



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE
VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA**

Ing. Henry Elias González Cardona

Asesorado por el M.A. Ing. Walter Emilio Ramírez Córdova

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE
VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. HENRY ELIAS GONZÁLEZ CARDONA
ASESORADO POR EL M.A. ING. WALTER EMILIO RAMÍREZ CÓRDOVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTE EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA DEFENSA DE TESIS

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Arnaldo Ademar Alvarado Cifuentes
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de marzo de 2020.

Ing. Henry Elias González Cardona



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 535.2021.

La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA**, presentado por el **Ingeniero Henry Elias González Cardona**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, octubre de 2021

LNG.EEP.OI.036.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA”

presentado por **Henry Elías González Cardona** quien se identifica con carné **9515974** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 13 de enero de 2021

Maestro
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado **el informe final** del trabajo de graduación titulado: **“GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA.”** Del estudiante Henry Elías González Cardona, del programa de Maestría en **Artes en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 31 de octubre de 2020.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

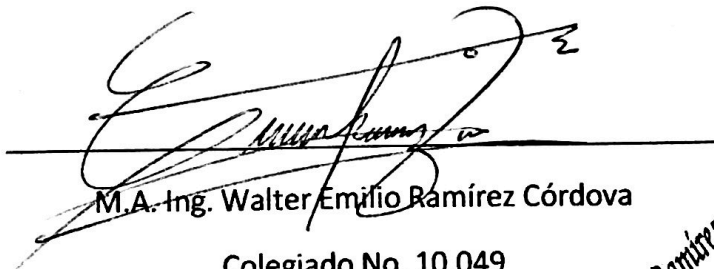
Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación: **“GESTIÓN DEL PROCESO PARA PREVENIR PÉRDIDAS DE BARRAS DE ACERO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE FALLA EN LA PRODUCCIÓN DE VARILLAS CORRUGADAS EN UNA SIDERÚRGICA DE GUATEMALA”** del estudiante **Henry Elías González Cardona**, del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificado con número de carné: 95-15974

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



M.A. Ing. Walter Emilio Ramírez Córdova

Colegiado No. 10,049

Asesor de Tesis

Ing. Walter E. Ramírez C.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 10,049

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía, mi luz, mi fortaleza para lograr esta meta. Gracias por darme la vida en cumplir mi sueño.
Mis padres	Carlos Concepción González (q. d. e. p.) y Berta Lidia Cardona, por su amor y apoyo incondicional en toda mi vida.
Mi esposa	María de Jesús de González, por darme su amor, paciencia, comprensión y apoyo para finalizar este trabajo de graduación, te amo.
Mis hijos	Henry José Carlos y Dulce María González Canchán, por ser mi motivación, que este logro sea una meta a superar, les quiero mucho.
Mis amigos y familia	Por su amistad y cariño especial.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de formar parte de esta Tricentenaria Casa de Estudios.

Facultad de Ingeniería

Por toda la formación profesional, proporcionada durante los años de estudios en, Licenciatura y Maestría.

**Mis compañeros
de la Facultad de
Maestría**

Por su apoyo, amistad y compañerismo en esta etapa de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Industria del acero	1
1.1.1. Proceso para obtención del acero	4
1.1.2. Control de calidad en barras de acero.....	8
1.1.3. Defectos de barras de acero.....	9
1.2. Tratamiento de falla	10
1.2.1. Etapas de metodología tratamiento de falla	12
1.2.1.1. Identificar la falla.....	12
1.2.1.2. Registrar la falla.....	13
1.2.1.3. Tratamiento de la falla	13
1.2.1.4. Definir plan de acción	13
1.2.1.5. Evaluar la eficacia.....	13
1.2.2. Gatillos para activación de tratamiento de falla	14
1.3. Proceso de laminación de varillas corrugadas de acero	14
1.3.1. Prevención de riesgos en el proceso.....	18

1.3.2.	Control de calidad en el proceso de varillas corrugadas de acero	19
1.3.3.	Defectos en proceso de laminación	20
1.3.4.	Empaque de atados de varillas corrugadas de acero	21
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	25
3.1.	Situación real.....	25
3.2.	Causas de las fallas de tipo operacional o de mantenimiento	25
3.3.	Producto no conforme durante el proceso de varilla corrugada de acero	30
3.4.	Plan de gestión del proceso para tratamiento de una falla	31
3.5.	Propuesta de mejora de sistema de gestión del proceso	34
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
	CONCLUSIONES.....	47
	RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS	51
	APÉNDICES.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso general de laminación de barras de acero	18
2.	Pérdidas de barras en período de investigación	27
3.	Comportamiento del indicador en período de investigación	28
4.	Comportamiento del indicador en período de investigación	29
5.	Resultados de los defectos críticos en el proceso de laminación	31
6.	Proceso de la gestión para fallas repetitivas	33
7.	Etapas del tratamiento de fallas	35
8.	Decisión para el análisis de la causa raíz en una falla	38

TABLAS

I.	Operativización de variables	XX
II.	Gatillos en el proceso de laminación de varillas corrugadas de acero	14
III.	Pérdidas de barras de julio a diciembre 2019 por área	26
IV.	Resultado del indicador barra laminada por pérdida de barra 2019.....	27
V.	Resultado del indicador pérdida metálica 2019.....	29
VI.	Resumen de producto no conforme en periodo de investigación.....	30

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
°C	Grados centígrados
h	Hora
kg	Kilogramo
m	Metros
m/s	Metros por segundo
mm	Milímetro
%	Porcentaje
n	Tamaño de la muestra
t	Tonelada métrica

GLOSARIO

Acero	Mezcla de hierro con una cantidad de carbono variable entre 0.008 % y el 2.11 % en masa de su composición.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
BL	Barra laminada (<i>rolled bar</i>).
BOF	Convertidor de oxígeno (<i>oxygen converter</i>).
Chatarra	Conjunto de trozos de metal de desecho, principalmente hierro.
Control de calidad	Estrategia para asegurar el cuidado y mejora continua en la calidad sugerida.
EAF	Horno de arco eléctrico (<i>electric arc furnace</i>).
Ensayos mecánicos	Estudia el comportamiento de los materiales sometidos a diferentes tipos de esfuerzos, analiza la relación entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes.

EPH	Estándar de producción horaria (<i>standard hourly production</i>).
Estabilidad	Hace referencia a la permanencia de las características de un elemento o de una situación a través del tiempo.
Falla	Estado presente o característico de un proceso capaz de ocasionar en este, interrupción permanente, total o parcial.
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (Costa Rica Technical Standards Institute).
Laminación	Proceso industrial por medio del cual se reduce el espesor de un material de acero con la aplicación de presión mediante el uso de distintos procesos con un buen nivel de maleabilidad.
Mejora del proceso	Optimizar la efectividad y la eficiencia, mejorando los controles, el flujo de trabajo y la integración con otros procesos que contribuye en la entrega de valor al cliente final.
Merma por producción	Materia prima que tiene un desperdicio al manufacturar el producto terminado.
Método	Conjunto de estrategias y herramientas que se utilizan para llegar a un objetivo preciso.

MP	Materia prima (<i>raw material</i>).
Número de colada	Número que identifica a un grupo de barras de acero que salen del área de la colada continua en una planta de acería en alto horno.
PB	Pérdida de barra (<i>bar loss</i>).
Producción	Cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios.
Rutina	Cumplimiento en la ejecución de tareas diarias, además de inspecciones que un colaborador realiza en el proceso de fabricación de un producto, utilizando procedimiento o documento de chequeo estandarizado.
Siderurgia	Industria que se centra en la transformación de un mineral, éste se transforma normalmente en un alto horno, instalación industrial donde se funde el hierro.
Tratamiento	Procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar sus causas con sus efectos para evitar sus ocurrencias por medio de un método documentado de prevención.

RESUMEN

En una empresa dedicada a la fabricación de productos derivados del acero como la varilla corrugada, al no prevenir pérdidas de barras de acero por fallas operacionales y de mantenimiento en su proceso afecta el cumplimiento a los programas de producción, aumenta pérdidas de barras de acero, incrementa productos no conformes y riesgo en la sostenibilidad del negocio.

El propósito de la investigación es plantear con el uso de la metodología de tratamiento de fallas la reducción de las pérdidas. Ser eficiente en la gestión de los procesos por medio de la implementación de las etapas del tratamiento de forma sistemática, ayudará a determinar la causa raíz de los problemas o fallas.

Se logró identificar que en el plan de gestión real el procedimiento de los cierres de los tratamientos, quedan pendientes al cumplirse todas las acciones que eliminan la causa raíz de la falla, debido a que no existe una estructura en el organigrama de la empresa que describa la responsabilidad y autoridad para cada líder que participa en la metodología del tratamiento de falla.

El principal beneficio en el sistema de gestión utilizando la metodología de tratamiento de fallas es, evitar que las fallas sean reincidentes. Se afirmó que no se tiene un seguimiento a la metodología.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Planteamiento del problema

Las barras de acero como materia prima son enviadas al proceso de laminación, teniendo la probabilidad de provocar interrupciones por fallas de operación o de mantenimiento.

- Descripción del problema

En los sistemas de control de gestión los procedimientos y la rutina mal aplicada provocan interrupciones que afectan para que una barra sea laminada como efectiva. En la gestión de operaciones la metodología permite encontrar la causa, accionar, estandarizar, entrenar, ejecutar y controlar la calidad del producto terminado. Se determina que en promedio 40 horas se tienen por interrupciones en un mes por las pérdidas de barras.

- Formulación del problema

Las preguntas para resolver el problema son las siguientes:

- Pregunta central

¿Cuál es la gestión del proceso para prevenir pérdidas de barras de acero utilizando la metodología de tratamiento de falla en la producción de varillas corrugadas en una siderúrgica de Guatemala?

- Preguntas de investigación
 - ¿Cuál sería el análisis para encontrar las causas en las fallas de tipo operacional o de mantenimiento que afectan el resultado de lo programado en producción?
 - ¿Cuál sería el mejor método para identificar el producto no conforme durante el proceso en la varilla corrugada de acero por control de calidad en el producto terminado?
 - ¿Cuál debería de ser el diseño del plan de gestión del proceso para darle tratamiento a toda falla operacional o de mantenimiento en la fabricación de varillas corrugadas de acero?

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de gestión del proceso para prevenir pérdidas de barras de acero utilizando la metodología de tratamiento de falla en la producción de varillas corrugadas en una siderúrgica de Guatemala.

Específicos

1. Analizar las causas de las fallas de tipo operacional o de mantenimiento que afectan el resultado de lo programado en producción.
2. Identificar el producto no conforme durante el proceso en la varilla corrugada de acero por control de calidad en el producto terminado.
3. Diseñar un plan de gestión del proceso para darle tratamiento a toda falla operacional o de mantenimiento en la fabricación de varillas corrugadas de acero.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

- Enfoque mixto
 - Cuantitativo: se evaluó el comportamiento del proceso de laminación de varilla corrugada de acero observando los desvíos durante el proceso, analizando la situación de las fallas que ocurrieron en la planta de laminación.
 - Cualitativo: se analizó e interpretó los resultados de las entrevistas realizadas a los colaboradores de operación y mantenimiento por las fallas tenidas en pérdidas de barras. Además de observar las diferentes causas que se tienen en el proceso de laminado de una consecuencia no deseada.
- Diseño no experimental

En la recopilación de la información del proceso en el área de producción se realizó de forma no experimental y de la siguiente manera:

- Observación: se procedió a realizar una visita al área de producción de una planta siderúrgica en donde se observó el proceso de la fabricación de varilla corrugada, partiendo de la materia prima que son barras de acero.
- Entrevistas: se realizó a los operadores que están directamente en el proceso de fabricación de la varilla corrugada de acero, para

recolectar datos e información y conocer las experiencias con respecto a las posibles causas de las fallas que afectan la productividad y calidad en el producto terminado.

- Registros: se solicitó información al departamento de producción para conocer las causas raíz de las fallas de tipo operacional y de mantenimiento, que más afecta en el proceso de fabricación de las varillas corrugadas.

- Tipo transversal

Se realizó con información proporcionada por el departamento de producción en donde se describió el alcance a tener en la investigación, se conoció y evaluó por medio de los registros de producción y reportes de paros no programados las fallas más repetitivas que provocan esos desvíos en el proceso. Esto se realizó de una forma planificada en base al cronograma de actividades desarrollados en la presente investigación.

- Alcance descriptivo

Como objetivo, obtener primero información para poder encontrar las causas raíz de las fallas que provocan pérdidas de barras en el proceso de fabricación de las varillas corrugadas. De dicha información se podría analizar y observar los procedimientos existentes del proceso de calidad, de mantenimiento, de operación, así como conocer las técnicas y estrategias que se utilizan en la producción. Como parte de la investigación se tuvieron las entrevistas a los operadores de producción y mantenimiento para saber, cuál es el tratamiento que dan a las fallas, cuando se tienen pérdidas de barras.

- Variables dependientes

La temperatura de barra: es la que se lleva en el horno de recalentamiento para enviarlo al proceso de laminación, controlando los rangos mínimos y máximos de operación.

El control del rendimiento de calibres y guías, es fundamental para la estabilización del proceso, siendo fundamental manejar un estándar con un tonelaje mínimo y máximo para reemplazar los calibres y las guías que se utilizan para la fabricación de la varilla corrugada.

Etiqueta del producto: es donde lleva la información el producto terminado, como fecha producción, número de colada, tipo de producto, corruga, el grado del acero, código de colaborador del área de conteo y empaque.

Peso lineal: en el proceso de laminación es necesario llevar el control del peso lineal mínimo y máximo de las varillas corrugadas además de las especificaciones del producto (apariencia, altura, ancho de corruga).

- Variables independientes

Ensayos mecánicos: son los ensayos realizados, en el laboratorio de control de calidad, de la resistencia, límite de fluencia, elongación, ensayo de doblado, que se le realiza a la varilla corrugada de acero.

EPH: es la estandarización de la producción horaria en donde las variables de velocidad, el tiempo entre barra y barra, peso lineal, es fundamental para poder determinar la productividad de la planta.

Cierre de producción: es el control al cierre de 24 horas que determina el total de producto terminado producido durante el día, así como del traslado hacia bodega despachos.

- Operativización de variables

Tabla I. **Operativización de variables**

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICAS O INSTRUMENTACIÓN
Analizar las causas de las fallas de tipo operacional o de mantenimiento que afectan el resultado de lo programado en producción.	Independiente	BL / PB = Barra laminada sobre pérdida de barra diariamente. Porcentaje de PM = Toneladas Perdidas / toneladas producidas diariamente.	Fuente documental histórico de producción
Identificar el producto no conforme durante el proceso en la varilla corrugada de acero por control de calidad en el producto terminado.	Independiente	Porcentaje de PNC = Toneladas de producto defectuoso / Toneladas producidas reales diariamente.	Fuente documental histórico de control de calidad
Diseñar un plan de gestión del proceso para darle tratamiento a toda falla operacional o de mantenimiento en la fabricación de varillas corrugadas de acero.	Dependiente	Porcentaje de Cumplimiento = Etapas Necesarias / Etapas Realizadas Semanalmente	Observación directa

Fuente: elaboración propia.

- Fases de la investigación

Para cumplir con los objetivos en la investigación se describen las siguientes fases:

- Fase 1: revisión documental: se refiere a esa revisión histórica de documentos del área productiva para enriquecer el marco teórico en la investigación de sistema de gestión. Aquí se describió, el proceso de laminación así como las fallas más comunes que generan consecuencias de las anomalías en la fabricación de varillas corrugadas de acero, teniendo como resultado las pérdidas de barras por interrupciones indeseables del proceso.

- Fase 2: análisis de las causas: se refiere a, que se realizó por cada falla de tipo operacional o de mantenimiento el análisis de las causas durante el periodo de la investigación cuando se estuvo produciendo la varilla corrugada de acero, como resultado nos llevó a un plan de acción para evitar la reincidencia de la falla. Se describió las etapas a ejecutar para el tratamiento de la falla siendo ellas: registro y apertura de la falla por parte del operador, se encontraron las causas raíz por análisis de árbol de causas, se realizaron acciones, se determinaron estándares, se entrenaron a los colaboradores y se ejecutaron en el proceso.

- Fase 3: identificación del producto no conforme: se identificaron en el proceso de fabricación de la varilla corrugada de acero, las causas que pueden provocar un producto no conforme, utilizando los procedimientos de control de calidad, siendo el muestreo de las varillas para verificar y confirmar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, también se obtuvieron los resultados de los ensayos mecánicos cumpliendo con las normas vigentes internacionales. Se identificaron también los diferentes defectos superficiales a tener en el proceso.

- Fase 4: diseño del plan: se realizó un plan de gestión de procesos (ver referencia 3.4, página 32), para dar seguimiento sistemático al tratamiento de falla de tipo operacional o de mantenimiento. En el desarrollo del plan de gestión es importante el cumplimiento de las etapas aplicando la disciplina de la gestión de acciones resultantes de cada tratamiento realizado. Dicho seguimiento debe ser responsabilidad de un colaborador administrativo perteneciente al departamento de mejora continua para garantizar que la gestión del tratamiento de falla sea cerrada satisfactoriamente. La gestión del plan garantiza una estabilidad en la fabricación del producto terminado.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una propuesta de mejora para no reincidir en las causas raíz de las interrupciones, utilizando la metodología por tratamiento de fallas en una siderúrgica de Guatemala que produce varillas corrugadas de acero.

El problema encontrado consiste en que al momento de producir barras de acero; se tiene la probabilidad de pérdida de barras por diferentes fallas de operación o mantenimiento.

Es importante la solución para reducir las interrupciones así como, merma o desperdicio de pérdida metálica para evitar reclamos por producto terminado no conforme y por desvíos de defectos en la fabricación de la varilla de acero.

Se espera obtener una reducción en la pérdida de barras e interrupciones operacionales o mantenimiento, que conllevan a la pérdida de tiempos y no cumplimiento de metas de producción.

El diseño de la solución fue implementar cada etapa de la metodología de tratamientos de fallas para determinar la causa raíz de las anomalías en el proceso de fabricación, evitando su reincidencia.

Las etapas del tratamiento de fallas para el análisis de una pérdida de barra o interrupción en el proceso de fabricación son nueve: eliminar síntoma “acción inmediata”, identificar la falla, registrar la falla, aprobar el tratamiento de falla, observar el fenómeno, analizar las causas, definir plan de acción, implantar

acciones y evaluar eficacia. Estas nueve etapas constituyen el ciclo a realizarse en el sistema de gestión del proceso.

Para la elaboración de la propuesta de mejora, se utilizaron herramientas de calidad tales como: diagrama de barras, diagrama de Pareto, diagrama de flujo de proceso y gráfico de control. Con el fin de ampliar las causas raíz del problema planteado y con ello dar una propuesta de solución con las etapas de la metodología.

El informe final presenta los siguientes apartados: en el capítulo 1, se desarrolla el marco teórico; en donde se dan conocer generalidades de la industria del acero, sus características, así mismo se menciona el proceso para obtención del acero. Se describen las etapas de la metodología de tratamiento de una falla y los gatillos para activación de la falla. Se menciona el proceso de laminación en la línea de investigación y su unidad de análisis. En el capítulo 2, se da a conocer el desarrollo de la investigación. En el capítulo 3, la presentación de resultados con base a los objetivos de la investigación. En el capítulo 4, se llevó a cabo la discusión de resultados de lo investigado presentando lo relevante de la propuesta de mejora así como, el planteamiento de la solución al problema. Se detallan las conclusiones y recomendaciones resultantes de la investigación y de los objetivos. Finalmente, se adjunta en los apéndices, registros y formatos de la investigación. Además, formularios y procedimientos del sistema de gestión del proceso como propuesta de mejora en la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describe información relacionada con la industria metalúrgica como conceptos del proceso de laminación de barras de acero, también de producción en el proceso de acería y del control de la calidad en la transformación de varillas corrugadas de acero.

1.1. Industria del acero

La industria metalúrgica inicia con la edad de los metales en el VI milenio A.C. Ovejero (2018), menciona que en el medio oriente, la industria ha tenido muchas aplicaciones desde prácticas como de tipo artesanal sin perder sus cualidades hasta tecnológicas por ser considerado a nivel mundial desde el siglo XX, como desarrollo disciplinado en los países para dejar atrás esas formas empíricas y descriptivas en el manejo de los metales.

La metalurgia moderna es considerada como tal, gracias a las herramientas de matemáticas, de la física y de la química para ser considerados los materiales no metálicos en un estudio que contribuye como resultado la ciencia de los materiales, por eso es que la metalurgia es considerada como la madre de las ciencias de los materiales.

Los metales por sus características y aleaciones son aplicados a varias industrias en el mundo como la automotriz, la eólica, la industrial, la química, la hidroeléctrica. Por la gran cantidad que existe de los metales en la corteza terrestre por sus propiedades y aleaciones resulta que puede aplicarse en

ambientes por rango de temperaturas, logrando tener una conductividad eléctrica y térmica, ampliando su aplicación en reactores nucleares de fusión.

Se considera que la metalurgia seguirá siendo el pilar del desarrollo en la industria mundial, entre la gran variedad de metales y sus aleaciones está el acero que es un material muy fácil de cambiar sus propiedades, permitiendo obtener nuevas aleaciones llegando a ser un material moldeable y considerado como un insumo del futuro en las industrias metalúrgicas del mundo.

En 1950 se inventa el proceso o fabricación de coladas en plantas de acería, siendo requerido para producir perfiles en altos volúmenes de producción, la fabricación inicia en que la fundición de acero líquido es vaciada, usando una válvula con regulación controlada. Zarate (2009), cuenta en su descripción que al momento de vaciarlo en el molde debe ser refrigerado para adquirir el acero una forma pastosa, pasando a un estado sólido con la longitud y sección deseado, listo para ser enviado como barra de acero al siguiente proceso de laminado en caliente.

La combinación de ferroaleaciones en el acero permite obtener barras de acero con mayor dureza y resistencia a la tensión. Para la fabricación del acero, actualmente se realiza por medio de un proceso llamado metalurgia secundaria, en donde el acero es fabricado con el control de las propiedades químicas, temperatura del vaciado en los moldes, eliminación de incrustaciones e impurezas no deseadas, luego pasa por el horno cuchara, finalizando en la sección de colada continua de una forma convencional.

La fabricación de las barras de acero en una planta de acería es considerada a nivel mundial como la segunda más peligrosa del mundo en el grupo de industrias metalúrgicas, en donde a partir de la chatarra inicia el proceso de fabricación para tener como producto terminado el acero en barras, siendo la materia prima de una planta de laminación para la fabricación de varillas corrugadas. González (2015), menciona en su investigación las etapas de cómo se fabrican las barras de acero en una planta de acería.

Describe que, en la etapa de fundición de la chatarra en un horno eléctrico, el acero es un producto de alta resistencia, es moldeable y versátil, en donde puede ser reciclado, devuelto a planta de acería, por ejemplo, en un proceso de laminación, cuando éste es considerado como pérdida metálica o producto no conforme se retorna la merma para su fundición nuevamente en el horno de arco eléctrico. A este movimiento de la merma generada en laminación por pérdidas de barras le genera un costo por desperdicio.

Como aporte al trabajo de investigación se tiene que, a ese proceso de envío de mermas o pérdidas de material en el proceso, a planta de acería, debe considerarse únicamente solo aquella pérdida que se tiene en proceso por despuntes de cizallas y todo aquel producto que no dio la longitud cliente y que no puede ser recuperado. Es importante mencionar que toda pérdida de barra en el proceso de laminación es un evento no deseado por generar una variación en el costo operacional de la planta.

En la fabricación de la varilla corruga, de una planta de laminación se pueden tener fallas operacionales o de mantenimiento provocando que se pierda barra en el proceso de fabricación, debido a muchas causas que pueden ser identificadas y eliminadas. Choez (2015), finalmente en su investigación menciona las pérdidas de barras son consecuencia de no tener identificadas las

causas raíz en el proceso de laminación. Cuando en el proceso de fabricación, se tienen problemas o fallas en su producción, siempre se tendrán pérdidas o costos inevitables que perjudica a la organización.

A continuación, se describen las pérdidas de barras y tiempos por interrupciones que se presentan en la planta de laminación por varias causas en las fallas. Siendo algunas paralizaciones constantes del proceso de fabricación, materia prima fuera de parámetros de calidad, falta de capacitación y entrenamiento a operadores y técnicos de mantenimiento.

El costo por paralizaciones constante del proceso se da cuando se evacuan del tren de laminación el desperdicio (está integrado por costo de merma en \$ (despunte en cizalla, producto no conforme), más el costo por consumo del combustible (siendo el consumo en gal/tm, en donde se conoce el precio en \$ del galón de bunker. El costo por falta de capacitación se da en el departamento de producción cuando se tienen paradas no programadas por la falta de experiencia y conocimiento básico del proceso (es el impacto del costo de producción por barra no procesada, en \$/tm).

1.1.1. Proceso para obtención del acero

Allauca (2011), menciona que, el acero se obtiene a partir de dos materias primas que son fundamentales para la industria siderúrgica, primero por medio de minerales de hierro, este se concentra por medio de óxidos que existe en la naturaleza, siendo algunos: las magnetitas, sideritas y las hemátitas.

Otra forma es por medio de los desperdicios del acero, estos se encuentran como chatarra de maquinaria, vehículos, de la industria, del hogar, como la línea blanca, entre otros. En las dos formas se obtiene acero de buena calidad, que

depende mucho de la clasificación de la chatarra, para cumplir con las especificaciones de los elementos químicos en la fundición del acero líquido.

Salazar (2011), menciona que, para la fabricación de las barras de acero en la industria metalúrgica en una planta siderúrgica, se requiere un alto control del proceso de fabricación, en todas sus etapas por ser considerada una de las industrias a nivel mundial como de alto riesgo en su operación.

La fabricación inicia con la recepción de la materia prima que es la chatarra (desperdicio metálico), en donde se clasifica de acuerdo con su densidad y contenido residual, siendo los siguientes tipos: chatarra de primera considerada como de alta densidad (longitud máxima 80 cm., espesor mayor a ¼", densidad mayor a 750 kg/m³), chatarra de segunda como de baja densidad (longitud máxima 80 cm., espesor mayor a ¼", densidad entre 600 y 750 kg/m³) y chatarra de tercera como de muy baja densidad (longitud máxima 80 cm., espesor menor o igual a ¼", densidad menor a 600 kg/m³).

Para preparar la carga de chatarra en la cesta se debe de tener algunas consideraciones básicas, siendo ellas:

- Clasificación en mermas del proceso de fundiciones y laminación
- Chatarra compactada (pacas)
- Chicharrón
- Riel de ferrocarril
- Troquelado
- Estructuras y misceláneas (de diferente clase)

Se inicia con la etapa de fusión después de cargar con chatarra ya clasificada la cesta procediendo a energizar los electrodos formando un arco

eléctrico cada uno. Durante el desarrollo se tiene un tiempo, que es en donde se demanda mucha electricidad siendo la fusión, considerando hasta un 70 % total de dicha electricidad usando grandes cantidades de energía en electricidad.

Los hornos de fusión para la fabricación del acero, es esencialmente una coraza de acero recubierta interiormente con material refractario, enfriado por paneles de agua. Se tiene una puerta en la parte frontal para desasociar, agregar fundentes, insuflar oxígeno, tomar muestras y temperaturas. En la parte posterior del horno se vacía el acero a una olla que lleva el acero al área de afinación.

Normalmente los hornos tienen una capacidad instalada de 60 toneladas/hora de acero líquido, este cuenta con tres quemadores que usan el combustible diésel y el oxígeno para ayudar a fundir la chatarra que quede pegada en la pared. Entre los materiales que se usan en los hornos para su preparación, se pueden mencionar los siguientes: electrodos, ladrillos refractarios, magnesita, dolomita, grafito, coque, mineral de hierro, tubos para uso de oxígeno, cal, aluminio y ferroaleaciones.

En la etapa denominada L.F. (cucharón), la afinación del acero es realizado con la aportación de una escoria que, al momento de agregar componente de cal a la olla del acero líquido y agentes como el grafito, carbón en polvo y calcio. Se debe mantener una presión adecuada de nitrógeno para poder homogenizar la temperatura del baño de acero y su composición química, antes de trasladar la olla a la siguiente etapa de la máquina de colada continua.

Cuando la olla es llevada hasta la máquina de colada continua por medio de una grúa aérea y esta se encuentre en posición exacta para colar el acero, el operador acciona válvula llamada corredera lineal cuya finalidad es poder regular el caudal de acero hacia el distribuidor.

La máquina de colada continua es una mecanización del sistema tradicional de colar y consta básicamente de las siguientes partes:

- La torreta giratoria
- El distribuidor
- Las lingoteras
- El mecanismo de oscilación
- La vía de rodillos con refrigeración directa a los lingotes
- Sistema de arrastre a velocidad controlada
- Enderezado
- Sistema de corte por cizallas hidráulicas mecánicas
- Camino de rodillos de evacuación de barras de acero.

Las lingoteras de la colada continua tienen en su interior el molde que es de cobre electrolítico en forma de tubo cuadrado de una sección de 150 x 150 milímetros. Los diferentes parámetros que influyen en la solidificación del acero, que es clave para una buena utilización de la máquina de colado continuo se tienen: la velocidad de colado, la sección a colar, la temperatura de colado, la cantidad y forma de refrigeración.

Al salir las barras de acero de la máquina de colada continua se trasladan al área de evacuación para ser cortados a longitud cliente final (12 metros) y un peso promedio de 2,115 kilogramos, para luego ser llevados por medio de una vía de rodillos al final de la mesa galopante, en donde son trasladados hacia el patio de palanquillas por medio de un montacargas para finalizar con la etapa de enfriamiento almacenándolos, luego continuando con su traslado y uso en el área de laminación en caliente, las barras de acero en ese momento alcanzan un promedio de 700 °C.

1.1.2. Control de calidad en barras de acero

Salazar (2005), menciona que la gestión de control de calidad en una industria de metalurgia debe ser considerada como una variable con prioridad en su control como proceso en la fabricación de los productos de acero. Las barras de acero deben cumplir con las especificaciones técnicas en sus propiedades, en la composición química, siendo los elementos claves para la dureza o resistencia del acero el carbono y manganeso.

Para ello en el proceso de fundición del acero en un horno de arco eléctrico, la chatarra es fundida por medio del contacto de electrodos formando un campo magnético para convertirse en acero líquido, en este punto la calidad del acero, es controlado por medio de un muestreo del acero líquido enviando la misma hacia un laboratorio de calidad que por medio del equipo espectrómetro, se obtiene la composición química con información de los componentes con sus porcentajes para confirmar el acero que se está fundiendo en ese momento.

Previo al ingreso de las barras de acero al horno de recalentamiento en el proceso de laminado, se procede a verificar y confirmar que no se tengan desvíos por las características en la materia prima, en donde la persona encargada en calidad procede a inspeccionarlas comparándola con un estándar para proceder con la aceptación.

1.1.3. Defectos de barras de acero

En los antecedentes relacionados con el tema de investigación referente a la gestión del proceso para prevenir pérdidas de barras de acero utilizando la metodología tratamiento de falla en la producción de varillas corrugadas para la eliminación de las fallas operacionales o de mantenimiento que afectan la productividad de la planta, es importante conocer el proceso de laminación en una siderúrgica.

Solares (2015), menciona en su investigación, la materia prima para una planta laminadora, es una barra de acero que puede tener las especificaciones de un acero grado 40 y grado 60, esto lo define la composición química, en donde la fabricación es, en una planta de acería, iniciando desde la fundición de la chatarra en un horno de arco eléctrico hasta el vaciado del acero líquido en moldes para obtener las barras, en sección de 150 x 150 milímetros x 12 metros de longitud y un peso de 2,115 kilogramos.

El aporte es que, al conocer la fabricación de las barras de acero, se puede identificar los defectos en las barras como producto terminado en acería, por ejemplo:

- Porosidad en acero
- Sección fuera de especificaciones
- Defecto de flecha
- Defecto de romboidad

Lo anterior es importante porque evitamos ingresar esas barras que no cumplen con la calidad, al horno de recalentamiento en la planta de laminación en donde luego son enviadas al tren laminador a una temperatura arriba de los

1,000 °C, teniendo el riesgo de perder barras y reducir la eficiencia en el proceso de fabricación de varillas corrugadas de acero.

1.2. Tratamiento de falla

Para poder describir el concepto de falla: para la industria siderúrgica, es el resultado de sucesos indeseados en el trabajo o de forma simple, es todo aquello que no es normal, que no está de acuerdo con el estándar y que puede generar una pérdida.

Para la implementación del sistema de gestión del proceso en una industria del acero, es tener la estrategia para obtener un producto de calidad con garantía de no tener fallas en las etapas de las actividades. Es necesario establecer un sistema basado en la identificación, análisis y corrección de los desvíos que se puedan presentar en la fabricación del producto. Lucas (2014), en su investigación menciona que los modelos de gestión basados en los procesos, se deben considerar las herramientas de mejora continua, como la metodología del tratamiento de falla, considerando actuar sobre la causa (problema), para controlar o eliminar el efecto (resultado).

Como aporte a la investigación es poder implementar o desarrollar cada etapa de la metodología desde las 5'S, identificando fallas, registrándola, realizando el tratamiento, determinando acciones, estandarizando, entrenando, auditando, evaluando la eficacia del tratamiento, hasta encontrar la estabilidad del proceso para reducir o eliminar las fallas de operación o de mantenimiento.

El objetivo principal del proceso de tratamiento de falla, es eliminar la reincidencia de fallas, contribuyendo en la estabilización de los resultados del proceso de fabricación. Vicente (2004), menciona que, si en un área de

producción o mantenimiento las fallas son frecuentes, es necesario tratarlas, atacando sus causas y evitando sus reincidencias.

Para poder describir que es una causa y un síntoma decimos que causa: es el origen de la falla. Para que la falla no ocurra nuevamente se debe identificar la causa por medio de método apropiado y se debe aplicar acciones de prevención con el objetivo de bloquear la causa fundamental sabiendo que dicha causa está relacionada a la ocurrencia de la falla.

Las causas se pueden clasificar en dos tipos: Las causas comunes y especiales en donde las comunes: forman parte del día a día y las especiales: tienen lugar en algún momento o situación especial, ambas generan fallas.

Los síntomas son los resultados de la falla, que se puede identificar mediante los 5 sentidos y sobre ellos actuar para realizar acciones inmediatas de corrección.

Se describe que los sentidos más utilizados por los operadores como instrumentos de medición son:

- El paladar
- La visión
- El oído
- El olfato
- El tacto
- El conocimiento en el proceso

1.2.1. Etapas de metodología tratamiento de falla

Para eliminar un síntoma se debe realizar por medio de una acción inmediata, con ello queda eliminada la falla sin mayores inconvenientes. Para ejecutar la metodología del tratamiento de falla en el proceso de laminación se deben de considerar las siguientes etapas:

1.2.1.1. Identificar la falla

Para que todos los colaboradores en el proceso de laminación puedan identificar una falla, es necesario poner en práctica los cinco sentidos para encontrarla. Las fallas por su naturaleza son clasificadas en:

- Seguridad industrial
- Medio ambiente
- Calidad
- Operación
- Mantenimiento

Una vez identificada la falla, el criterio para saber cuáles serán tratadas obligatoriamente se le conoce como gatillos, en donde es el criterio adoptado para adecuar el número de fallas que serán tratados con los recursos disponibles de cada área.

Para la definición de este criterio, se consideran análisis estadísticos y valores históricos.

1.2.1.2. Registrar la falla

Aquellas fallas que serán tratadas deberán tener un registro o formulario, llenado por el operador que estaba en el puesto de trabajo al momento que ocurra la falla debiendo realizarlo de forma detallada (ver formulario en el apéndice 6).

1.2.1.3. Tratamiento de la falla

Por medio de un análisis de causa y efecto utilizando los cinco porqués o por medio de un árbol de decisiones hasta encontrar la causa raíz. Deben participar todas las personas que puedan contribuir con en análisis para identificar las posibles causas que se relacionan con el problema.

1.2.1.4. Definir plan de acción

Las acciones deben ser orientadas, amplias, incorporadas a la rutina, aquí se debe implementar el 5W2H, que es el: qué, quién, cómo, cuándo, dónde y cuánto. Las acciones deben estar alineadas a las causas raíz definidas. Se deben tener acciones como estándares, entrenamientos, auditorías que ayuden a la eliminación del problema.

1.2.1.5. Evaluar la eficacia

Se debe dar seguimiento al cumplimiento de las acciones y si realmente dichas acciones eliminaron el problema analizado o la causa raíz encontrada. Se debe tener evidencia que la falla o problema no volvió a ocurrir hasta completar haber cerrado el ciclo del seguimiento por tres meses. Si el tratamiento no fue eficaz por no haber eliminado la falla se debe volver a la etapa de observación y análisis, de lo contrario se da por cerrado el tratamiento.

1.2.2. Gatillos para activación de tratamiento de falla

A continuación, se muestran los criterios que se utilizarán en la siderúrgica de Guatemala para la activación de un tratamiento, siendo responsabilidad de los operadores que se encuentran en todo el flujo del proceso de fabricación. Al momento que ocurra una falla se debe iniciar con el registro para el tratamiento de falla.

Tabla II. **Gatillos en el proceso de laminación de varillas corrugadas de acero**

CRITERIOS PARA TRATAMIENTOS DE FALLA					
No.	Gatillos	Área	Criterio	Indicadores Afectados	Coordinador TF
1	1 pérdida de barra	Tren laminador	Toda pérdida de barra en el proceso cuando se esté laminando	Utilización Pérdida Metálica BL/PB	Jefe de área Operación / Mantenimiento
2	60 minutos de interrupción Operacional / Mantenimiento	Todo / proceso	Interrupciones en el mismo punto, mayores o iguales a 60 minutos en el mismo turno	Utilización	Jefe de área Operación / Mantenimiento
3	Producto conforme calidad	Patio Barras de acero / Área de Corte y Empaque	Producto que no cumple con las especificaciones y necesita reproceso, reclasificación, chatarra por consenso o cada 4 palanquillas laminadas / o por cada palanquilla de MP	Pérdida Metálica	Jefe de control de calidad

Fuente: elaboración propia.

1.3. Proceso de laminación de varillas corrugadas de acero

Los trenes de laminación modernos en plantas para la fabricación de varillas corrugadas son de tipo cero torsiones. Significa que cada molino es de configuración vertical y horizontal con un primer grupo de molinos en desbaste

continuo, intermedio y terminador. Abellán (2014), menciona que hay molinos laminadores que son de tipo trío en el desbaste, siendo éstos con muchas complicaciones para la estabilidad del proceso, teniendo bajos rendimientos en sus canales, debido a que estos pueden ser usados en dos sentidos con el paso de la barra de acero.

En los trenes de laminación modernos con un grupo de 6 molinos en la primera etapa, llamados desbastes continuos con cero torsiones en donde reducen el material en sección de ovalo-redondo en cajas verticales y horizontal, contrario a trenes de laminación antiguos con más de 60 años, las primeras reducciones del material se hacían en una caja trío desbaste que era pasar el material en dos sentidos de laminado siendo siempre 6 pases hasta llegar a un material redondo de 58 milímetros aproximadamente.

Este tipo de cajas tríos eran muy ineficientes para la productividad de una planta que fabrica varillas por tener altos tiempos de interrupción en cambio de cilindros o canales, así como de pérdidas de barras en proceso.

Su mantenimiento también requería altos tiempos de intervención. Como aporte al trabajo de investigación es tener mejores controles del proceso operacional y de mantenimiento en un tren de tipo de molinos en desbaste continuos aplicando la metodología de tratamiento de falla para prevenir pérdidas de barras en el proceso de fabricación, para tener menor tiempo de intervención para cambios de canales, así como menos probabilidad de perder barras por tener un tren con más control operacional.

Aquino (2013), menciona que una vez obtenida la materia prima, que es la barra de acero, esta se envía hacia la planta de laminación en dos formas de traslado, como carga en caliente, que es el envío directo desde la colada continua

de la planta de acería hacia el horno de recalentamiento de la planta de laminación, otra forma de carga es en frío en donde se envían las barras desde patio hacia el horno de recalentamiento de la planta de laminación, por medio de montacargas y grúa con capacidad de 10 toneladas.

Las barras de acero entran al horno de recalentamiento con capacidad de 70 toneladas/hora, en donde son trasladadas por medio de un empujador hidráulico por un tiempo aproximado de 3 horas hasta alcanzar una temperatura de laminación entre 1,050 a 1,100 °C.

Luego se procede a deshornar la barra de acero hacia el tren laminador para iniciar con el conformado de la barra en donde se dan dos variables del proceso, el ensanchamiento y el alargamiento del material, pasando por unos grupos de laminación en donde la velocidad de cada grupo va en incremento desde 0.18 a 13 metros/segundo en productos de menor diámetro (por ejemplo, varilla de 8 milímetros).

Los grupos de laminación se componen de: un motor, una caja reductora, dos transmisiones y una caja de laminación que tienen dos cilindros que giran en sentido contrario cuando pasa el material para reducirlo hasta alcanzar el producto final deseado. Normalmente los trenes de laminación modernos tienen un total de 19 grupos para fabricar productos con menores diámetros y mayores velocidades en el proceso.

En el proceso de laminado de las barras de acero se fabrican los productos de varillas corrugadas bajo la norma de calidad ASTM A706 (que se refiere a una norma internacional para barras de acero de refuerzo para hormigón armado por medio de proceso termo tratado). En donde dicha norma establece las características o especificaciones técnicas que debe cumplir con la calidad del

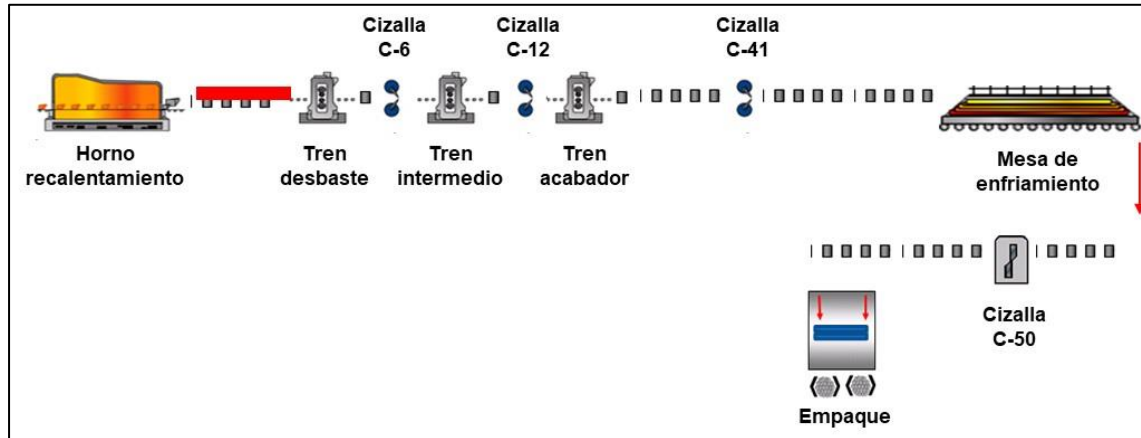
producto terminado, siendo necesario realizar ensayos mecánicos para garantizar los resultados por medio de un informe de calidad.

Después de que la barra de acero pasa por la fabricación de la varilla en el tren laminador, estas continúan por medio de una vía de rodillos hasta una mesa de enfriamiento de 80 metros de longitud en donde previamente son cortadas a longitud múltiplo de 6 metros. Realizando su descargo, luego son trasladadas en forma galopante hacia una vía de rodillos que las lleva a una cizalla que corta a longitud cliente (6, 9, 12 y 15 metros).

Posteriormente se trasladan las varillas hacia el área de conteo a través de un software, el cual realiza un conteo inmediato por medio de cámaras a los mantos de varillas, desplegando un resultado que si el manto va con la cantidad requerida estándar o necesita algún ajuste a realizar (quitar o agregar varillas).

Luego las varillas son trasladadas hacia unas atadoras neumáticas para formar líos, luego continua a unas atadoras hidráulicas para sus amarres finales en el producto terminado. Se procede a la colocación de etiqueta con información del producto terminado (número colada, producto, fecha producción, que tipo de corruga, longitud en metros, tipo de norma y peso del atado).

Figura 1. **Proceso general de laminación de barras de acero**



Fuente: elaboración propia, en colaboración con el proyectista de la empresa Martínez, Miguel (2019).

1.3.1. **Prevención de riesgos en el proceso**

Alomaliza y Chávez (2012), menciona que los riesgos en el proceso de fabricación de barras de acero en una empresa siderúrgica son considerados medianos y algunos críticos por el tipo de industria a la que se refiere.

Desde la recepción de la materia prima (barras de acero) se debe tener una buena identificación del número de colada que corresponde a un lote de barras, así como el control de la cantidad, grado que corresponde para el producto a fabricar. Por lo mencionado anteriormente se debe tener un control de registro diario de toda barra de acero que ingresará al horno de recalentamiento.

Otro de los riesgos en poder tener es la disponibilidad de la energía eléctrica para el proceso de fabricación de barras, esto debido a que la falta de la misma puede provocarnos altos tiempos de interrupción, riesgo de accidente a los

colaboradores por estar retirando el material que se tiene en el tren laminador ante una caída de tensión, en estos casos es siempre recomendable tener a disposición un generador de energía en la planta ante estas eventualidades.

Un riesgo puede generarse en todas las etapas del proceso de fabricación de varillas corrugadas hasta el cliente final. Por ejemplo, el no tener trazabilidad de la barra de acero por medio del número de colada desde que es fabricada en planta de acería, luego ser transformada en varilla corrugada hasta el despacho del producto terminado y que llegue al cliente con una información en la etiqueta de forma errada. Se tendría la consecuencia en que los certificados de calidad no corresponden a la colada despachada, así como no tener la información de la composición química correcta.

1.3.2. Control de calidad en el proceso de varillas corrugadas de acero

En el proceso de laminación después del conformado de las barras, éstas llegan a la mesa de enfriamiento para trasladarlas hacia el corte de longitud cliente, luego control de calidad obtiene muestras para corroborar los parámetros de la varilla (peso lineal, altura, ancho de corruga, diámetro del núcleo, apariencia en general) con el estándar establecido por control de calidad.

Solares (2015), menciona que, en el proceso de laminado de las varillas corrugadas en área de mesa de enfriamiento se debe sacar muestras de varillas cada 30 minutos, dando dos muestras de varilla por colada producida de una longitud de 70 centímetros para realizarle la prueba de ensayos mecánicos en el laboratorio de control de calidad.

Se procede a realizar pruebas de ensayos mecánicos en una máquina de fabricación alemana siendo: resistencia a la tensión, límite de fluencia, así como de doblado, en donde al momento de realizar dichas pruebas se procede a confirmar si los resultados están Ok y si cumplen con la norma internacional ASTM, siendo la A706 que es para varillas corrugadas termotratadas, en donde se verifica también la longitud de estiramiento de la varilla, que da como resultante a la fuerza aplicada y por último se verifica que el resultado de relación de la resistencia y fluencia sea igual a 1.25 o con un dato superior.

1.3.3. Defectos en proceso de laminación

Solares (2015), describe que los defectos resultantes en el proceso de laminación son provocados por inconvenientes de tipo operacional o de equipos, esto debido a que la mayoría se han determinado como causa raíz, el no cumplimiento en estándares de operación de los productos, por defectos de materia prima, por atrancamiento de rodillos de guías de entrada o salida de las cajas de laminación, desgastes debido a que el utillaje está fuera de especificaciones, por control de figuras en los diferentes trenes de laminación.

A continuación, se describen los defectos más comunes en el proceso de laminación:

- Varilla cruzada, esta se caracteriza por tener cilindros laminadores cruzados o guías de entrada descalibrada. Varilla sin vena de un lado, puede ser provocado también por cilindros laminadores cruzados o por tener uno de los rodos de la guía de entrada atrancado.
- Varilla con exceso de desgaste o rayón longitudinal, esto es provocado por tener exceso de material en los pases de laminación de atrás.

- Varilla sin vena, esto es provocado por tener cilindros laminadores muy abiertos o falta de llenado en calibres de las cajas del tren terminador.
- Varilla con escama, esto es un desprendimiento del mismo material de la varilla, provocado por un alto grado de porosidad en la materia prima (barra de acero) que viene de la planta de acería.
- Varilla marcada, esto es provocado por no tener una adherencia en el acero al momento del colado en acería, teniendo un desprendimiento de material en el proceso de fabricación.
- Varilla con exceso de desgaste o marca no legible, esto puede ser provocado por mala refrigeración en los canales de los pases de laminación, así como un exceso en el rendimiento del canal en toneladas.
- Varilla ondulada, esto puede ser provocado por tener un tubo en salida del último pase del laminador con diámetro muy grande.

1.3.4. Empaque de atados de varillas corrugadas de acero

Arresis (2011), indica sobre el producto terminado de la varilla corrugada de acero, es un entregable de satisfacción al cliente, en donde como punto principal en mercadeo es la presentación y seguridad de los amarres en atados, para su fácil manipulación y traslado hacia el destino final.

En las plantas siderúrgicas de fabricación de varilla, una vez que el producto llega a la mesa de enfriamiento a una temperatura de 650 °C., estas son trasladadas en forma galopante hacia una vía de rodillos para ser cortadas a

longitud cliente en una cizalla con capacidad para 500 toneladas de corte de varilla, luego se procede al corte de las varillas a 6, 9, 12 y 15 metros.

Luego son trasladadas hacia un sistema óptico de conteo, en donde se garantiza la cantidad de unidades por lio y por atado de producto terminado. Cada atado de producto terminado es entregado por ejemplo para 6 metros con 4 amarres en una atadora hidráulica, para 9 metros serían 5 amarres de alambión, para 12 metros se tendrían 6 amarres de alambión y por último para 15 metros se tendrían 7 amarres.

Por último, se procede a colocarle la etiqueta al producto terminado con información del producto fabricado, como fecha de producción, tipo de corruga de la varilla, cantidad de varillas en el atado, las normas de calidad con las que debe cumplir, todo esto se maneja por medio de un sistema de control en la etiqueta QR.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación nació de la necesidad de sistematizar la gestión del proceso de producción, utilizando la metodología por tratamiento de fallas en elaboración de varillas corrugadas de acero en una siderúrgica de Guatemala, es importante mencionar que la implementación se realizó cumpliendo con cada etapa de la metodología para determinar la causa raíz de las anomalías en el proceso evitando su reincidencia. En la industria metalúrgica es importante alcanzar una buena calidad en el producto terminado para la satisfacción y preferencia del cliente de un producto de acero certificado para la construcción.

Como problema se identificó que al estar produciendo barras de acero en el proceso de laminación, se tiene la probabilidad de pérdida de barras por diferentes fallas de operación y/o mantenimiento, por lo que es importante dar una solución para reducir la merma o desperdicio de pérdida metálica, interrupciones en proceso o tiempo perdido, así como evitar reclamos por producto no conforme, resultantes por desvíos de defectos en el control operacional del tren laminador.

Se utilizó métodos teóricos que permitieron recolectar datos históricos del proceso, así como poder profundizar en los temas de la investigación, por medio de la recolección de datos de las pérdidas de barras durante el desarrollo del trabajo en reporte de producción y de paros por interrupción, además se entrevistaron a colaboradores operacionales y de mantenimiento, logrando determinar las causas que provocan las pérdidas de barras en el proceso según el conocimiento y acciones que han realizado durante los años de trabajo, siendo

estos datos valiosos para poder generar registros de consulta como árbol de decisiones de las fallas consideradas como críticas en el proceso de fabricación.

El trabajo realizado en el campo fue considerado exitoso por la apertura y acompañamiento que tuvimos de forma programada con los colaboradores durante el desarrollo de la investigación. Se realizó por medio de una entrevista directa a 46 colaboradores del área operacional y de mantenimiento, quienes eran los que estaban al frente de la operación, considerando dos preguntas en un cuestionario para tener el alcance del objetivo de la investigación, hacia la mejora que se tendrá como propuesta en el sistema de gestión del proceso, para un deseado desempeño de los resultados en la planta.

Luego de haber realizado la recopilación de datos históricos en el área o departamento de producción, se procedió a la tabulación de los mismos en el período en que se desarrolla la investigación, determinando las pérdidas de barras que se tuvieron de forma mensual, así como saber si eran de tipo operacional o de mantenimiento representando en forma de gráfica de barras para su análisis, además se determinan las causas que se presentaron en el total de pérdidas de barras. Se presentan también las pérdidas metálicas como producto no conforme resultado del proceso en el producto terminado.

La investigación finaliza con la implementación del sistema de gestión del proceso de forma sistemática detallando las etapas que conllevarán al buen desempeño del tratamiento de falla, desde que se tenga un evento no deseado en el proceso de fabricación, como lo es, la pérdida de una barra hasta el cierre de las acciones resultantes en el tratamiento, en donde se confirmará la eficacia de las acciones, así como por parte del responsable administrativo de producción en el sistema de gestión del proceso, que no se tenga reincidencia de la falla en un corto plazo.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Situación real

El objetivo de estudio del presente trabajo es que las barras de acero como materia prima son enviadas al proceso de laminación teniendo la probabilidad de provocar interrupciones por fallas de operación o de mantenimiento

Se tienen fallas en la gestión del control, en proceso y de maquinaria provocando interrupciones que afectan a que una barra sea laminada como efectiva. La gestión de operación es ineficiente porque toda pérdida de barra no tiene un tratamiento de forma sistemática como lo es, el registro de la falla, el análisis, encontrar su causa raíz, determinar las acciones y cerrar con la eficacia de las acciones para no reincidir en la falla.

En la investigación se conocen las causas más comunes en la operación y mantenimiento que provocan la pérdida de barras en el proceso, los controles y estándares no son de total conocimiento por los operadores. La referencia de los defectos de las barras, del proceso de laminado y cómo accionar de forma inmediata para realizar un ajuste o corrección que pueda eliminar las causas raíz de toda falla, son deficientes.

3.2. Causas de las fallas de tipo operacional o de mantenimiento

Se realizaron las consultas en los registros del departamento de producción en el período de julio a diciembre 2019, del indicador barra laminada por pérdida de barra (BL/PB). El indicador lo que nos muestra es la estabilidad que puede

llegar a tener una planta de laminación que significa saber cuántas barras logro producir de forma efectiva para la pérdida de una.

En el proceso de laminación se fabrican varillas corrugadas de acero desde 8 mm hasta 1 3/8”, en diferentes longitudes cliente, en donde el promedio de barras laminadas en un día de producción que alcanza arriba del 70 % de utilización, está en 567 barras producidas, que equivale a 1,200 toneladas de producto terminado.

La meta que se ha planteado por años, en la administración de la planta para el indicador de barra laminada por pérdida de barra, ha sido de llegar alcanzar en un mes como mínimo un valor de 1,000 unidades efectivas.

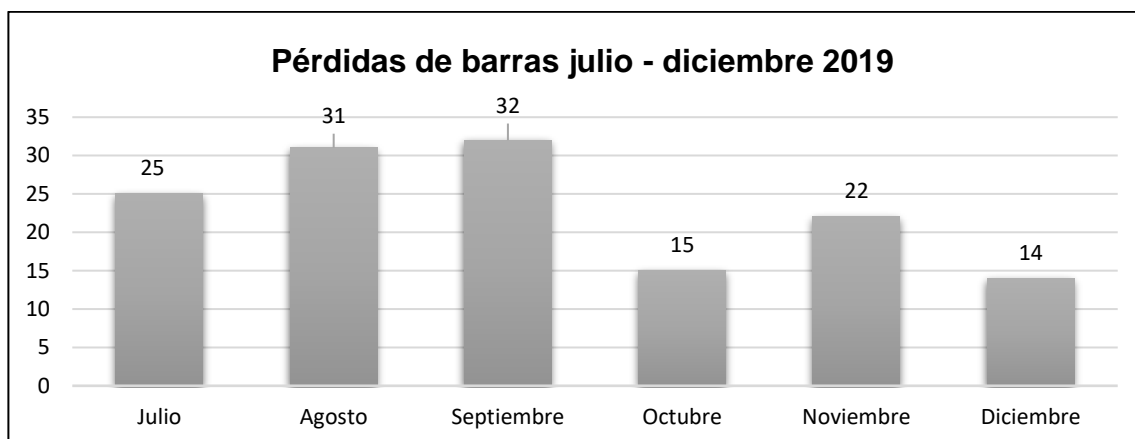
En la tabla III y figura 2, se muestra el total de pérdidas de barras que se tuvo durante el período de la investigación en el 2019, teniendo la cantidad por tipo operacional por mantenimiento, además en otros, están aquellas que son por caída de tensión (considerado como causa externa) y por materia prima (barras de acero defectuosas).

Tabla III. **Pérdidas de barras de julio a diciembre 2019 por área**

MES	NATURALEZA DE LA FALLA (Unidades)			TOTAL MENSUAL	
	OPERACIONAL	MANTENIMIENTO	OTROS	UNIDADES	%
Julio	10	8	7	25	18
Agosto	9	18	4	31	22
Septiembre	7	7	18	32	23
Octubre	10	0	5	15	11
Noviembre	11	7	4	22	16
Diciembre	9	2	3	14	10
TOTAL NATURALEZA	56	42	41	139	
%	40	30	29		100

Fuente: Siderúrgica de Guatemala (2019). *Departamento de producción.*

Figura 2. **Pérdidas de barras en período de investigación**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Siderúrgica de Guatemala (2019).

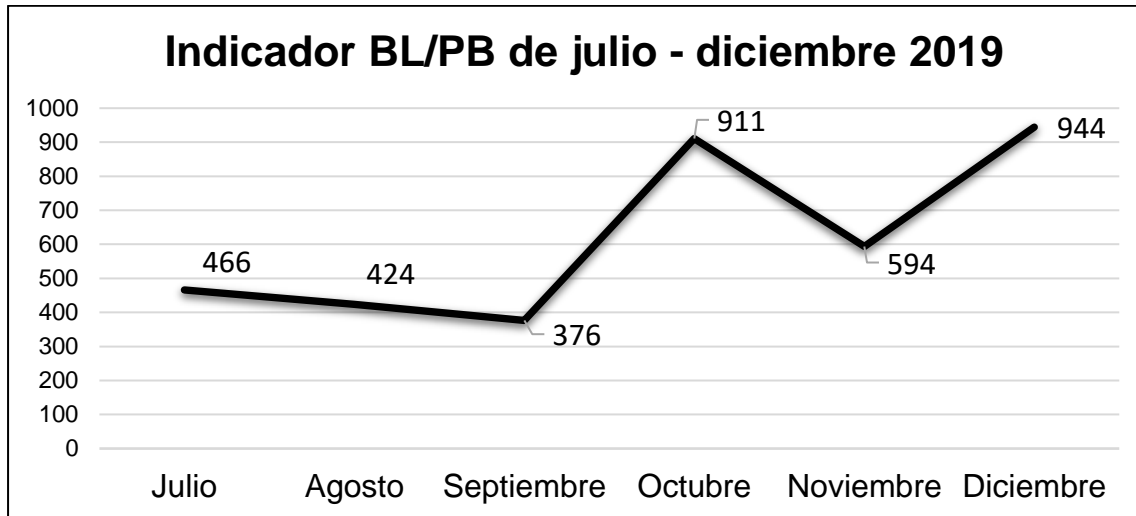
Se presenta en tabla IV y figura 3, el resultado de indicador barra laminada por pérdida de barra (BL/PB) durante el período de investigación, alcanzando el resultado en algunos meses según meta establecida por la administración de la producción de la planta. Se muestra en (apéndice 1), el registro del indicador para el mes de septiembre 2019, siendo el que tiene más pérdidas de barras.

Tabla IV. **Resultado del indicador barra laminada por pérdida de barra 2019**

MES	RESULTADO MENSUAL INDICADOR			
	BARRAS LAMINADAS	PÉRDIDAS DE BARRAS	BL/PB	META
Julio	11,643	25	466	550
Agosto	13,141	31	424	575
Septiembre	12,047	32	376	600
Octubre	13,664	15	911	650
Noviembre	13,059	22	594	700
Diciembre	13,221	14	944	750
TOTAL PERIODO	76,775	139		

Fuente: Siderúrgica de Guatemala (2019). *Departamento de producción.*

Figura 3. Comportamiento del indicador en período de investigación



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Siderúrgica de Guatemala (2019).

De las 139 barras de acero que se tuvieron como pérdida en el período de la investigación, se describen las causas encontradas al momento de ocurrencia de la falla, además de los tiempos perdidos sin producción (ver apéndice 2).

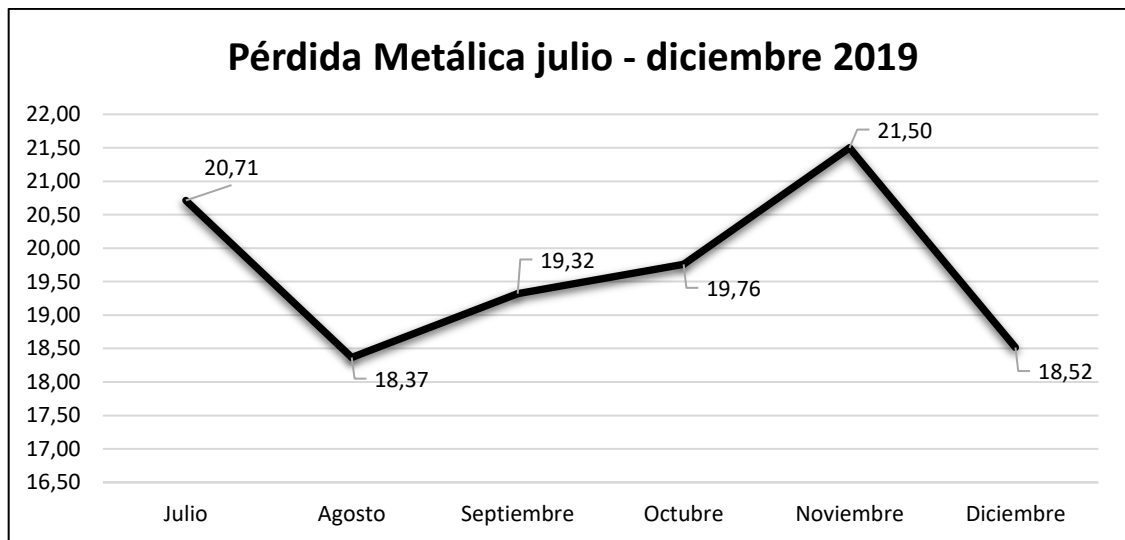
En la tabla V y figura 4, se presenta el resultado de la pérdida metálica en el período de investigación, en donde se tienen todos los despuntes de cabeza y cola que se realizaron en el proceso, así como las pérdidas de barras de tipo operacional o de mantenimiento. Por último, se considera el desperdicio de las varillas cortas que no dan el corte de longitud cliente (6, 9, 12 o 15 metros) y el producto no conforme resultante de eventos no deseados de los defectos de proceso de laminación.

Tabla V. **Resultado del indicador pérdida metálica 2019**

MES	RESULTADO MENSUAL INDICADOR		
	PRODUCCIÓN TM	MERMA (Kg)	PÉRDIDA METÁLICA (Kg/TM)
Julio	24221	501683	20.71
Agosto	27381	502895	18.37
Septiembre	25022	483419	19.32
Octubre	28375	560649	19.76
Noviembre	27095	582491	21.50
Diciembre	27500	509177	18.52
TOTAL PERIODO	159594	3140314	

Fuente: Siderúrgica de Guatemala (2019). *Departamento de producción.*

Figura 4. **Comportamiento del indicador en período de investigación**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Siderúrgica de Guatemala (2019).

3.3. Producto no conforme durante el proceso de varilla corrugada de acero

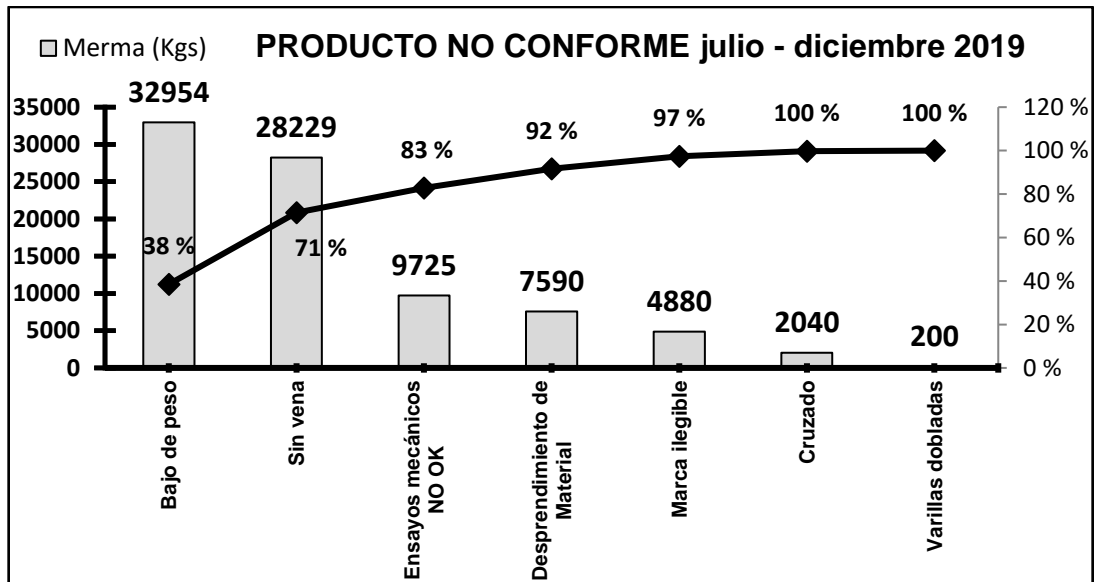
En el período de la investigación se consultaron los registros de merma del área de corte y empaque que pertenece a producción, en donde se describe el producto no conforme que se obtuvo en el proceso de laminación por medio de un gráfico de Pareto, identificando que el 80 % de las consecuencias del producto no conforme es por el 20 % de las causas que se dieron en el proceso. El producto terminado considerado como no conforme es el resultado de las fallas que se pueden tener al momento de estar fabricando la varilla corrugada de acero en las diferentes medidas. El resultado que se describe, es del periodo de julio a diciembre del 2019, en los productos de varillas de 8.5 mm, 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 1" y 1 1/4" en longitudes de 6, 9 y 12 metros.

Tabla VI. **Resumen de producto no conforme en periodo de investigación**

PRODUCTO NO CONFORME			
DEFECTOS DE PROCESO Y MATERIA PRIMA	Merma (Kgs)	%	Acum %
Bajo de peso	32,954	38 %	38 %
Sin vena	28,229	33 %	71 %
Ensayos mecánicos NO OK	9,725	11 %	83 %
Desprendimiento de Material	7,590	9 %	92 %
Marca ilegible	4,880	6 %	97 %
Cruzado	2,040	2 %	100 %
Varillas dobladas	200	0 %	100 %

Fuente: Siderúrgica de Guatemala (2019). *Departamento de producción.*

Figura 5. **Resultados de los defectos críticos en el proceso de laminación**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Siderúrgica de Guatemala (2019).

3.4. Plan de gestión del proceso para tratamiento de una falla

Para el desarrollo de la investigación, realizado durante los meses de julio a diciembre del 2019, en la ejecución de las entrevistas de forma programada a los departamentos de producción y mantenimiento, se obtuvieron los resultados de algunas causas mencionadas por los 46 colaboradores en la planta.

Como resultado del acercamiento se obtuvieron las siguientes respuestas a las preguntas directas realizadas (ver formato en apéndice 3):

La primera pregunta realizada fue ¿Al momento que se tiene perdida de barra en el proceso, que hacen después de que ocurre la falla? de la población total de colaboradores entrevistados, el 15 % (7 colaboradores) indicaron que,

sólo corrigen y reportan la falla, el 24 % (11 colaboradores) indicaron que, sólo corrigen la falla y el 61 % (28 colaboradores) indicaron que, toman evidencia, corrigen y registran la falla.

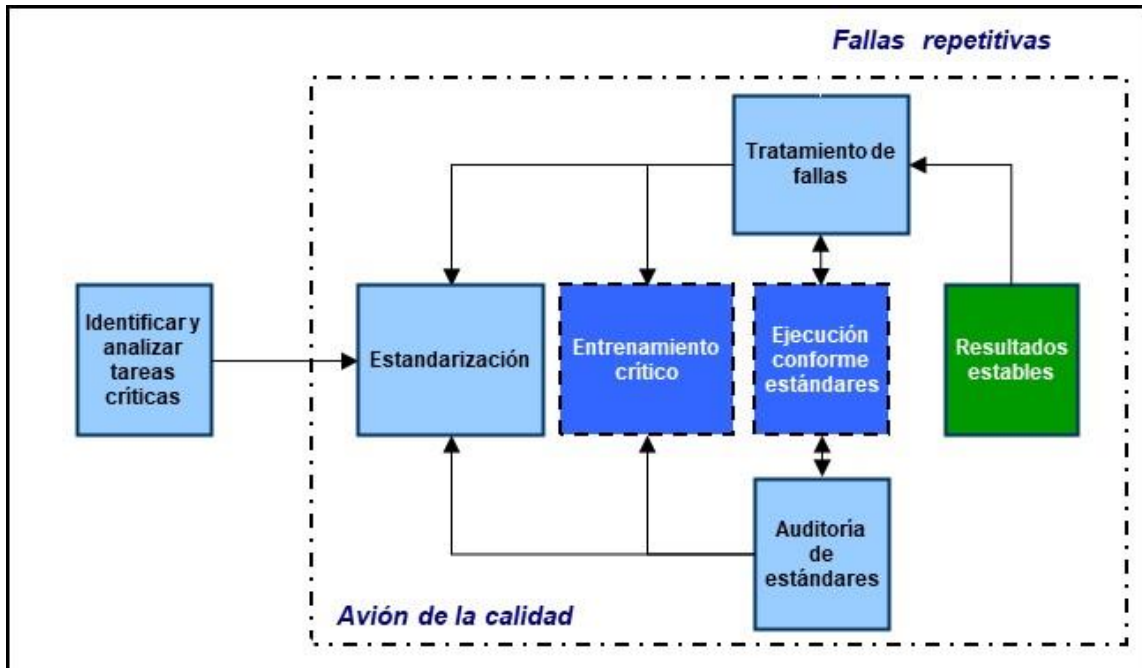
La segunda pregunta realizada fue ¿Según los registros que se tienen al momento, en los tratamientos de fallas del proceso, se evidencia que a veces se realizan, por lo que se considera ¿qué está sucediendo con el no cumplimiento? de la población total de colaboradores entrevistados, el 4 % (2 colaboradores) indicaron que, no funciona realizar el tratamiento de falla, el 26 % (12 colaboradores) indicaron que, no conocen el procedimiento para el tratamiento de falla y el 70 % (32 colaboradores) indicaron que, no hay seguimiento en los tratamientos de falla.

- Proceso del tratamiento de falla real

La administración de la producción de la planta, si tiene definido el procedimiento para realizar un tratamiento de falla, que debe realizarse al momento de que se active un gatillo, establecido en el documento *Procedimiento Gestión para Tratamiento de Falla*, dicho documento se adjunta en el apéndice 4, ya con una propuesta de mejora para su ejecución en la planta.

El desarrollo de la metodología en las fallas del proceso en planta, los colaboradores una vez, ocurra la falla, primero toman la evidencia, registran la falla y posteriormente en un horario establecido realizan el análisis y tratamiento por los líderes de cada área con los colaboradores que intervinieron directa o indirectamente en el proceso.

Figura 6. Proceso de la gestión para fallas repetitivas



Fuente: elaboración propia, en colaboración con el proyectista de la empresa Martínez, Miguel (2019).

Para la gestión de la rutina en el proceso de laminación de varillas corrugadas de acero se inicia con el análisis del proceso de fabricación, en donde se describe la definición del negocio de la planta, además se llega a identificar con su análisis las tareas consideradas como críticas en el proceso.

Para llegar a la gestión conocida en las metodologías de mejora como Avión de la Calidad, se deben tener ya identificadas aquellas tareas que según su ponderación de riesgo en la operación son altas. Para lograr el objetivo de los Resultados Estables en el avión de la calidad, se debe cumplir con el ciclo de las fallas que reinciden o que son consideradas como repetitivas, siendo la

estandarización de las tareas y realizar el entrenamiento a los colaboradores para su conforme ejecución.

Al momento de presentarse las fallas repetitivas en el proceso, se tienen las herramientas dentro del ciclo como, las auditorías de estándares que ayudan a identificar si un colaborador está cumpliendo el procedimiento para su corrección al desvío o actualización de la actividad en la tarea. Por último, se tiene la metodología del tratamiento de falla, en esta etapa del proceso la gestión de cada registro por falla cometida, debe ser cumplida desde el evento no deseado hasta la eficacia de la acción, garantizando la eliminación o no reincidencia de la falla.

3.5. Propuesta de mejora de sistema de gestión del proceso

Para la gestión del proceso en planta y evitar pérdidas de barras en el proceso de fabricación de varillas corrugadas de acero, utilizando la metodología clave en el avión de la calidad que es el tratamiento de una falla, debe conocerse todas las etapas con los colaboradores operacionales y de mantenimiento para lograr un proceso estable.

Es importante que en el equipo de liderazgo de la planta, se tenga una persona responsable del seguimiento a la gestión del proceso, junto con los jefes de las áreas de operación y de mantenimiento debiendo tener el control del seguimiento y cumplimiento de las acciones resultantes de los tratamientos de falla hasta realizar el cierre después de confirmar la eficacia de las etapas de la metodología.

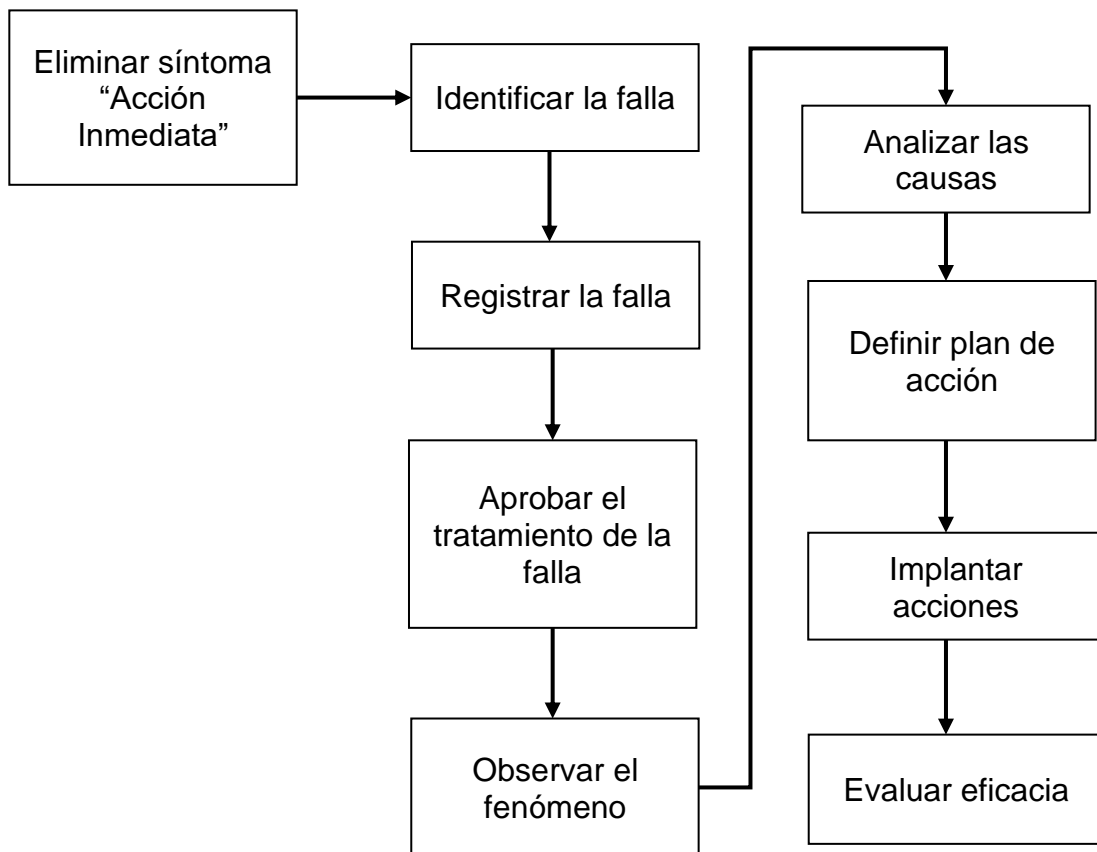
Como un aporte en el análisis y tratamiento de una falla, en donde por naturaleza del área de control de calidad se tengan defectos en proceso de fabricación de la varilla corrugada de acero, se desarrolla documento de apoyo

para reducir los defectos. El documento se adjunta en apéndice 5, *Procedimiento de defectos y criterios para inspección de varilla corrugada*.

La propuesta para sistematizar la gestión de proceso en la planta, en donde cada etapa de la metodología debe cumplirse para alcanzar el resultado de un proceso estable en la fabricación de varilla, se describe a continuación:

- Flujo del tratamiento de fallas

Figura 7. **Etapas del tratamiento de fallas**



Fuente: elaboración propia, en colaboración con el proyectista de la empresa Martínez, Miguel (2019).

- Eliminar síntoma, acción inmediata / identificar la falla

En esta etapa se realiza la remoción inmediata de la falla, en donde el operador al momento de que ocurre el desvío realiza un análisis rápido en el punto, corrige para reanudar el proceso y continuar con la fabricación.

Para detectar una falla se debe identificar el síntoma, para esto se utilizan los 5 sentidos del operador operacional o de mantenimiento:

- Gusto
- Vista
- Tacto
- Oído
- Olfato

Las fallas son clasificadas en las siguientes naturalezas

- Seguridad
- Medio ambiente
- Calidad
- Operación (gatillos)
- Mantenimiento (gatillos)

Una falla puede ser REAL (ocurrió la pérdida) o POTENCIAL (puede ocurrir la pérdida).

- Registrar la falla

En esta etapa es realizar un registro claro y con informaciones suficientes para discutir con todos los involucrados. Esta es la única fuente disponible para futuros análisis. Cuanto antes se registre la falla, mayor es la probabilidad de identificar la causa raíz teniendo las evidencias necesarias de lo ocurrido. Se presenta formato para registrar una falla como aporte a la mejora de la gestión del proceso (ver apéndice 6).

- Aprobar el tratamiento de la falla

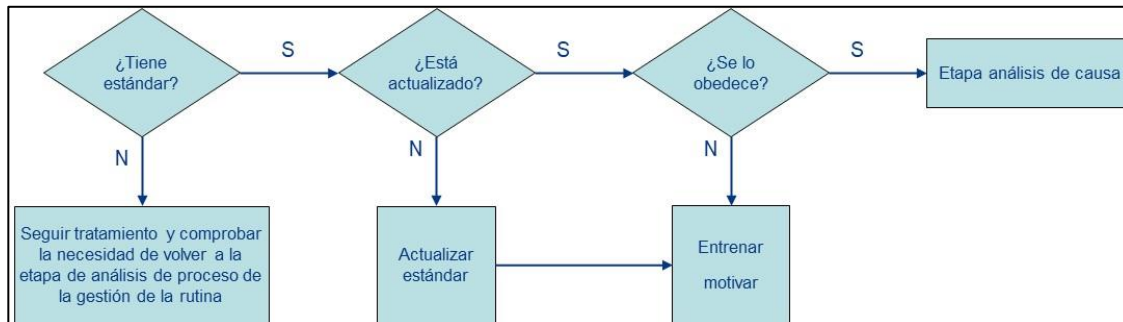
Se deben tratar todas las fallas, independientemente del alcance de los Gatillos, pero a pesar de que en la etapa de apertura se estimula que se relate todo lo que se considere como una falla, en esta etapa se analiza la necesidad del tratamiento.

Como regla general para tratar o no una falla se tiene lo siguiente:

- Riesgo alto o gatillo alcanzado: tratar la falla obligatoriamente
 - Riesgo medio: evaluar la necesidad del tratamiento de falla
 - Riesgo bajo: no tratar la falla
- Observar el fenómeno

Es importante que se analice el nivel de estandarización que se tiene en el proceso donde ocurre la falla, por lo que se sugiere seguir el siguiente flujo:

Figura 8. **Decisión para el análisis de la causa raíz en una falla**



Fuente: elaboración propia, en colaboración con el proyectista de la empresa Martínez, Miguel (2019).

- **Analizar las causas**

En esta etapa, se analiza la causa raíz de la falla, para ello se utiliza la herramienta de análisis con árbol de causas, en donde principalmente se inicia desde el efecto que se tuvo en la falla realizando las preguntas ¿Qué fue necesario para que ocurriera la falla? y una vez encontradas las posibles fallas se realiza una pregunta de confirmación para eliminar el efecto que se tuvo ¿será que solo eso fue suficiente?

Se debe involucrar a las personas que contribuyan con el proceso para identificar las posibles causas que se relacionan con el problema del efecto.

- **Definir plan de acción**

Los planes deben incluir acciones que eliminen la causa raíz del efecto. Las acciones deben ser:

- Orientadas (neutralizar la causa fundamental)
- Amplias (que se puede hacer lo mismo en otros puntos)
- Incorporadas a la rutina (volver al análisis del proceso)

En esta etapa, debemos utilizar el 5W2H (qué, quién, cómo, cuándo, dónde, cuánto y porqué. Se debe tratar de que los operadores involucrados en el tratamiento de la falla participen en la definición del plan de acción.

Es fundamental observar los siguientes puntos durante la definición de las acciones:

- Deben considerarse las acciones de prevención de efectos secundarios (ejemplo: falta de piezas y entrenamientos).
- Las acciones replicadas en otros equipos semejantes con potencial de que ocurra una falla del mismo tipo.
- Definir las responsabilidades y plazos adecuados para ejecutar las acciones.

Las acciones deben estar ligadas a las causas raíz definidas. No se debe dejar ninguna causa sin acción y ninguna acción debe ser planeada sin estar ligada a una causa.

- Implantar acciones

El plan de acción debe implementarse de acuerdo con lo planeado. Se deben realizar reuniones sistemáticas con una agenda definida para controlar y acompañar las acciones de los tratamientos de fallas. El jefe de área es el

responsable por el análisis o ejecución del tratamiento. Sin embargo, todo el equipo debe acompañar permanentemente al responsable de la rutina, así como al colaborador administrativo de producción de la planta de todos los tratamientos abiertos para lograr el cierre al momento del cumplimiento de todas las acciones.

- **Evaluar eficacia**

Para el conjunto de acciones listadas en el plan de acción, se debe analizar la eficacia de las mismas a través del análisis de control por el responsable de la rutina. Se debe investigar si las acciones propuestas, eliminan el problema o la causa raíz.

La etapa de verificación de la eficacia, debe contener evidencias de que el problema no volvió a ocurrir después de la implementación de las acciones previstas. Estas deben ser efectuadas a partir del tercer mes posterior a la conclusión de la última acción. En caso de que la acción no se considere eficaz, el tratamiento debe volver a la etapa de observación.

- **Garantizando la calidad del tratamiento**

Para garantizar la eficacia y calidad del análisis realizado y sus acciones, se debe considerar lo siguiente:

- Los registros de fallas bajo análisis deben ser evaluados por los jefes de áreas y gerente de planta, en lo que se refiere a la calidad del llenado del registro, identificación de la causa raíz, adecuación del plan de acción para bloquear y solucionar el problema.

- El jefe de área o el gerente, deben dar retroalimentación a los involucrados, siempre que se identifique alguna oportunidad de mejora en el proceso del tratamiento.
- Además de tener la gestión diaria de las fallas, hay que analizar la repetición de las mismas en un período de tiempo después del cierre con eficacia de las acciones (detectar fallas repetitivas).
- Las fallas identificadas, deben ser priorizadas a través de la herramienta de calidad diagrama de Pareto.
- Si las fallas se vuelven repetitivas y que han sido priorizadas pero vuelven a suceder, se debe realizar un tratamiento especial utilizando métodos disponibles en la gestión de mejora, como los grupos de solución de problemas (GSP, PDCA), así como seis sigma.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, en la discusión de los resultados se presenta: en el análisis interno la validez de la información de la base de datos obtenidos durante el periodo de investigación, el análisis externo, se hace referencia a metodologías similares aplicadas en otros estudios de investigación, en la integración, comparamos el objetivo general de la investigación con la base teórica que describimos, para generalizar que tanto, nuestra gestión de proceso propuesto aplica en las diferentes industrias de otras investigaciones.

- **Análisis interno:** los resultados obtenidos en el periodo de la investigación son confiables, fueron por medio de entrevistas directas con los operadores de planta, así como datos históricos del área de producción. La información que se obtuvo muestra la realidad en la empresa, en la gestión del proceso para fallas repetitivas, utilizando la metodología de tratamiento de fallas.

Al analizar los datos obtenidos en el período de la investigación, las pérdidas de barras, indican que, el 40 % ocurren de tipo operacional, afectando al no cumplimiento de lo programado para producir y al indicador de barra laminada por pérdida de barra. Las causas que provocan estas pérdidas de barras, se obtuvieron del histórico en registros de paros no programados, siendo uno de los medios adecuados para el análisis de las fallas.

Los datos obtenidos en el producto no conforme en el período de la investigación indican que, el 83 % de los defectos en las varillas

corrugadas de acero, son resultado del proceso de laminación siendo varillas por bajo peso, sin vena y que no cumplen con los ensayos mecánicos según normal internacional ASTM y especificaciones de producto terminado. Las causas se obtuvieron de registros históricos de merma en el área de corte y empaque, siendo uno de los medios que aporta en el análisis de las fallas.

Al analizar el modelo o plan real del proceso de gestión para fallas que se desarrolla en la planta, las etapas de gestión de rutina para el cumplimiento del avión de la calidad, desde la estandarización hasta la realización de los tratamientos de fallas, se encuentra una gestión ineficiente por falta de seguimiento a las acciones por no asignación de responsabilidades y autoridad en los roles del liderazgo y personal administrativo.

Los datos obtenidos de las entrevistas realizadas a los colaboradores operacionales y de mantenimiento indican que, para cuando ocurre una falla en el proceso, el 61 % únicamente toman evidencia, corrigen y registran la falla, encontrando que no todos tienen el mismo objetivo para la metodología. Para los tratamientos de falla, el 70 % afirman que no hay seguimiento en la metodología.

- Análisis externo: la metodología utilizada para el tratamiento de fallas, si puede ser generalizada a otras empresas de nivel mundial en siderúrgicas para el proceso de productos derivados del acero. Su fin permite encontrar las causas raíz de las pérdidas de barras de acero, para no reincidir en los problemas. Los datos obtenidos y analizados corresponden a productos de otras empresas que comercializan acero de calidad.

Solares (2015), menciona en los antecedentes que, el proceso de laminación para la fabricación de varilla de acero corrugado se ve afectado grandemente por el factor humano. Los modos de fallo producen paros de producción, que reducen el tiempo destinado a la producción. En los datos obtenidos durante el proceso de investigación se determinó la cantidad de pérdidas de barras que se tuvieron por las áreas operacionales y de mantenimiento, determinando que son varias causas raíz en las fallas que evitan una estabilidad en el proceso de fabricación.

- Integración de resultados: de los resultados obtenidos en el periodo de la investigación en promedio mensual se tuvieron 23 pérdidas de barras de acero, que puede relacionarse a la falta de ejecución del mantenimiento preventivo, además de la falta de ejecución y cierre de las etapas de la metodología de tratamiento de fallas. Como acciones, se tiene la implementación sistemática de la metodología de fallas, así como el cumplimiento de los mantenimientos preventivos en planta que ayudarán a reducir las fallas de tipo operacional y de mantenimiento. Como resultados cuantitativos se espera reducir a 12 pérdidas de barras en el mes, para alcanzar como mínimo un resultado en el indicador de barra laminada por pérdida de barra (BL/PB) a 1,000 unidades mensualmente.

En el marco teórico se citó a la autora Lucas (2014), nos menciona que la gestión por procesos, encamina a las empresas hacia una cultura de mejora continua, que permite su adaptación frente a los cambios en las organizaciones, que permita la sostenibilidad o existencia de sus operaciones. En los resultados de la investigación, se determinó que la falta de seguimiento y asignación de responsabilidades en el proceso de gestión para el tratamiento de una falla, es una oportunidad que se

presenta obtener los resultados esperados satisfactorios de la mejora continua.

El autor Choez (2015), menciona que, los problemas o fallas que se generan en una empresa siderúrgica, son las que provocan paralización constante del proceso, falta de capacitación y entrenamiento a los operadores, materia prima fuera de especificaciones de calidad, que son fallas ocasionadas de tipo operativo, mecánico y/o eléctrico, que afectan tanto al recurso humano como los equipos y maquinarias, así como la sostenibilidad de la empresa. En la investigación se determina, la importancia de tener una gestión de proceso de forma sistemática, que permita identificar las causas que afectan las pérdidas de barras en las áreas de operación y de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Se identificó en el proceso, que las causas de tipo operacional tienen un impacto del 40 % de las pérdidas de barras de acero en el periodo de la investigación. Debido a que las variables (defectos de las varillas, peso lineal, guías mal calibradas) que se presentan por cada falla, traen consecuencia de no ser un producto terminado de calidad.
2. Se determinó que, de todos los estándares de operación y/o mantenimientos actuales en planta, es necesario un estándar que identifique y elimine las causas probables de los defectos que generan producto no conforme, para cubrir el 80 % de las consecuencias de las fallas que afectan al indicador de pérdida metálica.
3. Se identificó en el plan de gestión del proceso real que al momento de concluir las acciones y proceder con el cierre de los tratamientos de fallas. No se tiene una estructura de responsabilidades y de autoridad por el liderazgo de la planta en cada etapa de la metodología, faltando definir esos roles.
4. El principal beneficio en el sistema de gestión utilizando la metodología de tratamiento de fallas es: lograr de forma sistemática un seguimiento de apertura de las fallas, cumplimiento de acciones y cierre del ciclo.

RECOMENDACIONES

1. Analizar las causas en los tratamientos de fallas, debe realizar aprendizajes en una campaña de producción. El documento de apoyo aportará conocimientos y técnicas a los operadores del Departamento de Operación y de Mantenimiento. Los operadores de operación y de mantenimiento puedan consultarlo, para reducir los paros no programados en el proceso.
2. Identificar las causas probables del producto no conforme en el proceso de fabricación de las varillas corrugadas de acero. Los operadores de producción, deben tener un estándar de operación como documento de referencia para prevenir o eliminar los defectos que puedan tener en el proceso.
3. Adoptar el plan de gestión del proceso como propuesta para atender toda falla, según documento *Procedimiento Gestión para tratamientos de falla*, que considera el punto crítico de la metodología: que es la asignación de las responsabilidades del líder en cada una de las etapas.
4. Implementar eficientemente la metodología del tratamiento de falla, para prevenir las pérdidas de barras de acero, así como los tiempos perdidos del proceso; la calidad de información que puede recopilarse al momento de implementar el formulario de registro de fallas será la primera etapa de la metodología.

REFERENCIAS

1. Abellán, F. (2014). *Análisis numérico del proceso de laminación* (Tesis de licenciatura). Universidad Carlos III de Madrid, España. Recuperado de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/26227/TFG_Francisco-Javier_Abellan_Cabrera_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
2. Allauca, F. (2011). *Influencia de la microestructura sobre las propiedades mecánicas en varillas de acero* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1401>.
3. Alomaliza, N. y Chávez, J. (2012). *Disminución del tamaño de grano de producto terminado varilla corrugada Novacero a través del monitoreo de temperaturas de laminación* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2445>.
4. Aquino, J. (2013). *Estandarización del proceso de producción por medio de validación de maquinaria y equipo para lograr una reducción de desperdicio de materia prima en una industria acerera* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0700_MI.pdf.

5. Arresis, J. (2011). *Verificación de las características físicas y propiedades mecánicas de barras de acero para refuerzo, utilizadas en las construcciones de uso comercial y vivienda unifamiliar en el municipio de Mixco* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3203_C.pdf.
6. Choez, L. (2015). *Análisis y Mejoras en los Procesos en el área de laminación en caliente para incrementar la producción de la empresa ANDEC S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13567/1/TESIS.pdf>.
7. Curiel, C. (2004). *Estudio sobre fallas en transformadores para Horno de arco Eléctrico en industria siderúrgica* (Tesis de licenciatura). Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0528_EA.pdf.
8. Dionicio, R. y Tovar, J. (2018). *Producción de Acero en horno de inducción en aceros del Perú S.A.C.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3496/DIONICIO.pdf>.
9. Enríquez, J., Tremps, E., de Elío, S. y Fernández, D. (2010). *Laminación, Monografías sobre tecnología del acero, Parte IV*. Madrid, España. Consultado el 22 de noviembre 2019. Recuperado de http://oa.upm.es/2074/1/LAMINACION2_MONO_2010.pdf.

10. González, M. (2015). *Comportamiento y diseño de hormigones estructurales con áridos siderúrgicos EAF* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Catalunya, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95785?show=full>.
11. Lucas, P. (2014). *Gestión de las empresas por proceso* (Tesis de licenciatura). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, España. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23486/PFC_EOI_PLA_201406_Gesti%C3%B3n%20de%20las%20Empresas%20por%20Procesos.pdf.
12. Ovejero, J. (Septiembre, 2018). *El nacimiento de la metalurgia moderna en Argentina. Asociación argentina de materiales*, (2), 28-44. Recuperado de <http://www.isabato.edu.ar/wp-content/uploads/2018/11/ovejero-historia-de-la-metalurgia.pdf>.
13. Ramírez, D. (2019). *Procedimiento para el control del proceso de producción en la empresa de aceros inoxidables de las Tunas* (Tesis de licenciatura). Universidad de las Tunas, Las Tunas, México. Recuperado de <http://hdl.handle.net/123456789/4185>.
14. Salazar, E. (2005). *Manual de Gestión de Calidad, Sistemas constructivos en aceros S.A. de C.V.* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de la Construcción Delegación Yucatán. Mérida, México. Recuperado de https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Maestria/Salazar_Aguilar_Edgaro_45304.pdf.

15. Salazar, P. (2011). *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmecánica* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0605_MI.pdf.
16. Solares, J. (2015). *Análisis modal y fallos y efectos para evaluar los factores que regulan la eficiencia del proceso de producción de varilla de acero corrugado* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4720/1/Jonatan%20Benjam%C3%ADn%20Solares%20Salazar.pdf>.
17. Soledispa, L. (2015). *Optimización del proceso de Fundición del acero mediante inyección de oxígeno al horno de fundición, evaluando el impacto al ambiente, aplicado en una empresa siderúrgica de Guayaquil* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10268>.
18. Vicente, C. (2004), *Gerenciamiento Da Rotina do trabalho do dia a dia*. Belo Horizonte, Brasil: Falconi.
19. Zarate, R. (2009). *El acero estructural en la ingeniería mecánica*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Azcapotzalco, México. Recuperado de <http://www.tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/5568.pdf>.

APÉNDICES

Apéndice 1. Registro de indicador barra laminada por pérdida de barra

ESTIMATIVA BL/BP														
Fecha	Codigo	Producto (Previsto)	Producción (Tn.)	Peso de Palanquilla	Barra laminada previstas	Chatarras Estimadas	Codigo	Producto (Real)	Producción (Tn.)	Barra Laminadas	Chatarras Realizadas	Chatarras Reales	BL/BP por Producto	BL/BP Dia
vie. 30/08	5500078	3/4"X15M G60W	138	2,115	65		5500065	3/8" x 12mts W60	140	68	1	1	68	107
sáb. 31/08	5500078	3/4"X15M G60W	112	2,115	53	1	5500077	3/4"X12M G60W	79	39	0	0	507	187
	5500077	3/4"X12M G60W	51	2,115	24		5500076	3/4"X9M G60W	106	50	0			
dom. 01/09	5500076	3/4"X9M G60W	280	2,115	132	2	5500075	3/4"X6M G60W	151	72	0	0	181	512
	5500075	3/4"X6M G60W	150	2,115	71		5500078	3/4"X15M G60W	257	124	0			
	5500033	3/4"X6M G40	300	2,115	142		5500033	3/4"X6M G40	300	144	0			
	5500034	3/4"X9M G40	75	2,115	35		5500034	3/4"X9M G40	78	37	0			
lun. 02/09	5500074	5/8"X15M G60W	22	2,115	10	2	5500074	5/8"X15M G60W	0	0	0	0	388	378
	5500074	5/8"X15M G60W	403	2,115	191		5500074	5/8"X15M G60W	426	208	0			
	5500073	5/8"X12M G60W	110	2,115	52		5500073	5/8"X12M G60W	111	54	0			
	5500072	5/8"X9M G60W	110	2,115	52		5500072	5/8"X9M G60W	113	53	0			
mar. 03/09	5500071	5/8"X6M G60W	91	2,115	43	0	5500071	5/8"X6M G60W	132	63	0	1	578	588
	5500071	5/8"X6M G60W	59	2,115	28		5500071	5/8"X6M G60W	21	10	0			
	5500027	5/8"X6M G40	1,200	2,115	567		5500027	5/8"X6M G40	1201	578	1			
mié. 04/09	5000021	1/2"X6M G40 V	25	2,115	12	0	5500021	1/2"X6M G40 V	679	325	1	1	996	527
	5000021	1/2"X6M G40 V	655	2,115	310		5500020	1/2"X9M G40	340	163	0			
	5500020	1/2"X9M G40	340	2,115	161		5500020	1/2"X9M G40	81	39	0			
	5500019	1/2"X6M G40	340	2,115	161		5500019	1/2"X6M G40	1	Producto recuperado de otra medida.				
jue. 05/09	5500070	1/2"X15M G60W	92	2,115	43	1	5500070	1/2"X15M G60W	199	97	0	3	98	405
	5500070	1/2"X15M G60W	183	2,115	89		5500069	1/2"X12M G60W	125	60	0			
	5500069	1/2"X12M G60W	125	2,115	59		5500068	1/2"X9M G60W	300	144	0			
	5500068	1/2"X9M G60W	300	2,115	142		5500067	1/2"X6M G60W	353	168	0			
	5500067	1/2"X6M G60W	350	2,115	165									
	5500036	ALAMBRON CORRUGADO 1/2" G60W	77	2,115	36		3000036	ALAMBRON CORRUGADO 1/2" G60W	67	33	0			
vie. 06/09	5500036	ALAMBRON CORRUGADO 1/2" G60W	523	2,115	247	2	3000036	ALAMBRON CORRUGADO 1/2" G60W	527	262	3	1	848	499
	5500086	1"X15M G60W	282	2,115	133		5500086	1"X15M G60W	258	124	0			
sáb. 07/09	5500086	1"X15M G60W	218	2,115	103	2	5500086	1"X15M G60W	248	120	0	1	848	499
	5500085	1"X12M G60W	792	2,115	374		5500085	1"X12M G60W	783	379	1			
	5500085	1"X12M G60W	33	2,115	16		5500085	1"X12M G60W	46	21	0			
dom. 08/09	5500084	1"X9M G60W	250	2,115	118	0	5500084	1"X9M G60W	250	119	0	0	85	140
	5500045	1"X6M G40	36	2,115	17		5500083	1"X6M G60W	2	Producto recuperado de				
lun. 09/09	5500045	1"X6M G40	138	2,115	66	0	5500045	1"X6M G40	177	85	0	0	361	85
	5500089	1"X6M G40	163	2,115	77		5500089	1"X6M G40	0	0	0			

BL/BP ACTUAL
376



META DEL MES BL/BP
600

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Causas determinadas en las fallas del periodo de investigación**

RESUMEN DE CAUSAS EN PERIODO DE INVESTIGACIÓN				
MES	PÉRDIDA DE BARRAS	TIEMPO PERDIDO (Minutos)	NATURALEZA FALLA	CAUSAS ENCONTRADAS AL MOMENTO DE LA FALLA
Julio	25	194	Operacional	Hilo #1 se enrolla en G18. Cola de la barra, queda entre H-9 V-10 por oscilación. hilo 3 se queda en la salida de la G-18 en canaleta por cabeza doblada. pérdida de barra en F A-13, no sube cilindro expulsor. cabeza de barra topa en embudo de entrada a la cizalla C-12. Hilo 1 se levanta en F A-16 por desgaste rodillo slittador. Pérdida de barra por falla de balancín en caja V-10. Pérdida de barra por ruptura de anillo inferior en el paso P -28.
		440	Mantenimiento	Pérdida de barra en proceso, porque cola se queda dentro del C.M-43, siguiente barra no descarga de forma correcta. Pérdida de barra en cizalla C-41, pierde sincronismo. Pérdida de barra debido a que pulsador de alarma de proceso tiene falso contacto provoca parar proceso en sistema. Pérdida de barra debido a que cizalla C-41 no realiza cortes y tampoco da ciclos el descargo de varillas, por falla de tarjeta. Pérdida de barra por disparo de cuadro +E por calentamiento de drivers. Pérdida de barra por alta temperatura en cojinete No. 10, falla de PT-100.
		184	Otros	Pérdida de barra en P-28 por cabeza abierta (materia prima) y caídas de tensión, factores externos.
Agosto	31	543	Operacional	Pérdida de barra porque hilo No. 1 no regula en F A-17, esto debido a que altura de lazo en el pase estaba muy alto al estándar. Pérdida de barra debido a que no entre al pase V-6, esto porque la guía de entrada estaba desalineada. Pérdida de barra, debido a que hilo No. 3 sale levantado por estar con material adherido el portacanaletas. Pérdida de barra después de cambio de calibre en caja H-3, por estar muy apretada la calibración de la guía de entrada.
		1195	Mantenimiento	Pérdidas de barras, debido a fallas que se presentaron en cizalla C-41, por malos cortes de cuchillas, pérdida de la posición del corte, encoder de posición dañado.
		517	Otros	Pérdida de barras, por caídas de tensión (causa externa)
Septiembre	32	246	Operacional	Pérdida de barra, debido a que hilo No. 3 se queda en F A-17, esto por no regular el bucle, por tener figuras en tren desbaste fuera de estándar. Pérdida de barra en F A-14, esto por desnivel en salida de caja G-14. Pérdida de barra, debido a que al momento del corte en cizalla C-12 la cabeza agarra hacia abajo, esto porque no cierra bien compuerta de F A-12. Pérdida de barra por error, debido a que se deja muestra de F A-12, provocando que barra no entre a caja H-13. Pérdida de barra, porque hilo No.2 no avanza después de C-41, debido a desnivel en canaleta antes de cizalla.
		683	Mantenimiento	Pérdida de barra, debido a que no regula F A-14 en proceso de alambrón, esto porque fotocelda a salida de G-18 no ve, calibran fotocelda
		2,298	Otros	Pérdidas de barras, debido a defectos de materia prima, desprendimiento de material en proceso, porosidad de las barras de acero.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Formato de entrevista a colaboradores**



**FORMULARIO PARA
ENCUESTA DE LA
INVESTIGACIÓN**

Código: EPROD 01

Pág.: 1 / 1

TEMA: PROCESO DE TRATAMIENTOS DE FALLAS EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN

Instrucciones:

La presente encuesta tiene como finalidad aportar a la investigación que se está desarrollando sobre la gestión de proceso para los tratamientos de falla en el proceso de laminación. Se solicita su colaboración poder responder a las siguientes 2 preguntas, marcando con una X, la respuesta que considere sea la correcta. Muchas gracias por su tiempo.

PREGUNTA No.

1

¿Al momento que se tiene una pérdida de barra en el proceso, que hacen después de que ocurre la falla?

- a. Sólo corrigen y reportan la falla
- b. Sólo corrigen la falla
- c. Toman evidencia, corrigen y registran la falla

PREGUNTA No.


2

¿Según registros que se tienen al momento en los tratamientos de fallas del proceso, se evidencia que a veces se realizan, que considera que está sucediendo con el no cumplimiento?


- a. No funciona realizar el tratamiento de falla
- b. No hay seguimiento en los tratamientos de falla
- c. No se tiene conocimiento del procedimiento para el tratamiento de falla

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Procedimiento de gestión para tratamiento de fallas**

	PROCEDIMIENTO GESTION PARA TRATAMIENTOS DE FALLAS		ESTANDA R-01	Pág. 1 de 2	
Elaborado por: Henry González		Revisado por: Departamento Producción		Versión: 0	
<p>1. OBJETIVO: Estabilizar el proceso reduciendo tiempo y pérdidas en el proceso por fallas.</p> <p>2. ALCANCE Y APLICACIÓN: Personal de Producción, Mantenimiento Mecánico y Eléctrico/Electrónico para las fallas ocurridas en el proceso.</p> <p>3. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operadores: Conocer, identificar y reportar las fallas ocurridas en el proceso de acuerdo con los gatillos activados. • Jefes: Dar seguimiento para realización de los tratamientos y apoyo a las áreas en la realización de las acciones asignadas al área de responsabilidad. <p>4. CONTENIDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gatillos: La siguiente tabla muestra la activación de un tratamiento de falla en planta. 					
No.	Gatillos	Area	Criterio	Indicadores Afectados	Coordinador TF
1	1 Pérdida de barra	Tren laminador	Toda pérdida de barra en el proceso cuando se esté laminando	Utilización Pérdida Metálica BL/PB	Jefe de área Operación / Mantenimiento
2	60 minutos de interrupción Operacional / Mantenimiento	Todo proceso	Interrupciones en el mismo punto, mayores o iguales a 60 minutos en el mismo turno	Utilización	Jefe de área Operación / Mantenimiento
3	Producto no conforme por calidad	Patio Barras de acero / Area de Corte y Empaque	Producto que no cumple con las especificaciones y necesita re-proceso, reclasificación, consenso o chatarra por cada 4 palanquillas laminadas / o por cada palanquilla de MP	Pérdida Metálica	Jefe de control de calidad

Continuación apéndice 4.

	PROCEDIMIENTO GESTION PARA TRATAMIENTOS DE FALLAS	ESTANDAR-01	Página 2 de 2
		Versión: 0	
		Fecha de Aprobación: Octubre 2020	

- Desarrollo del tratamiento:

Registro de la falla <ul style="list-style-type: none"> • El responsable de llenar el “Formulario para registro y análisis de fallas” será el “Operador que atiende la falla” y deberá entregar al Jefe de su área o colocarlo donde ellos lo designen. • El Jefe entregará al Responsable de Administración de producción los TF’S activados de la semana.
Designación de la falla <ul style="list-style-type: none"> • En los reportes diarios de producción será asignada la falla por el personal de operación, quienes marcarán con rojo y negrita la falla alcanzada. • Posteriormente durante la reunión diaria de indicadores se confirmará quien es el responsable de tratar la misma, si la falla no está definida será asignada por el Gerente de planta.
Realización del Tratamiento <ul style="list-style-type: none"> • El responsable de la realización del tratamiento será el jefe o personal del área que designe. • El tratamiento se realizará convocando al personal involucrado que estuvo durante la falla y que puedan contribuir a encontrar la causa, este podrá convocar al personal de otras áreas. • El tratamiento deberá ser enviado al jefe de área para registro. El cual deberá devolver para el seguimiento al plan de acción. <p><small>**Nota: Si se tiene identificada la causa sobre la falla, no es necesario realizar la reunión para el Tratamiento, pero se deberán dejar registrada la falla y la acción (es) que resolvió el problema, está que garantizará que la falla no será reincidente.</small></p>
Consolidación de información <p>Los jefes de área deberán trasladar a responsable de Administración de producción los formularios llenos para el registro y resguardo (en digital de ser posible).</p>
Seguimiento a planes de acción <ul style="list-style-type: none"> • Cada jefe será responsable del seguimiento a las acciones de su área. • El seguimiento a los tratamientos de fallas serán de lunes a viernes de 10:00 a 12:00 hrs.

5. APROBACIÓN:

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:

Henry González


Estudiante Maestría GI

Jefe Producción

Gerencia Planta


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Procedimiento Defectos y Criterios para inspección de varillas

	DEFECTOS Y CRITERIOS PARA INSPECCIÓN DE VARILLA CORRUGADA	Defectos 01	
	Elaborado por: Henry González	Revisado por: Control de la Calidad	Fecha de Aprobación: Octubre 2020
		Aprobado por: Gerente de Planta	
Versión 1			


DEFECTO	DESCRIPCIÓN	CAUSA PROBABLE	PARÁMETROS DE TOMA DE DECISIÓN	ACCIÓN A TOMAR	
Varilla cruzada	Se caracteriza por tener poca vena de un lado y más vena del otro lado	Los cilindros laminadores acabadores están desalineados entre sí o que la guía de entrada está descalibrada (floja) con patrón establecido, también por tener figura de ovalo preparador no geométrico (ovalo deforme) y por tener los rodillos de la guía de entrada en mal estado	Tiene vena de ambos lados. De un lado tiene poca vena y del otro lado tiene más vena	<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input type="checkbox"/>	Informar /Separar como PNC/ verificar corrección
Varilla sin vena de un lado	A diferencia de la varilla cruzada, la varilla sin vena de un lado se caracteriza por tener vena de un lado y no tener vena del otro lado	Se debe a que el canal de los cilindros laminadores está desalineado respecto a la guía de entrada o por tener los rodillos de la guía de entrada en mal estado (atrancados)	No tiene vena de un lado y tiene vena en el otro lado	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input checked="" type="checkbox"/>	Informar /Separar como PNC/ verificar corrección
Varilla no cumple con especificaciones físicas y dimensionales	La varilla debe cumplir con los requisitos que se especifican en el Estándar de Producto	Espaciamiento entre corrugas, altura de corruga, ancho de vena, marca o longitud de la varilla está fuera de las especificaciones .	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección	
			<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección	
			<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección	
			<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección/ Sacar muestra para ensayo de tensión	
Varilla con desgaste continuo	Presenta líneas continuas en relieve de su superficie	Es por tener exceso de material o vena en los óvalos preparadores y por tener un ovalo preparador muy cerrado o con mucho ensanchamiento, el cual marca el canal del cilindro laminador acabador	Inspección visual	<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input type="checkbox"/>	Informar /Separar como PNC/ verificar corrección

Continuación apéndice 5.

	DEFECTOS Y CRITERIOS PARA INSPECCIÓN DE VARILLA CORRUGADA	Defectos 01
---	--	--------------------

DEFECTO	DESCRIPCIÓN	CAUSA PROBABLE	PARÁMETROS DE TOMA DE DECISIÓN	ACCIÓN A TOMAR	
Varilla sin vena	Donde no se observa vena en los dos lados y por lo tanto la separación entre corrugas de ambos lados no tiene relieve	Los cilindros laminadores acabadores están muy abiertos	La varilla sin vena es aquella que no tiene relieve	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
		Por tener mala distribución de material en los pases dog bone y slitter y por lo tanto la varilla está baja de peso debido a que está llegando poco material al acabador y no llena el mismo		<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección
Varilla con escama	Desprendimiento de material en la superficie de la varilla	Esto se debe por tener alto grado de porosidad en la barra de acero (materia prima)	Material levantado en la superficie de la varilla	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección
Varilla marcada	Orificios relativamente grandes en superficie de varilla	Es por tener adherencia del material que se está laminando al canal del cilindro laminador acabador y por tener barras de acero no homogéneo en el proceso de aceria	Este defecto puede aparecer en forma repentina y puede desaparecer si se cae el pedazo de material adherido al canal del cilindro laminador terminador	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección
Calibre gastado	La apariencia de la varilla es mala por exceso de rendimiento o por no cumplir las especificaciones de norma	Exceso en el rendimiento o deficiencia de enfriamiento en los canales de los cilindros laminadores terminadores	Altura de corruga menor a lo especificado en el estándar. No es legible la marca o la identificación de la varilla.	<input type="checkbox"/>	Informar / verificar corrección
				<input checked="" type="checkbox"/>	Informar / Separar como PNC/ verificar corrección

Continuación apéndice 5.


	DEFECTOS Y CRITERIOS PARA INSPECCIÓN DE VARILLA CORRUGADA	Defectos 01
---	--	--------------------

DEFECTO	DESCRIPCIÓN	CAUSA PROBABLE	PARÁMETROS DE TOMA DE DECISIÓN	ACCIÓN A TOMAR
Varilla con rayón	Tiene una línea fina a lo largo de la varilla. El defecto puede ser: a.- leve cuando el rayón solamente es en la corruga y b.- severo cuando el rayón está tanto en la corruga como en el núcleo de la varilla	Este defecto se debe básicamente a que las figuras de los pasos anteriores están malas (óvalos y/o redondos con demasiado material o vena)	Hacer prueba de doblado. Prueba de doblado OK	<input checked="" type="checkbox"/> Informar / verificar corrección
			Hacer prueba de doblado. Prueba de doblado OK	<input type="checkbox"/> Informar / Separar como PNC/ verificar corrección
			Hacer prueba de doblado. Prueba de doblado no satisfactorio	<input type="checkbox"/> Informar / verificar corrección
			Hacer prueba de doblado. Prueba de doblado no satisfactorio	<input checked="" type="checkbox"/> Informar / Separar como PNC/verificar corrección
Varilla con aceite	Fuga de aceite que cae sobre un atado	Fuga de aceite durante el proceso	Inspección visual	<input type="checkbox"/> Informar / verificar corrección <input checked="" type="checkbox"/> Informar / Separar como PNC/ verificar corrección
Varilla ondulada	Es aquella varilla que no está recta a todo lo largo y presenta ondulaciones	Es por tener diámetro interno muy grande en tubos de salida del pase acabador	Inspección visual	<input type="checkbox"/> Informar / verificar corrección
				<input checked="" type="checkbox"/> Informar / Separar como PNC/ verificar corrección

Elaborado por	Revisado por	Revisado por	Aprobado por
Estudiante Maestría GI	Control de Calidad	Producción	Gerente de Planta

Fuente: elaboración propia.


Apéndice 6. Formulario para registro y análisis de fallas

	FORMULARIO PARA REGISTRO Y ANÁLISIS DE FALLAS	Código: Gestión 0001	Pág.: 1 / 2
	Fecha de aprobación 12/10/2019	Versión 0	

APERTURA PARA TRATAMIENTO FALLA				TF No.
Área:	Sección:		Operador:	
Fecha de ocurrencia:	Hora Inicio:	Hora Fin:	Producto:	
Descripción de la Falla:			Equipo o Máquina:	
			Turno: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C	
			Naturaleza de la Falla	
		Seguridad	Calidad	
		Operación:	Mantenimiento	
			Consecuencias de la Falla	
		Pérdidas de Barras (u)		
		Tiempo de Interrupción (Min)		
		Indicador Afectado		
		Condición apertura de la falla		
Describe las acciones para la remoción de los síntomas (indicar lo que se realizó para reanudar la producción)				
EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES				
Describe la Máquina				

Estos campos deben ser llenados por el OPERADOR

Continuación apéndice 6.

	FORMULARIO PARA REGISTRO Y ANÁLISIS DE FALLAS		Código: Gestión 0001		Pág.: 2 / 2		
	Fecha de aprobación 12/10/2019		Versión 0				
ANÁLISIS DE FALLA - DIAGRAMA ARBOL DE CAUSAS							
<p>1. Qué fue necesario para que ocurriera?</p> <p>2. Será que solo eso fue suficiente?</p>							
Causa con Relación a la Estandarización del Proceso:				Resumen de Causas Raiz mas Probables:			
1.- No existen Estándares relacionados y son necesarios: <input type="text"/>				1	<input type="text"/>		
2.- Los estándares relacionados no son apropiados: <input type="text"/>				2	<input type="text"/>		
3.- Los Estándares relacionados no están siendo cumplidos: <input type="text"/>				3	<input type="text"/>		
				4	<input type="text"/>		
				5	<input type="text"/>		
PLAN DE ACCION ESPECÍFICO (escribir las acciones de bloqueo de la causa fundamental)							
Coordinador del Plan de Acción:							
No. Causa	Qué	Cómo	Quién	Fecha programada	Fecha de realización	Evidencia de cumplimiento	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Verificación y Eficacia del Plan de Acción							
Coordinador del Plan de Acción	Verificación 1 (Fecha)		Verificación 2 (Fecha)		Verificación 3 (Fecha)		Nuevas Contramedidas <input type="text"/>
	OK <input type="checkbox"/> NO OK <input type="checkbox"/>		OK <input type="checkbox"/> NO OK <input type="checkbox"/>		OK <input type="checkbox"/> NO OK <input type="checkbox"/>		Abrir GSP <input type="text"/>
	Firma: <input type="text"/>		Firma: <input type="text"/>		Firma: <input type="text"/>		Finalizar TF <input type="text"/>
	Fecha de Cierre Real: <input type="text"/>		Nombre coordinador de Plan de Acción <input type="text"/>		Firma: <input type="text"/>		Gerente Planta <input type="text"/>

Estos campos deben ser llenados por el Coordinador del plan de acción

Fuente: elaboración propia.