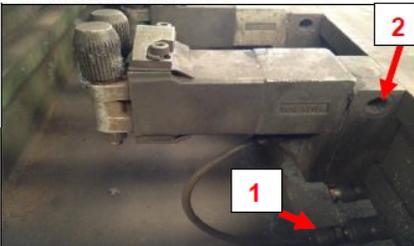
		OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-03	Página 4 de 6
				
09	Operador	Varilla torcida (alarma 1081)	<p>1. Separar de los imanes la varilla transversal y extraerla.</p> <p>2. Presionar botar varilla  en tablero.</p> <p>3. Presionar inicio  en tablero</p> 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piezas calientes. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras • Descargas <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). • Bloqueo y etiquetado de energías.
10	Operador	Alarma 1060	<p>1. Presionar manual  en tablero.</p> <p>2. Presionar F9 en teclado.</p> <p>3. Seleccionar soldadura acorde al paso actual.</p> <p>4. Presionar  en el tablero.</p> <p>5. Presionar  en el tablero.</p> <p>6. Presionar inicio  en tablero.</p> <p>7. Presionar  en tablero.</p> <p>8. Presionar inicio  en tablero.</p> <p>9. Presionar F10 en el teclado.</p>	
11	Operador	Destrabar malla	<p>1. Parar máquina.</p> <p>2. Destrabar malla del volteador.</p> <p>3. Arrancar máquina.</p>	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas Riesgo: cortes Prevención: obligatorio uso de EPP.</p>

Continuación de la figura 66.

		OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1	SDG-PR-1037-03	Página 5 de 6
12	Operador	Extraer malla despegada	1. Parar máquina. 2. Extraer malla. 3. Arrancar máquina. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas Riesgo: cortes Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).
13	Ayudante	Conteo y amarre de malla	1. Ordenar malla. 2. Conteo y amarre en paquetes de 10 mallas. 3. Evacuar 05 paquetes de 10 mallas. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas Riesgo: cortes Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).
14	Ayudante	Corte de mallas de desperdicio	1. Corte de mallas con caimán. 2. Juntar paquetes. 3. Amarrar paquetes con alambre. 4. Solicitar al operador del montacargas la evacuación de los paquetes. 	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: puntas filosas Riesgo: cortes Prevención: obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).
15	Operador	Falla de prensas	1. Desacoplar dos mangueras de 3/8. 2. Aflojar tornillo Allen con llave 10mm de cada prensa. 3. Deslizar seguro de cada prensa. 4. Extraer prensas y entregársela al mecánico. 5. Colocar prensa en buen estado alineada con las pinzas y apretar tornillo Allen con llave 10 mm. 6. Acoplar las dos mangueras de 3/8. 7. Hacer prueba de prensas y verificar si bajan libremente.	(SS) SALUD Y SEGURIDAD Peligro: <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. Riesgo: <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. Prevención: <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales).

Continuación de la figura 66.

	<p align="center">OPERACIÓN DE SOLDADORA DE MALLAS 1</p>	<p align="center">SDG-PR-1037-03</p>	<p align="right">Página 6 de 6</p>
---	---	---	------------------------------------

				<ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo y etiquetado de energía.
17	Operador	Falla de pinzas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quitar acople hexagonal de la manguera de la pinza con llave 13mm. 2. Desmontar pinza aflojando tornillo Allen con llave 10mm y entregársela al mecánico. 3. Colocar pinza en buen estado y apretar tornillo Allen 10mm. 4. Colocar manguera y apretar acople hexagonal con llave 13mm. 5. Hacer prueba de pinzas y verificar funcionamiento. 	<p>(SS) SALUD Y SEGURIDAD</p> <p>Peligro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de piezas. • Máquina no bloqueada. <p>Riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golpes en manos. • Activar máquina. <p>Prevención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatorio uso de EPP (casco, barbiquejo, lentes, guantes, camisa manga larga y zapatos industriales). Bloqueo y etiquetado de energía.

6. **REGISTROS:** no aplica.

7. **REFERENCIAS:** no aplica.

8. **APROBACIÓN:**

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

4.7.3. Procedimiento de mantenimiento

Son procedimientos que tienen como objetivo evitar el mantenimiento prematuro por actividades de mantenimiento incorrectas.

Figura 67. Procedimiento de mantenimiento

	MANTENIMIENTO	SDG-PR-1035-01	Página 1 de 3
Elaborado por: Eduardo Vallejo	Revisado por: Edgardo Medrano	Versión: 0	
Revisado por seguridad industrial: Ing. Marco Fernández	Aprobado por: Edgardo Medrano	Fecha de aprobación: 30/07/2013	
Resumen de cambios en la versión actual			
Descripción de los cambios			

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar mantenimiento en planta de malla electrosoldada, y sobre todo, lograr el orden adecuado de las tareas, mejoras en la utilización, evitar el mantenimiento prematuro, evitar accidentes y adaptación del personal de nuevo ingreso.

2. ALCANCE

Personal de mantenimiento y administrativo de la planta de malla electrosoldada.

3. RESPONSABLES

Es responsabilidad de la gerencia de planta de malla electrosoldada asegurar el cumplimiento de este procedimiento y del personal de mantenimiento la ejecución del mismo.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

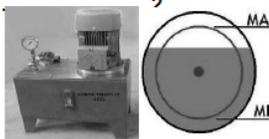
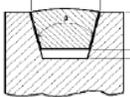
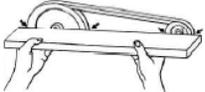
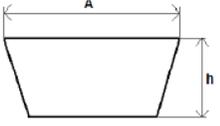
ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGO (APR): es una herramienta de seguridad industrial, que sirve para detallar en un documento las actividades a realizar, describir los riesgos asociados a cada actividad y por último definir las acciones para controlar los riesgos descritos para cada actividad.

PERMISO DE TRABAJO (PT): es una herramienta de Seguridad Industrial, la cual consta de un formulario usado para lograr controlar ciertos trabajos, los cuales han sido considerados como potencialmente peligrosos.

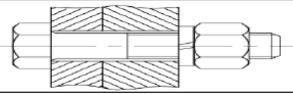
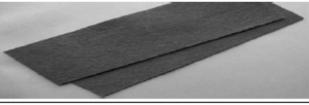
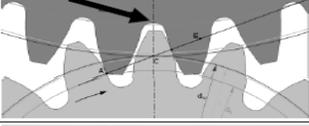
5. DESARROLLO:

No.	Responsable	Qué	Cómo	Puntos clave
1	Técnico	Análisis de la tarea	1. Para cada tarea no rutinaria realizar permiso de trabajo (PT) y análisis preliminar de riesgo (APR).	
2	Técnico	Bloqueo de energías	Al iniciar el mantenimiento asegurarse de: 1. Interrumpir el paso de la corriente del equipo colocando el interruptor en OFF. 2. Bloquear el control o mando con candado. 3. Señalar que el equipo está en mantenimiento colocando la etiqueta.	
3	Técnico	Limpieza	1. Todo montaje y desmontaje de cualquier parte de un equipo, debe acompañarlo una limpieza exhaustiva.	
4	Técnico	Engrase	1. Limpieza de graseras y su alrededor. 2. Colocar la boquilla de la engrasadora a la graseras. 3. Aplicar grasa <u>Alvania EP-2</u> a presión. 4. Extraer la grasa que se derrama sobre la graseras y colocarla sobre el recipiente contiguo a la engrasadora.	

Continuación de la figura 67.

		MANTENIMIENTO	SDG-PR-1035-01	Página 2 de 3												
5	Técnico	Aceite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respetar la identificación en la máquina sobre el tipo de aceite a aplicar y la cantidad. 2. El nivel de aceite a aplicar es en el máximo del visor. 3. Nunca mezclar dos clases de aceites. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.  												
6	Técnico	Fugas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toda fuga debe ser reportada y posteriormente reparada. 													
7	Técnico	Poleas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar faja en la ranura de la polea y verificar que la base mayor esté a ras con la periferia de la polea o sobresaliendo ligeramente. 2. Verificar que entre la profundidad de la ranura de la polea y la base menor de la faja exista de 4 a 6mm de separación. 3. Verificar alineación entre poleas y paralelismo entre ejes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.  2.  3. CORRECTO  INCORRECTO  												
8	Técnico	Fajas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminar tensión en fajas. 2. Extraer juego completo de fajas usadas. 3. Seleccionar el tipo de faja. 4. Colocar juego completo de fajas nuevas, del mismo fabricante, sin ayuda de herramienta y sin forzarlas en la polea. 5. Dar tensión moderada en fajas. 	<ol style="list-style-type: none"> 3.  TIPO DE FAJA <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A (mm)</td> <td>13</td> <td>17</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>h (mm)</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table> 		A	B	C	A (mm)	13	17	22	h (mm)	8	11	14
	A	B	C													
A (mm)	13	17	22													
h (mm)	8	11	14													
9	Técnico	Sprocket y cadenas	<ol style="list-style-type: none"> 1. El juego de sprocket y cadena se reemplaza completo. 2. Las cadenas deben ser lubricadas a cada inicio de turno (a cada 12 horas). 3. Verificar alineación entre los sprocket y paralelismo entre ejes. 4. Dar tensión moderada en cadenas. 	<ol style="list-style-type: none"> 4.  												
11	Técnico	Cojinetes	<ol style="list-style-type: none"> 1. En el montaje tanto el cojinete como las piezas donde se aloja deben estar suficientemente limpias. 2. En el montaje o desmontaje no golpear los anillos o sellos del cojinete. 3. Los rodamientos con diámetro del agujero inferior a 80 mm son montados en frío. 4. Al fallar un cojinete en un eje se realiza el cambio de los dos cojinetes del eje. 													

Continuación de la figura 67.

		MANTENIMIENTO	SDG-PR-1035-01	Página 3 de 3
12	Técnico	Tornillos	1. Todo tornillo debe sobresalir 3 filetes de la rosca y tener su roldana fija y de presión donde aplique.	
13	Técnico	Filtros	1. Los filtros que se elaboran con "fieltro" deben de ser reemplazados a cada 24 horas.	
14	Técnico	Cables de acero	1. Cables de acero con hilos rotos deben ser reemplazados. 2. Soldar puntas de cables de acero para evitar deformaciones. 3. Los estrobos en sus extremos deben de tener tres prensa cables espaciados a una distancia de seis diámetros.	
15	Técnico	Seguros	1. Todo seguro debe de ser extraído y colocado con su pinza adecuada.	
16	Técnico	Engranajes	1. En el montaje de engranajes debe existir holgura entre ellos.	
17	Técnico	Herramienta	1. Toda herramienta debe de ser utilizada para el fin que esta hecha. 2. No utilizar herramienta hechiza.	
18	Técnico	Golpes	1. Todo repuesto nuevo que se coloca debe manipularse de la forma correcta y sin golpearlo.	

6. REGISTROS: no aplica.

7. REFERENCIAS: no aplica.

8. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisión por:	Aprobado por:
Eduardo Vallejo	Edgardo Medrano	Edgardo Medrano
Ingeniero de proceso	Gerente de Planta	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.

4.8. Cronograma de mantenimiento

Es una lista de actividades con ubicación, intervalo y fecha prevista.

4.9. División del mantenimiento preventivo

El mantenimiento se divide en visitas o inspecciones, revisiones, correcciones, lubricación y limpieza.

4.9.1. Programa de visitas o inspecciones

Son inspecciones o verificaciones que no involucran ninguna operación de desmontaje y se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado, seguir la evolución de las anomalías aparecidas para detenerlas antes de que lleguen a ser averías. Para ser consideradas como tales, las visitas deben:

- Ser realizadas en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo trabajó en condiciones de rendimiento óptimo.
- Ser rápidas, detener el equipo, si es necesario, el menor tiempo posible. La duración de una visita debe planearse para que no sea mayor de una hora. En el caso de ser necesaria una intervención de mayor duración, deberá acordarse previamente con producción.
- No desarmar mecanismos complejos; sin embargo, se pueden efectuar pequeños desmontajes para realizar la inspección siempre que no se exceda el tiempo ya establecido.
- Realizar pequeñas reparaciones que no provoquen un paro excesivo.
- Utilizar en lo posible métodos no destructivos de inspección, tales como rayos X y ondas ultrasónicas.
- La puesta en marcha de las visitas se realizará como una serie de acciones sucesivas. No es necesario que termine la precedente para iniciar la siguiente.

La organización y métodos de las visitas deben ser previamente estudiados con el objetivo de:

- Acortar al máximo el tiempo de ejecución.
- Racionalizar las tareas de las visitas.
- Formar o instruir al personal encargado para obtener normalización y disciplina en el trabajo.
- Determinar las herramientas, aparatos de medición, entre otros, que se emplearán durante la visita.

El personal que efectuará las visitas tiene una gran responsabilidad, por lo que debe tener conocimientos técnicos para ser capaz de localizar las causas de posibles averías; además, debe saber localizar los problemas desde el punto de vista económico y no solamente técnico, pues la mayor parte de sus decisiones las tomará sin posibilidad de consultar con los mandos.

4.9.2. Revisiones preventivas

Son intervenciones que se realizan a instalaciones o máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, reparándolas con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la aparición de averías. Las revisiones deben:

- Desmontar partes de la máquina o instalaciones cuando, por consecuencia de la visita previa, se detecta la posibilidad de existencia de anomalías.
- Reparar las anomalías previamente señaladas por las visitas y otras detectadas durante la revisión.

- Sustituir o reemplazar piezas sujetas a desgaste rápido de acuerdo con un programa establecido con anticipación. En esta actividad se tratará de normalizar las piezas que se reemplazan periódicamente.

Las revisiones se tratarán de efectuar en el lugar de la máquina o equipo, pero si la dificultad de reparación requiere que se le traslade al taller de mantenimiento, el tiempo de la revisión debe preverse para negociarlo con producción. Para facilitar las revisiones es conveniente prepararlas previamente, analizando las secuencias de desmontaje y montaje y prever la herramienta y equipo necesarios.

El personal debe ser previamente adiestrado para lo que se puede adoptar la alternativa de asignar a personas específicas para un tipo de máquina, o formar personal polivalente que revise todo tipo de equipo. La primera tiene la ventaja de formar personal especializado, pero la segunda ofrece la posibilidad de un mejor equilibrio de la carga de trabajo y necesidad de menos personal. En las empresas medianas y pequeñas el personal de visita puede encargarse de la revisión.

4.9.3. Correcciones programadas

Las correcciones programadas también son llamadas actividades correctivas programadas y en la mayoría de los casos es una consecuencia de haber realizado un programa de visitas o revisiones, en el cual se determinó la necesidad de reparar o reponer algún elemento del equipo.

4.9.4. Actividades de lubricación

Es la aplicación periódica de aceites y grasas, para evitar las fallas provocadas por desgaste prematuro de las piezas, debido a la fricción. Es un punto fundamental en el mantenimiento preventivo pues con una adecuada lubricación, se puede obtener muchos beneficios, entre los que se menciona:

- Prolongación de la vida útil de maquinaria y equipo
- Reducción de costos de mantenimiento
- Reducción de paros imprevistos

Entre los objetivos de la lubricación de cualquier maquinaria o equipo se puede mencionar:

- Evita el contacto metal con metal directo, con lo que evita el desgaste prematuro y calentamiento de los elementos.
- El lubricante sirve como disipador de calor.
- Sirve como agente anticorrosivo, al mismo tiempo que brinda limpieza sobre superficies que es aplicado.

La planificación de la lubricación es parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto a localización de puntos que necesitan lubricantes, periódica aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los mismos, entre otros. Con estos datos y de acuerdo a las condiciones de trabajo se procede a la normalización de los lubricantes.

Para proceder a la normalización se tabularán las propiedades de los lubricantes requeridos, como:

- Características (densidad, viscosidad, índice de goteo, entre otros.)
- Denominación comercial
- Indicaciones de utilización
- Contraindicaciones

Con estos datos se efectúa una comparación con los lubricantes existentes para elegir los más indicados. Es aconsejable no contar con una gran variedad de aceites y grasas para una misma aplicación.

Al tener normalizados y clasificados los lubricantes, se procede a elaborar las “fichas de lubricación”, las cuales deben constar de:

- Puntos de aplicación
- Niveles
- Frecuencia de aplicación en cada punto
- Tipo de lubricante a emplear
- Limpieza de depósitos
- Renovación

Las operaciones de lubricación se deben cumplir de acuerdo a la planificación previa, no permitiendo aplazamientos de ninguna clase.

4.9.5. Limpieza

Son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión. Se excluyen de esta actividad la limpieza de depósitos de lubricantes por estar considerados dentro de las atribuciones de la lubricación. Las actividades de limpieza se agrupan en:

- Limpieza de máquinas

La limpieza externa o superficial será efectuada por el operario de la máquina al final de la jornada; en superficies de deslizamiento y lugares de difícil acceso, o en los que sea preciso desmontar componentes, serán efectuadas por el personal de mantenimiento.

- Limpieza de instalaciones

Fundamental para efectos de seguridad y rendimiento, especialmente en los recintos de materiales contaminantes, productos químicos, combustible, lubricantes, pinturas, entre otros.

- Conservación de edificios

Agrupar todas aquellas actividades relacionadas con la conservación de los edificios, como el cambio de vidrios, bombillas y tubos en las lámparas, pintura de paredes, entre otros.

- Señalización y acondicionamiento cromático

En este grupo de actividades se incluye pintar motores, guardas, pasos peatonales, delimitación de zonas de tránsito, identificación de conductos y tuberías con sus respectivos colores.

- Prevención contra la corrosión

Incluye toda limpieza y preparación de superficies metálicas susceptibles a corrosión y aplicación posterior de la protección correspondiente, pinturas, anticorrosivos, soluciones asfálticas, entre otros.

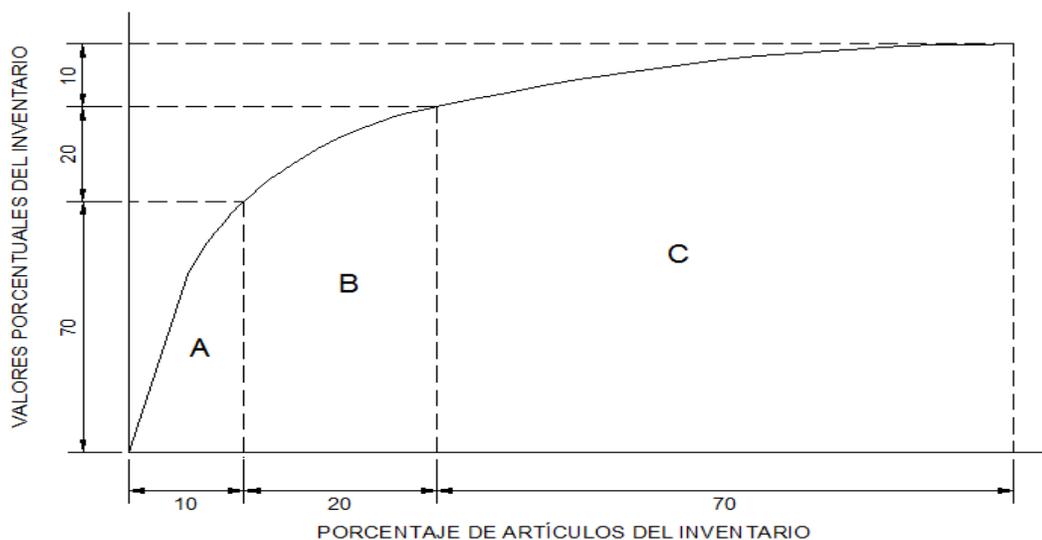
4.10. Stock de repuestos

Las existencias de repuestos presentan los mismos costos que los depósitos de materia prima o los inventarios del producto terminado, es decir, costos de piezas, de espacio, de pedido y transporte. A ellos se agrega el que sobreviene cuando no se dispone de una pieza en el momento necesario. Este último resulta considerable, puesto que el costo originado por la falta de la pieza representa todos los costos de pérdida de producción. Tiene por objetivo el estudio de los repuestos de máquinas e instalaciones, determinación de existencias, intercambiabilidad de piezas entre otros. Se le asigna la existencia de lubricantes, la gestión del almacenamiento en lo que hace referencia de materiales específicos de máquinas e instalaciones.

Mantener un *stock* de repuestos es de suma importancia para lograr un eficiente mantenimiento preventivo, ya que de esta manera se podrán reducir los costos por los tiempos muertos en la máquina.

Sin embargo, se destaca que un alto nivel de inventario puede elevar considerablemente los costos, ya que es un capital inmóvil y se requiere de una alta inversión. Para contar con un inventario menos costoso puede lograrse con un análisis ABC. El análisis ABC está basado en la ley de Pareto, que indica que los artículos de mayor importancia solo proporcionan un pequeño porcentaje del número total de artículos de dicho grupo.

Figura 71. **Gráfica porcentual del valor de inventario**



Fuente: <http://www.luismiguelmanene.com/2012/08/08/gestion-de-existencias-e-inventarios/>

Consulta: agosto de 2013.

Como se puede observar en la figura, el área A representa solo el 10 % de artículos del inventario, sin embargo, representa un 70 % de valor en quetzales proporcionales del inventario, para este tipo de repuestos se debe llevar un mayor control. El área B que indica un 20 % del porcentaje de artículos, representa un 20 % del valor en quetzales del inventario, este no requiere de un excesivo control. El área C representa el 70 % de los artículos en el inventario y sin embargo, un 10 % en el costo del mismo lo que indica que este tipo de repuestos conlleva un menos control que para el caso B.

A medida que se adquiera la información en los distintos reportes, se podrá contar con un adecuado nivel de inventario para las distintas máquinas, y de esta manera también contar con un adecuado presupuesto para el departamento en función de los repuestos. Dentro de las requisiciones se deberán anotar las características que identifiquen los repuestos detalladamente para ir retroalimentando el programa. Es necesario contar con un buen estudio de inventarios determinando la cantidad y período entre pedidos, para minimizar los costos en inventario.

A medida que se vaya solicitando los repuestos, será necesario clasificarlos y archivarlos, de esta manera pronosticar la demanda, realizando un presupuesto lo más realista posible.

4.10.1. Inventario de elementos fabricados

Un proceso de manufactura, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. Se realizan en el ámbito de la industria.

Desde el punto de vista del ingeniero, la manufactura es un mecanismo para la transformación de materiales en artículos útiles para la sociedad. Para la obtención de un determinado producto serán necesarias varias operaciones individuales de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse proceso tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios, hasta la venta del producto como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina-herramienta.

Clasificación de los procesos de manufactura:

- Procesos que cambian la forma del material
 - Metalurgia extractiva
 - Fundición
 - Formado en frío y caliente
 - Metalurgia de polvos
 - Moldeo de plásticos

- Procesos que provocan desprendimiento de viruta por medio de máquinas
 - Torneado
 - Fresado
 - Taladrado
 - Cepillado

- Procesos que cambian las superficies
 - Pulido
 - Recubrimiento

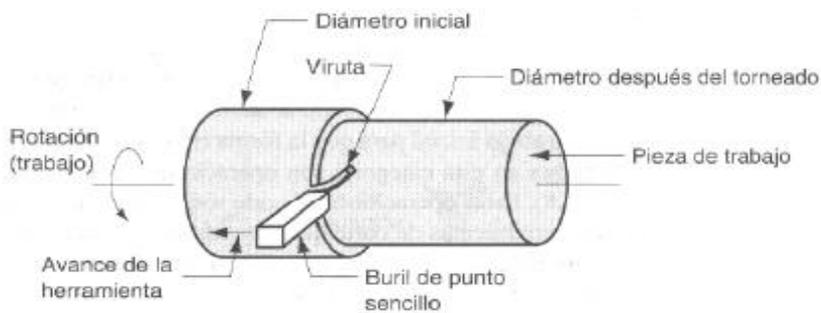
- Procesos para el ensamblado de materiales
 - Uniones permanentes
 - Uniones temporales

- Procesos que cambian las propiedades físicas
 - Tratamientos térmicos
 - Tratamientos químicos

Los procesos de manufactura principales que se practican para mantenimiento en planta de malla electrosoldada son:

- Desprendimiento de viruta
 - Torneado: un buril de punto sencillo remueve material de una pieza de trabajo giratoria para reducir su diámetro.

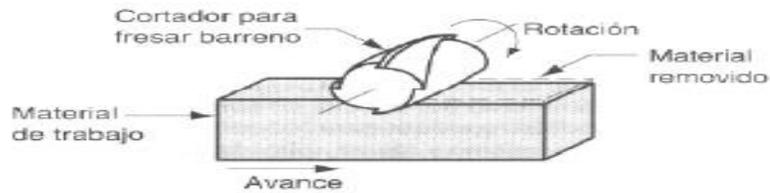
Figura 72: **Torneado**



Fuente: http://www.oocities.org/rodrigo_echeverri/procesos/introduccion.pdf. Consulta: agosto de 2013.

- Fresado: se hace avanzar un material de trabajo por medio de un cortador giratorio con filos múltiples llamado fresa.

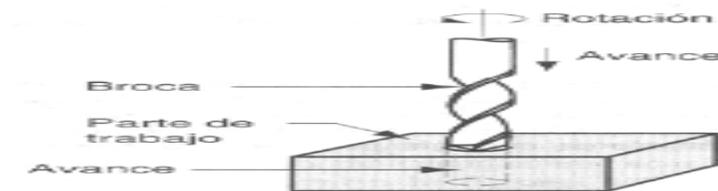
Figura 73. **Fresado**



Fuente: <http://www.oocities.org/procesos.pdf>. Consulta: agosto de 2013.

- Taladrado: una broca rotatoria avanza dentro del material para generar un barreno redondo.

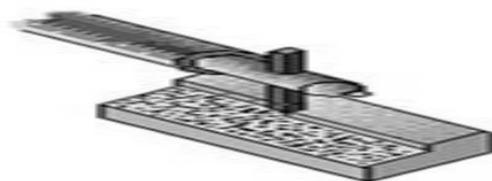
Figura 74. **Taladrado**



Fuente: <http://www.oocities.org/procesos.pdf>. Consulta: agosto de 2013.

- Cepillado: tiene la finalidad de remover metal para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas. La pieza de trabajo se sujeta a una prensa de tornillo o directamente en la mesa.

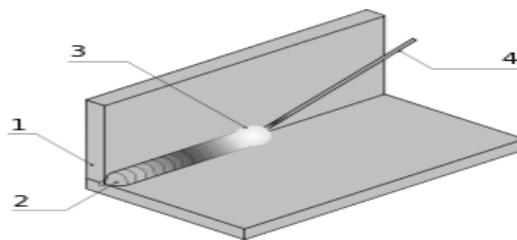
Figura 75. **Cepillado**



Fuente: <http://www.oocities.org/procesos.pdf>. Consulta: agosto de 2013.

- Ensamblado de materiales (uniones permanentes):
 - Soldadura: proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales.

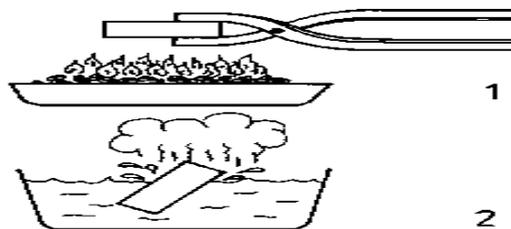
Figura 76. **Soldadura**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>. Consulta: agosto de 2013.

- Cambio de las propiedades físicas
 - Tratamientos térmicos: conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento, bajo condiciones controladas de temperatura, tiempo de permanencia, velocidad, presión, entre otros, de los metales o las aleaciones en estado sólido, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la elasticidad.

Figura 77. **Tratamientos térmicos**



Fuente: <http://www.nzdl.org>. Consulta: agosto de 2013.

Ya fabricadas las piezas de repuesto dan el soporte para cualquier cambio y de aquí parte el inventario de elementos fabricados, el cual está compuesto por los siguientes criterios:

- Todo elemento que tiene la cualidad de ser fabricado en planta, debe tener un repuesto para su remplazo.
- Todo elemento que de rutina se remplaza, debe tener más de un repuesto fabricado según su uso.
- Al momento que un elemento no rutinario sea remplazado, se debe crear una orden de trabajo.

4.10.2. Inventario de repuestos

Son bienes tangibles que se tienen para la venta en un lugar de negocio; pueden ser consumidos en producción de bienes o servicios para su posterior comercialización; también puede referirse a materias primas, en este caso se refiere a los inventarios de repuestos y accesorios y el de maquinaria y equipo. Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso y productos terminados o mercancía para la venta, los materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios: empaques, envases y los inventarios en tránsito.

Los propósitos de las políticas de inventario deben ser:

- Planificar el nivel óptimo de inversión en inventarios.
- A través de control, mantener los niveles óptimos tan cerca como sea posible de lo planificado.

Los niveles de inventario tienen que mantenerse entre dos extremos: un nivel excesivo que causa costos de operación, riesgos e inversiones insostenibles, y un nivel inadecuado que tiene como resultado la imposibilidad de hacer frente rápidamente a las demandas de ventas y producción. Esto no debe perderse de vista, ya que uno genera muchos costos y el otro puede ocasionar pérdidas, por no entregar un pedido importante.

Hay dos decisiones básicas de inventario que los gerentes deben hacer cuando intentan llevar a cabo las funciones de inventario recién revisadas y estas son:

- ¿Qué cantidad de un artículo debe ordenar cuando el inventario de ese ítem se va a reabastecer?
- ¿Cuándo reabastecer el inventario de ese artículo?

Ambas son muy importantes y deben ser llevadas a cabo casi perfectamente para que no exista ningún tipo de problema en cuanto al abastecimiento del artículo, que se esté inventariando.

- Generalidades

La base de toda empresa comercial es la compra y venta de bienes o servicios; de aquí la importancia del manejo de inventarios por parte de la misma. Este manejo contable permitirá a empresas mantener el control oportunamente, así como también conocer al final del período contable un estado confiable de la situación económica de la empresa.

- Tipos de inventarios

Existen dos sistemas de inventarios: el sistema periódico y el sistema permanente. Cuando la empresa utiliza el sistema permanente, debe recurrir a diferentes métodos de valuación de inventarios, entre los que se tiene el método PEPS (primeras entradas, primeras salidas), método UEPS (últimas entradas, primeras salidas, método del promedio ponderado y método *retail*, siendo estos los más utilizados y más desarrollados.

- Inventario PEPS

Método de primeras en entrar primeras en salir. Este método consiste básicamente en darle salida del inventario a aquellos productos que se adquirieron primero, por lo que en los inventarios quedarán aquellos productos comprados más recientemente. En cualquiera de los métodos las compras no tienen gran importancia, puesto que estas ingresan al inventario por el valor de compra y no requiere procedimiento especial alguno. En el caso de existir devolución de compras, esta se hace por el valor que se compró al momento de la operación, es decirse le de salida del inventario por el valor pagado en la compra.

Al utilizar este método de valuación de inventarios, se da un efecto sobre los resultados financieros de la empresa, tanto por el monto del costo de las ventas como por el valor del inventario final. Bien se sabe que al sacar las unidades que se compraron primero, significa que en el inventario final quedan las últimas unidades compradas, y estas unidades por lo general se adquirieron a un mayor costo.

Ahora el costo de venta al ser determinado sacando las primeras unidades compradas, que por lo general fueron más económicas, se tiene un costo de venta relativamente más bajo, lo que significa que tendrá menor efecto sobre la utilidad, resultando como consecuencia que esta sea más elevada que si se utilizaran otros métodos de valuación de inventarios. En forma general, este método hace que la utilidad sea menor y que el balance general se sobrevalore un poco al contener un inventario final de mercancías un tanto más costoso.

- Inventario UEPS

Método de últimas en entrar primeras en salir. En este método lo que se hace es darle salida a los productos que se compraron recientemente, con el objetivo de que en el inventario final queden aquellos productos que se compraron primero. Este es un método muy útil cuando los precios de los productos aumentan constantemente, cosa que es muy común en los países con tendencias inflacionarias.

El tratamiento que se le da a las devoluciones en compras es el mismo que se le da en el método PEPS, es decir que se le da salida del inventario por el valor de adquisición, esto debido a que como es apenas lógico, el producto se devuelve por el valor que se pagó a la hora de adquirirlo. Se debe recordar además que los diferentes métodos de valuación tienen validez para costear las ventas o salidas, ya que las compras ya tienen un costo identificado que es el valor pagado por ellas. En el caso de la devolución en ventas, estas ingresan nuevamente al inventario por el valor o costo con que salieron al momento de hacer la venta.

En el caso de la devolución en ventas, estas ingresan nuevamente al inventario por el valor o costo con que salieron al momento de hacer la venta. Financieramente la utilización de este método, implica un mayor valor del costo de venta debido a que es determinado con base en las últimas unidades adquiridas que por lo general son más costosas; igualmente al costear con base en las últimas unidades compradas, significa que en el inventario final quedan las primeras unidades que en la mayoría de los casos son más económicas, lo que conlleva a que sea de un menor valor.

En conclusión se puede decir que este método es utilizado por empresas en países donde la inflación es alta, con el objetivo de reconocer tales incrementos en el estado de resultados, ya que con el UEPS la utilidad resulta menor al tener unos costos de ventas más elevados, y otro efecto se ve en el balance general al estar un tanto subvalorado por tener el inventario final con precios antiguos.

- Rotación de inventario

La rotación del inventario es uno de los parámetros utilizados para el control de gestión en empresas dedicadas a la venta. Se obtiene al dividir la cifra de ventas, durante un período de tiempo, entre el valor del inventario medio, de ese mismo período de tiempo. Por ejemplo, si un vendedor de coches tiene de media 10 coches en exposición en su tienda y al año vende un total de 150 vehículos, su *stock* tiene una rotación de 15. La rotación se calcula dividiendo las ventas totales, en este caso 150, entre el inventario medio, en este caso 10.

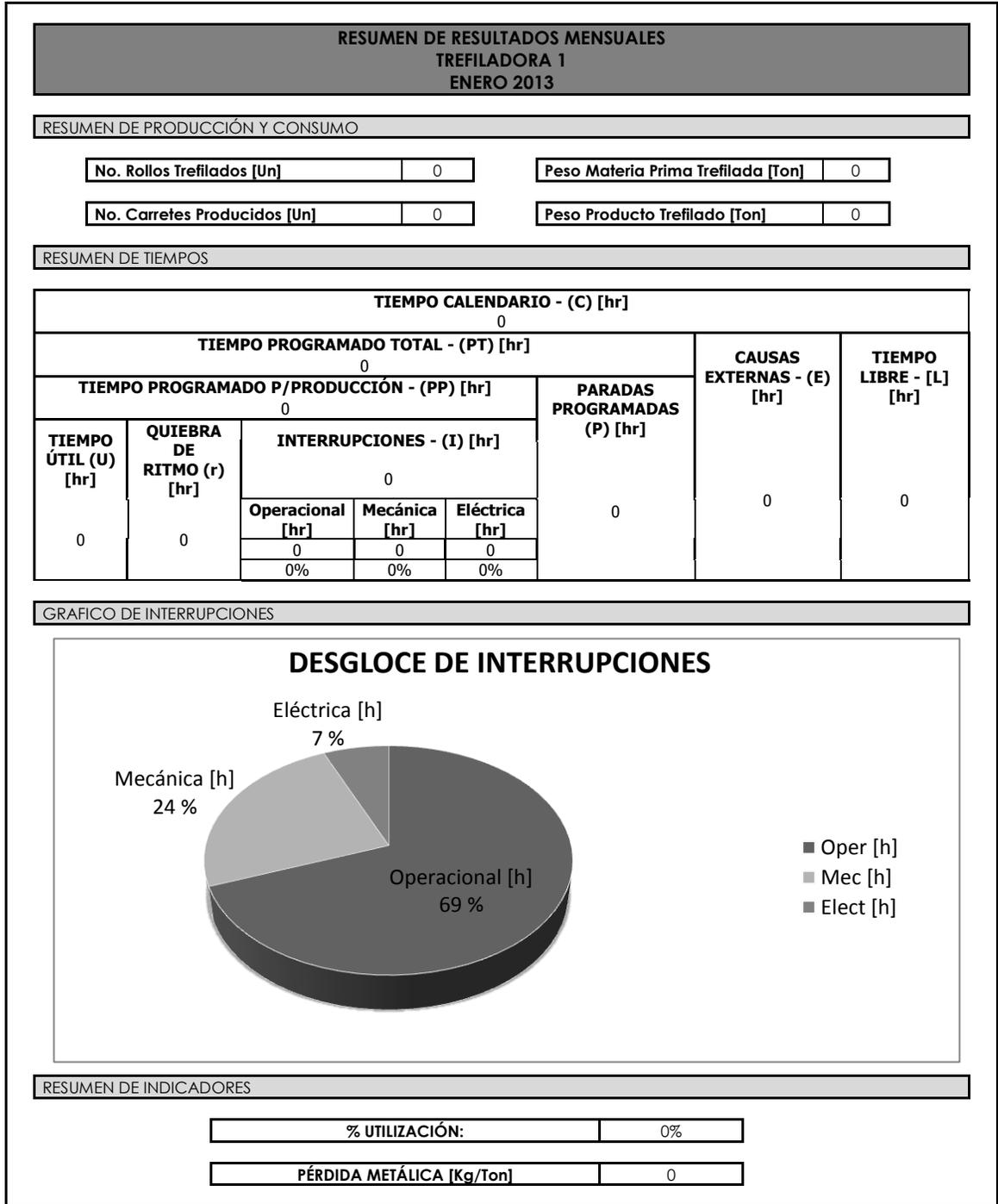
Es uno de los indicadores más importantes y utilizados en la gestión de las grandes cadenas de tiendas. La rotación del inventario, en realidad, está informando del número de veces que se recupera la inversión en ventas, durante un período. En el ejemplo anterior, el vendedor de coches ha recuperado 15 veces la inversión en coches que realizó durante el año, al vender 150 vehículos, manteniendo unas existencias medias de 10.

4.11. Medición del programa o resultados

La medición del programa inicia obteniendo la información de los reportes de producción y tiempo de paros elaborados por los operadores, se tabulan y se despliega el resumen de resultados del mes por máquina, y la primera semana de cada mes se analizan los resultados y se toman acciones para atacar inconformidades.

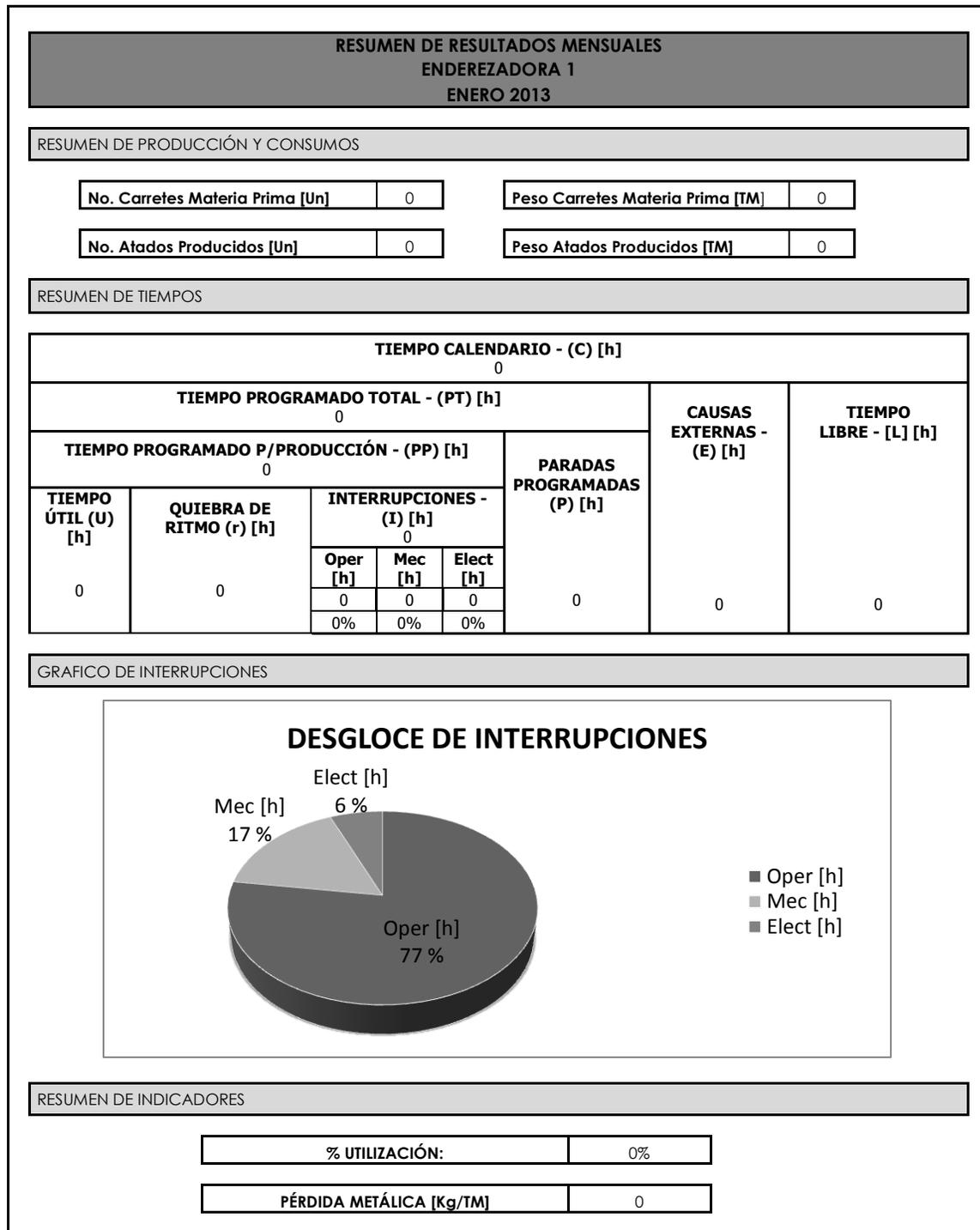
A continuación se presenta el resumen de resultados de trefiladora 1, enderezadora 1 y soldadora de mallas 1:

Figura 78. Resultados mensuales trefiladora 1



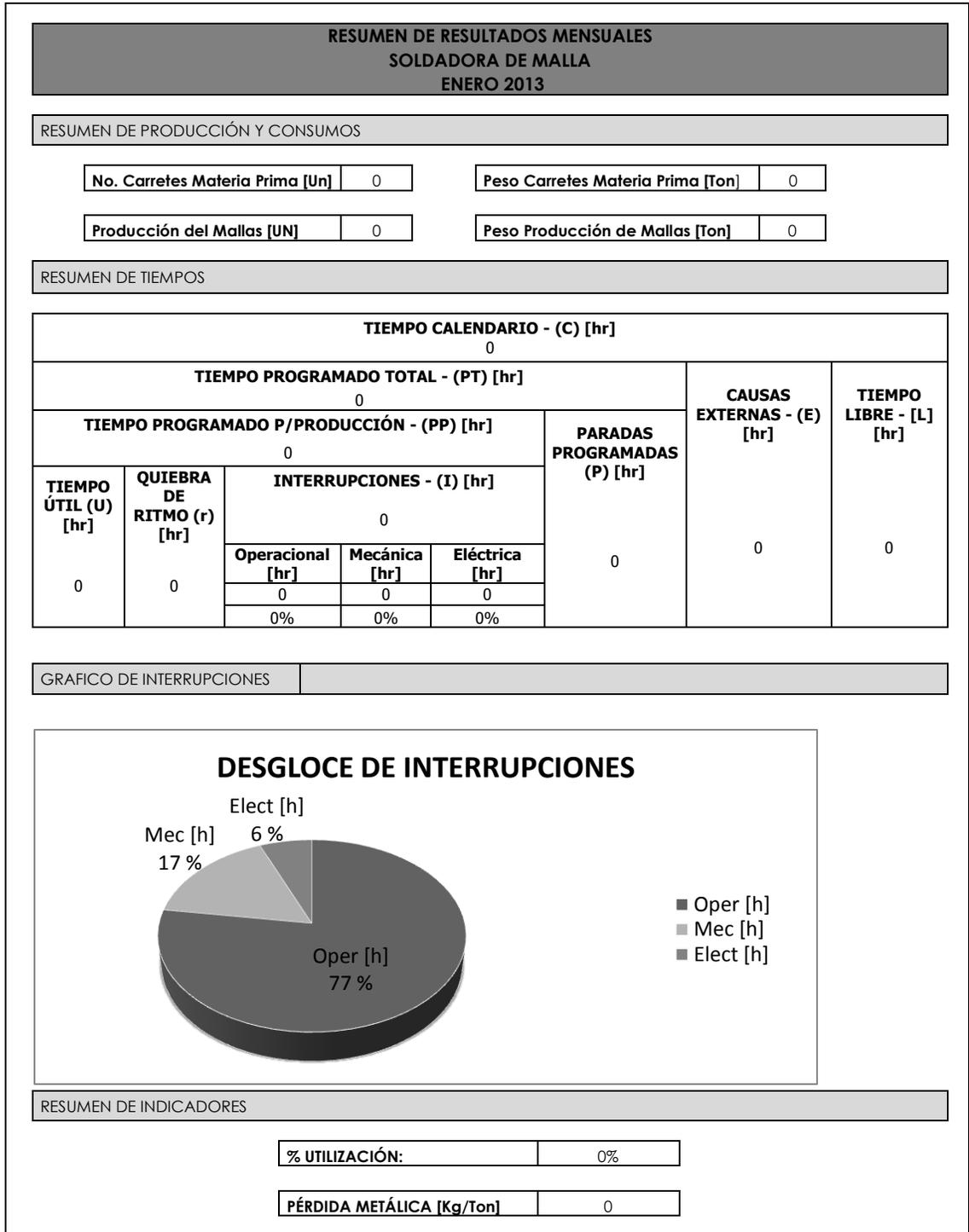
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Resultados mensuales enderezadora 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 80. Resultados mensuales soldadora de mallas 1



Fuente: elaboración propia.

4.12. Revisión del plan

El programa de mantenimiento preventivo es un programa activo, es necesario revisar el plan constantemente.

Cada vez que se obtienen los reportes de producción y paros se deben revisar y procesar la información para obtener un despliegue de indicadores los cuales se analizan diariamente, ya si estos no son lo que se espera y se detecta alguna interrupción se confirma con el reporte de mantenimiento. Por otro lado, toda intervención o reparación se concluye con un reporte de mantenimiento, en el cual el técnico debe detallar datos importantes creando un historial.

Además, si un equipo en particular se muestra en la lista cada vez que se consulta el reporte de mantenimiento, hay que revisar el programa de mantenimiento preventivo para ese equipo y si es posible, hacer los ajustes necesarios en el mantenimiento para que reduzca la cantidad de reparaciones de mantenimiento (correctivo) que se han tenido que realizar a este equipo. Para ello se debe poner particular atención en este equipo, puede ser que el programa o el trabajo técnico no estén siendo efectivos.

Un punto importante es: "planee su trabajo y trabaje con su plan"

Si no se trabaja con el plan no es de esperar poder ejecutarlo en forma correcta, por otra parte, no se podrá prever todos los imponderables; cada vez que se cambie el programa de producción el plan de mantenimiento preventivo necesitará algunos ajustes. Como un ejemplo: el programa de mantenimiento preventivo cuando la maquinaria y equipos están bajo una producción máxima, es totalmente diferente al programa que se ejecuta cuando la producción es baja.

4.13. Actualización del plan

Muy brevemente, para que cualquier plan de mantenimiento preventivo tenga éxito debe ser bien planeado y debe ser un plan actualizado.

Si el programa no parece avanzar, a través de las metas propuestas, entonces se deben ajustar dichas metas, conduciendo una revisión detallada de todo el plan y realizar los ajustes necesarios para llevar el programa por un buen camino.

Muy frecuentemente el primer intento del programa de mantenimiento preventivo será que este sea lo que se quiere que sea. Se debe ser lo suficientemente flexible para permitir que el plan cubra todas las expectativas de la compañía, el programa de producción, la disponibilidad de adaptar los recursos, las demandas de los clientes, entre otros.

Se han cubierto los pasos esenciales para un programa efectivo, se debe iniciar con pequeños ajustes, midiendo los resultados oportuna y continuamente revisando y actualizando el plan de trabajo.

Cada planta es diferente, y en ocasiones las áreas de una planta no son similares, depende del trabajo que se realiza en cada una de ellas, el tipo de maquinaria, el recurso humano disponible, ambiente de utilización, ambiente laboral, entre otros. Sin embargo, se debe realizar un plan general y ajustarlo según las necesidades.

5. CAPACITACIÓN Y DOCENCIA

El programa de capacitación es dirigido principalmente al personal de mantenimiento de la planta, sin desligar a un grupo que es de mucha importancia y gran apoyo para el mantenimiento, el cual es el personal de operación; dicho programa se realiza con el fin de dar a conocer por medio de la elaboración de una presentación, en la cual se muestra en sus diapositivas los conceptos que son la base del mantenimiento, siguiendo con el programa de mantenimiento preventivo y por último los beneficios que se obtienen al utilizar correctamente dicho programa.

Las capacitaciones se impartieron en la sala de reuniones de la línea de producción, al personal técnico de mantenimiento y operadores y sobre todo se debe contar con la valiosa participación y apoyo del gerente.

5.1. Capacitación

La distribución del personal para la capacitación es la siguiente:

Tabla X. **Distribución del personal para capacitación**

GRUPO 1					
Num.	Nombre	Codigo	Puesto	Área	Turno
1	David Sánchez	604799	Operador de trefiladora	Trefilado	Diurno
2	Juan Villegas	604821	Ayudante de trefiladora	Trefilado	Diurno
3	Elias Gomez	604804	Operador de enderezadora	Enderezado	Diurno
4	Augusto Suruy	604811	Operador de soldadora de mallas	Soldadora	Diurno
5	Cristian Pimentel	604810	Ayudante de soldadora de mallas	Soldadora	Diurno
6	Sergio Álvarez	604793	Mecánico	Taller de mantenimiento	Diurno
7	Vicente Muñoz	604796	Tornero	Taller de mantenimiento	Diurno
8	Homero Porras	604792	Soldador	Taller de mantenimiento	Diurno
GRUPO 2					
Num.	Nombre	Codigo	Puesto	Área	Turno
1	Alex Canas	604803	Operador de trefiladora	Trefilado	Nocturno
2	Andersson Arredondo	604801	Ayudante de trefiladora	Trefilado	Nocturno
3	Antonio Gamaliel	604805	Operador de enderezadora	Enderezado	Nocturno
4	Willian Garcia	604812	Operador de soldadora de mallas	Soldadora	Nocturno
5	Edgar Ojom	604808	Ayudante de soldadora de mallas	Soldadora	Nocturno
6	Elfi Florian	604794	Mecánico	Taller de mantenimiento	Nocturno
7	Ivan Garcia	604795	Tornero	Taller de mantenimiento	Nocturno
8	Juan Cruz Morejon	604807	Soldador	Taller de mantenimiento	Nocturno

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Programa de capacitación

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN			
Grupo	Día	Hora	Tema
1	Lunes	De 08:00 a 09:30	Conceptos básicos
1	Martes	De 08:00 a 09:30	Programa de mantenimiento
1	Miércoles	De 08:00 a 09:30	Trefilado (Operadores y técnicos)
1	Jueves	De 08:00 a 09:30	Enderezado y corte (Operadores y técnicos)
1	Viernes	De 08:00 a 09:30	Soldadura (Operadores y técnicos)
2	Lunes	De 08:00 a 09:30	Conceptos básicos
2	Martes	De 08:00 a 09:30	Programa de mantenimiento
2	Miércoles	De 08:00 a 09:30	Trefilado (Operadores y técnicos)
2	Jueves	De 08:00 a 09:30	Enderezado y corte (Operadores y técnicos)
2	Viernes	De 08:00 a 09:30	Soldadura (Operadores y técnicos)

Fuente: elaboración propia.

- Metodología
 - Clases magistrales
 - Material de apoyo
 - Ejercicios prácticos

A continuación se describen los puntos a impartir en la capacitación para todo el personal técnico y operadores:

- Conceptos básicos
 - ¿Qué es el mantenimiento?
 - Labor del departamento de mantenimiento.
 - Breve historia de la organización de mantenimiento.
 - Clasificación de fallas.
 - Objetivos del mantenimiento.
 - Tipos de mantenimiento.
 - Mantenimiento correctivo.
 - Mantenimiento preventivo.
 - Mantenimiento predictivo.
 - Mantenimiento productivo total.

- Programa de mantenimiento
 - Inventario de la maquinaria.
 - Identificación de la maquinaria.
 - Inventario de repuestos.
 - Criticidad de la maquinaria.
 - Métodos de control: reporte de producción y paros, control de producción, control de tiempos y reporte de mantenimiento.
 - Procedimiento de calibración.
 - Procedimiento de operación.
 - Procedimiento de mantenimiento.
 - Cronograma: trefilado, enderezado y soldadora.

- División del mantenimiento: visitas, revisiones, correcciones, lubricación y limpieza.
- *Stock* de repuestos: inventario de elementos fabricados e inventario de repuestos.
- Medición del programa.
- Revisión del plan.
- Actualización del plan.

5.1.1. Trefilado

A continuación se describen los puntos a impartir en la capacitación para todo el personal de trefilado:

5.1.1.1. Operadores

- Métodos de control: reporte de producción y paros, control de producción, control de tiempos y reporte de mantenimiento.
- Procedimiento de calibración.
- Procedimiento de operación.

5.1.1.2. Técnicos

- Procedimiento de mantenimiento
- Cronograma de trefilado
- Reporte de mantenimiento

5.1.2. Enderezado

A continuación se describen los puntos a impartir en la capacitación para todo el personal de enderezado y corte:

5.1.2.1. Operadores

- Métodos de control: reporte de producción y paros, control de producción, control de tiempos y reporte de mantenimiento.
- Procedimiento de calibración.
- Procedimiento de operación.

5.1.2.2. Técnicos

- Procedimiento de mantenimiento
- Cronograma de enderezado
- Reporte de mantenimiento

5.1.3. Soldadora

A continuación se describen los puntos a impartir en la capacitación para todo el personal de soldadora:

5.1.3.1. Operadores

- Métodos de control: reporte de producción y paros, control de producción, control de tiempos y reporte de mantenimiento.
- Procedimiento de calibración.
- Procedimiento de operación.

5.1.3.2. Técnicos

- Procedimiento de mantenimiento
- Cronograma de soldadora
- Reporte de mantenimiento

5.2. Análisis del mantenimiento

El mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción. Todo equipo está sujeto a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la industria; durante el transcurso de su ejecución se descubre que el mantenimiento es un proceso en el que interactúan máquina y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayudan a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos.

El desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales, para un mejor desempeño.

El mantenimiento está enfocado en la mejora continua y prevención de fallas, mediante una organización que documenta la misma, que ayuda al trabajo en equipo, y preparación constante para actuar sin dejar caer la producción.

En la industria el jefe de mantenimiento debe ser un especialista en organización, para asegurar que todas las tareas de mantenimiento se realicen correcta y eficientemente.

Después de crear formatos de control se puede determinar las fallas más recurrentes y se puede coordinar con bodega de materiales que tenga repuestos en existencia; se puede determinar con qué operadores ocurren más fallas en los equipos, por lo que es un punto de mejora capacitar un poco más.

Se puede determinar qué es mejor, si mantener determinada máquina o comprar una nueva, estos formatos de control le ayudan a la producción a establecer más eficientemente su pronóstico de producción.

CONCLUSIONES

1. Actualmente se está frente a un mantenimiento correctivo no programado ya que no se cuenta con una planificación, la falla se puede dar en cualquier momento y se intervienen los equipos cuando no tienen la capacidad de seguir operando.
2. El programa de mantenimiento se complementa con una parte fundamental, donde se involucra a operadores y técnicos en mantenimiento, la cual consiste en definir procedimientos de operación, calibración y mantenimiento para proceder de forma determinada.
3. Los cronogramas establecidos son la principal herramienta del programa de mantenimiento con la cual se determinan las actividades en los equipos, la frecuencia y fechas establecidas para anticiparse ante cualquier acontecimiento no deseado.
4. El seguimiento de los controles básicamente inicia obteniendo la información de los reportes de producción y tiempo de paros elaborados por los operadores, ambos se tabulan y del control de producción se obtiene la pérdida metálica en kilogramos por tonelada producida y del control de tiempos se obtiene el porcentaje de utilización de los equipos.

5. A los repuestos se les clasifica en dos grupos: los repuestos obtenidos por un proveedor y los repuestos fabricados en planta. Para un inventario óptimo de repuestos obtenidos por un proveedor se le da prioridad a los de importación y seguido a los nacionales, tomando en cuenta que para ambos se debe planificar el pedido. Y para un inventario óptimo de repuestos con la característica de ser fabricados en planta debe existir una pieza lista para su respectivo cambio.
6. El seguimiento del cronograma y la respectiva planificación de las tareas de mantenimiento logra la reducción de paros por fallas de la maquinaria, los cuales se miden con el control de producción y tiempos.
7. La capacitación constituye la parte fundamental de la implementación del programa de mantenimiento, ya que es la oportunidad de perfeccionar a los operadores y técnicos en función de actitud, conocimiento y habilidades.

RECOMENDACIONES

1. Hacer énfasis y analizar el estado del mantenimiento actual, pero sobre todo, reconocer sus debilidades y amenazas.
2. Después de definir procedimientos de calibración, operación y mantenimiento; capacitar a operadores y técnicos para proceder de forma determinada.
3. Planificar con base en los cronogramas de mantenimiento y anticiparse a cualquier eventualidad que pueda estropear todas las actividades descritas en los mismos.
4. Darle seguimiento a los controles de producción y paros todos los días, y darle seguimiento a todas las desviaciones que se obtengan para que no vuelvan a ocurrir.
5. Respetar el inventario de repuestos obtenidos por un proveedor y los repuestos fabricados en planta, realizando inventario mensualmente y sobre todo actualizando el mismo.
6. Realizar reuniones mensuales donde se presenten los resultados de los controles de producción y paros, para que posteriormente se analicen y que sobre todo generen acciones desde las desviaciones más significativas.

7. Después de implementado el programa de mantenimiento se debe capacitar anualmente a los operadores y técnicos sobre las actualizaciones realizadas.

8. Actualizar anualmente el programa de mantenimiento con base en la experiencia obtenida.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABBONDLO VITARI. *Maquinaria para enderezado de alambre: manual de instrucciones*. Italia: Abbondlo Vitari, 1999. 523 p.
2. COMAPAC. *Maquinaria para trefilado de alambre: manual de instrucciones*. Alemania: Comapac, 1999. 145 p.
3. DE LEÓN LAPARRA, Miguel Ángel. *La fabricación de acero en hornos eléctricos de arco en planta Sidegua*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 99 p.
4. MORROW, L. C. *Manual de mantenimiento industrial*. 2a ed. México: CECSA, 1973. 1800 p.
5. RIES, Walter. *Concepto de tiempos: visión general*. Brasil: Gerdau, 2012. 15 p.
6. ————. *Sistema de mantenimiento integrado: visión general*. Brasil: Gerdau, 2008. 125 p.
7. ROSALER, Roberto C.; RICE, James O. *Manual de mantenimiento industrial*. México: McGraw-Hill, 1993. 1600 p.
8. SCHLATTER. *Maquinaria para soldadura de alambre: manual de instrucciones*. Suiza: Schlatter, 1984. 712 p.

