

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN PRODUCCION Y OPERACIONES INDUSTRIALES.

TEMA:

Impacto de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de colado continuo de una industria siderúrgica del cantón Milagro.

Autores:

Ing. Herrera Castro Augusto Vinicio
Ing. Flores Gonzabay Joey Orlando

Tutor:

Msc. Noboa Romero Pedro Gabriel.

Milagro, febrero 2024

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, **Msc. Pedro Gabriel Noboa Romero** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Augusto Vinicio Herrera Castro y Joey Orlando Flores Gonzabay**, cuyo tema es **Impacto de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de colado continuo de una industria siderúrgica del cantón Milagro**, que aporta a la Línea de Investigación **Desarrollo productivo**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Producción y operaciones industriales**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, **4 de agosto del 2023**



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO GABRIEL NOBOA
ROMERO**

Msc. Pedro Gabriel Noboa Romero

C.I. 0920344728

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, Augusto Vinicio Herrera Castro y Joey Orlando Flores Gonzabay en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedemos los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magíster en Producción y operaciones industriales, como aporte a la Línea de Investigación Desarrollo productivo de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los **27 días del mes de febrero de 2024**

Firmado electrónicamente por:
AUGUSTO VINICIO
HERRERA CASTRO

Augusto Vinicio Herrera Castro

C.I. 0952544716



Firmado electrónicamente por:
JOEY ORLANDO
FLORES GONZABAY

Joey Orlando Flores Gonzabay

C.I. 0925627762

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES CON MENCIÓN EN MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**, presentado por **ING. FLORES GONZABAY JOEY ORLANDO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "IMPACTO DE LA HERRAMIENTA TPM PARAMEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE COLADO CONTINUO DE UNA INDUSTRIA SIDERÚRGICA DEL CANTÓN MILAGRO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	59.00
DEFENSA ORAL	36.33
PROMEDIO	95.33
EQUIVALENTE	Muy Bueno



JESUS ARMANDO
VERDUGO ARCOS

Mp-Oi VERDUGO ARCOS JESUS ARMANDO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



DAVID ELIAS DAGER
LOPEZ

Mgtr DAGER LOPEZ DAVID ELIAS
VOCAL



DANNY ISAIAS VERA
GUERRERO

Mp-Oi VERA GUERRERO DANNY ISAIAS
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES CON MENCIÓN EN MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**, presentado por **ING. HERRERA CASTRO AUGUSTO VINICIO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "IMPACTO DE LA HERRAMIENTA TPM PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE COLADO CONTINUO DE UNA INDUSTRIA SIDERÚRGICA DEL CANTÓN MILAGRO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	59.00
DEFENSA ORAL	36.00
PROMEDIO	95.00
EQUIVALENTE	Muy Bueno



JESUS ARMANDO
VERDUGO ARCOS

Mp-Oi VERDUGO ARCOS JESUS ARMANDO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



DAVID ELIAS DAGER
LOPEZ

Mgtr DAGER LOPEZ DAVID ELIAS
VOCAL



DANNY ISAIAS VERA
GUERRERO

Mp-Oi VERA GUERRERO DANNY ISAIAS
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mi compañero de viaje, Joey Flores Gonzabay, y a mí, Augusto Herrera Castro quienes hemos recorrido juntos cada paso de este desafiante camino hacia la obtención de nuestra maestría.

Este logro no hubiera sido posible sin nuestro inquebrantable trabajo en equipo, compartiendo conocimientos, apoyándonos mutuamente y superando obstáculos con determinación. Nuestra amistad ha sido el pilar fundamental en cada momento de duda, de cansancio y de celebración.

Cada página escrita y cada desvelo ha valido la pena para llegar a este punto. Esta tesis no solo representa el fruto de nuestro esfuerzo y dedicación, sino también la demostración de que somos capaces de enfrentar y superar cualquier reto que se nos presente.

Dedicamos este logro a nuestra amistad y a todos aquellos que han dejado su huella en nuestro crecimiento personal y profesional. Que esta tesis sea el comienzo de un camino lleno de éxitos y realizaciones para ambos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestras familias y seres queridos por su paciencia, comprensión y por siempre estar ahí para nosotros. Su constante apoyo nos ha brindado la fuerza necesaria para seguir adelante y alcanzar nuestros objetivos.

También queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestros profesores y también tutor, quienes han sido nuestros guías en este viaje académico, motivándonos a dar siempre lo mejor de nosotros y nutriéndonos de su amplio conocimiento.

CESION DE DERECHOS DE AUTOR

Sr. Dr.
Fabricio Guevara Viejó
Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derechos de Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue y que corresponde al vicerrectorado de investigación y postgrado.

Milagro, 27 de febrero del 2024



firmado electrónicamente por:
AUGUSTO VINICIO
HERRERA CASTRO

NOMBRE: Herrera Castro Augusto Vinicio

CÉDULA: 0952544716

CESION DE DERECHOS DE AUTOR

Sr. Dr.
Fabricio Guevara Viejó
Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derechos de Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue y que corresponde al vicerrectorado de investigación y postgrado.

Milagro, 27 de febrero del 2024



NOMBRE: Flores Gonzabay Joey Orlando

CÉDULA: 092562776

Índice

Introducción	1
• Breve descripción de los antecedentes.....	1
• Importancia y actualidad del tema.....	1
• Objetivos de la investigación.....	2
• Originalidad y novedad de la investigación	3
Capítulo I: El problema de la investigación.....	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Delimitación del problema	6
1.3 Formulación del problema	6
1.4 Preguntas de investigación	6
1.5 Determinación del tema.....	6
1.6 Objetivo general	7
1.7 Objetivos específicos	7
1.8 Hipótesis (de existir)	7
Hipótesis #1	7
Hipótesis #2	7
Hipótesis #3	8
1.9 Declaración de las variables (operacionalización).....	8
1.10 Justificación.....	10
1.11 Alcance y limitaciones	12

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial	13
2.1 Antecedentes	13
2.1.1 Antecedentes históricos	13
2.1.2 Antecedentes referenciales.....	14
2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación	16
CAPÍTULO III: Diseño metodológico	32
3.1 Tipo y diseño de investigación	32
3.2 La población y la muestra.....	32
3.2.1 Características de la población	32
3.2.2 Delimitación de la población	32
3.3.3 Tipo de muestra	33
3.3.4 Tamaño de la muestra (en caso de que aplique)	33
3.3.5 Proceso de selección de la muestra	34
3.3 Los métodos y las técnicas	34
3.4 Procesamiento estadístico de la información (opcional).....	34
CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados	35
4.1 Análisis de la situación actual.....	35
4.2 Análisis Comparativo.....	41
4.3 Verificación de las Hipótesis (en caso de tenerlas)	44
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....	46
5.1 Conclusiones.....	46

5.2 Recomendaciones.....	47
Referencias	
Bibliográficas.....	49
Anexos	52

Lista de Tablas

Tabla 1. Datos mensuales de los kilogramos de merma por cada tonelada de acero producida. Fuente: Elaboración propia.....	41
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Lista de Figuras

Figura 1. Partes del proceso de la colada continua. Fuente: Manual de Operación de Colada Continua V2	5
Figura 2. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso durante el mes de julio/2023. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 3. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso durante el mes de agosto/2023. Fuente: Elaboración propia	37
Figura 4. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso en el mes de septiembre /2023. Fuente: Elaboración propia	38
Figura 5. Minutos de retraso registrado por operador del Horno EAF. Fuente: Elaboración propia	41
Figura 6. Minutos de retraso de la colada continua por fecha. Fuente: Elaboración propia	42
Figura 7. Minutos de parada registrados por área. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 8. Minutos registrados por incidencia operativa o en el equipo. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 9. Minutos registrados por personal encargado. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 10. Gráfica de kilogramos de mermas por toneladas de coladas producidas durante el año 2023. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 11. Toneladas producidas por hora en el 2023. Fuente: Elaboración propia	45
Figura 12. Tendencia de las horas de mantenimiento preventivo durante el presente año. Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 13. Tendencia del porcentaje de disponibilidad en función de los meses de los últimos dos años. Fuente: Elaboración Propia.....	46
Figura 14. Panel de operación del calentador de tundish	54

Figura 15. Capacitación del personal operativo sobre el procedimiento de encendido del calentador de tundish.....	55
Figura 16. Mantenimiento preventivo al calentador de Tundish.....	54
Figura 17. Implementación de mejoras al mecanismo CNC	55

Resumen

El uso de herramientas TPM (Total Productive Maintenance) para mejorar la productividad en la colada continua es un tema relevante en la industria siderúrgica. La colada continua es un proceso crucial en la producción de acero, donde se vierten lingotes de acero líquido en moldes para obtener productos semiacabados como placas, perfiles y barras. A medida que aumenta la demanda de acero, las empresas buscan formas de maximizar la eficiencia y minimizar el tiempo de producción. Se realiza un análisis exhaustivo del proceso de colada continua, identificando las incidencias que afectan directamente la productividad. A continuación, se establecen equipos de trabajo multidisciplinarios que incluyen operarios, técnicos y especialistas en mantenimiento. Estos equipos se encargan de implementar diferentes tipos de herramientas, la gestión de problemas, la mejora continua, entre otras. La metodología de la presente investigación será de carácter documental porque se tendrá acceso a información histórica sobre diferentes puntos a analizar. Los resultados luego de la aplicación de las herramientas en el proceso de colada continua son bastante destacables. Se reduce el tiempo de inactividad no planificado debido a averías o problemas técnicos. Además, aumentó la disponibilidad y la confiabilidad de equipos, lo que llevó a una mayor capacidad de producción. El uso de herramientas TPM es una estrategia eficaz para aumentar la productividad en el proceso de colada continua. La implementación de estas herramientas implica cambiar la cultura de la organización, fomentar el compromiso de los empleados y aumentar la responsabilidad compartida para el mantenimiento y la mejora de los equipos. De igual forma, se enfatiza la importancia de educar y capacitar a los empleados sobre las herramientas TPM para asegurar su correcto uso y seguimiento.

Palabra-clave: Disponibilidad, productividad, herramienta TPM, colada continua, capacidad de producción.

Abstract

The use of TPM (Total Productive Maintenance) tools to improve productivity in continuous casting is a relevant topic in the steel industry. Continuous casting is a crucial process in steel production, where liquid steel ingots are poured into molds to obtain semi-finished products such as plates, profiles and bars. As demand for steel increases, companies are looking for ways to maximize efficiency and minimize production time. An exhaustive analysis of the continuous casting process is carried out, identifying incidents that directly affect productivity. Next, multidisciplinary work teams are established that include operators, technicians and maintenance specialists. These teams are in charge of implementing different types of tools, problem management, continuous improvement, among others. The methodology of this research will be documentary in nature because there will be access to historical information on different points to analyze. The results after applying the tools in the continuous casting process are quite remarkable. Unplanned downtime due to breakdowns or technical problems is reduced. Additionally, it increased equipment availability and reliability, leading to increased production capacity. The use of TPM tools is an effective strategy to increase productivity in the continuous casting process. Implementing these tools involves changing the culture of the organization, fostering employee engagement, and increasing shared responsibility for maintaining and improving equipment. Likewise, the importance of educating and training employees on TPM tools is emphasized to ensure their correct use and monitoring.

Key-word: Availability, productivity, TPM tool, continuous casting, production capacity.

Introducción

• Breve descripción de los antecedentes.

Se ha notado en los últimos meses que en el proceso de colada continua de una industria siderúrgica del cantón Milagro tiene un exceso de fallas inesperadas que se dan en los equipos y maquinas del mismo, por lo que se ve necesitado hacer la respectiva investigación para poder mantener y mejorar el estado de estos dispositivos para así lograr optimizar la productividad dentro del proceso ya mencionado, teniendo como base el número de fallas inesperadas mensuales que se dan en el proceso y las paradas de máquinas y equipos que distorsionan el flujo continuo de colada que debería haber en el proceso (Burlando & Shapiama, 2018) (Apaza, 2015).

• Importancia y actualidad del tema.

Contribuir al mantenimiento total de la producción (TPM) es de gran importancia para la sociedad y las empresas siderúrgicas por varias razones:

- 1) Productividad mejorada: TPM se enfoca en maximizar el rendimiento del equipo y reducir el tiempo de inactividad no planificado, lo que conduce a una mayor productividad general de la empresa. Esto conduce a una mayor producción de acero, una reducción de la chatarra y potencialmente una reducción de los costos de producción. Una empresa siderúrgica más eficiente puede ofrecer precios más competitivos en el mercado, lo que beneficia a la sociedad en general al tener acceso a productos de acero a precios más bajos.
- 2) Reducción de fallas y accidentes: El TPM promueve la detección temprana de posibles problemas de funcionamiento de los equipos, lo que reduce la probabilidad de fallas catastróficas o accidentes en el proceso de colado continuo. Esto mejora la seguridad laboral y reduce el riesgo de incidentes que puedan afectar a los trabajadores y a la comunidad en general (Rojo & Ramos, 2018).
- 3) Mantenimiento preventivo: TPM se basa en una estrategia de mantenimiento preventivo que incluye inspecciones periódicas y actividades de mantenimiento programadas. Esto ayuda a prolongar la vida útil de su equipo y evitar costos inesperados de reparación o reemplazo. (García Palencia, 2012)

- 4) Además, al reducir las posibles interrupciones en la producción, se garantiza un suministro más estable de acero para satisfacer la demanda de la sociedad.
- 5) Participación y desarrollo del personal: El TPM implica la participación activa de todos los empleados, desde el personal de operaciones hasta el personal de mantenimiento y gestión. Esto fomenta el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la mejora continua. Al involucrar a los empleados en la implementación del TPM y brindarles capacitación y desarrollo de habilidades, se promueve su crecimiento profesional y personal. Esto beneficia tanto a los individuos como a la empresa, al contar con empleados comprometidos y altamente capacitados. (Nuñez, 2022).

Por lo tanto, se puede decir que la implementación de TPM en el proceso de fundición continua en las empresas siderúrgicas trae beneficios a la sociedad al aumentar la eficiencia, reducir las tasas de fallas y accidentes, garantizar un suministro estable de acero y apoyar el desarrollo de la fuerza laboral. Además, la propia empresa se beneficia de una mayor productividad, menores costes de producción y una mayor seguridad y calidad del trabajo.

• **Objetivos de la investigación.**

Los objetivos de la investigación son:

1) Analizar el proceso de colado continuo en la industria siderúrgica para encontrar mejoras en el mantenimiento de maquinaria y equipos y con ello reducir los tiempos de inactividad.

2) Comprender los aspectos clave relacionados con el utillaje TPM (Mantenimiento Productivo Total) y su aplicación en el proceso de fundición continua.

3) Evaluar el impacto de la implementación de TPM en la mejora de la productividad del proceso de fundición continua.

4) Identificar y analizar los beneficios económicos, técnicos y organizacionales derivados de la implementación de TPM en este proceso.

Los beneficios que traerá la investigación a las personas en situaciones problemáticas son:

- Aumentar la productividad.

- Reducir el coste.
- Mejorar la calidad del producto.
- Mayor seguridad laboral.

- **Originalidad y novedad de la investigación.**

Este trabajo se diferencia de otros estudios de similares características en que será analizado durante el proceso de colado continuo, teniendo en cuenta datos, equipos y maquinaria de dicho proceso, que es la característica que distingue este estudio de otros estudios relacionados con TPM (mantenimiento productivo total) , dado que otras investigaciones relacionadas con TPM tienden a centrarse en otros tipos de procesos de otros tipos de industrias, creemos que este trabajo será algo único y novedoso.

- **Indicar el tipo de metodología que se aplicará.**

Se utilizará la metodología cualitativa porque se realizará: entrevistas, observación de participantes, análisis histórico documental y además una metodología cuantitativa debido a que se recopilarán datos y encuestas estructuradas, teniendo así una metodología basta para observar los resultados que posteriormente queremos presentar.

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El ecosistema de negocio de una industria Siderúrgica del cantón Milagro se enfoca en la estrategia de cadena productiva, formada por integrantes en una actividad económica o negocio, relacionados desde el sector primario (proveedor) hasta el consumidor final (cliente) (Sainz de Vicuña Ancín, 2001), la cadena de valor de esta inicia con la adquisición de chatarra, la misma que es previamente seleccionada en patios de acopio y posteriormente procesada en las instalaciones.

Luego, esta materia prima alimenta a los hornos de fusión y mediante energía eléctrica, se funde (Padilla Cantero, 2007), obteniendo una “colada de metal líquido”. Esta colada es sometida a un proceso posterior de afinamiento, en donde se incorporan elementos tales como: carbón, ferroaleaciones, entre otros (Portilla Carrera, 2012); con el propósito de cumplir con la composición química del acero establecida por estándares de calidad a nivel mundial.

Finalmente, se vierte el acero líquido en el proceso de colada continua, el acero líquido que proviene de las operaciones de afinamiento reside temporalmente en el *Tundish* o distribuidor para mediante el proceso de solidificación obtener el producto terminado: la palanquilla de acero, la misma que es la materia prima para la obtención de varilla de refuerzo estructural y perfiles de acero a través del proceso de laminación.

El proceso de colada continua se establece la longitud (4000, 8000, 12000, 12100 mm, etc.) y secciones del producto (100x100, 130x130 o 150x150mm) que no implica más que un cambio en el molde o configurar el proceso automático de oxicorte. En la plataforma se fijan los equipos principales que conducen el acero líquido hasta el molde, la siguiente imagen muestra las etapas del proceso de colada continua:

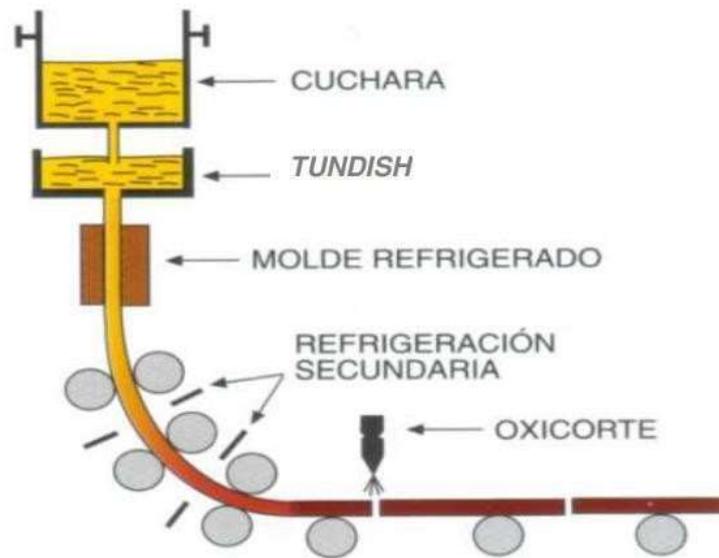


Figura 1. Partes del proceso de la colada continua. Fuente: Manual de Operación de Colada Continua V2.

El proceso de colada continua es una etapa vital para la producción en la acería. Este proceso tiene una capacidad real de producción de aproximadamente 58 Toneladas/hora, donde solo 16 kilogramos por Tonelada es aceptable como desperdicio o merma. Cada tonelada producida satisfactoriamente tiene un precio aproximado de \$370. Sin embargo, durante los últimos meses, se han identificado diversos problemas que están afectando la productividad de este proceso reduciendo la productividad real obtenida a un aproximado de 50 Toneladas/hora y aumentando las mermas a 40 Kg por toneladas.

Debido a estas observaciones se ha realizado el debido seguimiento y se ha evidenciado las siguientes novedades: generación de producto chatarra, aumento en los desperdicios o mermas, aumento en los tiempos de parada del horno eléctrico, aumento en los gastos operativos y aumento en el costo por mantenimiento, ocasionando un aumento en los costos de producción, retrasos en el cumplimiento de pedidos y pérdida de competitividad en el mercado.

Al realizar un análisis más minucioso, se evidencia un alto índice de paradas no planificadas o programadas, ocasionadas por averías frecuentes en los equipos o por mal uso o manipulación de estos, también se registra un índice elevado en los tiempos de puesta en marcha de los equipos, además de un bajo tiempo entre fallas,

entre otras. Por estas razones, se requiere de una herramienta que pueda eliminar o reducir todas estas incidencias.

1.2 Delimitación del problema

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Procesos.

Aspecto: Mejora en la productividad.

País: Ecuador.

Región: Costa.

Provincia: Guayas.

Cantón: Milagro.

Año: 2023.

1.3 Formulación del problema

¿Cuáles son las dificultades del proceso de colado continuo que generan o impulsan pérdidas en la productividad, en los costos y calidad del producto final?

1.4 Preguntas de investigación

¿Cómo influye la ineficiencia de los equipos durante el proceso en el área de colada continua de la fundidora de una industria siderúrgica?

¿En qué incide la disminución de la confiabilidad de las máquinas durante el proceso productivo de la fundidora?

¿Cómo afecta el aumento de los desperdicios durante el proceso de colada continua de la fundidora?

1.5 Determinación del tema

Impacto de la herramienta TPM en la mejora de la productividad del proceso de colada continua en fundiciones de acero.

1.6 Objetivo general

Identificar los beneficios potenciales del uso de la herramienta TPM en el proceso de colado continuo de una industria siderúrgica, con el fin de mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar las incidencias operativas.

1.7 Objetivos específicos

1. Analizar el proceso de colado continuo, identificando las fallas más significativas, incidencias y costos asociados para la mejora de la eficiencia del proceso de colado continuo.
2. Implementar la herramienta TPM al proceso de colado continuo, para optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y poder reducir costos.
3. Evaluar la efectividad del TPM en el proceso de colado continuo con la finalidad de determinar indicadores clave de desempeño en la minimización de las incidencias operativas.

1.8 Hipótesis (de existir)

Hipótesis #1

A mayor número de capacitaciones recibidas por el personal operativo, menor es el tonelaje de mermas generadas durante el proceso de colada continua.

La variable independiente: número de capacitaciones recibidas por el personal al año.

La variable dependiente: toneladas de mermas generadas

Hipótesis #2

A mayor tiempo de mantenimiento preventivo semanal, mayor es la productividad durante el proceso de colada continua.

La variable independiente: tiempo en minutos de mantenimiento preventivo a la semana

La variable dependiente: porcentaje de productividad del proceso de colada continua.

Hipótesis #3

La introducción de la herramienta TPM en el proceso de colado continuo aumentará la participación y la autonomía de los operadores, lo que se traducirá en una mayor responsabilidad por la disponibilidad de los equipos.

Variable independiente: Número de operadores involucrados en la participación del cuidado y operación de los equipos del proceso de colada continua

Variable dependiente: Porcentaje de disponibilidad de los equipos durante el proceso de colada continua

1.9 Declaración de las variables (operacionalización)

1. Variable: Capacitaciones recibidas por el personal

Tipo: Independiente

Técnica: Encuesta y socialización al personal

Conceptualización: Cantidad de capacitaciones recibidas por el personal operativo y técnico

Indicador: Numero de capacitaciones recibidas por el personal

2. Variable: Generación de mermas

Tipo: Dependiente

Técnica: Registro histórico de la base de datos.

Conceptualización: Toneladas de mermas generadas durante el proceso productivo.

Indicador: Toneladas de acero en el piso.

3. Variable: Duración semanal del mantenimiento preventivo

Tipo: Independiente

Técnica: Registro de la base de datos

Conceptualización: Tiempo que dura el mantenimiento preventivo durante cada semana previo al proceso productivo.

Indicador: Minutos de mantenimiento preventivo.

4. Variable: Confiabilidad de los equipos

Tipo: Dependiente

Técnica: Registro de la base de datos

Conceptualización: Porcentaje obtenido calculando el tiempo de operación y el tiempo de mantenimiento correctivo durante la operación.

Indicador: Porcentaje obtenido entre los minutos de operación y los minutos de mantenimiento correctivo durante la operación.

5. Variable: Número de operadores involucrados en la participación del cuidado y operación de los equipos del proceso de colada continua.

Tipo: Independiente

Técnica: Registro de los participantes durante las reuniones de concientización.

Conceptualización: Cantidad de operadores involucrados y participes del cuidado y operación de los equipos durante el proceso de colada continua.

Indicador: Número total de operadores involucrados.

6. Variable: Disponibilidad de los equipos

Tipo: Dependiente

Técnica: Registro de la base de datos

Conceptualización: Porcentaje obtenido al hacer el cálculo entre el tiempo de operación, el tiempo de mantenimiento correctivo durante la operación y el tiempo de mantenimiento preventivo.

Indicador: Porcentaje obtenido entre los minutos de operación. los minutos de mantenimiento correctivo durante la operación y los minutos de mantenimiento preventivo.

1.10 Justificación

La puesta en marcha de la herramienta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de colado continuo de una industria siderúrgica puede impactar significativamente en la eficiencia, confiabilidad y productividad de dicha operación. “Esta investigación puede proporcionar información clave sobre como el TPM puede optimizar los tiempos de producción, disminuir el costo de mantenimiento y aumentar la calidad del producto final”. (Galleguillos Peralta & Muñoz Aguilar, 2009)

Esta investigación proporcionara un enfoque metodológico solido para implementar el TPM en el proceso de colado continuo. Se podrán identificar las mejores prácticas, técnicas y herramientas relacionadas con el TPM que sean aplicables en esta industria especifica. Además, “permitirá obtener conclusiones basadas en evidencia científica sobre la efectividad y eficiencia del TPM en este contexto particular”. (Mesa Páez, 2020).

Los resultados de este estudio pueden impactar directamente a la industria siderúrgica, ya que el proceso de colado continuo es una etapa crítica para conseguir productos acabados de alta calidad. Si se demuestra que el TPM puede mejorar la eficiencia y la calidad en este proceso, las organizaciones siderúrgicas podrán implementar medidas correctivas y preventivas para minimizar las interrupciones de producción, disminuir los tiempos de inactividad y aumentar la satisfacción del consumidor.

Las empresas siderúrgicas, especialmente aquellas que utilizan el proceso de colado continuo, serían los principales beneficiarios de los resultados de esta investigación. Los gerentes de planta y operaciones podrán tomar decisiones informadas sobre la puesta en marcha del TPM en sus instalaciones, conforme a los

datos y conclusiones obtenidas. Además, los trabajadores también se beneficiarían al tener un entorno de trabajo más seguro y eficiente.

Cabe recalcar que “el sector siderúrgico es un motor económico en muchos países, por lo tanto, su eficiencia y competitividad son clave para su desarrollo socioeconómico” (Poirrier, 2015). La implementación del TPM puede contribuir a la sostenibilidad de esta industria al, reducir los costos, aumentar la productividad y disminuir el impacto ambiental. Además, al proporcionar resultados basados en evidencias científicas, esta investigación puede promover la acogida de prácticas más eficientes y sostenibles en la industria siderúrgica en general.

1.11 Alcance y limitaciones

Este trabajo estará enfocado en el proceso de colada continua, incluyendo al personal operativo y técnico, así como también con los equipos involucrados. Se utilizará los datos proporcionados por el operador del horno EAF y por las personas involucradas en temas de procesos y de seguridad. Se realizará la identificación de patrones en los minutos de paradas, ayudando a comprender las causas principales de las interrupciones y en la toma de medidas para reducirlas o evitarlas en el futuro.

Se procederá a la identificación de tendencias para descubrir si los tiempos de paradas están aumentando o disminuyendo, lo cual proporciona información valiosa sobre la eficiencia del proceso o la atención que se le ha dado al mantenimiento o las reparaciones. Comparación de tiempos de parada entre equipos o áreas, con el fin de identificar diferencias significativas, Esto podría indicar oportunidades de mejora en áreas específicas o señalar problemas específicos en ciertos equipos.

Una de las limitantes a considerar es que no estará considerado el desgaste de los equipos, la capacidad del personal, entre otras. Así como también, la no obtención del registro de la calidad individual del producto, ya que este registro no se encuentra presente y no se evidencia de manera individual, fuera de estas limitantes consideramos que nuestra investigación tendrá de igual forma el impacto y respaldo debido para poder ser citada por otros estudiantes, cuando el caso se llegue a dar.

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes históricos

Tomando como referente lo mencionado por (Negrete Satán, 2020): “La implementación de la herramienta de Mejora Continua conocida como TPM (Total Productive Maintenance, por sus siglas en inglés) ha tenido un impacto significativo en diversas industrias”, incluyendo la industria siderúrgica. Para comprender mejor esta relación histórica, es importante establecer los antecedentes, origen y evolución del problema de estudio.

Los antecedentes históricos de la industria siderúrgica se remontan a siglos atrás, cuando la producción de acero se llevaba a cabo utilizando técnicas manuales y rudimentarias. Como expresa (Barreto Bernal, 2014): “con el tiempo, se fue desarrollando y mejorando la tecnología utilizada en el proceso de producción de acero, lo que permitió aumentar la eficiencia y la capacidad de producción.”

Sin embargo, a medida que la industria siderúrgica se expandía, surgieron varios desafíos relacionados con el proceso de colado continuo, que es una etapa clave en la producción de acero. El proceso de colado continuo en la industria siderúrgica implica verter el acero líquido en un molde continuamente, lo que requiere un control preciso de la temperatura, la velocidad de colado y otros parámetros para garantizar la calidad del producto final.

Uno de los principales problemas que surgieron en el colado continuo fue la frecuencia de las paradas no programadas o averías en los equipos utilizados. Estas interrupciones provocaron pérdidas significativas de tiempo durante el proceso productivo, recursos debido al reproceso y las mermas generadas, lo que afectó la productividad y la rentabilidad de las industrias siderúrgicas.

Como plantea (Villena Andia, 2017), la necesidad de abordar eficazmente este problema llevó a la implementación de TPM como una herramienta de gestión enfocada en la mejora del mantenimiento preventivo de los equipos. Dicho con palabras de (González Ponce, 2019), el origen del TPM se encuentra en Japón en la

década de 1960, cuando varias empresas empezaron a buscar formas de reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia en la producción.

(Canahua Apaza, 2021) manifiesta que: “a lo largo de los años, el TPM ha evolucionado y se ha adaptado a las necesidades específicas de las industrias siderúrgicas. Se han desarrollado metodologías y técnicas para la implementación efectiva del TPM, incluyendo la formación y participación activa de los empleados, el establecimiento de indicadores clave de rendimiento y la identificación y eliminación de las principales causas de fallas en los equipos. Los estudios de caso y las investigaciones han demostrado que la implementación de TPM en la industria siderúrgica ha llevado a mejora significativas en la eficiencia de los equipos, reducción de las paradas no programadas, aumento de la capacidad de producción y mejora general en la calidad del producto final.”

En conclusión, a lo largo de la historia, la industria siderúrgica ha enfrentado desafíos en el proceso de colado continuo, específicamente relacionados con las paradas no programadas y fallas en los equipos. El TPM ha surgido como una herramienta efectiva para abordar estos problemas, mejorando la eficiencia y la rentabilidad de la industria. Su origen en Japón en la década de 1960 y su evolución constante han permitido su aplicación exitosa en las industrias siderúrgicas de todo el mundo.

2.1.2 Antecedentes referenciales

Según Huaraca (2019) en su informe denominado “Metodología TPM aplicada en la industria de maquinaria pesada” donde su objetivo es utilizar TPM para mejorar las operaciones en la industria de equipos pesados. Los resultados obtenidos de la aplicación del TPM en esta industria son positivos, evidentes en términos de productividad, organización y seguridad. Se puede concluir que: La aplicación de TPM tiene un impacto positivo en la industria ha tenido un impacto positivo al mejorar significativamente el mantenimiento, los procesos, la organización y la seguridad, que son aspectos importantes para el desarrollo empresarial en cualquier industria. (Huaraca, 2019)

Según Torres (2019) en su tesis “Implementación de Metodología TPM para Reducir Costos de Mantenimiento en Planta de Productos Químicos” concluye que,

para lograr el objetivo de reducir los costos de mantenimiento, este estudio se basa en la implementación y aplicación de 3 pilares del TPM (mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y capacitación), asistidos por el concepto 5S, que ayudarán a reducir el mantenimiento correctivo y el número de tiempos de mantenimiento. Para mejorar la disponibilidad de los equipos, que es la principal fuente de altos costos de mantenimiento, el tipo de investigación es correlativa y basada en un diseño no experimental; sus métodos de investigación son cuantitativos. (Torres, 2019)

Chalco (2018) en su tesis “Aplicación de los pilares del TPM en la línea de producción de envases de hojalata enfocados en el mantenimiento preventivo y autónomo para incrementar la productividad en la empresa METALPREN S.A., Lima 2018” da a conocer los beneficios al usar nuevos métodos al proceso de producción, y se utilizará en el proceso de fabricación de envases de 3 cuerpos (líneas eléctricas). (Efrain, 2018)

Mediante el uso de un análisis con la estadística descriptiva e inferencial menciona que los datos en las variables independientes Lean Manufacturing: TPM si se relaciona con respecto a la mejora de la productividad menciona Navarro (2021) en su tesis “Lean Manufacturing: TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada”, teniendo una metodología aplicada, diseño no experimental, corte transversal-correlacional causal y contando como muestra a 90 trabajadores. (Navarro, 2021)

Según Cárdenas y Lezama (2018) en su tesis “Implementación de un plan preventivo basado en TPM para mejorar la productividad de la empresa Agromolinos Industriales Anderson E.I.R.L” menciona que luego de la aplicación del Programa TPM, se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/. 113,567.27, una tasa interna de retorno (TIR) de 723% y con esto una relación beneficio /costo de 1.752, por lo que es muy recomendable el uso urgente de la propuesta. (Cardenas & Lezama, 2018)

Pérez (2019) en su tesis “Gestión de mantenimiento basado en metodología TPM para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa e.i.r.l. Chiclayo.” Menciona que el análisis económico permitió la obtención de un valor actual neto (VAN) de 1872.96, una tasa interna de retorno (TIR) de 78% mensual, lo cual muestra que estos indicadores hacen factible la ejecución del proyecto teniendo una

investigación no experimental, descriptiva y teniendo como muestra las 8 máquinas que estarían afectando la producción. (Perez, 2019)

Según Matías (2020) en su tesis “Implementación del TPM para aumentar la productividad del área de calcetines en empresa textil, La Victoria” menciona que los resultados respaldan la hipótesis general de que la Implementación del TPM aumenta la productividad del área de calcetines. La aplicación muestra evidencia suficiente para concluir que después de aplicar la metodología, hay una mejora significativa, teniendo una investigación aplicada, de nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño experimental de tipo preexperimental. (Matias, 2020)

2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación

Aunque la forma tradicional de medir la productividad ha sido un gran aporte para la evaluación del rendimiento en la industria, debido a las debilidades y corto alcance que presenta, el concepto ha tenido que evolucionar, dando mayor profundidad a las necesidades de medición que han surgido. Aunque la relación entre salidas y entradas no ha cambiado, los aspectos que han sido modificados están relacionados con una evaluación más profunda de sus variables, con mayor interacción entre estos, permitiendo escalar la productividad a todos los procesos de la organización.

(Colmenares D., 2007) precisa que: “la clasificación de la productividad en el ámbito industrial está dada por índices, funciones de producción e insumo producto, las cuales se integran bajo metodologías de medición de productividad y su aplicación varía de acuerdo con las necesidades de la empresa.” Entre los métodos para medir la productividad se destacan los siguientes, estos están clasificados por tipo de enfoque.

Según lo manifestado por (Mesa & Ortiz, 2019): TPM (Mantenimiento Productivo Total) El Mantenimiento Productivo Total conocido como TPM, comienza su implementación e impacto por la década de los años 70, en Japón. Es donde se implementa un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado por los enfoques anteriores, con la diferencia en la incorporación de aplicaciones innovadoras entre ellos el denominado “Mantenimiento Autónomo”. Están inmersos los propios operadores de producción, y la implantación activa de todos los empleados

involucrados, desde los altos cargos hasta el operador, surgiendo el nacimiento de una nueva cultura propia que favorece al trabajo en equipo y eleva la moral del personal.

Uno de los principios básicos del TPM es reducir y eliminar averías y problemas periódicos en maquinaria y equipos. El objetivo es asegurar su disponibilidad y funcionalidad y, a partir de diagnósticos continuos, estimar la vida útil de cada dispositivo, determinar el coste de cada dispositivo, calcular las horas de trabajo, etc., y así poder prevenir daños o tiempos de inactividad en los equipos que afectan la producción.

Mantenimiento Productivo Total (TPM) o Total Productive Maintenance en inglés es un nuevo concepto de trabajo relacionado con el mantenimiento en las instalaciones de producción, pero abarca y enfatiza otros aspectos, tales como: participación de todo el personal de la fábrica, eficiencia general, gestión integral del mantenimiento de los equipos. sistema desde el diseño hasta la corrección y prevención.

Según (Julca, 2021) la realización de "Pérdida Cero" se logra mediante la implementación de TPM. TPM tiene tres métodos:

T significa "Total", que se interpreta como "todas las funciones realizadas por todos los empleados de la empresa". Aquí se explican tres aspectos básicos: cooperación de los empleados, eficiencia general y métodos de gestión y mantenimiento preventivo del sistema.

P de "productividad" o "productivo", es donde se minimiza los problemas, incluso se relaciona con términos cercanos como "mejora"

M simboliza actividades de "Management" y "mantenimiento". Es un sistema que, además de tareas administrativas y de gestión empresarial, se encarga de la reparación, lubricación, limpieza y mantenimiento.

TPM

TPM es un sistema de mantenimiento industrial japonés desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado por la industria americana. Es una

estrategia que consta de una serie ordenada de acciones que, al implementarse, ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera una estrategia porque ayuda a crear capacidades competitivas eliminando de forma rigurosa y sistemática los errores en el sistema de producción.

Pilares clave de TPM: Los procesos centrales de (Japanese Institute of Plants Maintenance) JIPM se denominan "pilares". Estos pilares son el soporte para crear un sistema de producción ordenado. Se implementan según un método estricto, sólido y eficaz. JIPM cree que los pilares necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

1.- Mejorar la eficiencia del equipo

La eficacia del equipo es una medida de los resultados de la creación de valor del equipo. El Mantenimiento Preventivo (PM) aumenta la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividades. Cuantitativo. - Mejorar la disponibilidad general del equipo y aumentar la productividad con el tiempo. Cualitativo. - Calidad estable. El propósito del TPM es aumentar la eficiencia de los equipos para que cada parte alcance su máximo potencial y se mantenga en ese nivel. La creencia de que se puede lograr cero defectos es un requisito previo para lograr TPM.

2.- Mantenimiento autónomo

Idealmente, todos los usuarios de la máquina tendrían que realizar su mantenimiento, e inicialmente se combinaron las dos funciones. Hoy en día, muchos directivos entienden que la clave de la competitividad es un equipo más eficaz. El mantenimiento autónomo se basa en la prevención del desgaste. El mantenimiento por parte de operadores de equipos o el autoservicio puede aumentar en gran medida la eficiencia del equipo.

3.- Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consta de dos actividades básicas: inspecciones periódicas y restauración planificada del desgaste basada en los resultados de las inspecciones. Los trabajos de mantenimiento rutinario se consideran mantenimiento preventivo. Aquí se analizan las actividades planificadas a medio y largo plazo del

departamento de mantenimiento técnico: selección de estándares de mantenimiento, desarrollo y ejecución de planes de mantenimiento, mantenimiento de registros de mantenimiento y trabajos de reparación. Incluye subsistemas como control de piezas, control de lubricación y control del presupuesto de mantenimiento.

4.- Prevención del mantenimiento técnico

La gestión de instalaciones o máquinas se puede dividir en ingeniería de planificación e ingeniería de mantenimiento. El mantenimiento preventivo (PM) es un aspecto importante de la ingeniería y actúa como interfaz entre la ingeniería de proyectos y la ingeniería de mantenimiento. El propósito de las actividades de mantenimiento preventivo es reducir los costos de mantenimiento y las pérdidas causadas por la obsolescencia de nuevos equipos, teniendo en cuenta los datos de mantenimiento, requisitos operativos, de seguridad y otros. En otras palabras, significa diseñar e instalar equipos que sean fáciles de mantener y operar. veintitrés

5.- Formación en mantenimiento.

Las empresas necesitan personal con sólidas habilidades de mantenimiento para realizar actividades de TPM. Los operadores deben estar capacitados en su equipo y desarrollar la experiencia práctica y las habilidades necesarias para mantener el equipo en buen estado de funcionamiento. El operador debe comprender la estructura y función del equipo para poder operarlo correctamente. El personal de mantenimiento debe estar capacitado y tener conocimientos para que los operadores confíen en él. La relación entre ambos grupos es alta, ya que el personal de mantenimiento apoya en la capacitación, entrenamiento y gestión del personal de producción, mientras que el personal de producción apoya en las tareas de mantenimiento mediante la detección temprana de averías y buena operación, así como también la limpieza, lubricación y ajustes

INDICADORES TPM

a.- Indicadores de gestión. - Los indicadores de gestión combinan muchas actividades separadas. Los resultados de las actividades de TPM deben reflejarse en indicadores de gestión y mostrar cómo el enfoque ayuda a mejorar el desempeño de la organización.

b.- Indicadores de eficiencia de fábrica. - El macro indicador de eficiencia consta de tres subindicadores (Disponibilidad, Rendimiento y Tasa de Calidad)

c.- Indicadores de calidad y ahorro energético. - En las industrias procesadoras, deben considerarse indicadores clave, ya que están directamente relacionados con los costos de producción.

d.- Indicador de mantenimiento. - En general, se deben evaluar dos aspectos del mantenimiento. Primero, evalúe las mejoras en la confiabilidad y el mantenimiento de los equipos y cómo pueden ayudar a mejorar la eficiencia de los equipos y la calidad del producto. En segundo lugar, evaluar la eficacia de las actividades de mantenimiento. En la industria procesadora es importante sistematizar y acelerar el mantenimiento de paradas y lograr una puesta en marcha suave y rápida, eliminando así sus problemas. Evaluar la efectividad de utilizar los mejores y más económicos métodos.

e.- Indicadores de salud, seguridad y medio ambiente. - En cada fábrica, los gerentes y supervisores asumen la responsabilidad de la salud, la seguridad y el medio ambiente. Normalmente, el "Comité de Seguridad" organizará un equipo para inspeccionar las instalaciones y descubrir posibles problemas o causas de accidentes.

f.- Indicadores de formación y clima laboral (motivación). - A través de la formación y la práctica, TPM busca cambiar a las personas y crear trabajadores motivados, capacitados y seguros que conozcan las máquinas y los procesos. Esto hace que las evaluaciones de la formación y del entorno laboral sean especialmente importantes. (Porras, 2012)

Mantenimiento Productivo Total - TPM.

Según establece (Pulido & Rosario, 2017): Mantenimiento Productivo Total TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un conjunto de técnicas diseñadas para prevenir errores involucrando y motivando a todos los empleados. La idea básica es que el trabajo de todos es mejorar y proteger los activos de producción, desde los gerentes hasta los asistentes de operadores. Para lograr este objetivo, TPM ofrece cuatro objetivos:

1. Maximizar la efectividad del equipo.

2. Desarrollar un sistema de mantenimiento eficaz durante toda la vida útil del equipo, que comienza desde el momento del diseño de la máquina (diseño sin mantenimiento) e incluye medidas sistemáticas de mantenimiento preventivo y mejora durante todo el ciclo de vida.

3. Todos los departamentos involucrados en la planificación, diseño, operación o mantenimiento de equipos.

4. Involucrar activamente a todos los empleados, desde los altos directivos hasta los operadores, incluidas las actividades de autoayuda y de grupo de los empleados.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En 1971, Japón introdujo el concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para resolver los problemas de mantenimiento del sistema otorgando más responsabilidad a los operadores y trabajadores. Es un programa que resuelve problemas de mantenimiento de equipos a través de un sistema integral de entrega de mantenimiento de producción desde el personal de producción y mantenimiento hasta la alta gerencia.

Es un método y concepto de gestión de equipos estratégicos que se centra en establecer objetivos de calidad del producto y al mismo tiempo aumentar la eficacia del equipo. Esto incluye el concepto de mejora continua y la amplia participación de todos los empleados y todos los departamentos. Además, es un enfoque de mejora orientado a la producción diseñado para optimizar la confiabilidad de los equipos y garantizar una gestión eficaz de los activos fijos. El objetivo del TPM es "integrar las dos funciones (fabricación y mantenimiento) a través de buenas prácticas laborales, trabajo en equipo y mejora continua". TPM cubre "todas las estrategias necesarias para mantener registros de mantenimiento de la salud".

Historia de éxito n.º 1: ofrecer soluciones integrales basadas en TPM utilizando estudios de casos para mejorar la eficiencia de fabricación

El enfoque TPM se implementó en una empresa Kuwait, que producía bebidas carbonatadas y no carbonatadas y que estaba experimentando problemas con sus líneas de producción. Las líneas de producción con problemas de producción, incluidas las líneas de producción de vidrio, utilizan soluciones TPM continuas basadas en sistemas de mejora universal. Este programa consta de una integración de la metodología 5S y una perspectiva que se enfoca en la seguridad, la salud y el medio ambiente, esta integración se llama 6S. Nueve meses después de implementar esta solución, las mediciones de OEE mejoraron significativamente. La eficiencia de la línea de producción de vidrio aumentó un 44 %, la disponibilidad de la línea de producción aumentó un 13 %, el porcentaje de piezas defectuosas disminuyó un 27,8 % y la participación general de OEE disminuyó. aumentó en 22.15% Alcanzó el 50% de las metas de la empresa.

Caso de éxito 2: Indicadores de mejora de la política de mantenimiento productivo total

El enfoque TPM se implementó en un fabricante de neumáticos para automóviles donde la confiabilidad de la prensa era baja y cada mes se registraba una gran cantidad de tiempos de inactividad no planificados. Considerando este problema, el autor decidió evaluar y medir las capacidades de mantenimiento técnico de la empresa basado en TPM aplicando métodos estadísticos de probabilidad de falla como SVM (Support Vector Machine) y HMM (Hidden Markov Model), así como desarrollar fallas a corto plazo, tasa y RUL. Predicción del sistema y posibles fallos a largo plazo. Los resultados mostraron que la probabilidad de falla se redujo del 75% al 25%, la precisión fue del 85%, la vida útil de la máquina aumentó de 12 a 26 años y el tiempo medio entre fallas aumentó en un 34%. 1.6.3.

Historia de éxito 3: La industria india logra la excelencia en la fabricación mediante el mantenimiento productivo total: un estudio de caso

El enfoque TPM se implementó en una empresa india dedicada a la producción de autopartes relacionadas con cajas de cambios que tenían un bajo porcentaje de indicadores de desempeño. Por ello, la empresa decidió implementar el enfoque TPM en sus 3 plantas de producción. La implementación de TPM adoptada por la empresa se divide en dos fases y doce pasos según los lineamientos de (Japanese Institute of

Plant Maintenance) JIPM. La primera fase consta de una fase de preparación y una introducción al método, que consta de los primeros seis pasos del TPM. La segunda etapa incluye la ejecución y creación de métodos y consta de las últimas seis etapas de TPM. Los resultados varían dependiendo de la etapa de implementación. La OEE aumentó de 46% a 73,1% para TPM Fase 1 y de 73,1% a 85,5% para TPM Fase 2, respectivamente. Además, los costos de producción se redujeron en un 12 % al final del segundo ciclo de TPM y se redujeron los costos de inventario. en un 35%. 1.6.4.

Caso de éxito 4: Eficiencia de la fábrica utilizando la capacitación en mantenimiento autónomo para mejorar la eficiencia general del equipo: un estudio de caso.

Una gran fábrica de vehículos de dos ruedas en la India implementó un enfoque TPM, la cual tenía un porcentaje bajo de indicadores de desempeño. Por lo tanto, con base en uno de los pilares del TPM, se selecciona una máquina en la línea de producción para determinar los factores de evaluación. Posteriormente se desarrolló una capacitación en mantenimiento autónomo de las máquinas seleccionadas en el área del taller de máquinas. El objetivo principal es formar a los operadores de máquinas para realizar trabajos menores de mantenimiento en las máquinas investigadas mediante un programa de formación específico para cada configuración de equipo. Tras la introducción del mantenimiento autónomo en la industria, el OEE aumentó un 11,4%. El valor inicial de OEE fue 0,525 y el valor final fue 0,639.

Historia de éxito 5: Mantenimiento de clase mundial utilizando un sistema de gestión de mantenimiento computarizado

En la industria automotriz, los costos de mantenimiento correctivo son prohibitivos debido a las frecuentes averías en fábrica. Por ello, se decidió utilizar un nuevo sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS) para optimizar la confiabilidad de 130 máquinas en las áreas de producción y mantenimiento. Este nuevo sistema reducirá las tasas de falla mediante el desarrollo de un sistema automatizado de pedido de piezas de mantenimiento que utilizará alarmas para notificar al personal de producción cuando sea el momento de reemplazar las piezas de la máquina basándose en el historial de tasas de falla antes de que las piezas de

la máquina se desgasten. Además, se ha desarrollado una red de toma de decisiones (DMG) para ayudar a monitorear el desempeño de la planta y recomendar acciones apropiadas. El DMG recomendará medidas para reducir la probabilidad de fallas en función de los problemas que surjan en el momento, incluida la implementación de TPM, la mejora del nivel de habilidades de los empleados (SLU), las técnicas de monitoreo basadas en la condición (CBM) y la ejecución solo hasta el fallo (OTF) decisiones. Luego de implementar este sistema y red de decisiones, el tiempo de inactividad se redujo en un 80% y el tiempo de mantenimiento correctivo se redujo en un 60%.

Historia de éxito 6: Implementación de estrategias TPM en líneas de producción automotrices, reduciendo pérdidas

TPM también se implementó en una empresa de ensamblaje y mecanizado de automóviles que experimentaba repetidas fallas en las máquinas a diario que paraban la línea de producción hasta que pudiera ser reparada. En otras palabras, se crea poder libre. La implementación del TPM tiene como objetivo mejorar el estado actual y la confiabilidad de los equipos que trabajan en las líneas de procesamiento y ensamble, reducir los costos no operacionales y aumentar los ingresos operacionales utilizando el plan de trabajo "Oficinas de Seguridad". Esto resultó en un aumento del 18% en el desempeño operativo en comparación con la fase inicial del análisis.

Mantenimiento Programado

El objetivo principal de este puntal es mantener la máquina en óptimas condiciones para niveles óptimos de rendimiento. Esto se hace para reducir la cantidad de interrupciones no planificadas que tardan más en solucionarse y provocan que la producción se detenga durante períodos de tiempo más prolongados. Asimismo, el concepto 5S complementa este pilar implementando procesos de mantenimiento estandarizados basados en el mantenimiento preventivo.

Mantenimiento Preventivo

Una vez que sea posible determinar qué máquinas son los procesos de cuello de botella, el equipo de mantenimiento debe darles la prioridad necesaria porque representan una menor utilización de la capacidad. Por lo tanto, para implementar

adecuadamente este pilar, el equipo de TPM debe ser responsable de este mantenimiento, así como del control y estandarización de este proceso (Rojas & Arom, 2022).

Definición de términos.

Análisis crítico: Es un método que permite determinar la jerarquía o priorización de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que ayuda a tomar decisiones correctas y efectivas.

Avería: clasificamos una característica como fallida cuando alcanza un estado en el que no puede realizar una o más funciones. A diferencia del fracaso, que es el inicio y la causa de una pérdida de capacidad de producción, el fracaso es el estado en el que queda expuesto un activo después del fracaso.

Beneficios y Costos (B/C): Compara tus ingresos y costos con valores actualizados para obtener resultados que determinen el costo de tu inversión y lograr mejores resultados.

Disponibilidad: La probabilidad de que un sistema esté activo o disponible para su uso. Es decir, el periodo de tiempo durante el cual debe operar el equipo.

Evaluación del desempeño: un marco para la medición objetiva e integral del comportamiento, las habilidades, el desempeño y la productividad profesionales. En definitiva, quién es un hombre, qué ha hecho y qué ha conseguido.

Fallo: Consideramos que una característica es defectuosa si no cumple su función funcional. Una falla es un evento que impide que un activo funcione, no el estado en el que se encuentra. **Mantenimiento:** Conjunto de técnicas que mantienen los equipos y sistemas en funcionamiento el mayor tiempo posible para garantizar la máxima disponibilidad y eficiencia.

Orden de trabajo: Este es un documento que contiene instrucciones escritas detalladas para realizar un tipo específico de trabajo o tarea. Es una herramienta esencial utilizada en diversos procesos de fabricación y, a menudo, se utiliza para resolver problemas de mantenimiento.

Perfil del puesto: Son descripciones específicas de las características del puesto, tareas y responsabilidades en la organización, así como de las habilidades y conocimientos que debe tener la persona que ocupa el puesto.

Periodo de recuperación de la Inversión (PRI): El tiempo necesario para determinar el retorno de la inversión. Cabe señalar que se aceptarán proyectos de inversión si el tiempo de recuperación de la inversión es menor al plazo especificado.

Plan de Formación: Es una serie de actividades de formación y coaching humano en las que se puede lograr la transferencia de conocimientos a través de actividades teóricas o prácticas.

Rentabilidad financiera sobre el capital (ROA): Es una medida de la rentabilidad de una empresa en relación con su capital social. Mide la relación entre el beneficio neto de la empresa y su autofinanciamiento.

Tasa de Retorno Mínima Aceptable (TMAR) Es el rendimiento que compensa el índice de inflación más la prima de riesgo de la moneda de inversión. Debe aplicarse durante el año del proyecto.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): Este es el tiempo medio entre fallas de equipos o reparaciones de equipos. Este indicador se utiliza para monitorear la disponibilidad y confiabilidad del producto. Cuanto mayor sea el tiempo entre fallas, más confiable será el sistema.

Tiempo medio entre reparaciones (MTTR): el tiempo promedio que lleva reparar un sistema (generalmente un problema técnico o mecánico). Esto incluye el tiempo de reparación e inspección. El tiempo corre en este número crítico hasta que el sistema vuelva a ser completamente funcional.(Cabel, 2021)

Principios Fundamentales del TPM

Los principios básicos del TPM se definen como pautas que garantizan productos y servicios de alta calidad, los costos de producción más bajos, una alta ética laboral y una buena imagen corporativa.

- Cero defectos: intenta eliminar las seis pérdidas principales que se producen al utilizar el método TPM, a saber: pérdida por error, pérdida por preparación y

ajuste, pérdida por parada pequeña, pérdida por parada, pérdida por aceleración, pérdida de calidad y degradación del rendimiento.

- **Inventario Cero:** Se basa en la producción justo a tiempo (J.I.T), intenta reducir las compras en ventas e intenta eliminar sistemas de inventario innecesarios.

- **Rentabilidad total:** debe construirse dentro de un sistema de mantenimiento preventivo, productivo, predictivo y preventivo que esté estrechamente relacionado con las actividades de los grupos de interés que implementan el enfoque en la organización.

- **Productividad:** Debe maximizarse y garantizar la coherencia entre el inventario, la producción y la calidad del producto. En relación con la vida del producto y los costos económicos, esto se refleja en las inversiones y recursos que posee la organización, así como en la gestión de inventarios.

- **Participación total:** Requiere la aceptación y el apoyo de toda la organización, ya sean altos directivos o empleados que trabajan juntos para definir objetivos, liderados por pequeños grupos interactivos.

- **Incrementar la eficiencia:** Se busca crear equipos que vayan más allá del mantenimiento correctivo, aumentando así los costos y alargando su vida en la organización.

- **Logística y tecnología:** Responsable de las compras de productos, materias primas, sistemas de transporte y procedimientos operativos de equipos.

- **Mejora del lugar de trabajo:** relacionado con la implementación del enfoque japonés de las 5S.

Pilares básicos del Mantenimiento productivo total

F. Rey. (2001), "Para poder desarrollar el mantenimiento productivo total existen ciertas bases, que son importantes en la columna vertebral de esta metodología y se las aplicara en cualquier organización para lograr resultados favorables los cuales son":

Mejoras con enfoque: Este pilar se encarga de identificar problemas importantes que merman la productividad en las posibles áreas de una organización, además intenta establecer posibles herramientas que ayuden a proponer soluciones.

Mantenimiento autónomo: Tiene un enfoque en el operario de una organización, porque quien opera la maquinaria es el, y podría desarrollar mejores habilidades para la resolución de problemas que se puedan presentar, es por esto que deben tener capacitación constante para que estén familiarizados con los procesos que se dan en mantenimiento.

Mantenimiento progresivo o planeado: Aquí nos basamos en obtener buenas condiciones de operación de la maquinaria, alargando su mayor tiempo de vida útil, intentando siempre gestionar de una manera efectiva un diagnóstico de problemas, tratando de esta forma disminuir los tiempos de reparación, y no mermar la producción de la organización.

Educación y formación: Se trata sobre el entrenamiento y capacitación del personal, para obtener una gama de conocimientos y habilidades, que permitan desarrollar un desenvolvimiento óptimo en el área donde este el operario y produzca un mejor servicio y una reducción de errores.

Mantenimiento temprano: Se trata de poder disminuir tiempos que no son necesarios para poder obtener mejor confiabilidad en los equipos en los cuales se van operar, esto lo podemos lograr por medio de sistemas de gestión los cuales operan mediante conocimiento de mejoras que puedan detectar los errores que se den por día.

Mantenimiento de calidad: Es necesario mantener la calidad dentro como fuera de la organización, en este apartado los equipos que se han de operar tienen que tener óptimas condiciones de operación para no generar defectos en la calidad, tratando de tener menos anomalías en los procesos establecidos.

Mantenimiento en áreas administrativas: Aquí se trata de expandir la metodología dentro de todas las áreas o secciones de la organización, involucrando de manera eficiente la parte administrativa, porque dentro de esta área se presentan

estrategias diferentes de reducción en los costos de papelería, información y útiles de oficina, etc.

Gestión de seguridad, salud y medio ambiente: Aquí se desarrollan mejoras que están enfocadas al mantenimiento autónomo que ayudan considerablemente a prevenir accidentes en el entorno laboral que pueden afectar la integridad física y mental de los trabajadores, teniendo así un ambiente laboral favorable y agradable para mejorar la calidad de vida del operario y por ende él se encuentre agradecido con la empresa.

Marco Conceptual.

TPM (Mantenimiento productivo total). – Es una herramienta de mejora que asegura la disponibilidad y confiabilidad en las operaciones, del sistema, de los equipos, mediante la aplicación de los conceptos de: cero defectos, prevención, participación total de las personas y cero accidentes.

Lean Manufacturing. – Se trata de la eliminación de todos los desperdicios, reduciendo así el tiempo entre el pedido que tuvo el consumidor y el despacho del producto, aumentando la calidad y disminuyendo los costos.

JUST IN TIME. – Nos ayuda a aumentar la productividad y disminuir el costo de la gestión de perdidas en almacenes por acciones innecesarias, este es un sistema de organización de la producción de origen japonés.

KAIZEN. – Se refiere al mejoramiento continuo, y es una metodología o estrategia de gestión y calidad en las industrias tanto a nivel colectivo como individual. Esta metodología nos permite mantener y mejorar los estándares de trabajo por medio de mejoras pequeñas y graduales.

JISHU HOZEN. – Es una metodología que nos ayuda a conseguir cero averías, cero defectos y cero accidentes.

TEROTECNOLOGIA. – Se refiere a una combinación de finanzas, gestión, ingeniería y de otras disciplinas, se la aplica a bienes tangibles para poder lograr una vida económica del coste del ciclo.

CINCO 'S' (5 S's). – Esta es una técnica que está enfocada en la eliminación de cualquier tipo de contaminación en el suelo de producción y de servicios, opera con la base de que la disciplina y la limpieza (en sus acciones más amplias) son un factor clave para el éxito de cualquier esfuerzo de mejora continua.

Total Quality Manufacturing. – Esta estrategia está impulsada por W. Edwards Deming, quien impulso en Japón los famosos círculos de calidad también conocidos en tal país como los círculos de Deming.

Mantenimiento preventivo. – Se realiza de una forma anticipada con el objetivo de prevenir el surgimiento de averías en los equipos electrónicos, artefactos, vehículos automotores, maquinaria pesada, etc. Alunas de las acciones involucradas en este tipo de mantenimiento son: Limpieza, ajustes, lubricación, análisis, reparación, calibración, cambio de piezas, entre otros.

Mantenimiento predictivo. – Este tipo de mantenimiento relaciona una variable física con algún tipo de desgaste o estado de una máquina. Este se basa en el seguimiento, la medición y monitoreo de condiciones y parámetros operativos de una instalación o equipo. A tal efecto, se gestionan y definen valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera importante gestionar y medir. La tendencia de valores es la información más importante que arroja esta forma de seguimiento.

Mantenimiento correctivo. – Este se denomina por tener como finalidad reparar defectos o fallos que se presenten en las maquinarias y equipos una vez se de el fallo. Como tal, esta es la forma más básica de dar mantenimiento, pues se trata simplemente de reparar aquello que se ha descompuesto. En este sentido, este tipo de mantenimiento es un proceso que se trata en localizar y corregir desperfectos o averías que impidan que la maquina efectué su función de manera normal dada la simpleza de las maquinas antiguas y la falta de una cultura de consumo, como la actual, este tipo de mantenimiento era la forma más común de enfrentar las fallas de la maquinaria antiguamente.

Mantenimiento paliativo. – Este se encarga de reponer el funcionamiento, pese a que no quede eliminada la fuente que provoco la falla, en resumen, se trata de la corrección de fallas o averías, cuando estas se llegan a presentar.

Espectro de Vibraciones. – Resulta que cuando se mide la vibración de una máquina, se genera una información importante que se debe analizar. El éxito de dicho análisis depende de la correcta interpretación que se les de a los espectros capturados conforme a las condiciones de operación en que se encuentra la máquina. Este conjunto de vibraciones servirá para analizar cuando se dieron momentos críticos, se pueden leer los picos y de esta manera adelantar en un próximo fallo anticipando un mantenimiento para las maquinarias.

Management. – También conocido como gerenciamiento, se lo puede definir de maneras diferentes, ya que muchos autores lo han definido con diferentes nombres.

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación acorde a su finalidad será de carácter aplicada, porque se busca analizar el impacto del TPM (Total Productive Maintenance) en un proceso de colado continuo en una industria siderúrgica. La finalidad de esta investigación es obtener conclusiones prácticas y aplicables a la industria siderúrgica en relación con el efecto de implementar la herramienta TPM en dicho proceso, la investigación según su objetivo gnoseológico será descriptiva y correlacional por el hecho de que se realizará la comparación de variables, también será una investigación de campo porque de la realidad se extraerán los datos y eso va a permitir obtener información directa y precisa en relación al problema. La presente investigación será de carácter experimental porque ciertas variables se medirán como sujeto del experimento, será una investigación transversal porque se recogerán y analizarán datos en un momento determinado siendo por último también es una investigación de carácter cualitativo y cuantitativo porque se realizará en base a la obtención de datos descriptivos a través de técnicas como análisis de contenido y entrevistas en profundidad y también se medirá y analizará datos numéricos.

3.2 La población y la muestra

3.2.1 Características de la población

Personal operativo en el rango de 18 a 50 años que esté involucrado directamente con el proceso de fundidora.

Minutos de parada del horno EAF donde se encuentre involucrado un equipo o el personal de colada continua, así como también del personal técnico encargado.

3.2.2 Delimitación de la población

La unidad de negocio se encuentra dividida en 3 etapas: el proceso de fundición de la chatarra, el proceso de afino del acero y el proceso de colada continua. Dentro del proceso de fundición se tiene un total de seis (6) personas. Además, en la etapa de afino se tiene dos (2) operadores, dentro del proceso de colada continua se tiene un total cinco (5) operadores, adicional, existen tres (3) operadores de grúa,

cinco (5) operadores de refractario y cuatro (4) técnicos de mantenimiento. Cabe mencionar que existen tres (3) turnos, por lo que da un total de 75 trabajadores en todo el proceso de la fundidora. Adicional se cuenta con directores, supervisores y jefes de cada área.

El proceso de la fundidora es secuencial, donde el horno de arco eléctrico, "EAF" según sus siglas en inglés, es el encargado de llevar esta secuencia, la cual es formada por los tiempos de parada "Power OFF" y los tiempos de funcionamiento "Power ON". Todos estos tiempos son registrados y son controlados, ya que, si existe alguna incidencia que aumente el tiempo de funcionamiento "Power ON" o a su vez aumente el tiempo de "Power OFF", debe registrarse ya que incide directamente con la productividad del proceso. Por lo mencionado anteriormente, las incidencias registradas que inciden directamente en la fundición con horno de arco eléctrico "EAF" son parte de la población finita a considerar.

3.2.3 Tipo de muestra.

Se va a seleccionar como muestra no probabilística al personal operativo involucrado dentro del área de colada continua, así como también al personal que no pertenezca al área, pero que afecte directamente con la operación del proceso. De igual forma como muestra no probabilística a las incidencias registradas, estas sean ocasionadas por personal operativo o por fallas de los equipos del área, que formen parte del proceso de colada continua, que afecten a la fundición del horno con arco eléctrico.

3.2.4 Tamaño de la muestra (en caso de que aplique).

Muestra total: 35 trabajadores involucrados durante el proceso de colado continuo.

3.2.5 Proceso de selección de la muestra

Realizaremos un proceso de selección de manera voluntaria, siendo el criterio de selección que debe pertenecer al área de colada continua o que sus labores a realizar afecten directamente al proceso a esta. Se abordará al personal por turno, dependiendo de la actividad que realice y en caso de existir una incidencia que amerite la participación del personal, Se realizará reuniones mensuales con los involucrados.

Recopilación de todas las incidencias que sean exclusivamente por parte del personal o de los equipos del área de colada continua.

3.3 Los métodos y las técnicas

Utilizaremos la información que se obtenga mediante la experimentación del proceso de fundición, así como también la observación del proceso en otras industrias siderúrgicas, con el fin de obtener una referencia para los indicadores de mejoría productiva. Se realizará la recopilación de información ya registrada con anterioridad y la nueva información que se obtendrá a futuro, posteriormente realizaremos un análisis de los datos obtenidos con el fin de proporcionar la situación actual y los puntos a mejorar. Lo siguiente que se realizará son entrevistas, encuestas y reuniones de concientización con las personas involucradas para la revisión de la situación actual y los puntos a mejorar, finalmente, se realizará la propuesta de acción de mejora productiva y la observación de los indicadores para la mejora continua.

3.4 Procesamiento estadístico de la información (opcional)

Para analizar las incidencias que ocasionan pérdidas de tiempos, se realizará un Diagrama de Pareto, con el fin de conocer las incidencias de mayor impacto a la productividad. Adicional, se realizará un análisis estadístico para la obtención de la frecuencia de las diferentes incidencias, para la obtención de aquella incidencia que es recurrente y realizar el análisis de causa y efecto respectivo.

CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1 Análisis de la situación actual

Usando información registrada por parte del operador del horno eléctrico de arco, usando solamente las paradas o incidencias en las que están involucrada el área de colada continua, es posible la elaboración de tablas y a su vez, diagramas de frecuencias que facilitan la visualización del estado actual del área, a continuación, se encuentran los diagramas conseguidos:

La Figura 2 muestra las incidencias causadas por el área de colada continua registradas en el mes de julio del año 2023.

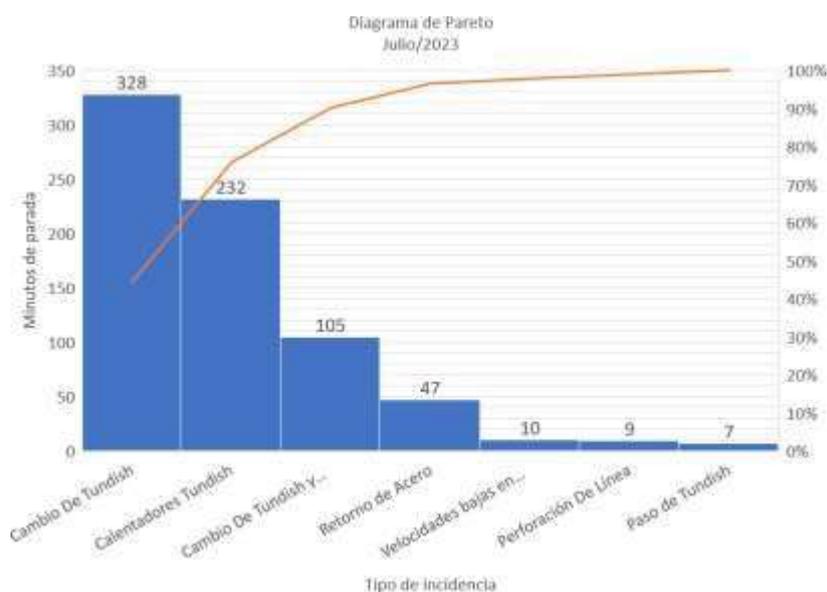


Figura 2. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso durante el mes de julio/2023. Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que, durante el mes de julio del 2023, la mayor cantidad de minutos parados ha sido por cambio de tundish o distribuidor de acero, con un total de 328 minutos de parada del horno eléctrico de arco. Seguido de calentadores de tundish, con 232 minutos de parada y finalizando con 105 minutos por cambio de tundish incluido el cambio de lingoteras.

Al realizar el seguimiento respectivo, la actividad de cambio de tundish es un proceso planificado y es una parte inevitable durante el proceso, por lo que la incidencia por calentadores son el punto por tratar. Recabando información sobre las incidencias por los calentadores de tundish, los reportes indican que la incidencia parte de la no disponibilidad de tundish o distribuidor de acero en condiciones óptimas para el arranque, es decir, no cumple con la temperatura adecuada para entrar al proceso.

Posteriormente, se realiza un diagrama de causa – efecto para encontrar la raíz del problema. Dando como resultado el siguiente análisis:

- Calentadores de tundish con problemas de encendido.
- Calentadores de tundish no son puestos a calentar por descuido o por desconocimiento del procedimiento de encendido de los operadores.
- Calentadores de tundish no tienen la correcta parametrización por lo que la potencia de calentamiento daña el material refractario del tundish.

Una vez conocidas las causas que ocasionan incidencias durante el proceso, se trabaja en las posibles soluciones.

Causa: Calentadores de tundish con problemas de encendido.

Los problemas con el encendido de los calentadores, radica en el daño o desgaste de los componentes que forman parte del calentador, por lo que se propone las siguientes posibles soluciones:

- Aumentar la frecuencia de los mantenimientos preventivos de los calentadores de tundish.
- Llevar el control del stock de los componentes críticos de los calentadores.

Llevar un control tipo verificación o check list, donde se incluyan el estado y los parámetros durante su funcionamiento de todos componentes de los calentadores.

Incidencias causadas por el área de colada continua registradas durante el mes de agosto del año 2023.

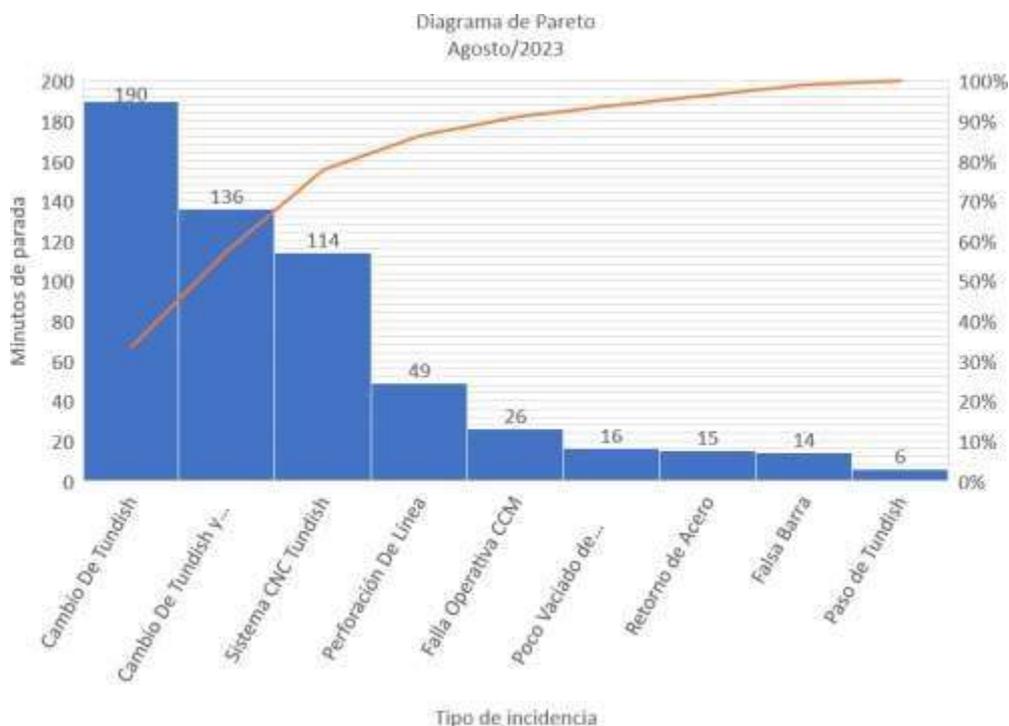


Figura 3. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso durante el mes de agosto/2023. Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que, durante el mes de agosto del 2023, la mayor cantidad de minutos parados ha sido por cambio de tundish o distribuidor de acero, con un total de 190 minutos de parada y 136 minutos adicionales por cambio de tundish y de lingoteras para el proceso. Seguido de sistema de CNC de tundish, encargados de realizar el cambio de boquilla del tundish, con 114 minutos de parada. De igual manera, los minutos planificados no serán considerados para el posterior análisis.

Al realizar el respectivo seguimiento, los minutos en las incidencias del sistema CNC del tundish fueron registrados por daños en mecanismos CNC. De igual manera, se realizó un diagrama causa – efecto dando como resultado el siguiente análisis:

- Daño en electroválvula del mecanismo CNC.
- Fugas de aceite en el cilindro del mecanismo CNC.
- Filtrado de acero entre las placas del mecanismo CNC.

Se realiza el posterior análisis y se propone las siguientes soluciones:

- Aumentar los mantenimientos preventivos de los mecanismos CNC
- Aumentar la frecuencia de control “check list” de los mecanismos que estén en operación y en reparación.

Incidencias causadas por el área de colada continua registradas en el mes de septiembre del 2023.

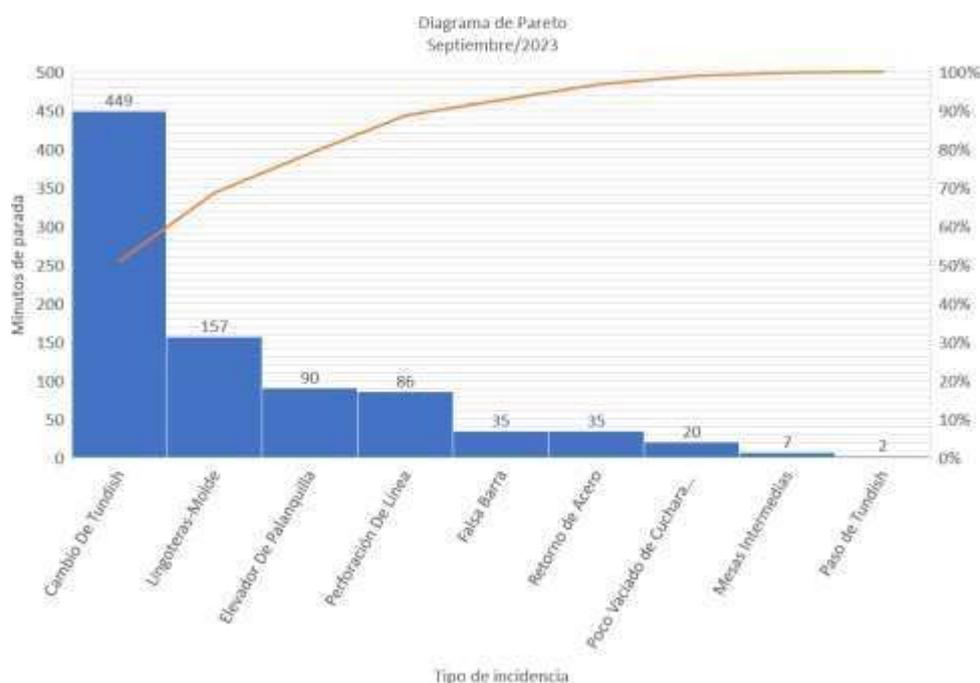


Figura 4. Diagrama de Pareto: Tipo de incidencia y minutos de retraso en el mes de septiembre /2023. Fuente: Elaboración propia

Se observa que, durante el mes de septiembre del 2023, la mayor cantidad de minutos parados ha sido por cambio de tundish, con un total de 449 minutos de parada y 157 minutos adicionales por cambio de lingoteras por daños en el molde. Seguido del elevador de palanquillas con 90 minutos de parada y 86 minutos por perforaciones de línea. De igual manera, los minutos planificados por cambio de tundish, no serán considerados para el respectivo análisis.

Al realizar el seguimiento, los minutos registrados fue por daños en el molde y en el sistema de lubricación del molde, la incidencia reportada en el elevador es debido a una mala operación que ocasionó la ruptura de uno de los eslabones de la cadena del elevador y las perforaciones se dieron durante inicio de secuencia. Posteriormente, se elaboró un diagrama causa – efecto para las incidencias reportadas dando como resultado el siguiente análisis de falla:

Los daños reportados en el molde corresponden a:

- Falta de lubricación en el molde.
- Daños en el molde por perforaciones.

Se realiza el posterior análisis y se propone las siguientes soluciones:

- Verificación del sistema de lubricación antes del inicio de secuencia
- Calibración del sistema de lubricación durante los mantenimientos preventivos.
- Herramientas que ayuden a evitar rayaduras o daños en el molde durante las perforaciones.
- Procedimientos para el armado de cabeza de la falsa barra

El daño reportado en el elevador de palanquilla corresponde a:

- Falta de iluminación provoca poca visualización del operador.
- Falta de procedimiento en caso de emergencias.

Se realiza el posterior análisis y se propone las siguientes soluciones:

- Colocación de iluminaria en la zona del elevador de palanquillas.
- Tener un procedimiento a seguir en caso de emergencias que involucren al elevador de palanquillas.

Las incidencias reportadas debido a perforaciones durante el inicio de secuencia corresponden a:

- Mal armado de cabeza
- Desprendimientos por parte de las enderezadoras.

Se realiza el posterior análisis y se propone las siguientes soluciones:

- Establecer procedimientos para el armado de cabeza de la falsa barra.
- Establecer procedimientos durante la extracción de la falsa barra y durante los inicios de secuencia.

De igual manera, para contrarrestar los problemas con el tonelaje de mermas o desperdicios generados. Se realiza una encuesta de adquisición de conocimiento sobre la operación de los equipos y sobre el proceso de colada continua, dando como resultado los siguientes datos:

De los 3 operadores de cabina, los 3 conocen con exactitud todo el procedimiento y protocolos sobre el funcionamiento de los equipos desde la cabina.

De los 12 operadores de plataforma, 8 conocen con exactitud el procedimiento y protocolos sobre el funcionamiento de los equipos en campo.

De los 6 operadores de grúa, los 4 conocen con exactitud el procedimiento y protocolos sobre los movimientos durante el proceso de colada continua.

Posterior a este proceso de encuesta se realizó una capacitación especializada a cargo de personal técnico capacitado. La capacitación está centrada en temas de operación de equipos y una inducción sobre procedimientos y el proceso de colada continua.

Luego de este proceso de estas encuestas y capacitaciones, se realizó un análisis referente al tonelaje de desperdicios generados durante el proceso de colada continua y fallas donde el operador estuvo involucrado por mala operación generando los siguientes datos:

Indicador	Descripcion	UN		2023								
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Merma	Suma: despunte, palanquilla chatarra y acero en el piso	Kg/T	Meta	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	13,00	13,00	13,00
			Valor	18,43	16,10	15,60	15,35	15,81	13,93	13,50	12,35	9,52

Tabla 1. Datos mensuales de los kilogramos de merma por cada tonelada de acero producida. Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la tabla, luego de la realización de encuestas y capacitaciones, se ve notablemente una mejora en los desperdicios generados, logrando obtener un valor inferior a la meta mensual planteada por el departamento de procesos, posterior a esto, se logró hasta reducir la meta mensual de 14 Kg/T a 13 Kg/T.

4.2 Análisis Comparativo

Luego de realizar los análisis de minutos de paradas respectivos a cada mes, se llevó a cabo un seguimiento minucioso por diferentes criterios, los más importantes son los presentados a continuación.

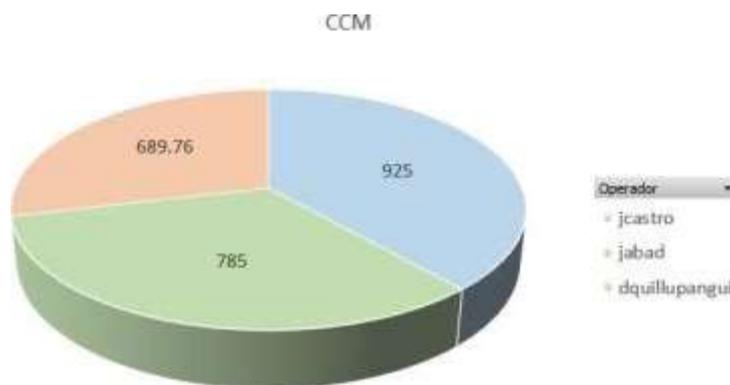


Figura 5. Minutos de retraso registrado por operador del Horno EAF. Fuente: Elaboración propia

La figura 5 muestra los minutos de retraso en colada continua registrados por operador, es posible realizar el seguimiento de la existencia de problemas por parte de operadores de los diferentes turnos.



Figura 6. Minutos de retraso de la colada continua por fecha. Fuente: Elaboración propia

También se llevó a cabo un análisis de valores máximos y mínimos en el periodo de acopio de datos, tal como muestra la figura 6 existe un valor máximo, el cual supera en gran cantidad a los demás registros.

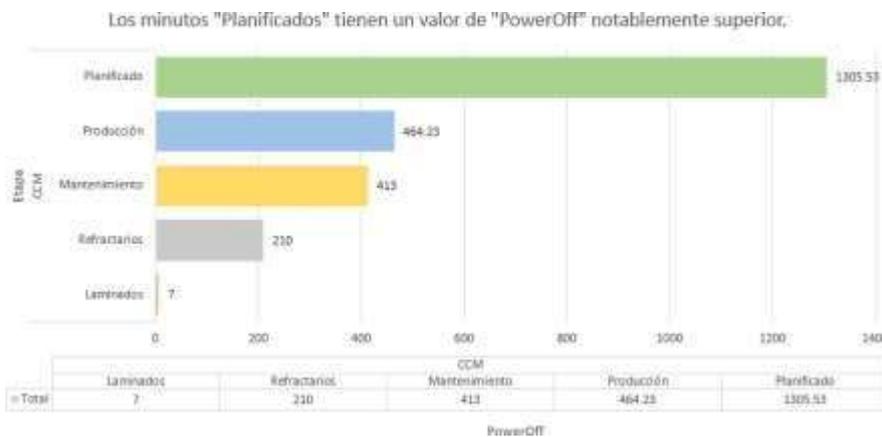


Figura 7. Minutos de parada registrados por área. Fuente: Elaboración propia

La figura 7 muestra los minutos registrados por las diferentes áreas, como se observa, los minutos planificados son mayores, indicando que el proceso se ha llevado a cabo relativamente con normalidad, sin la obtención de incidencias por las diferentes áreas.

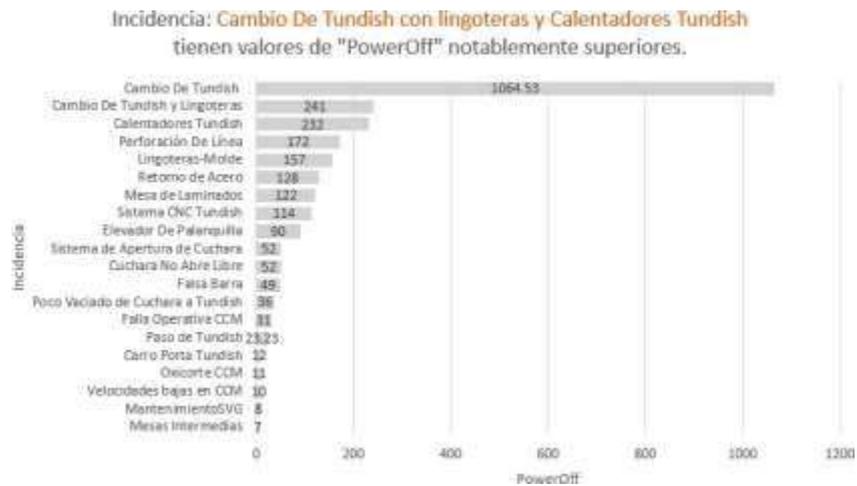


Figura 8. Minutos registrados por incidencia operativa o en el equipo. Fuente: Elaboración propia

Los diferentes tipos de incidencias registradas mostradas en la figura 8, muestran que, los cambios de Tundish, los cuales son actividades planificadas, son las más concurrentes. Realizando el debido seguimiento debido a los mostrado en los gráficos anteriores, un cambio de Tundish se debe realizar por 2 motivos: por un máximo de 40 coladas o por temperatura elevada en las paredes del Tundish.

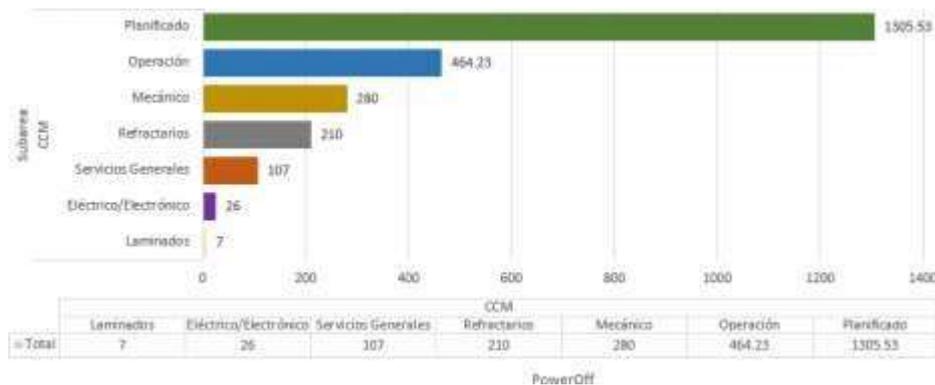


Figura 9. Minutos registrados por personal encargado. Fuente: Elaboración propia

Los minutos ocasionados por el personal encargado son mostrados en la figura 9. Es posible evidenciar que lo planificado por el área de procesos mantiene su mayoría de minutos, posteriormente la parte operativa, lo que indica que hay ciertas falencias por parte de operadores.

4.3 Verificación de las Hipótesis (en caso de tenerlas)

Hipótesis #1

A mayor número de capacitaciones recibidas por el personal operativo, menor es el tonelaje de mermas generadas durante el proceso de colada continua.

La variable independiente: número de capacitaciones recibidas por el personal.

La variable dependiente: toneladas de mermas generadas.



Figura 10. Gráfica de kilogramos de mermas por toneladas de coladas producidas durante el año 2023. Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 10, la línea color naranja la cual es el valor del indicador va disminuyendo con el pasar de los meses, la línea azul muestra la meta mensual propuesta por el departamento de procesos de la unidad de negocios fundidora, es visible que, durante este periodo, se logra la superación de la meta durante el mes de junio. Por lo que, se puede verificar la hipótesis: si la persona recibe capacitaciones referentes al área y al proceso, se tendrá un mejor indicador en el tema de mermas o desperdicios.

Hipótesis #2

A mayor tiempo de mantenimiento preventivo semanal, mayor es la productividad durante el proceso de colada continua.

La variable independiente: tiempo en minutos de mantenimiento preventivo a la semana

La variable dependiente: porcentaje de productividad del proceso de colada continua.

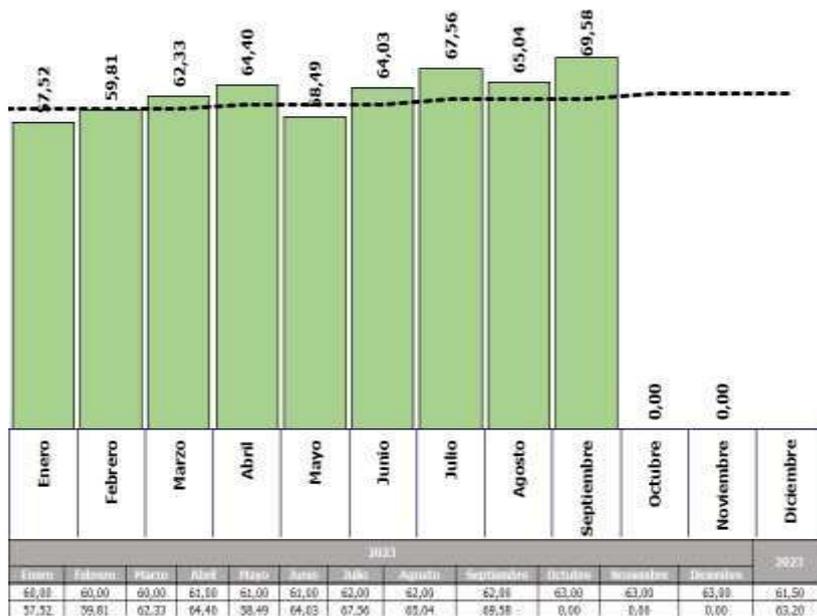


Figura 11. Toneladas producidas por hora en el 2023. Fuente: Elaboración propia

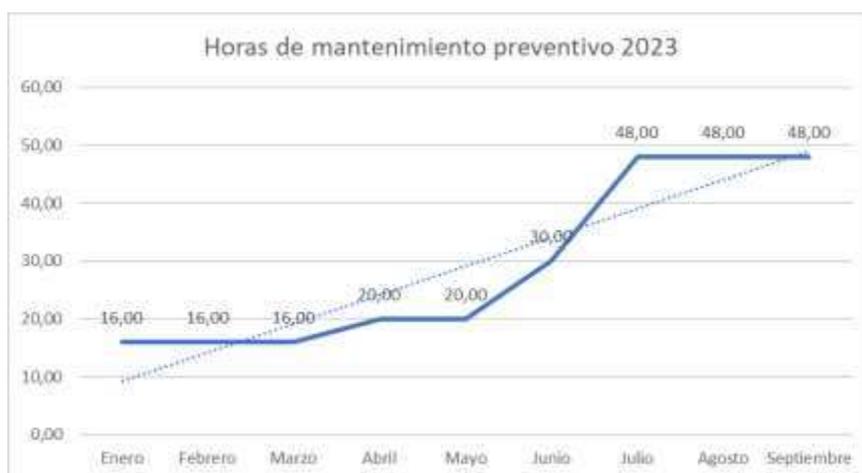


Figura 12. Tendencia de las horas de mantenimiento preventivo durante el presente año. Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 11 y figura 12, existe una tendencia de relación entre: la productividad (toneladas producidas por hora) y el aumento en las horas de mantenimiento, por lo que, se puede concluir la veracidad de la hipótesis #2 planteada.

Hipótesis #3

La introducción de la herramienta TPM en el proceso de colado continuo aumentará la participación y la autonomía de los operadores, lo que se traducirá en una mayor responsabilidad por la disponibilidad de los equipos.

Variable independiente: Número de operadores involucrados en la participación del cuidado y operación de los equipos del proceso de colada continua.

Variable dependiente: Porcentaje de disponibilidad de los equipos durante el proceso de colada continua.

Luego de realizar las charlas de concientización, así como también las inducciones a los operadores, se tuvo un aumento en la cantidad de operadores que participan en la operación y cuidado de los equipos del proceso. Posteriormente se realiza la gráfica adjunta en la figura 13, la cual muestra la tendencia del porcentaje de disponibilidad de los equipos en colada continua en función del tiempo a lo largo de los dos últimos años.

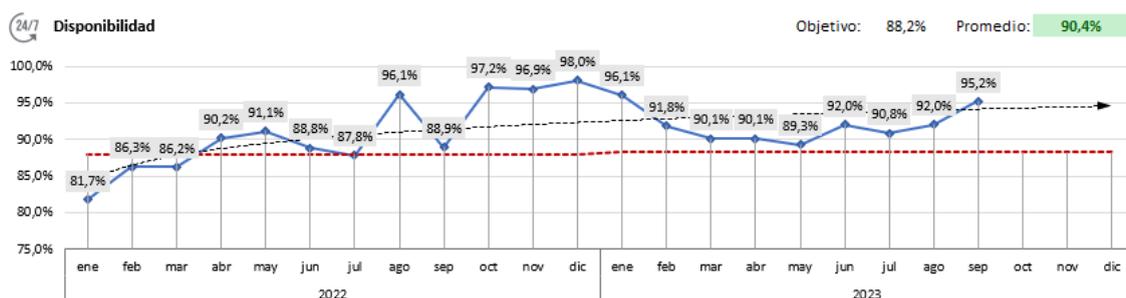


Figura 13. Tendencia del porcentaje de disponibilidad en función de los meses de los últimos dos años. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, la tendencia a lo largo del tiempo es de subida. Por lo tanto, el aumento del número de operadores participes en el cuidado y operación en los equipos, si aumenta la disponibilidad de estos.

CAPÍTULO V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El uso de la herramienta TPM es exitoso y ha tenido un impacto positivo en el proceso de colada continua, obteniendo con esto la optimización del rendimiento operativo tanto como por parte del personal como de los equipos y máquinas, alcanzando también los objetivos de eficiencia sobre todo mensuales y reducción de costos en el proceso.

Luego de la implementación de las medidas correctivas propuestas para las incidencias registradas, se ha podido evidenciar que: La incidencia registrada por tema de calentadores de tundish no se ha vuelto a presentar durante los meses posteriores, el equipo se encuentra disponible y funcionando con normalidad, los operadores ya son capaces de hacer funcionar el equipo sin complicaciones. La cantidad de incidencias registradas debido a daños de mecanismos CNC se ha reducido considerablemente, se ha aumentado la disponibilidad y confiabilidad de los mecanismos gracias a las lista de comprobación (check list).

Con la ejecución de varias estrategias mediante el uso de la herramienta TPM en el proceso de colado continuo, se pudo optimizar la accesibilidad y fiabilidad de los equipos, teniendo durante los meses del 2023 un objetivo de 88,3 % de disponibilidad, pero gracias al TPM se obtuvo un promedio de 90,9 % y un objetivo de 95,0% de confiabilidad y gracias al TPM se obtuvo un promedio de 96,5%.

Gracias a la tabla de seguimiento de indicadores podemos apreciar que luego de implementar la herramienta TPM tenemos una producción que hasta sobrepasa el objetivo inicial, el tiempo sin arco no sobrepasa la meta en un inicio puesta, que el costo de mantenimiento se mantiene por debajo de la meta y que la productividad aumenta.

5.2 Recomendaciones

Para lograr un mayor impacto durante el uso de las herramientas TPM, se recomienda realizar inspecciones y mantenimiento regularmente en las herramientas y equipos utilizados en el proceso. Esto ayudará a prevenir fallos y a mantener un rendimiento óptimo y en caso de que la situación amerite comprar herramientas nuevas en caso estén ya obsoletas incluso que los equipos que presenten fallas con mucha continuidad, darlos de baja.

De igual manera se recomienda establecer estándares de limpieza y orden, con el objetivo de mantener las áreas de trabajo limpias y ordenadas y evitar la acumulación de suciedad y la obstrucción de los equipos. Es necesario establecer estándares claros como horarios y periodos de tiempo de limpieza en la medida de lo posible diarios y realizar inspecciones regulares para garantizar que se cumplan.

Proporcionar capacitación adecuada a los operarios sobre el uso y mantenimiento de las herramientas TPM. Esto les permitirá realizar inspecciones básicas y solucionar problemas menores, reduciendo así la dependencia del personal al mantenimiento para que así se den más oportunidades de que los equipos trabajen continuamente.

Se recomienda considerar el uso de sistemas de intercambio de herramientas, donde se tengan disponibles varias herramientas en buen estado para reemplazar rápidamente las que presenten desgaste o fallos. Esto minimizará el tiempo de inactividad y permitirá mantener la continuidad en la producción y también la eficiencia en el proceso de colado continuo.

Establecer indicadores de desempeño individual y colectivo, de igual forma definir métricas clave para evaluar el desempeño de las herramientas TPM, con el tiempo promedio entre fallos, el tiempo promedio necesario para solucionar problemas, etc. Esto ayudará a identificar áreas de mejora y establecer objetivos de rendimiento.

Fomentar la participación del personal, se recomienda involucrar a los operadores en el proceso de mantenimiento y darles la responsabilidad de cuidar las herramientas TPM, fomentar la cultura de la propiedad y el compromiso para garantizar su correcto uso y mantenimiento para así mantener una disciplina constante en los trabajadores

Referencias bibliográficas

- Abanto Vergara, P. J., & Guzman Arana, C. E. (2022). *Diseño y propuesta de un modelo para la reducción de desperdicios mediante la técnica lean manufacturing y mantenimiento preventivo en el sector manufacturero de minería no metálica en Lima Metropolitana*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Apaza, R. (2015). *El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. Ananea – 2015*. Juliaca.
- Barreto Bernal, P. C. (2014). *Conformación del empresariado del sector siderúrgico y su papel en los procesos de modernización social, económica y administrativa, en el corredor industrial de Boyacá, 1960-1990*. Boyacá: Universidad Eafit.
- Burlando, M., & Shapiama, C. (2018). *APLICACIÓN DEL TPM PARA MEJORAR EL AREA DE DESPACHO DE LA EMPRESA EDITORA EL COMERCIO S.A 2018*. Lima: Repositorio institucional UPN .
- Cabel, L. (2021). *PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS TPM PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD DE UNA EMPRESA METALMECANICA*. Trujillo.
- Canahua Apaza, N. M. (2021). *Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cardenas, C., & Lezama, J. (2018). *Implementación de un plan preventivo basado en TPM*. Trujillo .
- Efrain, L. (2018). *Aplicación de los pilares del TPM en la línea de producción de*. Lima.
- Galleguillos Peralta, L. F., & Muñoz Aguilar, M. A. (2009). *Propuesta de mantenimiento productivo total para la línea zincalum de la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A*. Concepción: Universidad del Bío-Bío. Departamento de Ingeniería Industrial (Chile).
- García Palencia, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Principios fundamentales*. Bogotá: Ediciones de la U.

- González Ponce, E. E. (2019). *Propuesta de Implementación de la Metodología TPM a la Empresa Forest Center*. Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello.
- Huaraca, E. (2019). *METODOLOGÍA TPM APLICADO EN LA INDUSTRIA DE MAQUINARIA PESADA*: una revisión de la literatura científica. Lima.
- Julca, L. (2021). *Propuesta de implementación TPM para incrementar la eficiencia total de equipos en el area de mantenimiento de la Empresa Agroindustrial Virú S.A.* Trujillo .
- Matias, W. (2020). *Implementación del TPM para aumentar la productividad del*. Lima .
- Mesa Páez, L. J. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento productivo total para la planta de tratamiento de residuos del municipio de El Colegio Cundinamarca*. Bogotá: Repositorio Institucional Unilibre.
- Mesa, E., & Ortiz, E. (2019). *Diseño de un plan de mejoramiento para la empresa alambres y mallas s.a. a partir de la medicion de productividad de los modelos de valor agregado y productividad total (TPM)*. Bogota .
- Navarro, E. (2021). *Lean Manufacturing: TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada* . Lima.
- Negrete Satán, L. M. (2020). *Propuesta de un diseño de un plan de mantenimiento preventivo total (TPM) en una línea de producción de envases plásticos en la empresa Senco SA*. Guayaquil: (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).
- Nuñez, H. (2022). Programa de mantenimiento basado en mantenimiento total productivo , para horno de arco electrico de una empresa siderurgica. 20.
- Padilla Cantero, J. G. (2007). *Modelado del horno de arco eléctrico para estudios relacionados con la calidad de la energía eléctrica*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Perez, E. (2019). *Gestión de mantenimiento basado en metodología TPM para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa*. Lambayeque .
- Poirrier, M. (2015). *El desarrollo productivo de la industria siderúrgica (2003-2008): los casos de Argentina y Brasil*. UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA, Departamento de Ciencia Política y Estudios Internacionales.

- Porras, C. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN LA PLANTA DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO SIDER PERU . CALLAO .*
- Portilla Carrera, M. (2012). *Elaboración de un procedimiento para fundir acero de medio carbono en el horno de inducción para el laboratorio de fundición.* Quito: EPN.
- Pulido, A., & Rosario, J. (2017). *PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA DISMINUIR LOS COSTOS DE OPERACIONES DEL TALLER.* Trujillo.
- Rojas, K., & Arom, S. (2022). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basada en la.* Lima.
- Rojo, A., & Ramos, C. (2018). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento de una planta siderúrgica mediante la implementación del mantenimiento autónomo del TPM-Plan piloto para el horno de recalentamiento, región Arequipa 2018.* San Pablo : UCSP-Institucional.
- Sainz de Vicuña Ancín, J. M. (2001). *La distribución comercial: Opciones estratégicas.* Madrid: ESIC EDITORIAL.
- Torres, R. (2019). *Implementación de Metodología TPM para reducir costos de mantenimiento en Planta de productos químicos. .* Lima.
- Villena Andia, A. O. (2017). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructora.* Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Anexos

Encuesta

- 1. ¿Cuál es su nombre?**

- 2. ¿Cuántos años tiene?**

- 3. ¿Estas familiarizado con la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total)?**
 - Sí**
 - No**

- 4. ¿Has recibido capacitación sobre la aplicación de TPM en el proceso de colado continuo?**
 - Sí**
 - No**

- 5. ¿Consideras que la herramienta TPM ha mejorado la calidad del producto final en el proceso de colado continuo?**
 - Bajo**
 - Medio**
 - Alto**

- 6. ¿Has experimentado alguna dificultad durante la implementación de TPM en el proceso de colado continuo?**
 - Sí**
 - No**

- 7. ¿Sientes que la implementación de TPM ha mejorado la seguridad laboral en el proceso de colado continuo?**
 - Bajo**
 - Medio**
 - Alto**

Imágenes

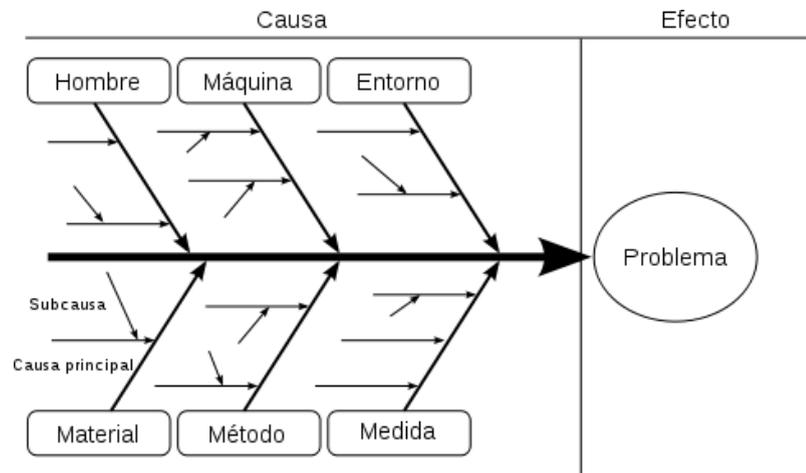


Diagrama Ishikawa (Dharma consulting, 2023)

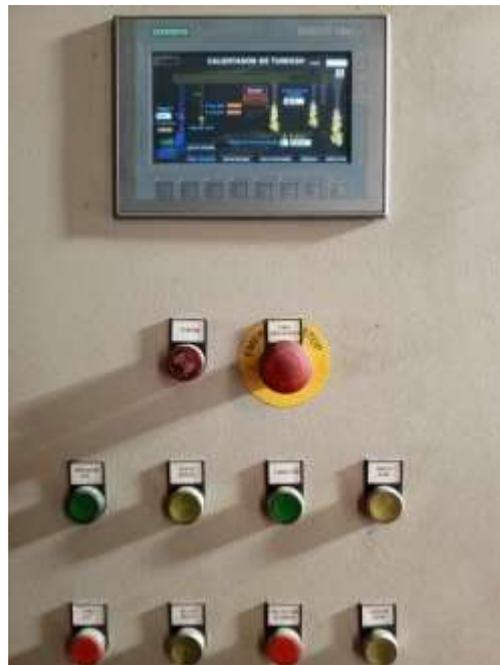


Figura 14. Panel de operación del calentador de Tundish.



Figura 15. Capacitación del personal operativo sobre el procedimiento de encendido del calentador de Tundish.



Figura 16. Mantenimiento preventivo al calentador del Tundish



Figura 17. Implementación de mejoras al mecanismo CNC

UNEMI
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

