

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE ACERO, EN EL ÁREA DE CUCHARAS DE
COLADO, DE LA EMPRESA GRUPO SIDERÚRGICO REYNA,
UBICADA EN SOGAMOSO, BOYACÁ.**

Autor

HEINER ALFONSO ARCHILA SUÁREZ

Director

NASLESY LILIANA CÁRDENAS PARADA

Ingeniera Industrial

Magister en Ingeniería Industrial. Esp. SIG HSEQ

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E

INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, marzo 12 de 2022

*Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de
cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.*

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por haberme guiado durante el proceso de cumplimiento de esta meta tan importante en mi vida, por brindarme salud, sabiduría y perseverancia, por haberme permitido vivir esta experiencia, y colocar las personas adecuadas en este trayecto recorrido durante mi formación universitaria.

A mis padres, Gabrielina Suarez Parra y Pedro Alfonso Archila Sandoval, por ser mi principal motivación y mi ejemplo a seguir, por brindarme su apoyo, sus consejos y enseñarme a no rendirme frente a las adversidades durante el camino, gracias por estar siempre presentes y por brindarme el privilegio de una familia con tanto amor, respeto y comprensión.

A mis hermanas Dailyn Yelitza Archila Suarez y Dania Lisney Archila Suarez por ser el motor que me impulsa a ser cada vez mejor, por brindarme su apoyo y cariño, por estar siempre para mí.

Agradecimientos

A la Universidad de Pamplona y los docentes que aportaron a mi formación profesional, por su entrega y dedicación.

A la Ingeniera Naslesly Liliana Cárdenas Parada, por su disposición, compromiso y entrega para conmigo, por haberme acompañado y orientado en el desarrollo de este proyecto.

A mi primo Luyser Oldrin Suarez Gómez, por haberme brindado su apoyo desde el inicio de mi formación profesional, por sus consejos y por guiarme desde el ejemplo.

A la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, por haberme abierto sus puertas para la realización de mi práctica profesional, por su confianza y colaboración.

A las personas que conforman la acería, por su disposición, confianza, respeto y acogimiento hacia mí, en especial a los señores Alex Rodríguez y Sergio Leal.

A mis compañeros, amigos y familiares por su comprensión y apoyo, gracias por tantos momentos compartidos, de alegrías y tristezas, por ser ese apoyo presente en este trayecto. Gracias por ayudarme a crecer profesional y personalmente durante toda mi carrera.

Resumen

En el desarrollo de este proyecto se realiza un estudio en la acería de la empresa grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso Boyacá, el estudio está dirigido al área de cucharas de colado, y centra su atención en los rendimientos de las cucharas, métodos utilizados, actualmente, tiempos de desplazamientos, además los diferentes factores que de una u otra manera afectan el buen funcionamiento de las cucharas de colado.

La finalidad principal del proyecto es generar una propuesta de mejora, con la cual se espera obtener, a largo plazo, resultados favorables para el área de cucharas de colado aumentando la productividad de la empresa. El proyecto se divide en 4 fases principales, la fase inicial denominada diagnóstico, es la fase en donde se recopila información del proceso. Para la recolección de esta información se utilizan herramientas como, cuestionarios, herramienta de observación, diagrama de flujo y el diagrama causa efecto. Su aplicación permitió tener una idea más clara del estado actual del proceso y a partir de ahí se inicia la implementación de la segunda fase en donde se aplican herramientas de medición y control como estudios de tiempos, matriz DOFA, hojas de registro de tiempos, indicadores y diagramas de correlación, además se realiza la toma de temperaturas de las cucharas de colado en diferentes fases del proceso productivo. A partir de la información recolectada durante las primeras fases se realiza la propuesta de mejora para las diferentes falencias encontradas. Finalmente se realiza la verificación de las actividades propuestas y los beneficios que traerán al momento de aplicarlas al proceso estudiado.

Palabras clave: Cucharas de colado, Mejora, Rendimiento, Productividad

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Abstract

In the development of this project, a study is carried out in the steelworks of the Grupo Siderúrgico Reyna company, located in Sogamoso Boyacá, the study is directed to the area of casting ladles, and focuses its attention on the yields of the ladles, methods used, Currently, travel times, in addition to the different factors that in one way or another worsen the proper functioning of the casting ladles.

The main purpose of the project is to generate a proposal for improvement, with which it is expected to obtain, in the long term, favorable results for the area of casting ladles, increasing the productivity of the company. The project is divided into 4 main phases, the initial phase called diagnosis, is the phase where process information is collected. To collect this information, tools such as questionnaires, observation tools, flowcharts and cause-effect diagrams are used. Its application allowed to have a clearer idea of the current state of the process and from there the implementation of the second phase begins, where measurement and control tools are applied such as time studies, DOFA matrix, time registration sheets, indicators and conversion diagrams, in addition, the taking of temperatures of the casting ladles in different phases of the production process is carried out. Based on the information collected during the first phases, the improvement proposal is made for the different shortcomings found. Finally, the verification of the proposed activities and the benefits that they will bring when applying them to the studied process will be carried out.

Keywords: Ladles, Improvement, Yield, Productivity

Tabla De Contenido

1. Introducción	7
2. Marco de Referencia	9
2.1 Marco Contextual.....	9
2.1.1 Información general de la empresa	9
2.1.2 Actividad.....	9
2.1.3 Ubicación	9
2.1.4 Misión	10
2.1.5 Visión.....	10
2.1.6 Logo	10
2.1.7 Productos ofertados.....	11
2.2 Marco conceptual.....	12
2.3 Antecedentes	15
2.3.1 Antecedentes internacionales.....	16
2.3.2 Antecedentes nacionales.	19
2.3.3 Antecedentes regionales.....	22
2.4 Marco Teórico.....	25
3. Planteamiento del Problema	31
3.1 Formulación del Problema.....	31
4. Objetivos	32

4.1 Objetivo General.....	32
4.2 Objetivos Específicos.....	32
5. Justificación	33
6. Metodología	34
6.1 Tipo de Investigación.....	34
6.2 Población.....	34
6.3 Muestra	34
6.4 Fuentes de Información.....	35
6.4.1 Fuentes de información primaria	35
6.4.2 Fuentes de información secundarias	35
6.5 Fases Metodológicas	35
6.5.1 Diagnóstico inicial del proceso de estudio.....	35
6.5.1.1 Herramienta de observación	35
6.5.1.2 Diagrama Causa Efecto.....	36
6.5.1.3 Cuestionario	38
6.5.1.4 Diagrama de Flujo.....	39
6.5.2 Aplicación de herramientas de medición y control.....	39
6.5.2.1 Diagrama de correlación	40
6.5.2.2 Matriz FODA	41
6.5.2.3 Estudio de tiempos con cronometro:.....	42

6.5.2.4 Tomas de temperatura:.....	42
6.5.2.5 Indicadores:.....	43
6.5.2.6 Cálculos de pérdidas de temperatura	43
6.5.2.7 Hoja de registro de tiempos:	43
6.5.2.8 Excel	44
6.5.3 Diseño de una propuesta de mejora en el área de cucharas de colado.....	44
6.5.3.1 Tablas de Excel:.....	44
6.5.3.2 Instructivos y videos:	44
6.5.3.3 Listas de chequeo:.....	45
6.5.4 Verificación de estrategias de mejora	45
6.5.4.1 Cuadros comparativos.....	45
6.5.4.2 Diagrama de flujo de proceso	46
6.5.4.3 Diagrama de espaguetti.....	46
7. Resultados y Discusión	47
7.1 Diagnóstico inicial	47
7.1.1 Herramienta de observación:	47
7.1.2 Diagrama Causa Efecto:	56
7.1.3 Cuestionario:	58
7.1.4 Diagrama de flujo:	63
7.2 Aplicación de Herramientas de Medición y Control	66

7.2.1 Tomas de temperatura y diagrama de correlación	67
7.2.2 Matriz FODA	72
7.2.3 Toma y estudio de Tiempos	75
7.2.4 Rendimiento de Cucharas de Colado en el Año 2021	79
7.2.4.1 Indicador de rendimiento	80
7.3 Diseño de la propuesta	81
7.3.1 Cambio de lugar y sistema de sellado de arena cromita	81
7.3.2 Elaboración e implementación de Tapa para Tundish	83
7.3.3 Cambio de línea de escoria de las cucharas de colado	85
7.3.4 Calentamiento de arena cromita	86
7.3.5 Capacitaciones mediante videos e instructivos	86
7.3.6 Listas de chequeo	87
7.3.7 Panel de control de presiones	88
7.3.8 Sugerencia de compra de espectrómetro de fluorescencia	89
7.4 Verificación de las estrategias de mejora Propuestas	90
7.4.1 Cuadro Comparativo	90
7.4.2 diagrama de flujo de procesos	93
7.4.3 Diagrama de espagueti	94
7.4.4 Cambio De línea de escoria	95
7.4.4.1 Indicador de Rendimiento con cambio de línea de escoria	98

7.4.5 Calentamiento de arena cromita.....	99
7.4.6 Tapas para Tundish.....	102
8. Conclusiones	103
9. Recomendaciones	105
10. Referencias bibliográficas.....	106
11. Anexos	111

Lista De Figuras

Figura 1. Logo de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna	10
Figura 2. Partes del horno eléctrico.....	28
Figura 3. Partes horno cuchara	30
Figura 4. Diagrama Causa Efecto o Espina de Pescado.....	37
Figura 5. Tipos de preguntas	38
Figura 6. Análisis FODA.....	42
Figura 7. Tobera Antes de Sellar	48
Figura 8. Inclinación Actual de la Cuchara.....	49
Figura 9. Sellado de Tobera con Arena Cromita	49
Figura 10. Inserto de lanza a válvula.....	50
Figura 11. Lanceo para Apertura de Válvula	51
Figura 12. Deformación de resortes a causa de altas temperaturas en la válvula	52
Figura 13. Temperatura Arena Cromita Debajo de la Resistencia	53
Figura 14. Temperatura Arena Cromita, Costados de la Resistencia	53
Figura 15. Manómetros de presión de oxígeno.....	54
Figura 16. Diagrama Causa Efecto en proceso de producción de Acero	57
Figura 17. Factor más influyente en el Rendimiento de las Cucharas de Colado.....	59
Figura 18. Tiempos de Espera Según Encuesta	60
Figura 19. Problemática más Frecuente.....	61
Figura 20. Partes de la Cuchara con Mayor Desgaste.....	61
Figura 21. Aperturas de Válvula Libres o Lanceadas	62
Figura 22. Diagrama de flujo Cucharas de Colado	63

Figura 23. Diagrama de Flujo del Proceso operativo de Cucharas de Colado.	65
Figura 24. Lugar de Toma de Temperatura de Salida	67
Figura 25. Lugar de Llegada de la Cuchara.....	68
Figura 26. Pirómetro Laser.....	68
Figura 27. Diagrama de Correlación	70
Figura 28. Perdidas de Temperatura Según Tiempos Totales de Espera.....	71
Figura 29. Tiempos de Agitación	76
Figura 30. Tiempos de espera de Cucharas Fuera de Mamparas.....	78
Figura 31. Rendimiento de cucharas de colado para el 2021	79
Figura 32. Ubicación Sugerida para Sellado de Tobera	81
Figura 33. Planos para nuevo sistema de Adición de Arena Cromita.....	82
Figura 34. Planos de Tapas para Tundish.....	83
Figura 35. Diagrama de Flujo de Cucharas de Colado.	93
Figura 36. Diagrama de espagueti, del recorrido actual de cucharas de colado	94
Figura 37. Diagrama de ubicación propuesta	95
Figura 38. Cambio de línea de escoria en cucharas de colado	96
Figura 39. Rendimiento de revestimiento sin cambio de línea de escoria.....	97
Figura 40. Rendimiento de cucharas de colado con cambio de línea de escoria.....	98
Figura 41. implementación de sistema de calentamiento	99
Figura 42. Grafica aperturas de Válvula Con calentamiento de Arena Cromita.....	100
Figura 43. Número de Lanceos para Apertura de Válvula.....	101
Figura 44. Tapas para reducción de temperatura en válvula de cucharas de colado. .	102

Lista De Tablas

Tabla 1. <i>Información General de la Empresa</i>	9
Tabla 2. <i>Productos Ofertados por la Empresa GSR</i>	11
Tabla 3. <i>Temperaturas de cucharas de colado</i>	69
Tabla 4. <i>Matriz FODA</i>	72
Tabla 5. <i>Control de Tiempos de Agitación</i>	75
Tabla 6. <i>Tiempos de desplazamientos y espera</i>	77

Lista de Anexos

Anexo A. Cuestionario dirigido a Supervisores de la Acería	111
Anexo B. Tabulación de resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario	111
Anexo C. Control de Tiempos de desplazamiento de Cucharas de Colado.....	111
Anexo D. Seguimiento de tiempos de desplazamiento y temperaturas	111
Anexo E. Ficha Técnica del Indicador de Rendimiento de cucharas de colado	112
Anexo F. Plano de nuevo método de adición de arena cromita.....	112
Anexo G. Plano de tapa con orificio para reducir temperatura de válvula	112
Anexo H. Plano de tapas compactas para mitigar calor de válvula	112
Anexo I. Videos instructivos y manuales para capacitación del personal	112
Anexo J. Listas de chequeo de procedimientos de limpieza y cambios	113
Anexo K. Análisis del rendimiento de cucharas de colado	113
Anexo L. Seguimiento de aperturas de Válvula Con calentamiento de Arena cromita	113
Anexo M. diagrama de flujo de operación de cucharas de colado	114
Anexo N. Evidencias de socialización de videos instructivos y manuales.....	114

1. Introducción

En la actualidad los procesos siderúrgicos son de gran influencia en el mundo, debido a la importancia del acero y su gran uso en las construcciones pequeñas, medianas y grandes, las cuales, de una u otra manera lo tienen involucrado en sus infraestructuras. Por esto, la industria siderúrgica ha venido evolucionando de manera rápida adaptándose a los cambios que surgen día a día, en busca del mejoramiento de sus técnicas y metodologías. Grupo Siderúrgico Reyna (GSR) es una empresa Semi integrada, es decir, que su proceso productivo parte de la fundición de chatarra, siendo esta la materia prima. Se encuentra ubicada en Sogamoso, Boyacá, y surgió en el año 1966 iniciando la producción de las primeras barras lisas en frío de alta resistencia, actualmente se dedica a la producción de barras sismo resistentes para refuerzo de concreto y acero figurado, además, comercializa grafiles y mallas electro soldadas.

Las cucharas de colado utilizadas en la industria siderúrgica también han evolucionado, pasando de ser consideradas y utilizadas solamente para la contención y transporte a ser recipientes mediante los cuales se realizan procesos de tratamiento de acero, involucrando agitación mediante tapones dirigidos como nueva medida para ayudar al proceso de homogenización de los componentes adicionados en el proceso.

En el presente trabajo se estudiará el rendimiento de cucharas de colado, las cuales son utilizadas en la Acería de la empresa (GSR), para la contención y transporte del acero líquido durante su proceso productivo. Lo anterior con la finalidad de encontrar alternativas que contribuyan al mejoramiento del rendimiento de las mismas. Se tendrán en cuenta los diferentes componentes, dentro de los cuales se encuentran: ladrillos y masas refractarias, bloques porta tapón y porta tobera, tapones dirigidos, toberas y placas. Otros factores a evaluar son los métodos

actuales para el proceso de revestimientos y cambios, y los posibles factores externos que puedan afectar de manera directa e indirecta el rendimiento de las cucharas.

Con base a los diferentes factores mencionados anteriormente se llevará a cabo el desarrollo detallado del proyecto, en el cual se analizarán temas de gran importancia tales como trazabilidad, duración del material refractario, tiempos de operación, tiempos de espera y pérdidas de temperatura e impactos de la escoria en el material refractario. Para lo anterior, inicialmente se realizará un estudio que centra su atención en la zona de refractarios, específicamente en el área de cucharas de colado, se implementaran herramientas como diagramas causa efecto (Ishikawa), diagramas de correlación, análisis FODA, observación, diagramas de proceso, entre otros. Una vez desarrolladas e implementadas las herramientas, partiendo de la información encontrada, se procederá a determinar oportunidades de mejora de las cucharas de colado, las cuales, se espera, permitan aumentar el rendimiento y duración de las partes involucradas en la cuchara, impactando positivamente el proceso y la productividad de la empresa.

2. Marco de Referencia

2.1 Marco Contextual

2.1.1 Información general de la empresa

Tabla 1.

Información General de la Empresa

Nombre de la empresa	Grupo Siderúrgico Reyna
Razón Social	Sociedad Por Acciones Simplificada (S A S)
NIT	9006013277
Correo Electrónico	gestionhumana@gruposiderurgico.com
Gerente	Ing. Ricardo Prada
Numero De Contacto de la empresa	316 402 3479
Página Oficial	www.gruposiderurgico.com

Nota. Fuente: Grupo Siderúrgico Reyna

2.1.2 Actividad

Grupo Siderúrgico Reyna es una empresa Semi- integrada dedicada a la fundición de chatarra a partir de un horno de arco eléctrico para la elaboración de barras sismo resistentes para refuerzo de concreto y acero figurado, además comercializa grafiles y mallas electro soldadas.

2.1.3 Ubicación

La empresa Grupo Siderúrgico Reyna está ubicada en el municipio de Sogamoso, Boyacá. La dirección actual de la empresa es calle 51 N° 10 carrera-90, parque industrial de Sogamoso.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

2.1.4 Misión

Fabricar de acero a partir del reciclaje de chatarra, contando con personal calificado contribuyendo al éxito de los proyectos de nuestros clientes y al desarrollo del país.

2.1.5 Visión

Para el 2025 ser líder en la producción y comercialización de acero para esfuerzo de concreto.

2.1.6 Logo

Figura 1. Logo de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna



Nota. Fuente: Twitter grupo Siderúrgico Reyna (2022)

2.1.7 Productos ofertados

Tabla 2.

Productos Ofertados por la Empresa GSR

Producto	Usos
Barras corrugadas	Son utilizadas para refuerzo de concreto en estructuras con diseño sismo resistente
Acero Figurado	Refuerzo estructural de concreto en vigas y columnas
Alambrón Chipa	Para refuerzo de concreto
Grafiles	Fabricación de malla electro soldada y para refuerzo de concreto
Malla Electro soldada	Para refuerzo de concreto en muros de carga, prefabricados, entrepisos, placas, losas de cimentación, pisos, etc.

Nota. Fuente: Pagina web de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna

2.2 Marco conceptual

Antes de iniciar el respectivo análisis del área a estudiar es necesario tener claros los diferentes conceptos que se utilizaran en ella, los cuales ayudan a comprender más a fondo la temática que se va a trabajar en la investigación. Además, estos conceptos permiten tener un mayor enfoque del proceso y por ende ver con más claridad el desarrollo de las diferentes actividades, así mismo encontrar de una manera más rápida y acertada cualquier tipo de falencias en las actividades desarrolladas a diario.

A continuación, se dan a conocer algunos conceptos de gran importancia teniendo en cuenta el objeto de estudio, las cuales proporcionan un valor agregado para el buen desarrollo de las diferentes actividades a realizar:

Cucharas de colado: durante los procesos de producción de aceros al carbono son necesarios contenedores de gran tamaño capaces de soportar, contener y transportar el acero líquido durante su proceso de fabricación, permitiendo el transporte por las diferentes estaciones hasta su finalización, a estos contenedores se les denomina comúnmente cucharas de colada.

Según (Berciano et al., 2009) las cucharas de colado son grandes recipientes metálicos que deben tener más espacio de almacenamiento que el horno, contruidos con acero dulce, los cuales están internamente revestidos por ladrillo refractario el cual es el encargado de contener directamente el acero evitando el contacto con la chapa de la cuchara.

Materiales refractarios: los materiales refractarios son materiales utilizados en la industria siderúrgica para revestimientos de hornos eléctricos y cucharas de colado. Según (*Refractarios - Tema I - Los Materiales Refractarios* ., 2020) los materiales refractarios son aquellos productos que resisten temperaturas iguales o superiores a 1500 °C sin fundirse o reblandecerse

Ladrillo refractario: los materiales refractarios son conocidos por su resistencia a altas temperaturas, por lo general son utilizados en la industria siderúrgica para revestimientos del horno fusión y de las cucharas de colado.

Según (Alberto et al., 2018) los ladrillos refractarios son materiales con propiedades especiales y de diferentes tipos dentro de los cuales se destacan los de alta alúmina y alta sílice, por su capacidad de aguante debido a su composición química.

Productividad: la productividad es una herramienta para la medición de un determinado proceso productivo. Según (Carro & Daniel, n.d.) La productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlos (entradas o insumos).

Eficiencia: según (Rojas et al., 2018) la eficiencia es la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado minimizando el empleo de recursos.

Revestimiento de cucharas de colado: este proceso se realiza una vez la cuchara ha finalizado su ciclo, ya sea por desgaste normal de ladrillo o por algún agente externo al proceso. Consiste en demoler e instalar nuevamente ladrillo refractario en la cuchara, para iniciar una nueva campaña de trabajo en el proceso.

Estudio de métodos de trabajo: consiste en el análisis de los diferentes métodos implementados para la realización de una determinada actividad o tarea. Según (Aguirregoitia, M, 2011) es el registro sistemático y el examen crítico de factores y recursos en los sistemas implicados o estudiados.

Estudio de tiempos: el estudio de tiempos permite determinar los factores o actividades que generan o requieren más tiempo para su realización, permitiendo encontrar de manera rápida

y sencilla un posible cuello de botella. (Tejada Díaz et al., 2017), define el estudio de tiempos como una herramienta que sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen un determinado proceso, además permite analizar movimientos que son realizados por un operario para realizar una determinada operación.

Acero: son aleaciones de hierro con diferentes compuestos como ferroaleaciones y principalmente carbón, existen diferentes tipos de aceros y estos varían de acuerdo a las necesidades del producto, las diferencias del mismo radican principalmente en las adiciones que se le realizan, es decir sus composiciones químicas.

Escoria: son utilizadas en los procesos de fundición para la eliminación de elementos no deseados en la composición química del acero, principalmente el azufre (S) y fósforo (P). según (Lovera et al., 2004) la escoria puede ser definida como una fase que contiene sustancias inútiles de un mineral y que va adquiriendo mucha más importancia cuando se trata de proceso de fundición de hierro para la elaboración de aceros.

Placas deslizantes: Son las encargadas de abrir o cerrar el paso al acero líquido, por el fondo de la cuchara de colado. Dichas placas son altamente resistentes a temperaturas elevadas, lo que les permite obstruir el paso del acero líquido sin ser perforadas, brindando la posibilidad de controlar el flujo de acero al momento de la colada de acero.

Tapones dirigidos: Son los encargados de la agitación del acero, permiten la circulación de argón hacia el acero líquido en un solo sentido y a su vez bloquean el paso del acero, evitando posibles filtraciones por el fondo de la cuchara, están compuestos por slits muy pequeños, los cuales son los encargados del paso de argón hacia la cuchara. (Definición propia).

Agitación: Es la encargada de generar movimientos en el acero, mediante la inyección de argón, con el fin de ayudar de manera significativa a la homogenización de las adiciones que se le hacen al acero líquido en su proceso de producción. (Definición propia).

Proceso: Es toda actividad que se desarrolla de una manera lógica en busca de la transformación de una determinada materia prima, para la fabricación de un producto terminado. Según (Jacobs & Chase, 2022) un proceso, se refiere a la parte de una empresa que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los valores originales.

Mejora continua: Brinda la posibilidad a las empresas de permanecer en un ámbito competitivo todo el tiempo, adaptándose a los cambios que aparecen en la actualidad, según (Esquivel Valverde et al., 2017) es un proceso basado en el trabajo en equipo, determina que el camino hacia la mejora, debe ser tomado por todos los individuos de la organización para garantizar una rápida adaptación.

2.3 Antecedentes

Las búsquedas relacionadas a continuación son trabajos investigativos desarrollados en el área de producción de diferentes empresas a nivel internacional, nacional y regional, en busca de oportunidades de mejora para los diferentes procesos involucrados, en cada búsqueda se utilizan diferentes herramientas para el diagnóstico inicial del proceso las cuales sirven como base para la propuesta de correcciones y mejoras a los procesos estudiados.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

2.3.1 Antecedentes internacionales.

Autores: Damiano, Franco Nicolás Porreca, Diego

Año, Institución y País: 2019, Universidad Nacional de Mar Del Plata, Buenos Aires.

Título: Propuesta de mejora del proceso de producción por micro fusión de piezas de acero en una Pyme

En el desarrollo de este documento, Franco & Porreca, (2019) realizan un análisis del proceso productivo de una empresa metalúrgica de la provincia de Buenos Aires, Argentina, la cual presenta problemas de demoras en la entrega de sus productos, debido a fallas en los procesos de la empresa, en donde se evidencian cruces en los procesos internos del área de producción. Es decir, problemas de distribución de la planta, así como la toma empírica de decisiones sobre la marcha, sin tener datos o indicadores del proceso, y problemáticas en las actividades las cuales generan retrabajos. Los autores llegan a la conclusión de replantear la distribución de maquinaria, con el fin de reducir desplazamientos y cruces, además proponen implementar un software de simulación en el proceso productivo que permita controlar los niveles de llenado y disminuir rechazos. Por otra parte, desarrollaron indicadores para sustentar la toma de decisiones en el proceso y así mejorar el rendimiento el mismo.

Autor: Hernández Fonseca Johnny Humberto

Año, Institución y País: 2006 – 2007, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Título: Implementación de mejoras para el aumento de la productividad en la fabricación de palanquilla en la división acería de ANDEC S.A.

En este estudio Fonseca Hernandez, (2007) centra su atención en el incremento de la productividad del proceso de producción en el área de palanquilla producida en la acería de la

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

empresa ANDEC S.A, principalmente mediante la implementación de un sistema de 5S y la adquisición de una maquina compactadora de chatarra, el diagnóstico inicial, se realizó mediante observación y complementado con la aplicación de herramientas como diagrama causa efecto y diagramas de Pareto. Lo anterior con el fin de determinar las posibles causas que estaban generando tiempos de espera en el proceso productivo. Además, realiza un seguimiento a los tiempos de las paradas programadas relacionándolos con las programaciones estimadas y lo que verdaderamente se demoró el proceso en mantenimiento. Estos tiempos permitieron al autor la medición de eficiencia del uso de la maquinaria involucrada y finalmente resaltar la importancia de hacer un programa de paradas, así como la importancia que tiene la maquina compactadora de chatarra y la herramienta 5S para el proceso productivo.

Autor: Christopher Ermin Ibáñez Niklitschek

Año, Institución y país: 2016, Universidad Austral de Chile, Chile.

Título: Diseño de propuestas de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos S.A.

El desarrollo de este trabajo centra su atención en la eliminación de los obstáculos que de una u otra manera afectan a la producción eficiente, para lo anterior, realiza la implementación de la herramienta 5S, a partir de la cual logra determinar las variables que no le aportan nada al proceso productivo permitiendo tomar decisiones como eliminar las mismas. Además, realiza la implementación de un método de mejora continua, el cual es medido mediante una serie de indicadores los cuales le permiten al autor verificar el cumplimiento de los objetivos. Finalmente se resalta la importancia del buen manejo de insumos dentro del proceso productivo y su impacto en la productividad de la empresa. Toda la información manejada durante la investigación se

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

obtuvo principalmente mediante dialogo con los operarios y supervisores de la empresa, así como con la aplicación de diagramas causa efecto los cuales ayudaron a definir de una mejor manera las causas de las problemáticas encontradas (Ibáñez Niklitschek, 2016).

Autor: Patricio Israel Espinosa Muñoz

Año, Institución y País: 2018, Universidad Andrés Bello, Chile.

Título: Propuesta de mejora en el proceso de producción en una empresa de metalmecánica

En el presente trabajo se realiza una propuesta de mejora para el proceso de producción de una empresa metal-mecánica, es decir encargada de producir maquinarias. En el desarrollo de la investigación. Se hace uso de diferentes herramientas como, diagramas de Pareto, diagrama causa efecto y las 5S, las cuales le permitieron encontrar soluciones a las problemáticas evidenciadas y así mismo determinar las causas que las estaban ocasionando. Finalmente concluye que una opción de mejora es la implementación de un puente grúa para el transporte de las diferentes piezas, además resalta que no existe una estandarización de aquellos procesos que se realizan de manera repetitiva lo cual hace que estos dependan siempre de los operarios encargados, los cuales no mantienen en un correcto orden las áreas de trabajo, y es para esta problemática que plantea la utilización de la herramienta 5S impactando positivamente el desarrollo de las actividades y por lo tanto del proceso productivo (Dixit et al., 2018).

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

2.3.2 Antecedentes nacionales.

Autor: Fabian Ricardo Jiménez Rueda

Año e Institución: 2016, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Título: Análisis para mejoramiento de la producción de productos representativos de la empresa Fundicom S.A.S, fabrica Mosquera Cundinamarca

Este trabajo fue desarrollado en la empresa Fundicom, una siderúrgica que se encarga de producir hierro en gris y partes automotrices e industriales en Cundinamarca, Colombia. El estudio centra su atención en el área de producción, con énfasis en los procesos o productos más representativos de la empresa a fin de determinar opciones de mejora en cada uno de los procesos analizados. Para el desarrollo de dicho análisis hace una caracterización detallada lo cual le proporciona un mayor manejo y comprensión del proceso que estudia. Por otra parte, realiza toma de tiempos de los procesos más relevantes y partiendo de ahí con el apoyo de estadística determina cálculos de desviaciones Finalmente concluye que las herramientas como diagramas de procesos y observación fueron fundamentales para el desarrollo de la investigación, pues permitieron tener mayor claridad del proceso estudiado. Además, define que los datos se utilizarán para crear un manual de operaciones que faciliten la capacitación del personal, aportando de manera eficiente al proceso (Jiménez Rueda, 2016).

Autor: Eliana María González Neira

Año e Institución: 2004, Pontifica Universidad Javeriana

Título: Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Servioptica Ltda.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

En el desarrollo de este trabajo, se realiza una propuesta de mejoramiento para el área de producción de la empresa Servioptica Ltda. La cual tiene como objetivo principal la producción de lentes oftalmológicos. Parte principalmente de las problemáticas encontradas mediante un previo diagnóstico, en el cual resalta que no hay una debida planeación de la producción, tampoco control de inventarios y que no existe estandarización de los métodos de operación. Para un mejor desarrollo de lo previamente diagnosticado el autor emplea el uso de herramientas como diagrama de operaciones, de flujo y de precedencia, además implementa rediseños en los métodos de trabajo y establece una propuesta para el control de inventarios. Finalmente concluye que los procesos productivos de la óptica estudiada permiten y requieren la aplicación de técnicas de mejoramiento continuo, además recalca la importancia de la previa planeación de la producción y el buen manejo y control de inventarios, los cuales le permitirán un aumento de eficiencia en los procesos productivos y tiempos de producción, impactando de manera positiva la productividad de la empresa (Neira Gonzáles, 2004).

Autores: Arnulfo Mendoza Marra, Jair Guillermo Duque Ríos

Año e Institución: 2017, Universidad Cooperativa de Colombia

Título: Diseño de una propuesta de mejoramiento para el proceso de producción en la empresa Latinamerican Collection basado en las normas Iso 9001:2015 y Ohsas 18001:2007 de la ciudad de Bogotá D.C.

Este trabajo está enfocado hacia el proceso productivo de una micro empresa ubicada en Bogotá, Colombia, la cual desempeña sus labores en el sector textil, En donde tiene una importante participación. Parra & Duque, (2017) centran su atención en el área de producción y proponen acciones de mejora para los diferentes procesos, apoyándose en la implementación de

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

las normas Iso 9001:2015 y Ohsas 18001:2007, las cuales ayudaran a diseñar un programa de calidad y seguridad y salud en el trabajo, teniendo en cuenta que al ser una micro empresa, esta no cuenta con dichos planes, y tiene deficiencias en cuanto a la planeación, orden y limpieza de los procesos. Para el desarrollo de este trabajo los autores utilizaron diferentes herramientas como matriz de análisis modal de fallas y efectos (AFME), para el diagnóstico inicial del proceso, diagramas causa efecto, de procesos, y realizaron aplicación de encuestas al personal para determinar el conocimiento en cuanto a los sistemas de seguridad y salud actuales de la empresa. Finalmente crean formatos de control como propuesta de mejoramiento con el fin de llevar de manera más controlada los procesos realizados en el área de producción, además resaltan la importancia de la capacitación del personal para fortalecer las tareas realizadas por los mismos aumentando el rendimiento de los procesos y la implementación del diseño propuesto.

Autores: Diana Mercedes Ramírez Caballero, Jhairton Mauro Martínez Cucunuba

Año e Institución: 2019, Universidad Agustiniana

Título: Propuesta para la mejora del proceso de producción en la empresa JPLAST S.A.S mediante la filosofía Lean Manufacturing

En el desarrollo de este trabajo, los autores hacen uso de algunas herramientas de lean Manufacturing, en la empresa productora de bolsas de plástico tipo camiseta, la investigación centra su objetivo principal en la disminución de tiempos y estandarización de los procesos realizados por las maquinas involucradas, y por los operarios que controlan esta maquinaria. a lo largo del proyecto utilizan herramientas como diagrama causa efecto, AMEF, árbol problema, VSM, 5S, KABAN. Las cuales permitieron la elaboración detallada de la propuesta de mejora partiendo de las problemáticas encontradas, además proporcionan la oportunidad de mejora para

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

el proceso productivo impactando de manera positiva a la empresa. Finalmente, concluyen que la tecnología lean Manufacturing es muy eficiente para la eliminación de procedimientos y tiempos improductivos que no le agregan nada al proceso productivo, además recalcan la herramienta 5s como una de las más fundamentales para el desarrollo y éxito de la propuesta, pues permite tener control detallado de las áreas y organización, reduciendo tiempos ocasionados por la mala organización de las áreas de trabajo (Caballero & Cucunuba, 2018).

2.3.3 Antecedentes regionales

Autor: Angélica Daniela Bautista Torres

Año e Institución: 2019, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Título: Optimización de prácticas operativas del horno cuchara de Acerías Paz Del Río S.A.

En este trabajo se determinan las oportunidades de mejora del proceso realizado en el horno cuchara de la empresa Acerías Paz De Rio en busca de un impacto importante para el proceso de producción de aceros y la calidad de los mismos. Para el desarrollo de la investigación realizan diferentes actividades como toma de tiempos, acompañamiento en el proceso de horno cuchara, análisis de escorias, calentamiento de ferroaleaciones, entre otras. Los tiempos fueron fundamentales para el desarrollo de indicadores que permiten ver las paradas y causas, encontrando que hay un gran número de factores externos al horno cuchara que lo afectan directamente, teniendo en cuenta que el proceso productivo del acero se realiza de manera secuencial y todo está directamente relacionado, además resalta la importancia de los análisis de escoria y los diferentes procesos realizados en el horno cuchara realizando cálculos de las adiciones que en este se hacen. Finalmente concluye que la actualización del proceso y la

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

capacitación constante del personal son fundamentales para el buen funcionamiento del proceso productivo. Por otra parte, que el calentamiento de las ferroaleaciones no resulta muy eficiente, en cuanto a resultados esperados (Torres Bautista, 2019).

Autor: Edwin Darío Cruz Vargas

Año e institución: 2016, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Título: Estudio para la mejora de estándares del proceso productivo en la empresa Materiales Industriales S.A de la organización Corona

En este trabajo, se define como objetivo principal el estudio para mejorar los estándares del proceso productivo de la empresa Materiales Industriales S.A, ubicada en Sogamoso y dedicada a la producción de materiales refractarios. Este estudio en busca de la mejora constante de la productividad y la reducción de costos de procesos. Para el desarrollo del proyecto se apoyan en herramientas como flujogramas, diagramas de Pareto y diagrama causa efecto e indicadores. Además, realizan cálculos de capacidades de la planta, toma de tiempos y cálculo de la productividad, para determinar la capacidad actual del proceso productivo. Finalmente concluye que la empresa no cuenta con un diagnóstico de los tiempos improductivos y sus diferentes causas, para lo cual se plantea la implementación de un plan de requerimiento de materiales para atacar los tiempos de paradas por falta de materia prima. Además, resalta la importancia de involucrar al operario en la implementación y seguimiento de las propuestas de mejora, pues son ellos los que finalmente garantizan que se lleven a cabo y puedan corregir procesos para el aumento de la productividad de la (Vargas Cruz, 2016).

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Autor: Kewin Daniel Burgos Hernández

Año e institución: 2021, Universidad Antonio Nariño.

Título: Diseño de un manual de operaciones y propuesta de mejoras de proceso para la empresa Ocean Services y Trading S.A.S en el municipio de Socha Boyacá

El desarrollo de este diseño se hace enfocado a una empresa compradora y comercializadora de carne en el municipio de Socha, Boyacá. Inicialmente realiza un diagnóstico a la empresa para determinar el estado actual y a partir de la información encontrada realizan el diseño del manual de operaciones y las diferentes propuestas de mejora. Para el desarrollo del proyecto el autor hace uso de herramientas como diagramas de Pareto y análisis DOFA para el análisis de los diferentes factores estudiados. Finalmente concluyen que con el diseño del manual de operaciones se logró estandarizar los procesos y tener un documento físico que facilite a los trabajadores nuevos la capacitación de sus tareas (Hernández Burgos, 2021).

Teniendo en cuenta la información anterior, se evidencia que se han realizado diferentes estudios al área de producción de diferentes empresas, en busca de diagnósticos de esta área y propuestas de optimización o mejora. Se encontraron algunos estudios realizados en empresas encargadas de la producción de acero y palanquilla, sin embargo, ninguno de estos centra su atención en el área de cucharas de colado, la cual es fundamental en el proceso de producción de acero y es el área de estudio del presente proyecto. Por esto, esta investigación se diferencia de las previamente mencionadas, al estudiar un área diferente, en busca de opciones de mejora, las cuales se espera contribuyan a la eficiencia del proceso productivo de la empresa.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

2.4 Marco Teórico

Las empresas industriales son fundamentales para el desarrollo de un determinado país, pues aparte de ser importantes para el aporte en cuestión de impuestos, son estas las encargadas de producir y abastecer de una serie determinada de productos los cuales son fundamentales para el ser humano. La industria siderúrgica está encargada de la producción de acero, ya sea al carbón o aceros micro aleados, existen dos tipos de industrias siderúrgicas:

✓ **Industria integrada:** este tipo de industria inicia su producción en el alto horno, el cual se encarga de procesar el mineral de hierro para convertirlo en arrabio, este tipo de industria tiene un proceso más completo de producción pues se encarga de producir aceros desde la materia prima principal, la cual se extrae de minas.

✓ **Industria Semi integrada:** este tipo de industria parte su proceso productivo de la fundición de chatarra en el horno eléctrico, siendo la chatarra su materia prima a diferencia de la industria integrada en donde es el mineral.

Según (Fernández et al., 2013), los primeros pasos de la industria siderúrgica datan del siglo XX con el descubrimiento del mineral de hierro en 1923 en pachó, Cundinamarca. El descubrimiento de este mineral dio origen al nacimiento de distintas ferrerías en el mismo municipio.

El proceso central de una acería integrada centra su atención en el horno eléctrico, que es donde se funde la chatarra y se transforma en acero líquido. (Sistema español de inventario de emisiones, 2019), dice que el horno eléctrico emplea energía eléctrica para fundir la chatarra de acero, además determina que entre la materia prima y los electrodos se genera un arco eléctrico, cuyo calor desprendido funde la chatarra. Los hornos eléctricos tienen diferentes capacidades e

intensidades de acuerdo a sus graduaciones y tamaños, pero todos tienen la misma finalidad, la cual es producir acero líquido.

El área de cucharas de colado de una empresa siderúrgica juega un papel importante para la empresa, pues son estas las encargadas de la contención y transporte del mismo por las diferentes etapas de su proceso de producción. A pesar de no ser un área muy estudiada, pues la información de estudios encontrados se centra más al funcionamiento de los hornos, es una de las más influyentes en un proceso de producción de acero. Estas cucharas están compuestas por diferentes materiales refractarios los cuales son los encargados del buen funcionamiento de las mismas, pues son estos los que tienen diferentes propiedades químicas que los hacen altamente resistentes a fuertes temperaturas, permitiendo contener el acero líquido, el cual, para estar en ese estado, tiene que superar una temperatura de 1600 °C. En (López A, 2010) definen los materiales refractarios como ladrillos, polvos y preparados especiales que son utilizados para la construcción de paredes, bóvedas y revestimientos, capaces de soportar altas temperaturas y la acción destructora de las diferentes aleaciones y metales fundidos, así como la escoria generada en el proceso. Estos materiales en su gran mayoría son fabricados por cocción y están compuestos por lo general de Sílice (SiO_2), Alúmina (Al_2O_3) y Magnesia (MgO). La clasificación de los materiales refractarios está dividida en tres grupos, dentro de los cuales tenemos:

Ácidos: Están compuestos por sílice, sillicos aluminosos. Estos resisten altas temperaturas alrededor de los 1700 °C

Básicos: compuestos por dolomía (CO_3Mg), magnesia y cromo magnesia, son útiles para minerales con presencia de azufre (S) en sus composiciones

Neutros: compuestos por grafito.

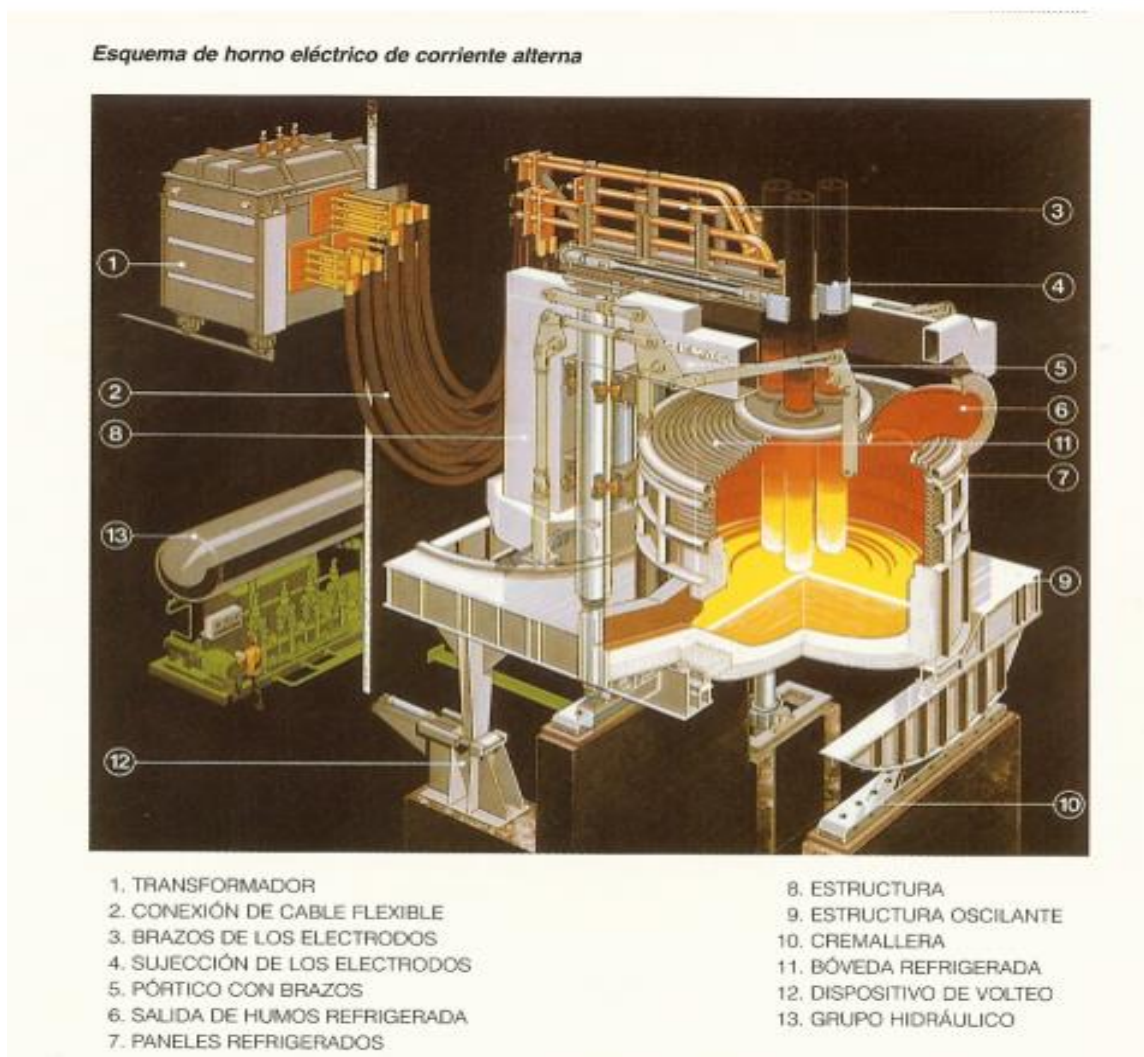
Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Esta clasificación es muy importante, pues permite determinar el tipo de material refractario a utilizar partiendo de las condiciones del proceso, en donde los factores como la temperatura implementada, tipo de escoria, y tipo de material producido son fundamentales al momento de la selección. De una buena selección dependerá el buen rendimiento del material, evitando la destrucción del mismo al seleccionar el adecuado para el proceso (López A, 2010).

Horno eléctrico de arco: Es el proceso principal de una industria siderúrgica Semi integrada, pues de este horno parte todo el proceso productivo para la fabricación de productos como, grafiles, varillas, mallas, entre otros. Su funcionamiento esta dado como su nombre lo indica por corriente eléctrica, la cual, mediante electrodos conductores, produce arco eléctrico entre la punta del electrodo y la carga depositada en él, en este caso la chatarra, la cual es la materia prima del proceso de producción. La energía generada es la encargada de la fundición de acero.

En la figura 2 se ilustran las diferentes partes de un horno de arco eléctrico, en donde se evidencian los electrodos conductores, los cuales son los encargados de la generación de arco para el proceso de fundición, estos hornos son controlados por un Programador Lógico Controlado, el cual se encarga de la moderación de distancias del electrodo a la chatarra para la generación de un arco adecuado. Además del PLC, es controlado por un cabinero, el cual se encarga de darle las diferentes órdenes y llevar el control detallado del proceso.

Figura 2. Partes del horno eléctrico



Nota. La figura muestra los diferentes componentes de un horno eléctrico. Fuente: Payno & Setién, (2013).

Cucharas de colado: estas son las encargadas del transporte del acero en el proceso de producción, por lo general su capacidad debe ser superior a la carga que se inserta al horno, esto con el fin de que pueda contener la colada completa, incluyendo la escoria que suele pasar al

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

momento del basculamiento del horno, existen diferentes tipos de cucharas de colado, las cuales se clasifican según:

- su forma de vaciado: existen dos tipos de formas de vaciado de las cucharas, la primera es por arriba en forma de piquera, evacuando el acero por la parte superior de la cuchara el cual es utilizado para el vaciado en moldes, es decir para la elaboración de piezas pequeñas. la segunda forma es por la parte inferior de la cuchara, mediante un sistema de válvula deslizante el cual es el encargado de abrir o cerrar el paso del acero y es utilizado en la industria para la realización de coladas continuas (Berciano et al., 2009). Este último método de vaciado es el utilizado en el área de estudio.

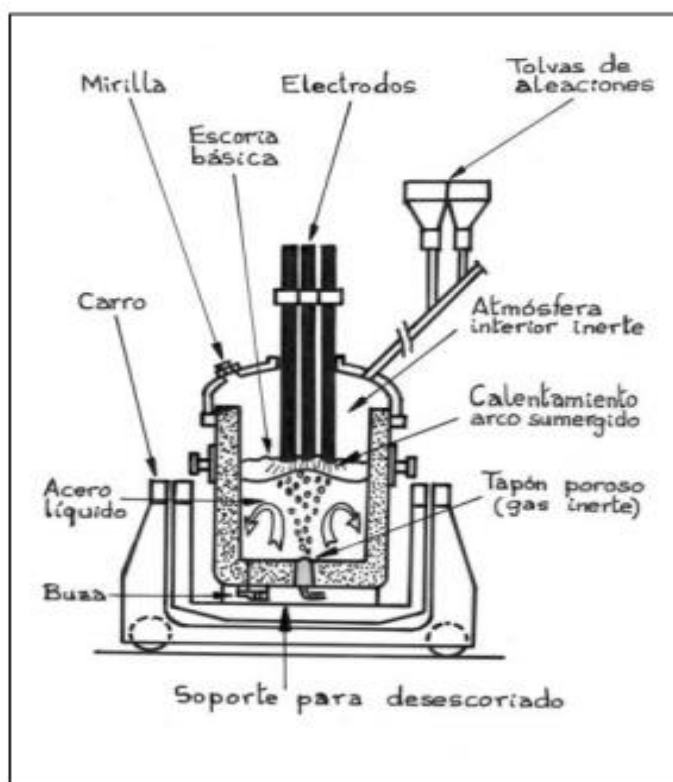
Las temperaturas en las cucharas de colado también influyen directamente al rendimiento de las mismas, pues estas deben permanecer con una temperatura bastante alta, con el fin de evitar choques térmicos que afecten el rendimiento del ladrillo refractario, es por esto que es fundamental el precalentamiento de las mismas, el cual se realiza en mamparas o calentadores especiales, diseñados única y exclusivamente para este fin. Según (Berciano et al., 2009) antes de la colada las cucharas deben calentarse lo más que sea posible, preferiblemente superando temperaturas de 1000 °C, esto además de cuidar el ladrillo refractario, hace que el acero no sufra enfriamiento al momento de ser vaciado dentro de la cuchara, impactando de manera positiva el proceso productivo. Además, determina que el precalentamiento elimina la humedad presente en los refractarios, la cual puede generar problemas en los lingotes o piezas coladas, mediante la aparición de poros.

Horno cuchara: En esta etapa del proceso productivo se realizan el ajuste final de las diferentes composiciones químicas del acero, su funcionamiento esta dado al igual que en el

horno eléctrico, por una serie de electrodos que generan arco para continuar con el tratamiento del acero, en esta etapa se trabaja sobre las cucharas de colado las cuales son las encargadas de contener el acero. En este ajuste se realizan diferentes procesos como: desoxidación, desulfuración, ajuste de ferroaleaciones, agitación (Proceso et al., 2016).

En la siguiente figura se evidencia un diagrama general de lo que es el horno cuchara, sus principales partes. Es importante resaltar que hay diferentes distribuciones de este horno y estas dependen de la empresa encargada del proceso.

Figura 3. Partes horno cuchara



Nota. partes del horno cuchara según monografía sobre tecnología del acero,

Fuente: (Enriquez & Tremps, 2009).

3. Planteamiento del Problema

Partiendo del área de estudio, en este caso las cucharas de colado, actualmente se presentan problemáticas como desgastes rápidos de ladrillo refractario, problemas de agitación, y perforaciones. Una perforación suele ser el fin de campaña de una cuchara, lo que hace que no se saque el máximo provecho del ladrillo de revestimiento, teniendo en cuenta que en el mayor de los casos el ladrillo queda a medio desgaste. Por otra parte, Los problemas de agitación, generan un impacto negativo en las paredes del ladrillo, ocasionando un deterioro más rápido del ideal. Además, cuando esta se cierra es necesario realizar trasvases los cuales generan cambios bruscos de temperatura en el revestimiento, afectando directamente el rendimiento del mismo. A su vez, estos trasvases dan lugar a tiempos de espera los cuales afectan el proceso. Finalmente se presentan problemas con el rendimiento de tapones dirigidos, pues se están desgastando de manera rápida, lo cual aumenta la cantidad de consumo de los mismos.

Lo anteriormente mencionado además de impactar de forma directa el rendimiento de las cucharas afecta la eficiencia del proceso, y por lo tanto la productividad. Sin dejar de lado el riesgo que genera para los operarios del proceso, pues puede ocasionar accidentes de mucha gravedad, como quemaduras de alto grado y en el peor de los casos acabar con la vida.

3.1 Formulación del Problema

¿La empresa Grupo Siderúrgico Reyna podrá aumentar el rendimiento de cucharas de colado a largo plazo, por medio de la implementación de las acciones de mejora propuestas?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de optimización para el proceso de Producción de acero en la empresa Grupo Siderúrgico Reina, ubicada en Sogamoso, Boyacá, que permita aumentar, a largo plazo, el rendimiento de cucharas de colado y, por lo tanto, mejorar la eficiencia del proceso productivo en la acería.

4.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las problemáticas que actualmente están ocasionando perforaciones, desgastes rápidos de materiales refractarios y tapones dirigidos, en el área de cucharas de colado.
- Aplicar diferentes herramientas para la medición y control del rendimiento, a las variables que intervienen en el proceso realizado por las cucharas de colado.
- Proponer acciones de mejora enfocadas al área de cucharas de colado, partiendo de las problemáticas encontradas durante el diagnóstico inicial.
- Verificar que las estrategias de mejora propuestas realmente favorecen el proceso, permitiendo a largo plazo, aumentar la eficiencia del mismo.

5. Justificación

Las posibilidades de mejora dentro de una organización siempre afectaran de manera positiva los diferentes procedimientos realizados, en este caso particular se pretende determinar las principales causas que están generando las problemáticas en los rendimientos de las cucharas de colado, y los factores que influyen en dicho rendimiento. A partir de lo encontrado se proponen acciones de mejora, las cuales buscan corregir o atacar las problemáticas previamente encontradas, con la finalidad principal de aumentar el rendimiento de las cucharas y los componentes de las mismas, reduciendo consumos de tapones y materiales refractarios como ladrillo y masas utilizadas para la contención de acero, lo cual impacta positivamente a la empresa reduciendo gastos de materia prima, además se reducen trabajos en caliente realizados por los operarios, proporcionando así una menor exposición a altas temperaturas. Por otra parte, se espera mejorar la productividad de la empresa, logrando aumentar el número de coladas que realiza una cuchara y permitiendo una eficiencia más elevada del proceso productivo, finalmente, se busca reducir y en el mejor de los casos llegar a eliminar las perforaciones que se están presentando actualmente, lo cual se verá reflejado en el aumento de coladas por cuchara y reducción de revestimientos o parcheos, así como la disminución de riesgos latentes a los operarios que se encargan de la supervisión y operación de cucharas, partiendo del grado de peligro que está siempre presente, el cual puede llegar acabar con la vida si no se toma y trata con la responsabilidad y acciones correspondientes.

6. Metodología

El estudio a realizar en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna está enfocado hacia la mejora del rendimiento de cucharas de colado utilizadas en el proceso de producción de aceros al carbono, el cual es realizado en la Acería de la empresa. Centra su atención en los diferentes componentes de las cucharas, desgastes de materiales refractarios, y análisis de tiempos de desplazamientos con relación a pérdidas de tempera a fin de determinar oportunidades de cambio en busca de aportar de manera significativa al rendimiento de las cucharas y por lo tanto a la productividad del proceso.

6.1 Tipo de Investigación

Para el desarrollo del trabajo se implementará una investigación descriptiva y de campo teniendo en cuenta que se verá apoyada por información del proceso productivo de la empresa la cual se obtendrá a partir de observación y realización de encuestas al personal involucrado, además se busca describir el estado actual del proceso y la realización de las actividades en el área de estudio.

6.2 Población

La población involucrada para el desarrollo de este trabajo, será el personal de la Acería de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, la cual cuenta con 117 personas, teniendo en cuenta que es el área que involucra el proceso operativo y de mantenimiento de cucharas de colado.

6.3 Muestra

La muestra identificada para el adecuado desarrollo del proyecto está conformada por 3 supervisores generales y 31 trabajadores, los cuales están directamente relacionados al proceso realizado en el área de estudio, en este caso cucharas de colado.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

6.4 Fuentes de Información

6.4.1 Fuentes de información primaria

Esta información será recolectada de las partes más involucradas al proceso, dentro de las cuales se encuentran los supervisores del área de refractarios, el personal encargado de la realización de las actividades como limpieza, revestimientos y cambios en las cucharas de colado los cuales están más enterados del funcionamiento del proceso estudiado.

6.4.2 Fuentes de información secundarias

La información secundaria que será utilizada para la realización del proyecto será proporcionada por investigaciones previamente realizadas, tesis, artículos e información relacionada con el proceso que se encuentre en internet, libros, entre otros.

6.5 Fases Metodológicas

6.5.1 Diagnóstico inicial del proceso de estudio

Para esta fase inicial, se busca conocer el funcionamiento del proceso y las diferentes actividades realizadas con el fin de comprender el proceso realizado en el área de estudio, y a partir de ahí, iniciar con la aplicación de las siguientes herramientas:

6.5.1.1 Herramienta de observación

Inicialmente se pretende realizar la aplicación de la herramienta de observación, la cual es fundamental para el desarrollo del proyecto, pues en su gran mayoría las operaciones realizadas requieren de esta herramienta para lograr su comprensión. Es decir, no es suficiente con la información netamente teórica encontrada en libros e internet, es fundamental tener acceso al proceso aplicativo para comprender de una mejor manera las diferentes actividades realizadas, pues la información encontrada en los diferentes medios es muy limitada, lo que impide un buen

entendimiento del proceso estudiado. Una buena observación del proceso permite una serie de ventajas dentro de las cuales tenemos:

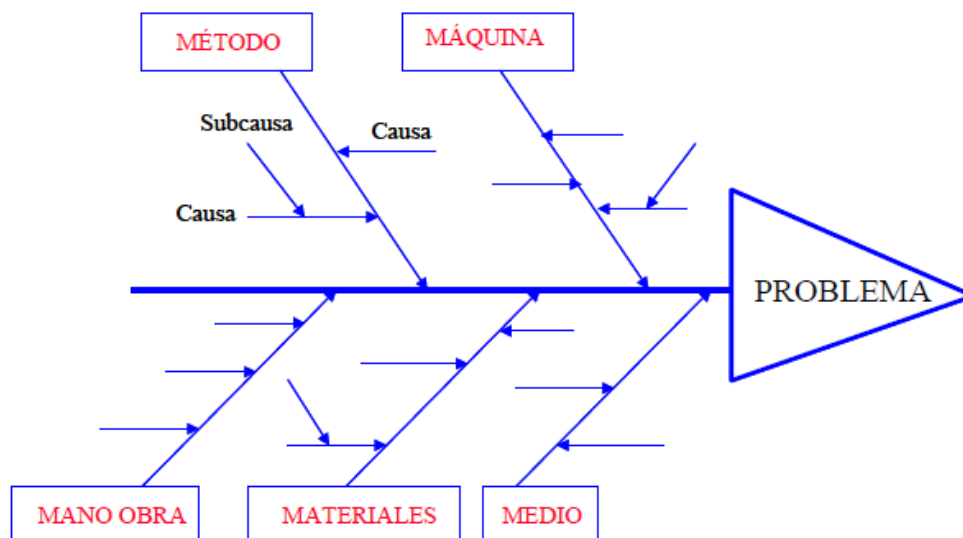
- Mayor posibilidad de encontrar falencias en el proceso
- Facilita al investigador la propuesta de mejoras
- Permite recolectar información del proceso estudiado

Para el desarrollo de esta herramienta es necesario tener acceso a las áreas en donde se realizan los diferentes procesos, para la recolección de la información necesaria y la colaboración del personal que labora en las mismas.

6.5.1.2 Diagrama Causa Efecto

Esta herramienta es fundamental para el estudio, partiendo de que se pretende determinar las causas que están generando la problemática general del proceso. Según (Universidad de Vigo, 2009) el diagrama causa efecto es una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro detallado de fácil visualización y comprensión de las diferentes causas de una determinada problemática. Es considerada como una de las 7 herramientas básicas de la calidad, siendo una de las más utilizadas por su sencillo diseño y fácil aplicación y a su vez una de las que mejores resultados arroja al momento de su aplicación en un determinado proceso. Es de gran importancia aclarar que esta herramienta no proporciona soluciones, únicamente permite explicar sus causas y a partir de ahí realizar análisis.

Figura 4. Diagrama Causa Efecto o Espina de Pescado



Nota. Ilustración de las partes del diagrama causa efecto, Fuente: (Universidad de Vigo, 2009)

Partiendo del grafico anterior se puede observar que la ramificación de las diferentes causas está dividida en 5 factores principales, los cuales son comúnmente conocidos como las 5 M, estos son:

- Maquinas
- Mano de obra
- Método
- Materiales
- Medio o entorno de trabajo

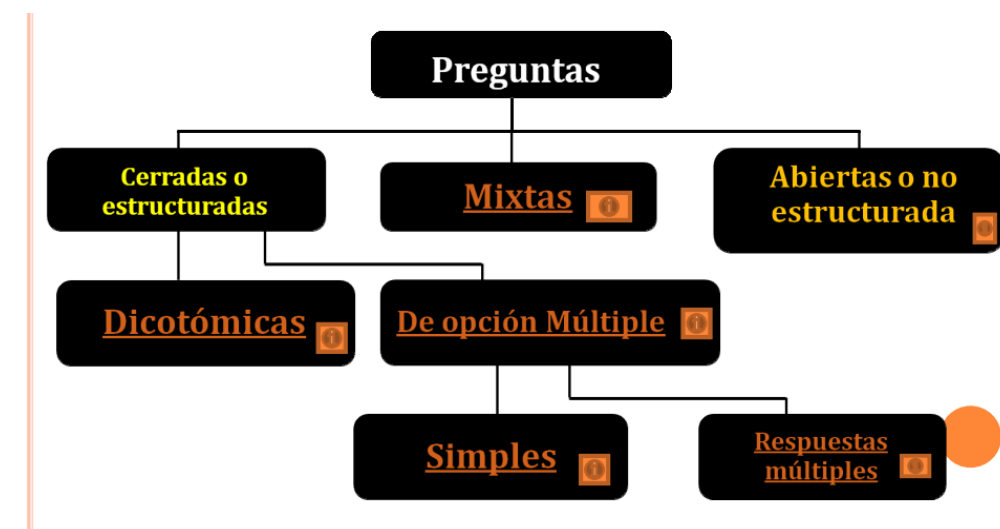
Dentro de estas cinco ramas se logran clasificar las casusas encontradas al momento de realizar el análisis de un determinado efecto o problemática, lo cual permite mayor claridad y facilita el análisis de los factores a estudiar permitiendo un mejor análisis y facilitando la

propuesta de mejoras al momento de buscar correcciones a las causas. Por otra parte, permite adicionar sub-causas a las causas determinadas con el fin de dar un diagnóstico más detallado de las causas de la problemática. Esta herramienta proporciona información para el análisis y pensamiento colectivo en busca de mejoras a las causas diagnosticadas. Para su implementación es fundamental la recolección de información previa, la cual es proporcionada principalmente por los trabajadores y supervisores del área de estudio, así como de las encontradas en la fase de observación realizada previamente.

6.5.1.3 Cuestionario

Según (Casas Anguita et al., 2003), los cuestionarios contienen un conjunto de preguntas destinadas a recoger, procesar y analizar información sobre hechos estudiados en poblaciones (muestras). En el desarrollo del cuestionario se pueden formular diferentes tipos de preguntas, a continuación, se ilustran las posibles opciones:

Figura 5. Tipos de preguntas



Nota. Diferentes tipos de pregunta según Casas Anguita et al., (2003)

Para el presente proyecto se espera realizar un cuestionario con preguntas de tipo mixtas con el fin de integrar las estructuradas con las abiertas, dando la oportunidad a las personas que resuelven el cuestionario de expresar su punto de vista o respuesta sin sesgar de manera arbitraria la información. Para la implementación de esta herramienta es necesaria la previa elaboración del cuestionario, con preguntas enfocadas a una determinada área o problemática, además es fundamental la colaboración del personal involucrado.

6.5.1.4 Diagrama de Flujo

Esta herramienta es de gran importancia para el proceso investigativo, permite recolectar información de un determinado proceso. Proporciona la oportunidad de determinar falencias, teniendo en cuenta el orden de su funcionamiento. Según (Municio, 2000) es una representación gráfica y sistemática que permite identificar el producto inicial de un producto, el recorrido o tareas que se realizan y por último el producto terminado o producto final.

Es importante aclarar que estos diagramas facilitan la organización de un determinado proceso, permitiendo ver las áreas o actividades más importantes, y las que de ninguna manera aportan valor al proceso, estas, son las que se determinan, como oportunidades de mejora.

Para la implementación de esta herramienta es necesario tener claridad de las diferentes actividades involucradas en el proceso, y su orden lógico y secuencial, con el fin de que el diagrama elaborado sea lo más explícito y real posible, además el uso de herramientas de office como Word o Powerpoint.

6.5.2 Aplicación de herramientas de medición y control

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se parte inicialmente de la etapa anterior, pues es fundamental el conocimiento del proceso productivo y la problemática central, que en este caso es el bajo rendimiento de las cucharas de colado, así como las diferentes causas que lo están

generando, para, a partir de ahí, iniciar un análisis y aplicación de diferentes herramientas que permitan tener mayor claridad con datos basados en el proceso de las problemáticas. Dentro de las diferentes herramientas a utilizar tenemos:

6.5.2.1 Diagrama de correlación

Según (Roldan Domenech, 2021) el diagrama de correlación es una herramienta básica que permite demostrar de manera gráfica la relación entre dos datos diferentes y cuantificar la intensidad de dicha relación. Existen diferentes tipos de correlación, dentro de las cuales se encuentran:

- **Correlación positiva:** este tipo de correlación se da cuando hay un crecimiento en las causas y este afecta directamente el crecimiento de los efectos.
- **Correlación positiva débil:** este tipo de correlación también representa un crecimiento de los efectos cuando las causas crecen, sin embargo, la representación gráfica de la correlación no es tan fuerte por lo que se determina que hay más variables que generan dependencia.
- **Correlación negativa:** este tipo de relación determina que a un crecimiento del eje x de la gráfica se observa una disminución del eje y relacionando las variables
- **Correlación negativa débil:** es muy similar a la correlación negativa, pero se dice que existen otras causas de dependencia, es decir, la correlación no es tan fuerte.

Teniendo en cuenta los diferentes tipos de correlación mencionados anteriormente es importante tener claro que se necesitan datos del proceso productivo para la realización del diagrama y análisis del mismo, en este caso particular, son necesarios datos de tiempos y temperaturas, para realizar una correcta aplicación de la herramienta.

6.5.2.2 Matriz FODA

Según (Ponce Talancón, 2007), este análisis consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles para diagnosticar la situación interna de una organización o un determinado proceso. Esta matriz FODA como la determinan sus siglas tiene los siguientes componentes:

Fortalezas: son los fuertes de la organización y proceso, actividades donde el desempeño es bueno.

Oportunidades: es toda circunstancia o factor tanto interno como externo que al involucrarse puede repercutir de una manera positiva en el proceso.

Debilidades: son aquellos factores en donde el proceso u organización tiene falencias, bajos rendimientos o problemáticas recurrentes.

Amenazas: hace referencia a todo factor que de una u otra manera en algún momento pueda generar un impacto negativo en la organización o proceso, a pesar de no estar presentándolo actualmente, en cualquier momento podría afectar.

Para el desarrollo de esta herramienta es necesaria información del proceso productivo, ya sea recolectada del personal o del investigador encargado.

En la figura 6 se da a conocer de manera gráfica el funcionamiento de este tipo de análisis y las diferentes partes involucradas.

Figura 6. Análisis FODA



Nota. diagrama de la matriz FODA, Fuente (Ponce Talancón, 2007)

6.5.2.3 Estudio de tiempos con cronometro: Esta herramienta permite el seguimiento detallado de un determinado proceso, con el fin de establecer los puntos críticos del mismo. Según (Rico et al., 2005) el equipo mínimo para llevar a cabo un estudio de tiempos, comprende básicamente un cronometro, un tablero y una calculadora.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el desarrollo de esta herramienta en el proyecto, es necesario el uso de un reloj o cronometro y un seguimiento del proceso por parte del investigador, para determinar tiempos reales del proceso y realizar su respectivo análisis.

6.5.2.4 Tomas de temperatura: para el desarrollo de esta actividad es necesario un termómetro digital de tipo industrial, con el cual se realizarán las mediciones en diferentes partes

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

del proceso de cucharas de colado, a fin de tener datos para la investigación, además es necesario un seguimiento personalizado del proceso para tener una mayor precisión en los datos y por lo tanto ser lo más acertados posible.

6.5.2.5 Indicadores: esta herramienta permite medir el estado actual de un determinado proceso o procedimiento, proporcionando información valiosa al investigador para la toma de decisiones, según (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010), son instrumentos que proporcionan información cuantitativa sobre el desenvolvimiento o los logros de una actividad o proyecto en el marco de sus objetivos estratégicos y su misión. Para la implementación de esta herramienta es necesaria información del proceso, la cual debe ser previamente recolectada, es decir, esta herramienta depende de otras como cuestionarios u observación, para su implementación.

6.5.2.6 Cálculos de pérdidas de temperatura: Para estos, se tomarán diferentes datos iniciales de tiempos y temperaturas del proceso, para luego ser utilizados, mediante la implementación de reglas de tres simples, poder determinar las pérdidas por minuto. Es necesario una serie de datos previos para su implementación, así como operaciones matemáticas para los cálculos a realizar.

6.5.2.7 Hoja de registro de tiempos: esta herramienta permite tener un control de los diferentes tiempos en un determinado proceso, dicha herramienta permite identificar falencias u opciones de mejora del proceso estudiado, facilitando al investigador la toma de decisiones para corregir o mejorar un determinado procedimiento. Para su implementación se necesitará acceso al proceso, un cronometro o reloj para la toma de los tiempos, y la previa elaboración de la hoja en donde se pretende registrar la información recolectada.

6.5.2.8 Excel: Esta herramienta será fundamental para el diagnóstico previo y control de los diferentes componentes involucrados, pues proporciona la opción de realizar gráficas y trazabilidades para un análisis más adecuado de los factores involucrados. Se necesitarán datos de tiempos y consumos, los cuales deben ser previamente investigados, para finalmente realizar la implementación de esta herramienta al proceso.

6.5.3 Diseño de una propuesta de mejora en el área de cucharas de colado

Esta es la etapa final del proyecto que se llevara a cabo en la empresa, se busca determinar los puntos en donde actualmente se evidencien problemáticas con el fin de dar solución a las mismas por medio de propuestas de acuerdo a los factores involucrados, además pretende dar a conocer las posibles oportunidades de mejora que puedan afectar de manera positiva el proceso productivo y funcionamiento de las cucharas, así como su rendimiento.

Algunas herramientas a utilizar para la comprobación son:

6.5.3.1 Tablas de Excel: Esta herramienta permite dar una proyección, a partir de una serie de datos previamente tomados del proceso estudiado, permitiendo dar un estimado de lo que sería el funcionamiento o rendimiento al momento de realizar la aplicación de la propuesta de mejora en el proceso, dando una mayor comprensión de las ventajas e impactos que traería dicha propuesta a la empresa.

6.5.3.2 Instructivos y videos: para el cumplimiento y aplicación de esta herramienta es necesario el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC), las cuales permiten la edición de videos, realización de instructivos, y diseño de instructivos, para una buen uso y aprovechamiento de esta, será necesario el uso de programas como Word, InShot video, PowerPoint, entre otras.

6.5.3.3 Listas de chequeo: como su nombre lo dice, permite verificar que se desarrollen de manera correcta y en el orden adecuado las actividades de un determinado proceso, según (Cardona & Restrepo, 2013), la lista de chequeo está compuesta por una serie de ítems, aspectos, componentes, criterios, que deben tenerse en cuenta para realizar, controlar y evaluar el desarrollo de una tarea o proceso. Para su elaboración son necesarias herramientas como Word u Excel, así como una previa selección de la información que desea ser verificada, calificando la verdaderamente importante para el estudio.

6.5.4 Verificación de estrategias de mejora

Para el desarrollo de esta última fase del proyecto, es necesaria la implementación de diferentes herramientas que permitan ver si las estrategias de mejora propuestas realmente traerán un cambio e impacto positivo al área de estudio. Para este caso particular se implementarán las siguientes herramientas:

6.5.4.1 Cuadros comparativos

Esta herramienta permite, como su nombre lo dice, realizar una comparación entre dos o más temas de estudio, para este caso específico, se implementará para la comparación del estado actual del proceso estudiado y los resultados esperados con las estrategias de mejora propuestas, a fin de reflejar que estas son verdaderamente significativas para el proceso. Para la elaboración de este cuadro, es necesaria información del estado actual del área estudiada, y las estrategias propuestas, garantizando que de esta manera se pueda determinar si las propuestas son viables.

6.5.4.2 Diagrama de flujo de proceso

Para la implementación de esta herramienta es necesario un análisis detallado de los procedimientos realizados en el área de estudio, teniendo en cuenta factores como tiempos, desplazamientos, operaciones y demoras. Este diagrama permite tener un control más detallado de los factores que influyen en un determinado proceso, facilitando la toma de decisiones e identificación de puntos críticos, cuellos de botella, factores que afecten de manera negativa el proceso u oportunidades de mejora de un proceso productivo. Según Quindemil & Rumbaut, (2014) “El llamado flujograma o diagrama de flujos consiste en la representación gráfica de hechos, situaciones, movimientos y relaciones de diversos tipos a través de símbolos” (p,8). Teniendo en cuenta la definición esta herramienta es de gran utilidad para la representación de manera gráfica de un determinado proceso proporcionando información importante para un determinado estudio.

6.5.4.3 Diagrama de espaguetti

Este diagrama es sin duda muy importante para el estudio, pues permite esbozar de manera gráfica los movimientos realizados por los operarios permitiendo analizar puntos de desplazamientos innecesarios y determinando la ubicación más adecuada de la maquinaria, llegando a eliminar o reducir desplazamientos. Esta herramienta busca la mejora de los procesos en cuanto a sus tiempos y operaciones logrando reordenar de la manera más adecuada las áreas de trabajo, teniendo en cuenta el orden lógico del desarrollo de las mismas (Alvarez & López, 2016).

7. Resultados y Discusión

Teniendo en cuenta que el desarrollo del proyecto se divide en 4 fases principales, de las cuales se desprende la aplicación de diferentes herramientas para el cumplimiento de las mismas, a continuación, se da a conocer las herramientas aplicadas y los datos obtenidos del proceso en cada una de las diferentes fases:

7.1 Diagnóstico inicial: para esta fase particular se tuvieron en cuenta las siguientes herramientas:

7.1.1 Herramienta de observación:

Mediante esta herramienta se lograron determinar diferentes falencias en el proceso de producción de acero, específicamente en el área de cucharas de colado, en donde se pudo determinar que algunos procedimientos realizados por los operarios como limpiezas de tobera y tapones que no están siendo realizados de manera adecuada y en el orden secuencial que deberían realizarse.

Por otra parte, se evidencia que hay mucho personal nuevo, el cual no tiene un amplio conocimiento de los procedimientos que se deben realizar, y que el personal antiguo por su exceso de confianza, deja de realizar actividades de rutina que son de gran importancia para el buen funcionamiento y un óptimo rendimiento de las cucharas de colado. Además, se evidencia que las cucharas de colado se ven afectadas por procesos externos a ellas, como lo son el horno eléctrico, el horno cuchara y la máquina de colada continua, pues si alguno de estos presenta algún tipo de problemática, las cucharas se ven obligadas a esperar fuera de las mamparas de calentamiento o aumentar el tiempo de trabajo, lo cual ocasiona pérdidas de temperatura y mayor desgaste de ladrillo refractario, el cual se encarga de contener el acero líquido. En cuanto a la limpieza de los tapones de agitación de las cucharas se observa que al momento de realizarla se

está dejando de lado el paso de conectar nitrógeno antes de lancear con oxígeno el tapón, lo que dificulta mucho más el proceso de limpieza y afecta de manera negativa al rendimiento del tapón, teniendo en cuenta que esta limpieza es la principal causa de desgaste del mismo.

✓ **Problemas evidenciados de apertura de válvula:**

las cucharas de colado cuentan con un mecanismo de válvula deslizante, el cual es encargado de abrir y cerrar el paso de acero por la parte inferior de la cuchara, dicho mecanismo involucra componentes como placas deslizantes, toberas y tubo colector, además de arena cromita, la cual es adicionada dentro de la tobera y funciona como arena de sello, permitiendo al sistema dar apertura libre de la válvula al momento de accionar el mecanismo, con apertura libre se hace referencia a que al momento de enfrentar los orificios de las placas deslizantes, la arena cromita cae y en seguida inicia la salida del acero líquido.

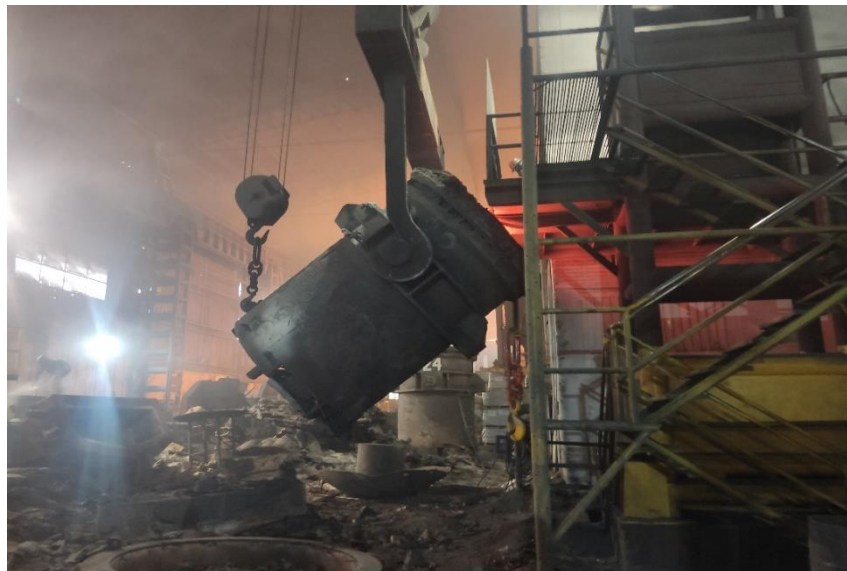
Figura 7. *Tobera Antes de Sellar*



Como se evidencia en la imagen anterior, el sello de arena cromita se realiza en caliente y por medio de un embudo, este sello se realiza justo antes de que la cuchara se disponga a recibir

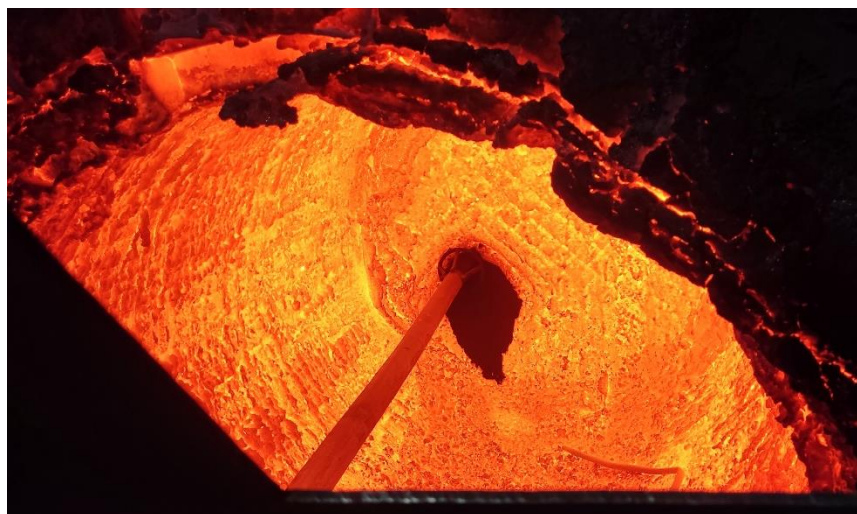
el acero líquido proveniente del horno. Sin embargo, se observa que al momento de adición de la arena cromita, esta se desliza hacia un costado de la cuchara, debido a la inclinación con la que se está realizando actualmente el proceso de sellado de la cuchara.

Figura 8. *Inclinación Actual de la Cuchara*



La inclinación que se observa en la imagen anterior es la que se está utilizando actualmente en el proceso de adición de la arena cromita a la tobera, se evidencia que la cuchara tiene un Angulo de inclinación de aproximadamente 45° respecto al piso, dicha inclinación es la que hace que la arena se deslice al momento de realizar el sello.

Figura 9. *Sellado de Tobera con Arena Cromita*



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

A pesar de que la arena cromita cumple con su función principal, la cual es sellar el orificio de la tobera, se evidencia que no hay una correcta acumulación de arena sobre el orificio, lo cual está generando problemas con las aperturas libres del mecanismo de la válvula, y es necesario lancear con oxígeno para que el acero líquido caiga, estos lanceos generan desgastes más rápidos de la tobera y las placas que componen el mecanismo, haciendo que el rendimiento de estos componentes sea bajo.

Figura 10. *Inserto de lanza a válvula*



Como se observa en la imagen anterior para el inserto de la lanza de oxígeno el operario se ve obligado a exposiciones de calor elevadas, pues el acero que se encuentra en el Tundish se encuentra a una temperatura entre los 1560° y los 1580° , a pesar de que cuenta con todos los elementos de protección personal y un overol especial para altas temperaturas el calor al que se expone es demasiado alto. La misma temperatura del Tundish hace que el mecanismo de válvula

de apertura se esté calentando más de lo indicado, generando problemas en la válvula, como desgastes y deformación de los resortes de la válvula lo cual afecta directamente la apertura libre del mecanismo al momento de realizar la secuencialidad.

Figura 11. Lanceo para Apertura de Válvula



Una vez el operario inserta la lanza en el orificio del tubo colector que hace parte del sistema de válvula de apertura, se pone de pie e inicia la inyección de oxígeno para intentar dar libre paso al acero, retirando la arena cromita que se ha sinterizado a causa de la humedad que contiene.

Figura 12. *Deformación de resortes a causa de altas temperaturas en la válvula*



Como se observa en la imagen anterior, las altas temperaturas a las que se ve sometido el resorte están generando que este se comprima, perdiendo su forma original, y por lo tanto generando problemáticas de pérdidas de presión en la válvula, lo cual puede dar origen a una filtración de acero por el fondo de la cuchara, estas filtraciones son consideradas de alto riesgo, teniendo en cuenta que de caer sobre algún operario le puede causar quemaduras de grados altos y en el peor de los casos acabar con su vida.

Otro factor importante que se observó es el de la temperatura de la arena cromita, pues esta se debe conservar a una temperatura considerable para evitar cualquier tipo de humedad que pueda dar origen a una sinterización del material y por lo tanto problemas al momento de la apertura del mecanismo. Se tomaron diferentes temperaturas al lugar en donde actualmente se almacenan las pacas de arena, cabe resaltar que esta arena es calentada por una resistencia y está cerrada en un cajón para conservar temperatura.

Figura 14. *Temperatura Arena Cromita, Costados de la Resistencia*



Figura 13. *Temperatura Arena Cromita Debajo de la Resistencia*



Según lo arrojado por el pirómetro, la temperatura debajo de la resistencia es adecuada para garantizar la no sinterización del material, pues sobre 40°C se garantiza que no hay existencia de humedad en la arena cromita, según su proveedor. Sin embargo, la temperatura de los costados es mucho más baja, lo que indica que el calentamiento en el cajón de almacén de la arena cromita no se está realizando de manera uniforme en todas las pacas, lo cual da origen a problemáticas de apertura del mecanismo.

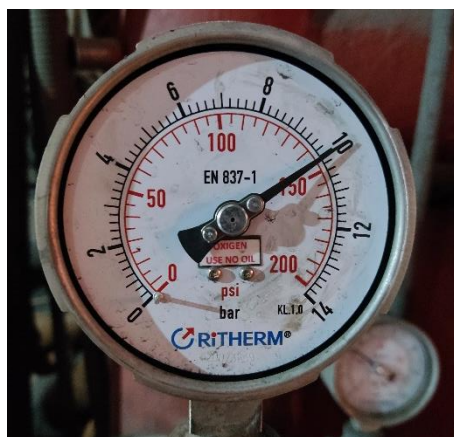
✓ **Variaciones de presión de oxígeno al momento de realizar limpiezas de Tapones Dirigidos**

En la Acería de la empresa, se manejan 3 turnos, ordinario, tarde y amanecida, lo cual hace que exista rotación constante de personal en las diferentes áreas de trabajo, sin embargo, se observó que para los procedimientos de limpieza los operarios manejan las presiones de lanceo a su criterio, algunos con presiones adecuadas, pero otros con presiones bastante elevadas, las cuales les facilitan la tarea al momento de realizar la limpieza, pero aumentan el desgaste del tapón de agitación.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Para estos procesos de limpieza se maneja presión y contrapresión, la presión es la que maneja la lanza de oxígeno con la que el operario realiza la limpieza del tapón, mientras que la contrapresión se realiza por medio de inyección de Nitrógeno, y es conectada al tapón directamente por la parte inferior de la cuchara. Estas presiones deben estar reguladas. Según el proveedor, la presión debe ser menor a la contrapresión, con una variación aproximada de 2 a 3 bares de diferencia. Para el caso particular de la Acería la presión actual de lanceo de oxígeno está en un rango de variación de 6 a 10 bares, teniendo en cuenta que los operarios la manipulan para hacer más rápido y fácil su trabajo, sin embargo, la contrapresión manejada actualmente, se encuentra en 4 bares de presión lo que hace el rango de diferencia muy amplio, aumentando el desgaste debido a la alta presión del oxígeno lanceado directamente al tapón.

Figura 15. Manómetros de presión de oxígeno



Como se observa en las imágenes anteriores, las presiones son controladas por los operadores según consideren conveniente, sin embargo, estas manipulaciones hacen que se manejen presiones demasiado altas, como se observa en el caso de 10 bares, estas altas presiones están afectando de manera directa el rendimiento de los tapones dirigidos de agitación.

Limitando su rendimiento a un intervalo de 7 a 11 coladas, un rendimiento demasiado bajo,

teniendo en cuenta que estos tapones están diseñados para una duración aproximada de 30 coladas, según el proveedor.

✓ **Desgaste muy rápido de la línea de escoria**

Se observó que, el mayor desgaste de ladrillo refractario de las cucharas de colado, se presenta en la zona de línea de escoria de las cucharas, es importante aclarar que el revestimiento de las cucharas de colado tiene un total de 26 hiladas desde el fondo de la cuchara, sin embargo, las 10 hiladas superiores son denominadas línea de escoria, y están compuestas por ladrillo de 10% de carbón, esto debido a que contienen la escoria que pasa del horno al momento del vaciado, las hiladas de ladrillo restantes son denominadas línea de acero y son las que menor desgaste presentan, estas hiladas son de ladrillo de 7% de carbón.

El desgaste en la línea de escoria tiene como principal motivo el hecho de que las escorias actuales son demasiado acidas, es decir, con un bajo contenido de MgO, lo cual hace que, al momento de hacer contacto con el ladrillo, la escoria se alimente del MgO presente en el mismo, desgastándolo de manera rápida.

Este desgaste es el que da origen a perforaciones de cucharas de colado, pues siempre que sucede una perforación, se da en alguna hilada de la línea de escoria, las perforaciones obligan a sacar de funcionamiento la cuchara, dejando el ladrillo de la línea de acero a mitad de servicio, ocasionando pérdidas de material.

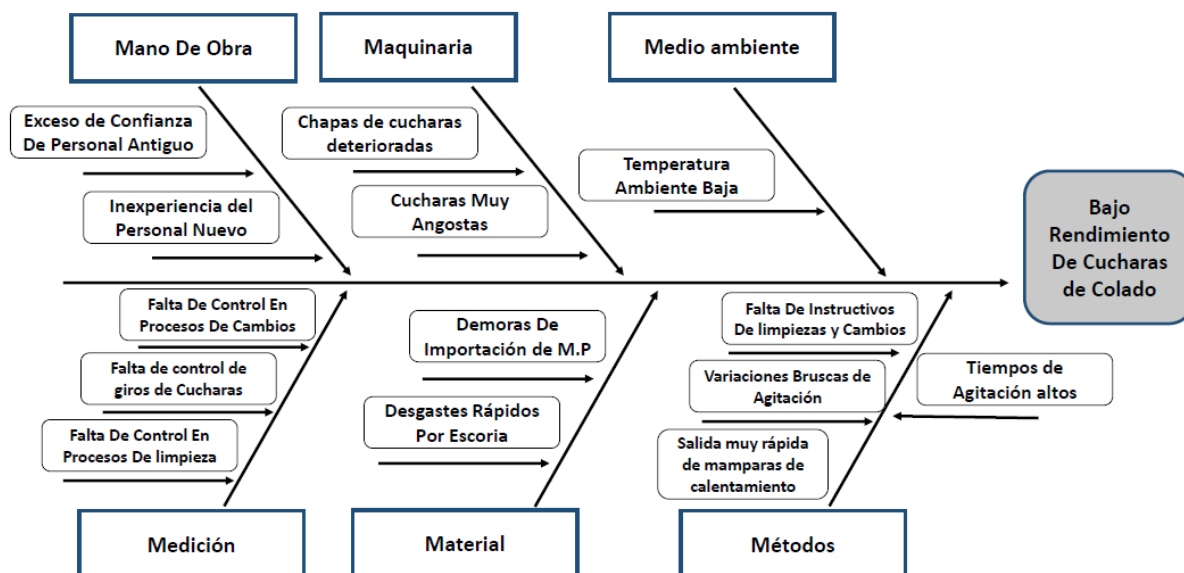
El control de escorias se estaba manejando mediante la adición de acondicionadores, los cuales le proporcionaban el MgO necesario para que el ladrillo no sufriera desgaste, sin embargo, debido a temas relacionados con la pandemia Covid-19, su precio de transporte subió excesivamente, además de aumentar los tiempos de llegada, por lo cual, la empresa en la actualidad desistió del consumo de acondicionador de escoria.

Para la recolección de la información registrada anteriormente se trabajó de la mano con el cuestionario aplicado, de donde se sacaron algunas ideas de las problemáticas proporcionadas por el personal y a partir de ahí se inició el seguimiento a las áreas y factores más relevantes en el proceso productivo de cucharas de colado. El cuestionario aplicado se puede observar en el apartado de anexos, y su respectiva tabulación se analiza más adelante.

7.1.2 Diagrama Causa Efecto:

A continuación, se encuentra la imagen del diagrama Causa efecto realizado al proceso, en busca de los diferentes factores que afectan la problemática central estudiada, para este caso en particular se recolectó información de los procedimientos de limpieza, desplazamientos y trabajo de las cucharas de colado durante el proceso de producción de acero en la acería de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, para evaluar los diferentes puntos que pueden afectar de manera directa e indirecta el buen funcionamiento de las cucharas de colado.

Figura 16. Diagrama Causa Efecto en proceso de producción de Acero



Partiendo del diagrama realizado se observa que hay varios factores que afectan de manera significativa el rendimiento de las cucharas de colado, dentro de las diferentes variables que componen el diagrama es importante tener en cuenta que las variables de mano de obra, maquinaria, métodos y medición, son las más influyentes al momento de evaluar el rendimiento de las cucharas, pues en la mano de obra se evidencia que en el proceso existe actualmente mucho personal nuevo, el cual no cuenta con la experiencia suficiente para la realización de diferentes actividades, como cambios o limpiezas de los componentes de las cucharas. Además, se evidencia que hay personal muy antiguo desempeñando labores en el área, lo cual da lugar a que quieran hacer las actividades a su manera omitiendo ciertos pasos importantes.

Por otra parte, en cuanto a la medición y control de los procesos, se presenta inexistencia de listas de chequeo para llevar un seguimiento del cumplimiento de los pasos que se deben seguir de manera secuencial para garantizar un mayor rendimiento de las partes involucradas y por lo tanto de las cucharas. Algunos de los métodos implementados actualmente, tampoco son

los más adecuados, pues en cuanto a la agitación se presentan tiempos elevados de agitación y variaciones bruscas de las presiones, las cuales son realizadas por el personal, así como la falta de coordinación de la salida de las cucharas de colado de la mampara, originando tiempos de espera elevados. Finalmente, las chapas de las cucharas se encuentran en un estado poco favorable para el proceso, lo cual afecta al rendimiento de las mismas, son cucharas muy angostas para el horno, lo cual hace que el arco eléctrico generado por los electrodos golpee de manera fuerte las paredes de ladrillo refractario, desgastándolo de una manera más rápida de la que debería.

7.1.3 **Cuestionario:**

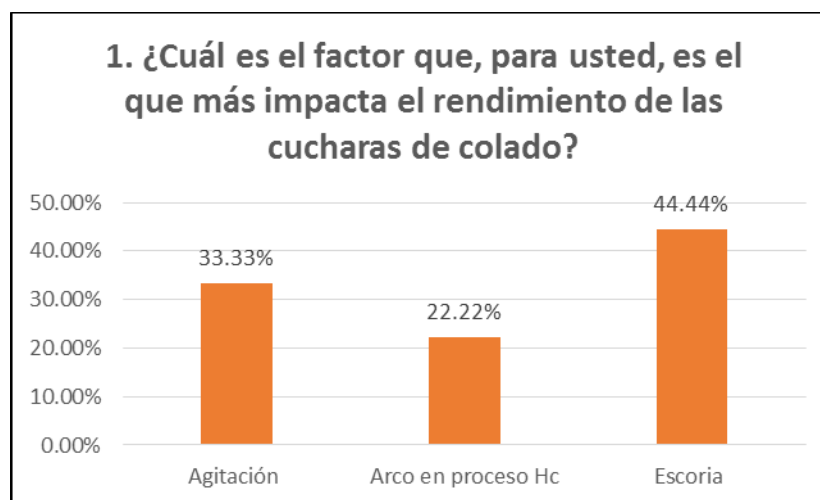
Esta herramienta permitió a la investigación, recopilar información del proceso de estudio por medio del personal que está directamente relacionado con el mismo, la aplicación de las preguntas permite realizar un sondeo de los procedimientos que actualmente se realizan y las problemáticas que de una u otra manera afectan el rendimiento de las cucharas de colado.

El cuestionario aplicado (**véase anexo A**), consta de preguntas de tipo mixtas, las cuales se eligieron para no sesgar de manera arbitraria las respuestas de los encuestados y brindar la oportunidad de expresar su punto de vista frente a una determinada situación, lo cual nos proporciona información suficiente para determinar de manera más precisa los diferentes factores que se involucran en el área investigada. Teniendo en cuenta los cuestionarios aplicados y a partir de la información previamente tabulada se obtuvieron Resultados importantes para el desarrollo del proyecto.

La aplicación del cuestionario se dirigió a 9 personas, que desempeñan cargos de supervisores generales y supervisores del área de refractarios, esto con el fin de recolectar la información del personal con más dominio del área estudiada de acuerdo a su trayectoria en la empresa y por ende en el proceso de producción.

En la siguiente página se encuentra el análisis de los resultados mas relevantes de la información obtenida del cuestionario previamente aplicado, sin embargo, los resultados totales se pueden evidenciar en **(Anexo B, tabulación de resultados)**.

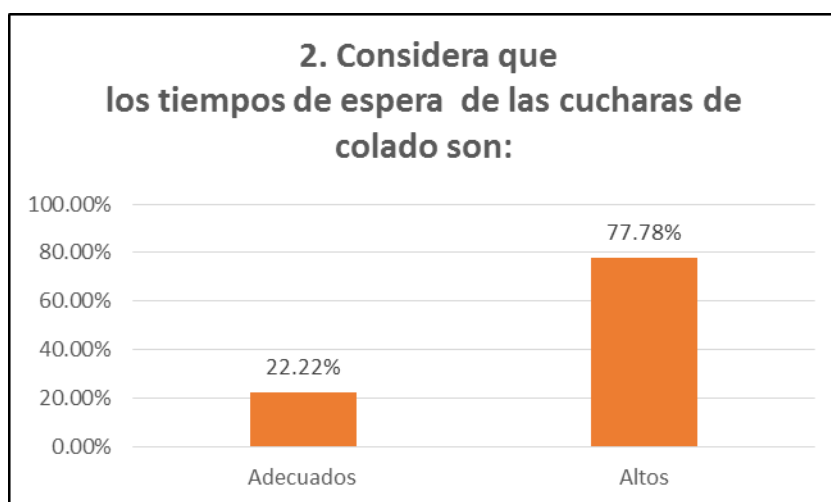
Figura 17. *Factor más influyente en el Rendimiento de las Cucharas de Colado*



Según la población encuestada el factor que más influye el rendimiento de las cucharas de colado es la escoria, con un 44.44% seguida por la agitación con un 33.33% y finalmente el arco generado en el proceso del Horno fusión, el cual golpea las paredes de ladrillo refractario e influye de manera significativa en el rendimiento de las cucharas con un 22.22%. De los resultados anteriores se determina que la escoria generada en el proceso de Fundición de chatarra

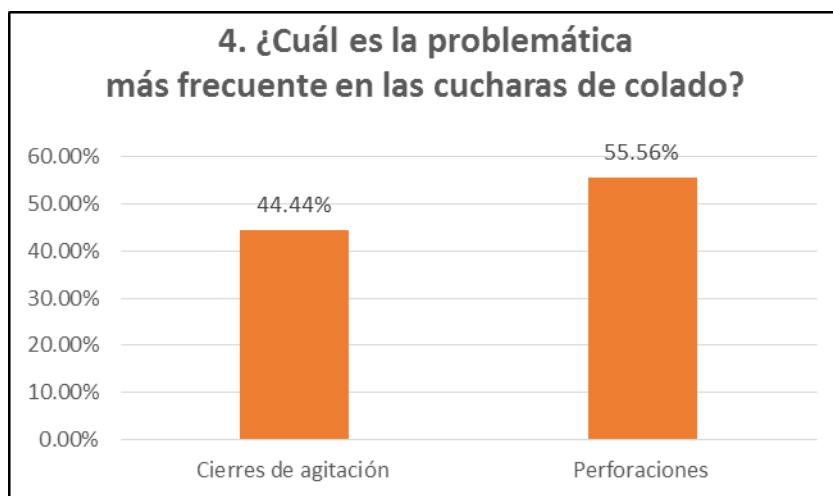
es la problemática principal en las cucharas de colado, seguida de la agitación, la cual genera movimiento del acero líquido y finalmente el impacto generado por el arco eléctrico en el proceso del Horno cuchara en donde el acero es ajustado químicamente. A pesar de que existen muchos factores más, que afectan las cucharas de colado, estas tres problemáticas, son las más influyentes en el rendimiento del ladrillo refractario del revestimiento, el cual es el encargado de la contención del acero a temperaturas superiores a 1600 °C.

Figura 18. *Tiempos de Espera Según Encuesta*



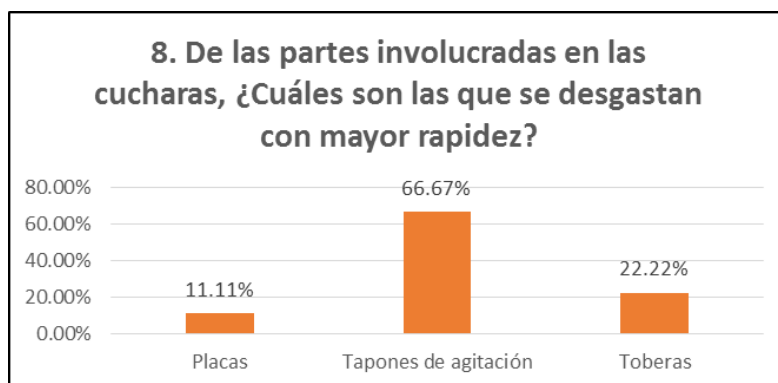
Un 77.78% de la población encuestada determina que los tiempos de espera de las cucharas de colado son altos, mientras que el 22.22% considera que estos tiempos son adecuados.

Figura 19. *Problemática más Frecuente*



Según la información recolectada hay dos factores principales que afectan de manera frecuente las cucharas de colado, un 55.56% de la población encuestada considera que son las perforaciones y el 44.44% restante que son los cierres de agitación. Son estos factores los de principal incidencia en el rendimiento de las cucharas de colado y los que originan más riesgos y cuellos de botella en el proceso.

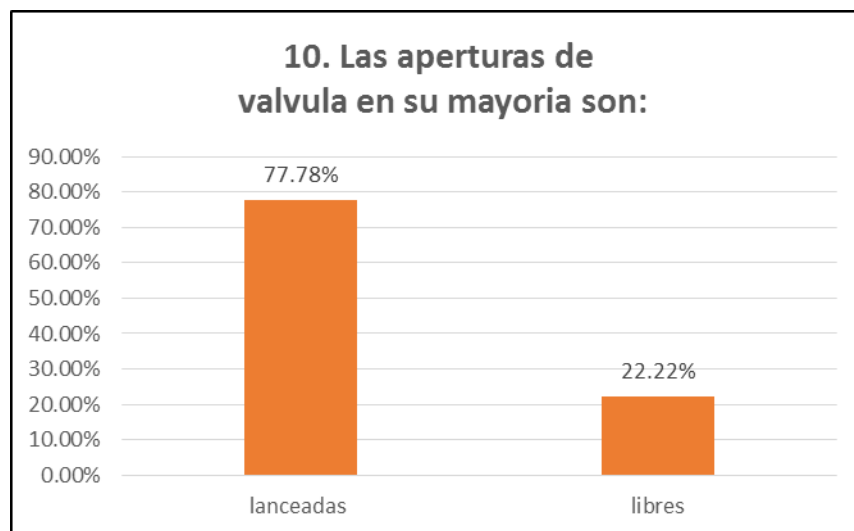
Figura 20. *Partes de la Cuchara con Mayor Desgaste*



En cuanto a las partes que presentan mayor desgaste con un 66.67% y el más alto es el de tapones de agitación, además de este según la información recolectada también presentan desgastes considerables las placas 11.11% y las toberas con un 22.22%

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Figura 21. Aperturas de Válvula Libres o Lanceadas



Otro factor importante Considerado fue aperturas de válvula, se obtuvo que un 77.78%, de la población encuestada considera que en su mayoría las aperturas deben ser lanceadas. Lo anterior hace referencia a insertar una lanza de oxígeno para retirar obstrucciones en la válvula y dar paso libre al acero líquido.

Con el 22.22%, el restante de la población considera que en su mayoría las aperturas son libres. La apertura es libre cuando se acciona la válvula y no se necesita ningún tipo de intervención externa para dar paso al acero líquido.

De los resultados obtenidos anteriormente se puede concluir que las aperturas en su gran mayoría tienen que ser lanceadas por el operario, la escoria es uno de los factores que más afecta el rendimiento de cucharas de colado junto con la agitación y el arco generado en el horno cuchara, además los dos problemas principales de las cucharas en operación son cierres de agitación y perforaciones, los cuales pueden generar tiempos de espera y por lo tanto convertirse

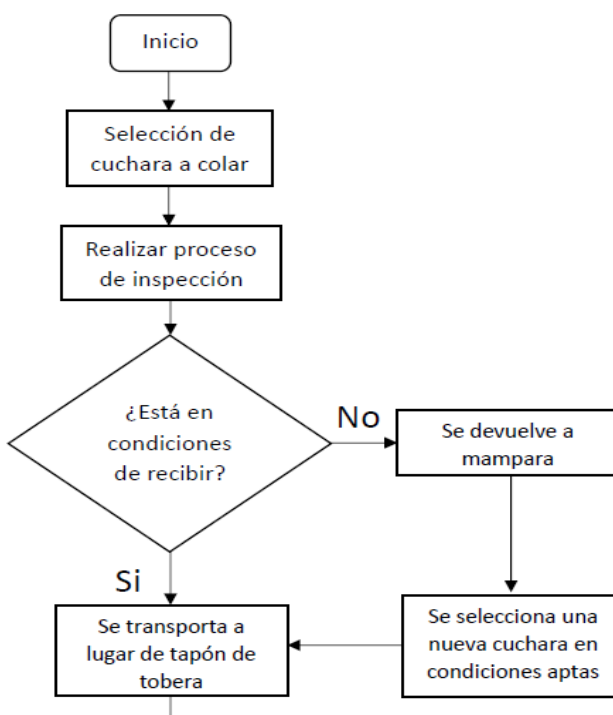
en cuellos de botella del proceso productivo. Finalmente, que los tiempos de espera de las cucharas son elevados y dan lugar a pérdidas de temperatura, además, que el factor de las cucharas con mayor desgaste son los tapones dirigidos, encargados de la inyección de argón a las cucharas de colado.

Es importante resaltar que cada encuestado responde desde su punto de vista y de su experiencia en el proceso, además, a pesar de que se realizaron preguntas en las cuales se permitió la opción de dar una pregunta abierta con el fin de no sesgar de manera arbitraria la recolección de información, los encuestados en su mayoría se limitaron a las opciones de respuesta propuestas en el cuestionario.

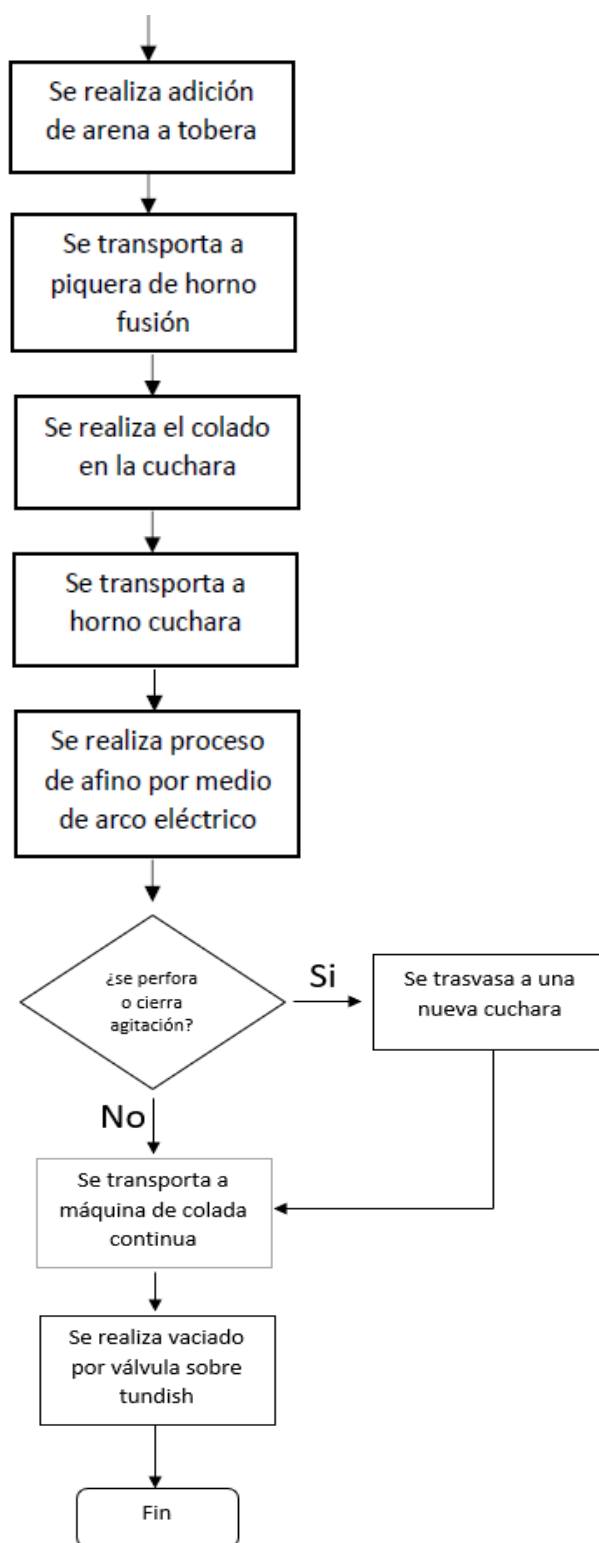
7.1.4 Diagrama de flujo:

Se realizó un diagrama de flujo del proceso de cucharas de colado en la producción de acero, se evidencian los diferentes pasos que se realizan normalmente con cada cuchara y los la secuencia que sigue una vez ingresa al proceso:

Figura 22. *Diagrama de flujo Cucharas de Colado*



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Del diagrama anterior se puede decir que el proceso de inspección se hace antes de que la cuchara pase a recibir el acero, pero después de salir de la mampara de calentamiento, lo cual hace que, mientras se realiza esta inspección la cuchara este perdiendo temperatura, a partir de esta observación se pretende generar que este proceso de inspección se realice siempre que la cuchara termine su proceso de colado, con el fin de eliminar este tiempo de espera y por lo tanto la pérdida de temperatura generada por dicho tiempo. El desplazamiento realizado al lugar en donde se está realizando la adición de la arena cromita en la tobera también es un factor importante y que se evidencia es demasiado lejano, dando como resultado tiempos de desplazamientos innecesarios y por lo tanto pérdidas de temperatura que están directamente relacionados con estos tiempos.

Figura 23. Diagrama de Flujo del Proceso operativo de Cucharas de Colado.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO								
Fecha de realización: 15/09/2022	Página 1. de 1		Fecha Numero					
Proceso: Producción De Acero			Actividad	Actual		Propuesto		
				Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	
Actividad: Desplazamiento de Cucharas de Colado			Operación	12	151			
			Transporte	8	54			
Tipo de diagrama:	Material (X)	Espera	2	22				
	Operario ()	Inspección	1	3				
Método:	Actual (X)	Almacenamiento	2	210				
	Propuesto ()							
Area/Sección: Cucharas de Colado			Tiempo Total	86				
Elaborado Por: Heiner Alfonso Archila Suárez			Aprobado por:		437			
Descripción			○	⇒	D	□	△	Observaciones
Mamparas de Calentamiento							X	0
Mampara de Inspección				X				2
Inspección Preventiva de la válvula de apertura					X			3
Limpieza de la tobera			X					2
Cierre de válvula de apertura			X					2
Area de sellado de Tobera					X			20
Ubicación de embudo para adición de arena			X					1
Adición de arena cromita			X					3
Retiro de embudo			X					1
Piquera frente al Horno Fusión					X			30
Conexión de Manguera de agitación			X					2
Posicionamiento bajo piqueta					X			4
Disposición del Horno Fusión						X		15
Colado De acero líquido por Piqueta			X					8
Desplazamiento al Horno Cuchara					X			6
Ajuste de Composición Química del acero			X					50
Desplazamiento a torreta de MCC					X			5
Disposición de Máquina de colada continua (MCC)						X		7
Vaciado de Cuchara en MCC			X					70
Desplazamiento a Mampara de Limpieza					X			12
Limpieza de tapon de agitación			X					4
Limpieza de Tobera			X					6
Desplazamiento a Mampara de Calentamiento					X			4
Encendido de Mampara			X					2
Disposición de la Rotación de Cucharas						X		210

En el diagrama anterior se realizó el registro de los tiempos y distancias de desplazamiento, así como las demás operaciones que normalmente se realizan durante el proceso operativo de las

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

cucharas de colado. Se observa una distancia de 20 metros hasta el área en donde se realiza el sellado de tobera y de 30 metros desde el área de sellado hasta el lugar de posicionamiento para recibir el acero líquido dando como resultado un total de 50 metros en total, siendo esta la más larga del proceso. Esta distancia puede ser reducida, haciendo una reubicación del área de sellado de la arena cromita, en un lugar más cercano a la piquera del horno fusión, lugar en donde la cuchara de colado se posiciona para recibir el acero líquido y continuar con su proceso productivo.

Las demás distancias y tiempos registrados están acorde al proceso productivo, y se consideran adecuadas teniendo en cuenta el orden lógico y secuencial que siguen las cucharas de colado durante su intervención en el proceso de producción de acero.

7.2 Aplicación de Herramientas de Medición y Control

Una vez terminada la etapa inicial, en donde se recopila información fundamental para la investigación, la cual es proporcionada directamente por el proceso o las personas involucradas directamente en el área de estudio, se procede a la segunda fase, en donde se aplicaron diferentes herramientas de medición y control, inicialmente la matriz DOFA, en la cual se resaltan las diferentes, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que tienen que ver con el estudio en cuestión. Se determina que son muchos los factores que afectan de manera negativa y directamente el rendimiento de las cucharas de colado, mientras que las fortalezas encontradas en realidad son muy pocas. Sin embargo, se evidencian diferentes oportunidades las cuales pueden ser potenciadas, y a partir de las problemáticas encontradas, ser usadas para el mejoramiento del proceso productivo de las cucharas de colado.

7.2.1 Tomas de temperatura y diagrama de correlación

Para las tomas de temperatura se tuvieron en cuenta dos ubicaciones puntuales, una se realizó frente a la mampara de calentamiento, al momento de levantar la cuchara para ser transportada al lugar de sellado de tobera, la otra temperatura se tomó frente al horno de colado, al momento de llegada de la cuchara al horno. A continuación, se evidencian los lugares en donde se realizó la toma de datos:

Figura 24. *Lugar de Toma de Temperatura de Salida*



Las tomas de temperatura de salida se realizaron en el área que se observa en la imagen anterior, justo antes de que la cuchara sea tomada por el puente grúa para iniciar su debido desplazamiento al área correspondiente antes de llevarla a recibir el acero líquido frente al horno fusión.

Figura 25. *Lugar de llegada de la Cuchara*



El lugar que se evidencia anteriormente es el lugar de llegada de la cuchara para recibir el acero líquido, en este lugar se realizó la toma de la temperatura de llegada, para determinar que tanto se pierde desde que sale de la mampara de calentamiento. Estas temperaturas se registraron mediante el uso de un pirómetro laser proporcionado por la empresa Grupo Siderúrgico Reyna y permitió realizar la toma de temperaturas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Figura 26. *Pirómetro Laser*



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

De los datos obtenidos se realizó la siguiente tabla, en donde se registraron las diferentes temperaturas de salida y llegada de la cuchara de colado y su respectiva hora para tener una idea de la relación que existe entre el tiempo de desplazamiento y las temperaturas obtenidas.

Tabla 3. *Temperaturas de cucharas de colado*

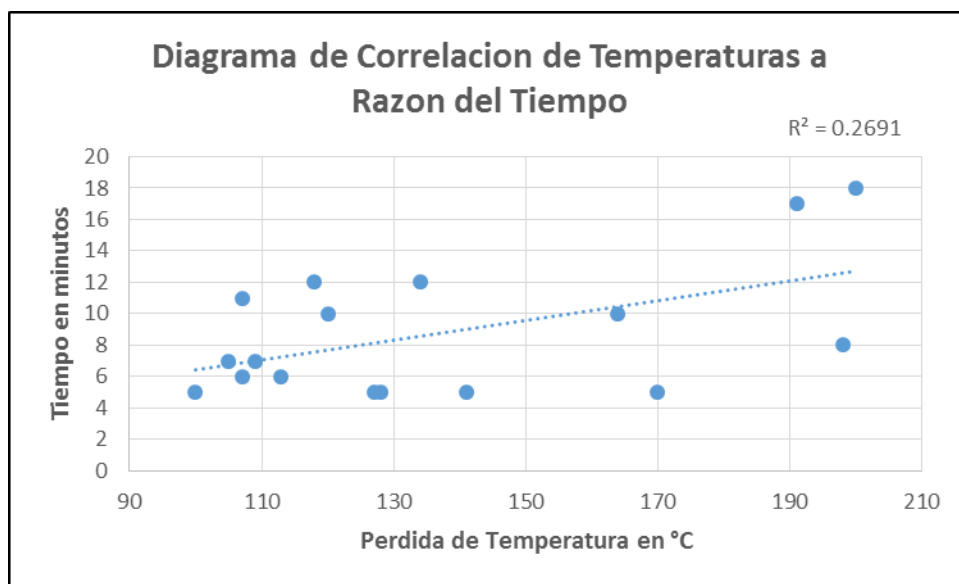
Tomas de temperatura Cucharas de colado (antes de recibir acero)							
Cuchara N°	Hora salida Mampara	Temperatura salida (°C)	Hora llegada Horno	Temperatura de llegada (°C)	Tiempo de desplazamiento (minutos)	Perdida de temperatura (°C)	Tiempo de desplazamiento (minutos)
21	10:34	1087	10:40	980	06:00	107	6
22	01:18	1090	01:28	970	10:00	120	10
26	03:20	1079	03:27	970	07:00	109	7
28	04:56	1097	05:07	990	11:00	107	11
21	10:39	1099	10:44	958	05:00	141	5
22	02:29	1090	02:36	985	07:00	105	7
26	04:03	1085	04:09	972	06:00	113	6
28	02:53	1091	03:10	900	17:00	191	17
22	12:07	1088	12:12	988	05:00	100	5
26	01:40	1097	01:52	979	12:00	118	12
28	02:57	1000	03:15	800	18:00	200	18
21	08:09	1032	08:14	905	05:00	127	5
22	09:55	1048	10:00	920	05:00	128	5
28	12:13	1060	12:18	890	05:00	170	5
26	01:27	1078	01:35	880	08:00	198	8
21	02:41	1099	02:51	935	10:00	164	10
22	03:10	1058	03:22	924	12:00	134	12
Promedios		1075		938	08:46	137	

En la tabla anterior (**véase anexo D**), se registraron las diferentes temperaturas de salida y llegada de las cucharas de colado cuando se encuentran vacías y se disponen a recibir el acero líquido, se obtuvo un promedio de 1075 °C al momento que la cuchara es levantada de la mampara de calentamiento para ser preparada y transportada a su lugar final, es decir frente a la piquera del horno, en donde se registró una temperatura promedio de llegada de 938 °C. Estas temperaturas fueron tomadas con el pirómetro laser ilustrado anteriormente y se observó que, a pesar de variar, son relativamente cercanas unas de las otras, el promedio de perdida es de 137 °C en un tiempo promedio de 8 minutos con 34 segundos de desplazamiento, esta pérdida se

considera bastante elevada teniendo en cuenta el choque térmico al que la cuchara es sometida al momento de recibir el acero líquido.

De los tiempos y temperaturas obtenidas se realizó la elaboración de un diagrama de correlación, para determinar y representar de una manera gráfica la relación que tiene la temperatura con respecto al tiempo:

Figura 27. *Diagrama de Correlación*



En el diagrama de correlación ilustrado anteriormente se determina que existe una correlación positiva medianamente fuerte con un valor de 0.2691, entre el tiempo y la pérdida de temperatura, pues a mayor tiempo transcurrido es mayor la pérdida de temperatura por parte de la cuchara de colado. Esta correlación permite determinar que el reducir los tiempos de desplazamientos y espera es un factor importante en las temperaturas de las cucharas de colado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron cálculos mediante la aplicación de regla de tres simple, para determinar la pérdida de temperatura de la cuchara, para el tiempo total, el cual hace referencia a los tiempos de desplazamiento más tiempos de espera, partiendo de los datos obtenidos durante las tomas de temperatura y su relación con los tiempos, se tiene lo siguiente:

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

$$\checkmark \quad 8.46 \text{ minutos} \rightarrow 137^{\circ}\text{C}$$

Se determinó que en un promedio de 8.46 minutos la cuchara pierde 137 °C de temperatura, sin embargo, la pérdida real de temperatura es mucho más elevada que esto, teniendo en cuenta que los tiempos de espera son elevados. A continuación, se realiza a modo de ejemplo, el cálculo de temperatura para un determinado tiempo, los demás fueron realizados y registrados mediante una tabla elaborada en Excel.

Regla de tres simple, para determinar la pérdida de temperatura aproximada durante un tiempo total de 17 minutos de espera:

$$\frac{8.46 \text{ minutos}}{17 \text{ minutos}} \rightarrow \frac{137^{\circ}\text{C}}{X}$$

$$X = \frac{17 \text{ minutos} * 137^{\circ}\text{C}}{8.46 \text{ Minutos}} = 275.2^{\circ}\text{C}$$

Una vez realizado el cálculo de pérdida, se obtiene que, en un tiempo de espera de 17 minutos la cuchara pierde aproximadamente 275.2 °C, una temperatura bastante elevada, que sin duda da lugar a choques térmicos en las caras de ladrillo refractario.

Figura 28. *Perdidas de Temperatura Según Tiempos Totales de Espera*

Perdidas Totales de Temperatura	
Tiempo en minutos	Perdida de temperatura (°C)
17	275
14	227
13	211
19	308
8	130
12	194
25	405
55	891
20	324
13	211
44	713
10	162
20	324
5	81
28	453
19	308
30	486
40	648
29	470
30	486
Promedio	365

Según los cálculos previamente realizados, se obtuvo una pérdida promedio de temperatura de 365 °C, bastante elevada, teniendo en cuenta la temperatura promedio de salida de mampara registrada, la cual fue de 1075 °C, es decir que la cuchara está recibiendo el acero líquido del horno, a una temperatura promedio de 710 °C, una temperatura sin duda muy baja, ya que el acero líquido sale del horno fusión a una temperatura entre 1630 y 1650 °C el choque térmico al que se ve sometido el ladrillo refractario es muy elevado lo cual hace que este se desgaste de una forma más rápida de lo normal, pues estos choques originan que el ladrillo desprenda capas disminuyendo su tamaño en cada colada.

7.2.2 Matriz FODA

Tabla 4. Matriz FODA

	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	1. El sistema de vaciado de las cucharas es por medio de un mecanismo hidráulico por el fondo de la cuchara. 2. La agitación por medio de tapones dirigidos reduce los tiempos de trabajo de las cucharas de colado. 3. los trabajadores tienen una correcta disposición para la	1. Existe paso de escoria del horno fusión a las cucharas de colado. 2. los tiempos de trabajo de las cucharas dependen de factores como el horno fusión o la máquina de colada continua. 3. hay desplazamientos innecesarios que influyen en pérdidas de temperatura.

	realización de las actividades relacionadas con el proceso. 4. Personal antiguo con mucha experiencia en los procesos realizados en el área de cucharas de colado de la acería.	4. hay mucho personal nuevo en los procesos desarrollados. 5. las chapas de las cucharas se encuentran muy deterioradas y son muy angostas para el proceso.
Oportunidades (O) 1. Capacitar de manera adecuada al personal nuevo. 2. Aumentar el rendimiento de cucharas de colado a partir de la implementación de estrategias de mejora. 3. Reducir tiempos de espera de las cucharas de colado. 4. Eliminar desplazamientos innecesarios	Estrategias (FO) 1. Realizar instructivos y videos que permitan la capacitación del personal de una manera adecuada 2. Propuesta de reubicación de áreas involucradas en el proceso en busca de reducción de desplazamientos innecesarios.	Estrategias (DO) 1. Propuesta para el cambio de chapas de cucharas de colado en busca de aumentar su rendimiento. 2. Propuesta de cambio de sistema de vaciado del horno para evitar pasos de escoria. 3. Propuesta de cambio de dimensiones de las cucharas de colado.
Amenazas (A) 1. Paradas en el proceso productivo por poca disponibilidad de cucharas	Estrategias (FA) 1. Propuesta de cambios de línea de escoria de las cucharas de colado para	Estrategias (DA) 1. Implementación de espectrómetro de fluorescencia de rayos x para el control y regulación de

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

2. Riesgo de posibles quemaduras y accidentes	aumentar su rendimiento en número de coladas.	escorias generadas en el horno fusión.
3. Poca aceptación del personal antiguo a la realización de cambios en el proceso.	2. Fomentar el interés del personal en el bienestar del proceso e importancia de la aceptación de los cambios propuestos.	2. Coordinar de una mejor manera la salida de cucharas con los tiempos de finalización del horno cuchara, para reducir tiempos de espera.
4. Aumento de consumos de materiales refractarios y por lo tanto de costos.	3. Capacitación del personal nuevo por medio de videos y con ayuda del personal antiguo para el buen uso de materiales refractarios, disminuyendo desperdicios y costos.	3. Reducir tiempos de trabajo de cucharas de colado originados por factores externos.

En el grafico anterior se observa la matriz DOFA, de la cual se puede concluir que, a pesar de existir muchas debilidades en el proceso, estas pueden aprovecharse y verse como una oportunidad de mejora, en la mayoría de los casos se pueden corregir y por lo tanto mejorar el rendimiento del proceso. Además, se evidencia que la agitación por medio de tapones dirigidos juega un papel fundamental, pues es un arma de doble filo, ya que, así como es una fortaleza, puede llegar a ser una debilidad si no se maneja de manera adecuada por parte de los operarios involucrados. Teniendo en cuenta que las altas presiones de agitación afectan de manera directa el rendimiento del ladrillo refractario, generando un mayor desgaste en la zona donde se genera

dicha agitación. Otro factor encontrado que juega un papel tanto positivo como negativo, es la existencia de mucho personal nuevo, lo cual permite capacitar de manera adecuada el personal desde el inicio, pero también puede dar origen a que se generen problemas a causa de la inexperiencia.

7.2.3 Toma y estudio de Tiempos

Para la toma de estos tiempos se tuvieron en cuenta las diferentes estaciones de llegada de la cuchara de colado durante su intervención en el proceso productivo de la Acería, con el fin de tener una idea más clara de los tiempos de cada fase y determinar de esta manera posibles falencias o cuellos de botella originados en el proceso.

Se realizaron diferentes hojas para la toma y registro de tiempos a los procesos que se evidencian, tienen mayor influencia en el proceso que involucra las cucharas de colado de la Acería, dentro de estos tiempos se tienen:

✓ Toma de tiempos de agitación

Tabla 5. Control de Tiempos de Agitación

Control De Tiempos De Agitacion									
# Cuchara	Inicio	Inicio colado	Fin colado	T.T.Colado	T. Transporte	Inicio HC	Fin HC	T.T.HC	T.T. Trabajo
28	8:41:00	8:42:00	8:48:00	0:06:00	0:17:00	9:05:00	10:03:00	0:58:00	1:22:00
21	10:15:00	10:16:00	10:20:00	0:04:00	0:04:00	10:24:00	11:36:00	1:12:00	1:21:00
28	1:16:00	1:17:00	1:21:00	0:04:00	0:03:00	1:24:00	2:05:00	0:41:00	0:49:00
21	2:44:00	2:46:00	2:51:00	0:05:00	0:03:00	2:54:00	4:00:00	1:06:00	1:16:00
27	4:08:00	4:20:00	4:26:00	0:06:00	0:04:00	4:30:00	5:31:00	1:01:00	1:23:00
27	11:24:00	11:25:00	11:29:00	0:04:00	0:04:00	11:33:00	12:12:00	0:39:00	0:48:00
21	12:59:00	13:00:00	13:04:00	0:04:00	0:05:00	13:09:00	13:45:00	0:36:00	0:46:00
28	2:12:00	2:16:00	2:20:00	0:04:00	0:06:00	2:26:00	3:16:00	0:50:00	1:04:00
27	3:20:00	3:21:00	3:26:00	0:05:00	0:07:00	3:33:00	4:34:00	1:01:00	1:14:00
21	4:22:00	4:23:00	4:28:00	0:05:00	0:18:00	4:46:00	5:37:00	0:51:00	1:15:00
27	9:05:00	9:05:00	9:10:00	0:05:00	0:09:00	9:19:00	10:52:00	1:33:00	1:47:00
22	10:51:00	10:51:00	10:55:00	0:04:00	0:06:00	11:01:00	12:10:00	1:09:00	1:19:00
21	12:14:00	12:15:00	12:20:00	0:05:00	0:06:00	12:26:00	13:42:00	1:16:00	1:28:00
27	1:32:00	1:32:00	1:37:00	0:05:00	0:53:00	2:30:00	3:33:00	1:03:00	2:01:00
22	3:33:00	3:34:00	3:38:00	0:04:00	0:05:00	3:43:00	4:42:00	0:59:00	1:09:00
21	5:09:00	5:15:00	5:20:00	0:05:00	0:04:00	5:24:00	6:20:00	0:56:00	1:11:00
								PROMEDIO=	1:15:49

HF: Horno Fusión

HC: Horno Cuchara

T.T.Trabajo: Tiempo Total de Trabajo

T.Transporte: Tiempo de Transporte de Horno Fusion a Horno Cuchara

T.T.HC: Tiempo Total En Horno Cuchara

07/03/2022

08/03/2022

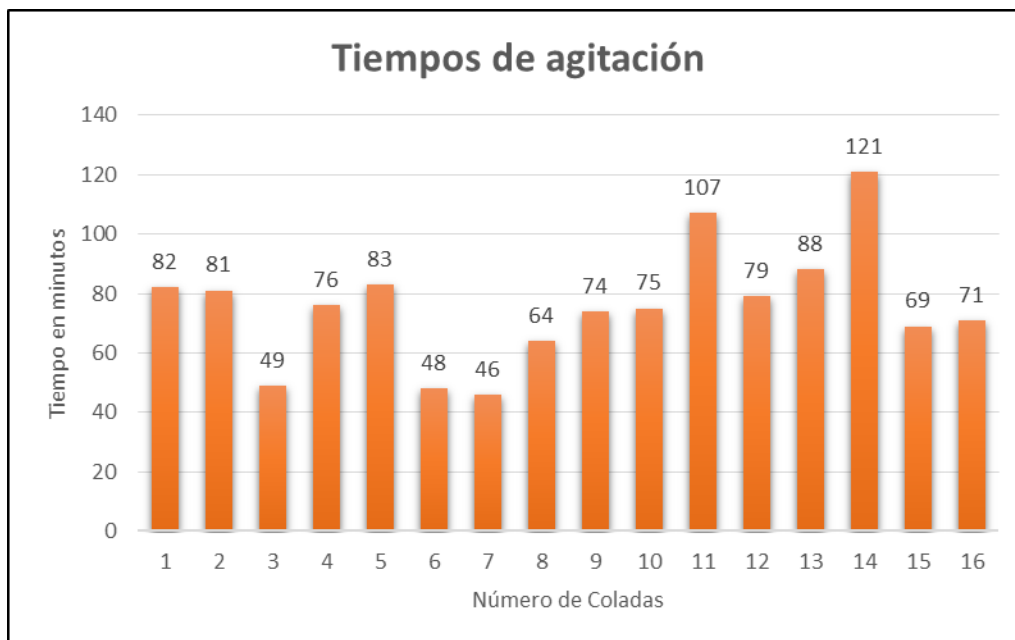
09/03/2022

Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Para el control y toma de tiempos de agitación se realizó un seguimiento durante 3 días a los tiempos de diferentes coladas como se observa en la tabla anterior, los resultados arrojados por los tiempos de registro, muestran que en promedio el tiempo de duración es de 1 hora y 15 minutos, el cual es un tiempo bastante elevado de trabajo, sin embargo, se observó que hay una alta variación de los tiempos, ya que estos dependen mucho de factores externos, principalmente de la máquina de colada continua, la cual determina la salida de la cuchara del horno y por lo tanto el fin del proceso de agitación. El menor tiempo registrado fue de 46 minutos, mientras que el más elevado fue de 2 horas y un minuto. Estos elevados tiempos de agitación afectan de manera significativa el rendimiento de ladrillo refractario y por lo tanto de las cucharas de colado.

Figura 29. *Tiempos de Agitación*



En la gráfica anterior se puede observar de manera más detallada las variaciones de los tiempos de agitación, realmente son saltos bruscos, ya que el proceso que se realiza para la elaboración de

acero y en donde se encuentran involucradas las cucharas es secuencial, lo que hace que se tenga una relación directa entre las estaciones y que los problemas de las demás áreas afecten de forma directa los tiempos de agitación de las cucharas de colado.

✓ Toma de tiempos de desplazamiento y espera

En cuanto a los tiempos de desplazamiento y espera se realizaron tomas detalladas de los tiempos que se demora en llegar e ir de una estación a otra, durante esta toma de tiempos se observó que hay desplazamientos muy lejanos que pueden ser reducidos, como el que realiza la cuchara para el sellado de la tobera, pues el área en donde se realiza esta actividad se encuentra lejos de la piquera donde se realiza el colado en el horno eléctrico, actualmente se encuentra aproximadamente a unos 60 metros de distancia. A continuación, se observa la tabla que se realizó para el control de los tiempos de desplazamiento y espera de las cucharas de colado.

Tabla 6. Tiempos de desplazamientos y espera

CONTROL DE TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTOS													
Cuchara #	H.salida (M)	H.I. INSPECC	H.S. INPECCION	T.INSPECCION	H. llegada (t.t)	H. salida (t.t)	DESP. 1. (T.T)	DESP. 2. (T.P)	T.T DESPLA	H. llegada piqu.	H. colado	T. espera	T. Total F.M
22	10:34	00:00	00:00	00:00	10:35	10:37	00:01	00:03	00:04	10:40	10:51	00:11	00:17
27	01:18	01:19	01:20	00:01	01:21	01:24	00:01	00:04	00:05	01:28	01:32	00:04	00:14
22	03:20	0	0	00:00	03:22	03:23	00:02	00:04	00:06	03:27	03:33	00:06	00:13
21	04:56	0	0	00:00	04:57	04:58	00:01	00:09	00:10	05:07	05:15	00:08	00:19
22	10:39	0	0	00:00	10:40	10:41	00:01	00:03	00:04	10:44	10:47	00:03	00:08
27	02:29	02:30	02:31	00:01	02:32	02:33	00:01	00:03	00:04	02:36	02:41	00:05	00:12
22	04:03	0	0	00:00	04:04	04:06	00:01	00:03	00:04	04:09	04:28	00:19	00:25
22	02:53	0	0	00:00	02:55	02:56	00:02	00:14	00:16	03:10	03:48	00:38	00:55
28	12:07	0	0	00:00	12:08	12:09	00:01	00:03	00:04	12:12	12:27	00:15	00:20
27	01:40	01:41	01:44	00:03	01:45	01:46	00:01	00:06	00:07	01:52	01:53	00:01	00:13
21	02:57	02:58	03:36	00:38	03:37	03:38	00:01	00:02	00:03	03:40	03:41	00:01	00:44
22	08:09	0	0	00:00	08:11	08:12	00:02	00:02	00:04	08:14	08:19	00:05	00:10
27	09:55	0	0	00:00	09:56	09:57	00:01	00:03	00:04	10:00	10:15	00:15	00:20
22	12:13	0	0	00:00	12:14	12:16	00:01	00:02	00:03	12:18	12:18	00:00	00:05
21	01:27	0	0	00:00	01:28	01:30	00:01	00:05	00:06	01:35	01:55	00:20	00:28
22	02:41	0	0	00:00	02:44	02:47	00:03	00:04	00:07	02:51	03:00	00:09	00:19
27	03:10	03:11	03:14	00:03	03:16	03:18	00:02	00:04	00:06	03:22	03:40	00:18	00:30
28	04:10	04:12	04:15	00:03	04:17	04:20	00:02	00:04	00:06	04:24	04:50	00:26	00:40
21	08:10	08:12	08:14	00:02	08:16	08:18	00:02	00:03	00:05	08:21	08:39	00:18	00:29
22	09:30	09:31	09:35	00:04	09:37	09:40	00:02	00:06	00:08	09:46	10:00	00:14	00:30
H. llegada (t.t)= HORA DE LLEGADA AL AREA DE TAPÓN DE TOBERA DESP. 2. (T.T)= DESPLAZAMIENTO 2, DESDE LUGAR DE TAPON TOBERA HASTA LA PIQUERA (VUELTA) H.salida (M)= HORA DE SALIDA DE MAMPARA T.D.TT--PIQ= TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO TAPON DE TOBERA A PIQUERA H.I. INSPECC= HORA DE INICIO DE INSPECCION H.S. INPECCION= HORA DE SALIDA DE INSPECCION T.INSPECCION= TIEMPO DE INSPECCION DESP. 1. (T.T)= DESPLAZAMIENTO INICIAL A TAPAR TOBERA (IDA) T.T DESPLA= TIEMPO TOTAL DE DESPLAZAMIENTO T. TOTAL F.M= TIEMPO TOTAL FUERA DE MAMPARA DE CALENTAMIENTO													
Tiempo prom= 00:05											Tiempo promedio 00:22		

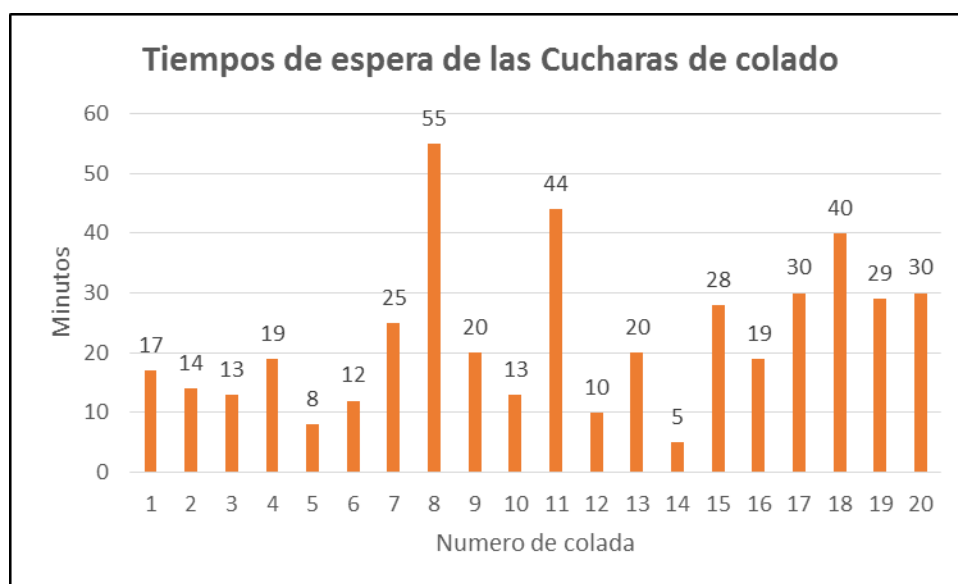
Según los tiempos obtenidos del proceso (**Véase anexo C**), se observa que, en promedio, el tiempo que dura la cuchara fuera de la mampara de calentamiento es en promedio de 22 minutos,

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

y que el tiempo promedio de desplazamiento de las cucharas desde que salen de mampara hasta su lugar de colado frente al horno, tiene un promedio de 5 minutos, sin embargo, la variación de estos tiempos es muy constante, ya sea por fallas en el proceso o por falta de coordinación del personal encargado de la Logística. A pesar de que el tiempo de desplazamiento no es tan elevado, este puede ser reducido y en el mejor de los casos eliminado, reubicando el área de sellado de la tobera. Por otra parte, se observó que los tiempos de espera de las cucharas en general es elevado, pues duran mucho tiempo fuera de la mampara lo cual genera pérdidas de temperatura considerables que afectan de manera directa el rendimiento del ladrillo refractario.

Finalmente, durante los tiempos que se tomaron, el tiempo que se observa resaltado en la tabla fue el menor, y es bastante bajo, comparado con los demás obtenidos, esto se da debido a que la coordinación de la salida de mampara de la cuchara se hizo en el momento adecuado, evitando tiempos de espera.

Figura 30. *Tiempos de espera de Cucharas Fuera de Mamparas*

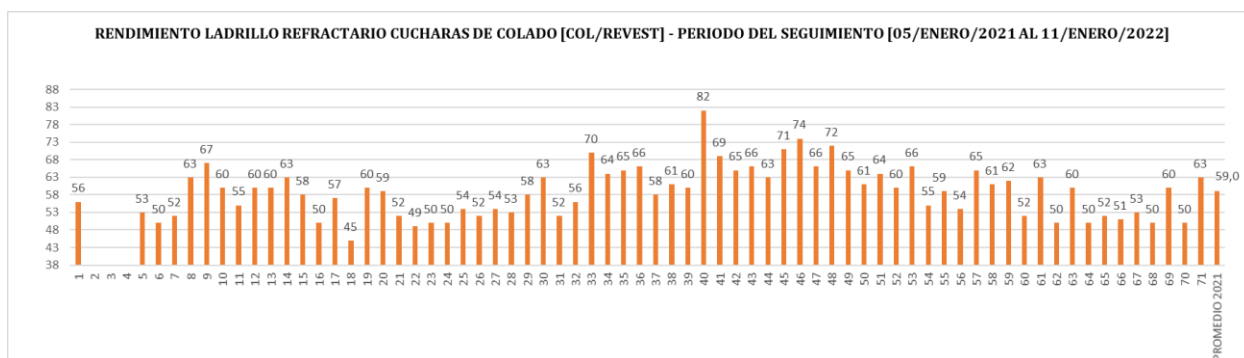


En la gráfica anterior se puede observar de manera más representativa la variación de los tiempos de espera, son variaciones bruscas y poco predecibles, teniendo en cuenta que hay factores externos como fallas en los hornos o en la máquina de colada que afectan directamente estos tiempos de espera de las cucharas de colado. El mayor tiempo registrado fue de 55 minutos y se originó por un problema de coordinación entre el operario encargado de enviar la cuchara y el operador del horno fusión quien es el que da aviso de cuando se completa la carga total del horno.

7.2.4 Rendimiento de Cucharas de Colado en el Año 2021

Por otra parte, se tuvieron en cuenta los registros históricos de coladas del año 2021, para tener una idea de cuantas coladas estaban durando las cucharas de colado durante sus campañas de trabajo en el proceso productivo, en la siguiente grafica se observa el comportamiento en número de coladas obtenido, dando una idea más representativa del rendimiento obtenido:

Figura 31. Rendimiento de cucharas de colado para el 2021



Nota. La grafica anterior es el registro histórico del rendimiento de ladrillo y por lo tanto de cucharas de colado. Fuente (Acería, 2022)

Como se observa en la gráfica anterior el promedio de coladas obtenido durante el año 2021 fue de 59 y el mayor rendimiento obtenido fue de 82 coladas, el cual fue un alto rendimiento

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

teniendo en cuenta que los demás valores están muy alejados del mismo. Además, las cucharas que salían con un número de coladas mayor a 60 representaban un alto riesgo, teniendo en cuenta que en la línea de escoria su ladrillo bajaba muy desgastado y delgado, según los encargados de la demolición de la cuchara para prepararla para un nuevo revestimiento de ladrillo.

7.2.4.1 Indicador de rendimiento

Nombre: rendimiento de cucharas de colado teniendo en cuenta desgaste de ladrillo refractario.

Objetivo: medir el rendimiento de las cucharas de colado.

$$\frac{\# \text{ de coladas trabajadas}}{\# \text{ de coladas esperadas}} * 100$$

$$\frac{59}{80} * 100 = 73.75\%$$

El número de coladas estimadas para un rendimiento totalmente optimo, es de 80, según los registros el promedio de coladas del año 2021 fue de 59 coladas por campaña, lo cual proporciona un rendimiento de 73.75%. **(Véase anexo E).**

7.3 Diseño de la propuesta

Partiendo de la información previamente documentada se realizó la propuesta de mejora para el área de cucharas de colado de la acería de la empresa grupo siderúrgico Reyna, dentro de las opciones de mejora se encuentran:

7.3.1 Cambio de lugar y sistema de sellado de arena cromita

Teniendo en cuenta lo observado durante el proceso de diagnóstico y partiendo de las falencias encontradas se propone el cambio del lugar de sellado de tobera hacia un área más cercana al horno con el fin de reducir tiempos de desplazamientos innecesarios y por lo tanto perdidas de temperatura generadas. La nueva ubicación está situada junto a la piquera del horno, lugar en donde se realiza el basculamiento para el proceso de vaciado de acero líquido a la cuchara.

Figura 32. Ubicación Sugerida para Sellado de Tobera



Como se observa en las imágenes anteriores, el área sugerida para sellado de tobera es muy cercana al horno, lo cual permite reducir de manera significativa los desplazamientos de la cuchara, con este cambio, se pretende reducir los tiempos acumulados de espera en un 50%,

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

pasando de 22 minutos a 11 minutos de espera en promedio, logrando de esta manera disminuir perdidas de temperatura en 178.1 °C aproximadamente.

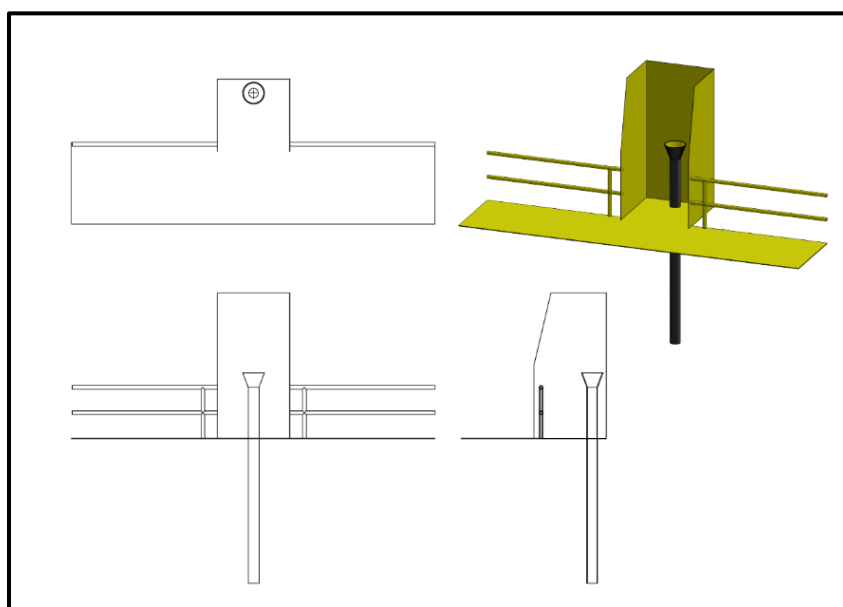
$$✓ \frac{11 \text{ minutos} \times 137^{\circ}\text{C}}{8.46 \text{ minutos}} = 178.1^{\circ}\text{C}$$

$$✓ 365^{\circ}\text{C} - 178^{\circ}\text{C} = 187^{\circ}\text{C}$$

La reducción de pérdidas en 178.1 °C permitirá que la cuchara pase de perder 365°C a perder 187°C, de esta manera la cuchara de colado recibe el acero líquido a una temperatura de 888 °C aproximadamente, reduciendo de manera significativa los choques térmicos generados actualmente.

Por otra parte, se propone el cambio de sistema de sellado de arena cromita, pasando de realizarlo con la cuchara a una inclinación de 45° aproximadamente, a la realización del sellado en una posición totalmente vertical, a 90° con respecto al piso, para esta implementación se tiene:

Figura 33. Planos para nuevo sistema de Adición de Arena Cromita



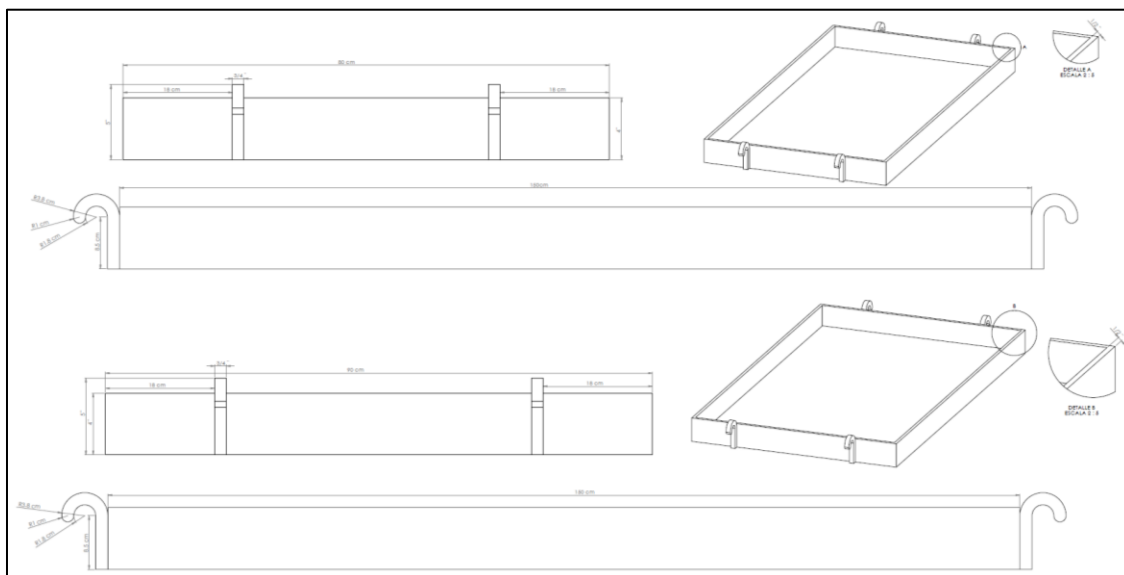
Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Como se observa en el plano anterior (**Véase anexo F**), de esta manera el embudo queda totalmente vertical, garantizando la formación del domo, es importante que se realicen las caras que se observan para la protección del personal que realiza el procedimiento de sellado, con el fin de garantizar su seguridad y reducir la exposición a altas temperaturas.

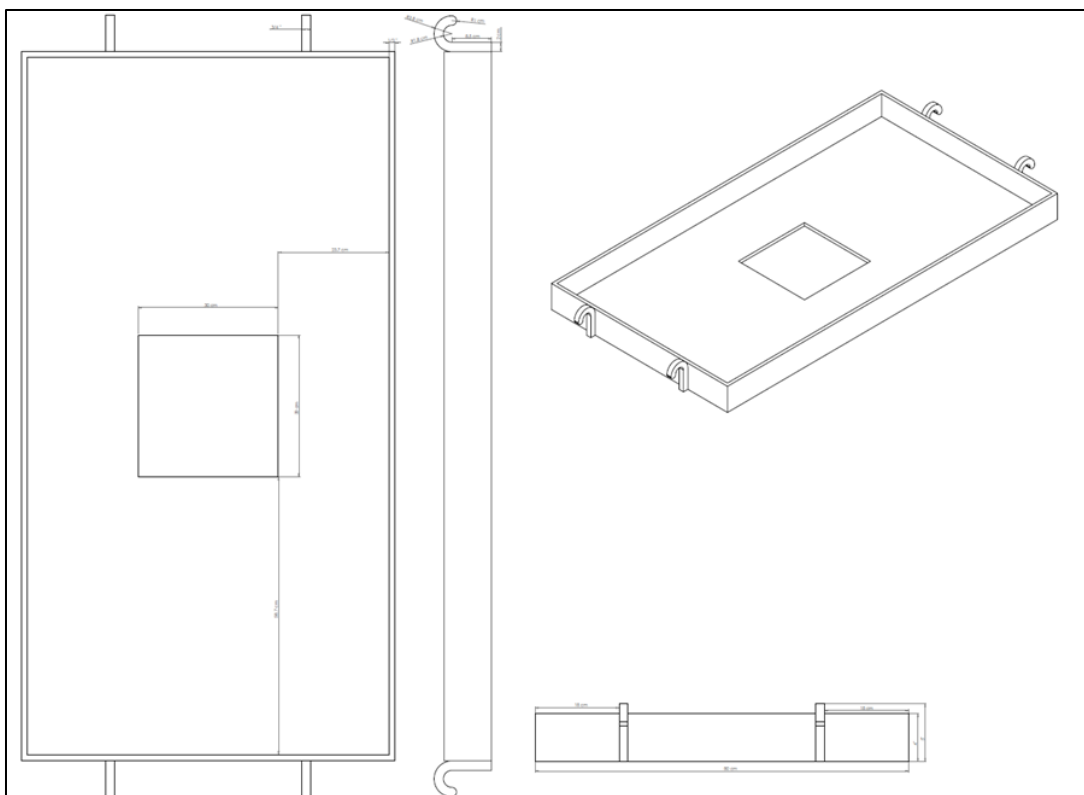
7.3.2 Elaboración e implementación de Tapa para Tundish

Teniendo en cuenta la problemática evidenciada, en donde los operarios se ven expuestos a altas temperaturas al momento de lancear las válvulas de apertura, y los problemas generados en la válvula a causa de la alta temperatura que irradia el Tundish que contiene el acero líquido, se sugiere la implementación de una serie de tapas que mitiguen el calor que se propaga en el ambiente, el diseño de estas tapas se evidencia en el plano que se encuentra a continuación:

Figura 34. Planos de Tapas para Tundish



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.



En la figura anterior se evidencian los planos de manera general propuestos para la elaboración de tapas para Tundish, sin embargo, para observar de manera más detallada sus vistas **véase Anexo G y Anexo H.**

Es importante resaltar que el diseño de las tapas, es decir su chapa, se debe realizar en una lámina considerablemente gruesa, preferiblemente de $\frac{1}{2}$ ", para que resista las altas temperaturas de trabajo a las que será sometida. Los ganchos que se observan son utilizados para su manipulación y transporte, y se sugiere su elaboración en un material de $\frac{3}{4}$ ". Se plantea la elaboración de tres tapas individuales con el fin de facilitar su transporte, cambio y manipulación. Teniendo en cuenta que estas van rellenas de CBC, un concreto de bajo cemento especial para soportar la exposición a altas temperaturas. Para la elaboración de las tapas se plantea el diseño de dos tapas totalmente compactas y una con un cuadro libre en el centro, el

cual tiene como fin, permitir la toma de temperaturas de acero y la adición de polvo de cobertura de ser necesario durante el proceso de producción. Con la implementación de estas tapas se espera reducir de manera considerable las temperaturas a las que el operario se ve expuesto, y reducir el calentamiento de la válvula de apertura, eliminando problemas generados en la misma como la deformación de los resortes que la componen.

7.3.3 Cambio de línea de escoria de las cucharas de colado

Partiendo de la problemática encontrada, del alto desgaste de la línea de escoria, obligando a sacar de forma rápida las cucharas de funcionamiento, se propone realizar el cambio de esta línea, una vez se observe desgastada, esto con el fin de aprovechar el ladrillo de trabajo de la línea de acero, el cual por lo general queda a mitad de trabajo. Según los datos históricos, el número de coladas promedio de trabajo de un revestimiento es de 59, por lo tanto, se plantea realizar el cambio de línea de escoria de las cucharas de colado cuando estas lleven un número de coladas que se encuentre en el rango de 35 a 40, permitiendo un buen agarre de la nueva línea de escoria, esto teniendo en cuenta que el ladrillo refractario utilizado para el revestimiento de las cucharas tiene un ancho de 6” , una cuchara en el rango previamente establecido de coladas, ya tiene su estado de ladrillo de contacto con el acero a mitad de desgaste, es decir 3”, este tamaño es el mínimo para poder realizar el cambio de línea de escoria, y es necesario que los primeros ladrillos sean cortados y queden con un tamaño de 4 a 5 pulgadas para garantizar un adecuado agarre de la nueva línea, evitando que esta se pueda desprender ocasionando problemas operativos de alto riesgo.

Con este cambio de línea se espera aumentar de manera significativa el número de coladas con las que una cuchara finaliza una determinada campaña, aprovechando el ladrillo de

contacto con el acero de manera adecuada, reduciendo desperdicios de material y perforaciones originadas en la línea de escoria de la cuchara de colado. Además, eliminar trabajos en caliente

7.3.4 Calentamiento de arena cromita

Teniendo en cuenta las temperaturas tomadas del lugar en donde se mantiene almacenada la arena cromita para el sello de tobera, se concluye que el calentamiento no es uniforme, por esto se propone el calentamiento individual de las pacas de arena, a medida que se vayan a utilizar, esto con el fin de garantizar que estén en una temperatura superior a los 40 °C eliminando cualquier clase de humedad presente, que pueda llegar a originar la sinterización del material y por lo tanto la no apertura libre en la válvula al momento de realizar la secuencialidad en la máquina de colada continua.

7.3.5 Capacitaciones mediante videos e instructivos

Partiendo de lo evidenciado durante el estudio del proceso, en el cual se observó un alto número de personal nuevo, se realizan videos instructivos para los procedimientos de cambios realizados a los repuestos de las cucharas de colado, con el fin de reducir problemáticas Como desgastes excesivos y bajos rendimientos de los componentes limpiados de manera rutinaria, como tapones y toberas. Además, reduciendo riesgo de accidentalidad presente en el lugar de trabajo, teniendo en cuenta que, estos trabajos son realizados en caliente, y pueden generar situaciones peligrosas si se desconoce la manera en cómo se deben realizar las actividades y los cuidados que se deben tener al momento de realizarlas.

Se realizaron dos videos instructivos para los procedimientos de cambio de tapón, placas y tobera, además se elaboraron manuales de las herramientas utilizadas en los procedimientos, y

finalmente la elaboración de una lección de un punto para adiciones de arena cromita. Todo esto con el fin de familiarizar el personal con los instrumentos utilizados y los procesos que se realizan, facilitando el aprendizaje en el área de trabajo.

Dentro de los Videos y manuales se tiene:

- ✓ Video instructivo de cambio de tobera y placas
- ✓ Video instructivo de cambio de tapón Dirigido de Agitación
- ✓ GSR-AC-CC-M-00-V1 Componentes y herramientas involucradas en el cambio de tobera y placas deslizantes.
- ✓ GSR-AC-CC-M-01-V1 Componentes y herramientas involucradas en el cambio de Tapón de Agitación.
- ✓ Lección de un punto de Arena Cromita.

La visualización de estos manuales y videos se puede realizar en el **Anexo I (videos instructivos y manuales)**.

7.3.6 Listas de chequeo

Se realizó la elaboración de listas de chequeo para tener un mayor control del cumplimiento de las actividades de cambio y limpiezas involucradas en las cucharas de colado, esto con el fin de minimizar riesgo de errores del personal al momento de realizar sus actividades, estas listas permiten controlar el desempeño de las actividades durante el proceso productivo, proporcionando información de la manera en cómo se están realizando, y a partir de ahí, es posible tomar decisiones, en caso de observar que se está omitiendo o realizando de manera errónea algún determinado procedimiento. A continuación, se enuncian las listas de chequeo elaboradas:

- ✓ GSR-AC-CC-LC-00-V1 Lista de Chequeo Para procedimientos de limpieza de Tapón
- ✓ GSR-AC-CC-LC-01-V1 Lista de Chequeo Para procedimientos de limpieza de Tobera
- ✓ GSR-AC-CC-LC-02-V1 Lista de Chequeo Para procedimientos de Cambio de Placas y Tobera

Para La visualización de los formatos elaborados (véase anexo J), O presione sobre el nombre del documento.

7.3.7 Panel de control de presiones

Teniendo en cuenta lo observado durante el proceso, en los diferentes procedimientos de limpieza realizados, como la limpieza de tapón y tobera, las presiones son manipuladas por los operadores, quienes a su criterio gradúan estas variaciones, sin embargo, ellos cuadran estas presiones de acuerdo a la facilidad de su trabajo, dejando de lado la importancia del rendimiento de los materiales involucrados, especialmente los tapones dirigidos, los cuales sufren desgaste directamente por el oxígeno proporcionado en lanza al momento de realizar la limpieza. Para esto se propone la implementación de un panel de control de presiones, el cual permite realizar una graduación adecuada de las presiones de limpieza, y controla el hecho de que el personal encargado de los procedimientos las manipule a su gusto, de esta manera se espera reducir el desgaste del tapón, originado por los lanceos con presiones excesivas de oxígeno en los procedimientos de limpieza realizados.

7.3.8 Sugerencia de compra de espectrómetro de fluorescencia

Es necesaria la compra de un espectrómetro de fluorescencia de rayos x (XRF) para la realización de análisis de escoria, y de esta manera tener un control colada a colada de las composiciones químicas con que esta se está trabajando actualmente, por pruebas realizadas anteriormente en laboratorios externos, se sabe que los índices de MgO son demasiado bajos, lo que origina reacciones químicas de la escoria impactando negativamente el ladrillo refractario, es decir, la escoria busca el MgO en la composición química del ladrillo, lo que origina desgaste excesivo y demasiado rápido. Actualmente en la empresa existe un espectrómetro, con el cual se realizan pruebas de las composiciones químicas del acero, sin embargo, mediante este dispositivo no es posible la realización de análisis de escoria. Los análisis realizados actualmente a la escoria, suelen tardar hasta 2 meses en llegar cuando son enviados a entes externos para su estudio, Por lo tanto, no es posible tener el control y aplicar medidas para la corrección de la composición química de la escoria, pues el limitado acceso a las pruebas impide un posible estudio, o realización de pruebas, haciendo casi imposible las modificaciones o medidas correctivas en la composición química de la escoria.

7.4 Verificación de las estrategias de mejora Propuestas

7.4.1 Cuadro Comparativo

CUADRO COMPARATIVO				
Actividad o Método	Método actual	propuesta	Ventajas	Desventajas
➤ Sellado de Tobera de cucharas de colado	En la actualidad este proceso se realiza con la cuchara a una inclinación de 45 grados aproximadamente, lo cual está generando problemáticas de apertura, teniendo en cuenta que la arena se desliza hacia un costado de la cuchara, su ubicación está lejos del área donde la cuchara recibe el acero, lo que da lugar a tiempos y desplazamientos innecesarios.	Cambio de ubicación a un área más cercana, y ajuste del método de adición para garantizar un adecuado sellado de la tobera.	Reduce problemas de apertura de válvula por lo tanto la cantidad de lanceos realizados, disminuyendo el desgaste de toberas a causa del lanceo con oxígeno, además reduce trabajos en caliente para los operarios evitando el riesgo de posibles quemaduras.	
➤ Tapa para Tundish de acero	Se está trabajando sin ningún tipo de cobertura al Tundish que contiene el acero, y este afecta de manera directa el rendimiento de las cucharas de colado, específicamente en los resortes de la válvula de apertura, la cual es encargada de abrir y cerrar el paso de acero por la parte inferior, permitiendo el vaciado de la cuchara. Estos resortes presentan deformaciones a causa de las altas temperaturas a las que se ven sometidos.	Elaboración de tapas para Tundish en donde se deposita el acero, con el fin de mitigar la temperatura que el acero irradia hacia la válvula de apertura, teniendo en cuenta que es constante durante un intervalo de tiempo de 60 a 90 minutos.	Eliminación de problemática de deformación de resortes disminuyendo inconvenientes con la apertura de válvula y evitando el riesgo de posibles filtraciones en el mecanismo que den lugar a riesgo de accidentes laborales.	Se requiere la realización de limpieza constante a las tapas con lanza de oxígeno, ya que estas tienden a ametalarse creando una capa de escoria, obstaculizando la observación del nivel del Tundish.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

➤ Cambio de línea de escoria	El revestimiento de las cucharas de colado se ve impactado principalmente en la parte superior, en las hiladas de la línea de escoria, teniendo en cuenta que este ladrillo se ve sometido a una reacción química por parte de la escoria del acero líquido, quedando de esta manera el ladrillo de contacto con el acero a mitad de trabajo.	Realizar cambios de las hiladas de línea de escoria siempre y cuando la línea de contacto con el acero tenga un grosor de paredes de 3" en adelante, para garantizar un mayor desgaste y aprovechamiento del ladrillo de la línea de contacto con el acero.	Aumento de número de coladas con las que una cuchara de colado finaliza su campaña, además el aprovechamiento adecuado del ladrillo de contacto con el acero. Disminución de riesgo de posibles filtraciones de acero por la línea de escoria de la cuchara.	En caso de sacar una cuchara de funcionamiento para cambio y que esta tenga un grosor de paredes inferior a 3 pulgadas, tendría el fin de su campaña con un número bajo de coladas.
➤ Calentamiento de arena cromita	Se realiza mediante una resistencia eléctrica en un cajón cerrado, sin embargo, se evidencia que no es suficiente el calor al que se es sometida la arena y existen problemáticas de sinterización del material, lo que genera problemas a la apertura libre del mecanismo que da paso al acero para el vaciado de la cuchara.	Realizar el calentamiento de la arena cromita en un caldero, mediante la implementación de un soplete de gas, el cual le dará un mayor calentamiento a la arena, de manera más uniforme, garantizando la eliminación total de posible humedad en el material que dé lugar a sintonizaciones.	Reducción significativa de problemas de apertura en la válvula, garantizando la mayoría de aperturas de manera libre al momento de realizar secuencialidad. Disminución de la cantidad de lanceos en caso de ser necesario realizarlos para la apertura del vaciado.	
➤ Instructivos y videos	En la actualidad existen instructivos del proceso como tal que realiza la cuchara, pero no existen instructivos de manera detallada del cambio de las partes involucradas, ni manuales de las herramientas que se utilizan.	Realización de videos de los procedimientos de cambio a manera explicativa del paso a paso que se debe realizar para el desarrollo de las actividades, elaboración de manual de herramientas e instructivo de los procedimientos realizados en el cambio de los componentes de la cuchara.	Reducción de problemas operativos generados por procedimientos mal realizados a causa de la inexperiencia del personal, teniendo en cuenta que, en la actualidad, en la Acería de la empresa hay un elevado número de personal nuevo.	

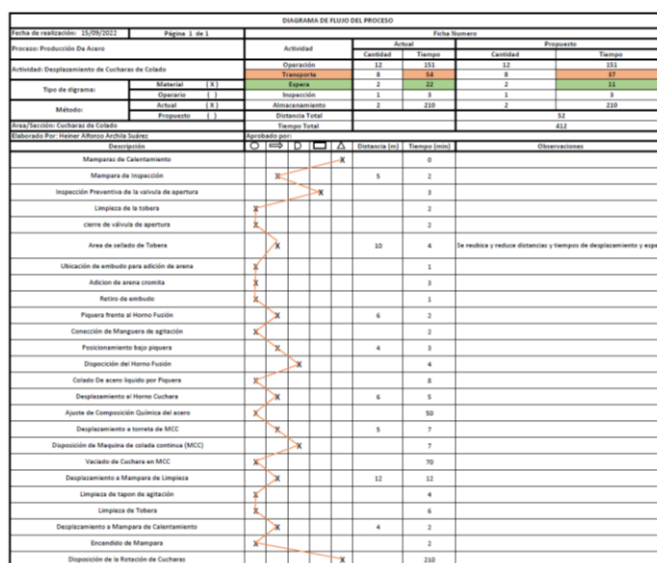
➤ Listas de chequeo	En la actualidad no se están manejando listas de chequeo de los procedimientos de cambio de piezas de la cuchara de colado, ni de los procedimientos de limpieza rutinarios.	Elaboración de listas de chequeo para los procedimientos de cambio y limpiezas realizadas en las cucharas de colado.	Permiten la comprobación y verificación de que las tareas se estén realizando de manera adecuada, proporcionando un control de los procedimientos realizados.	
➤ Presiones de limpiezas de Tobera y tapón de cucharas de colado	Actualmente estas limpiezas se realizan con una gran variedad de presiones, teniendo en cuenta que los operarios tienen acceso directo a las llaves de graduación de las lanzas de oxígeno, impactando de manera significativa el rendimiento de las partes involucradas en el proceso de limpieza, a causa de lanceos con presiones excesivas.	Implementación de un panel de control de presiones, mediante el cual las presiones estén reguladas de manera estándar evitando que los operarios las puedan manipular al momento de realizar la limpieza.	Reducción de desgaste de tapones y tobera causados por presiones elevadas de lanceo de oxígeno, aumentando de esta manera el rendimiento de las partes involucradas, como toberas y tapones dirigidos.	
➤ Vaciado del horno de arco eléctrico	Implementación de Horno con colado excéntrico por el fondo (EBT) El horno actual de la Acería cuenta con un sistema de colado de piqueta que permite el paso de escoria al momento de realizar el basculamiento, esta escoria afecta de manera directa al rendimiento de las cucharas de colado	Cambio e implementación del sistema de vaciado del horno, de piqueta a vaciado excéntrico por el fondo (EBT)	Este cambio permitirá reducir o eliminar el paso de escoria a las cucharas de colado, permitiendo de esta manera aumentar el rendimiento de la cuchara de colado, además reduce el impacto generado por la caída de acero en las paredes de la cuchara al momento de realizar el vaciado de acero líquido.	Inversión elevada

➤ Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X	La empresa no cuenta actualmente con un espectrómetro de este tipo, el cual es fundamental para realizar análisis de las escorias generadas en el horno eléctrico.	Adquirir un espectrómetro de fluorescencia de rayos X que permita realizar análisis de escoria en las diferentes coladas.	Proporciona análisis de las composiciones químicas de la escoria, permitiendo de esta manera controlar los bajos índices de MgO que se presentan, lo cual se verá reflejado en el aumento del número de soladas realizadas por la cuchara de colado, además de presentar menor desgaste de las paredes de ladrillo refractario
---	--	---	--

7.4.2 diagrama de flujo de procesos

Teniendo en cuenta la propuesta de reubicación del área de sellado de la tobera que es realizada colada a colada durante el proceso operativo de las cucharas de colado, se realizó un diagrama de flujo para poder observar de una mejor manera el antes y después de la implementación, los tiempos y distancias que el cambio traería, y su impacto en el proceso productivo de la acería. La ilustración del diagrama se encuentra en la siguiente página.

Figura 35. Diagrama de Flujo de Cucharas de Colado.



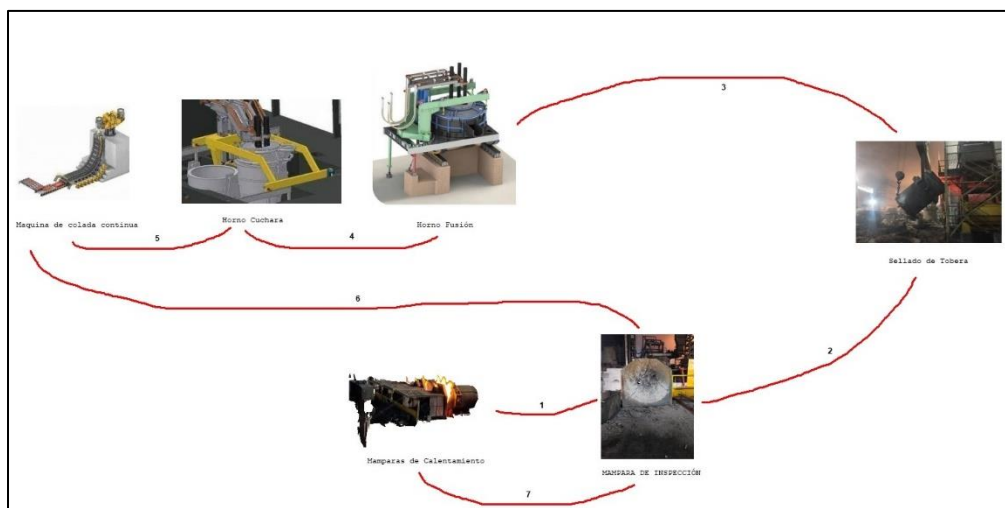
Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Según los datos registrados con el método actual, y los datos estimados mediante la implementación del cambio de ubicación del área de sellado de tobera se observa una disminución de los tiempos de espera, los tiempos de transporte y, las distancias recorridas. La implementación de este cambio afecta de manera positiva y directa el proceso productivo de la acería. Según lo obtenido mediante el diagrama, la implementación del cambio permite pasar de 54 minutos de transporte a 37, de 22 minutos de espera a 11 minutos, siendo este fundamental en las pérdidas de temperatura de las cucharas y por lo tanto en el rendimiento de las mismas. Finalmente reduce la distancia recorrida de 86 a 52 metros, proporcionando una mayor agilidad del proceso productivo. Para observar el diagrama de flujo del método propuesto **Véase anexo M.**

7.4.3 Diagrama de espaguetti

Para la representación gráfica del cambio de ubicación del área del sellado de tobera, se realizaron dos diagramas de espaguetti, uno en donde se representa el estado actual, y el segundo en donde se representa el cambio propuesto para la mejora del proceso productivo.

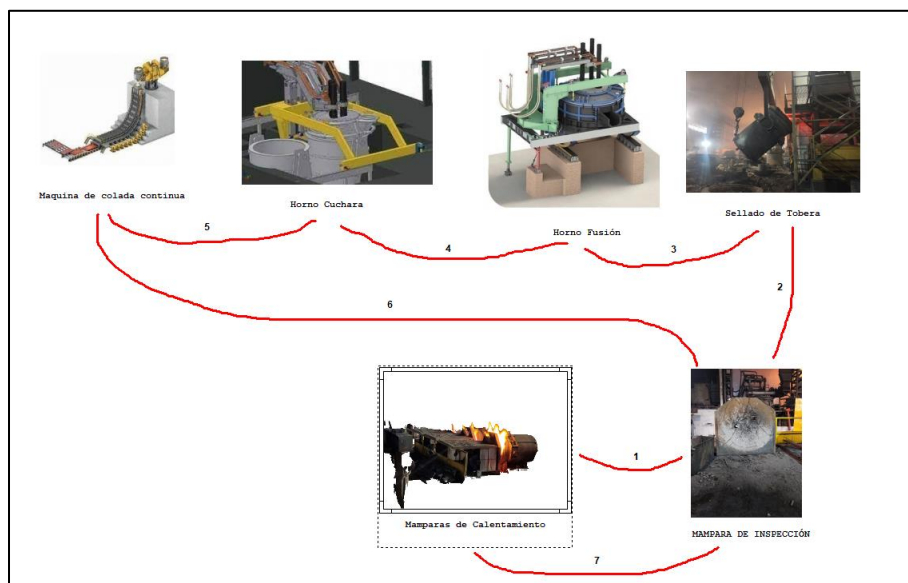
Figura 36. Diagrama de espaguetti, del recorrido actual de cucharas de colado



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

El diagrama representa la ubicación lejana del área de sellado de tobera y el desplazamiento que tiene que realizar la cuchara para continuar con su proceso productivo.

Figura 37. Diagrama de ubicación propuesta



En el diagrama se observa la distancia que se vería reducida si se realiza el cambio de ubicación del área de cucharas de sellado, lo cual permite reducción de tiempos de espera y de desplazamiento.

7.4.4 Cambio De línea de escoria

Partiendo del alto desgaste y bajo rendimiento observado del ladrillo refractario de la línea de escoria, se realizó el cambio de las hiladas que componen esta línea, permitiendo aumentar considerablemente el número de coladas con las que finaliza campaña, una determinada cuchara, disminuyendo de esta manera, riesgo de posibles perforaciones, que generen cuellos de botella en el proceso, además la eliminación de parcheos en caliente, realizados a las cucharas a causa de su desgaste en las hiladas de ladrillo, para evitar su perforación. En la página siguiente se observa el registro fotográfico del cambio de línea implementado.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

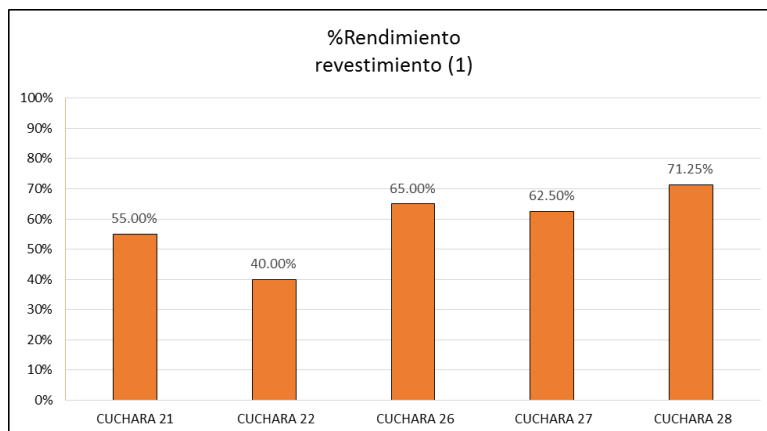
Figura 38. *Cambio de línea de escoria en cucharas de colado*



En las imágenes previamente ilustradas, se puede observar un cambio de las hiladas de ladrillo de la línea de escoria, la cual es la que se desgasta con mayor rapidez, debido a las fuertes reacciones químicas con la escoria, como se evidencia, el ladrillo nuevo queda sobresaliendo sobre el que ya se encuentra desgastado, es por esto que es fundamental que el ladrillo de trabajo, tenga como mínimo 3 pulgadas de grosor, para garantizar que el nuevo ladrillo va a contar con un adecuado agarre, evitando problemas de caídas de la nueva línea de escoria.

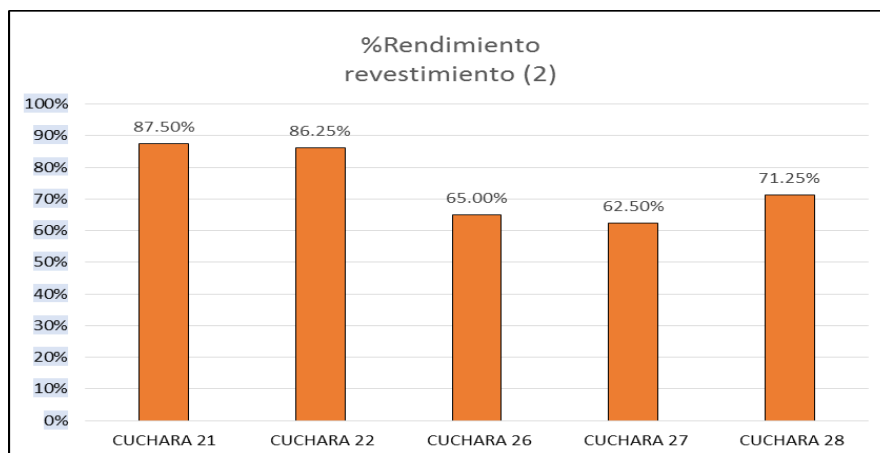
En la siguiente página, se refleja el rendimiento del revestimiento de las cucharas de colado mediante gráficas, con y sin cambio de hiladas de esta línea de escoria. Para ver el archivo completo realizado **véase anexo k.**

Figura 39. Rendimiento de revestimiento sin cambio de línea de escoria



En la gráfica anterior se puede apreciar el rendimiento de las cucharas de colado en porcentaje (véase anexo , tomando como numero óptimo de coladas un total de 80 el cual representa el 100%, como se observa, las cucharas 21 y 22 muestran un rendimiento más bajo en comparación con las cucharas 26, 27 y 28. Sin embargo, las cucharas 26, 27, y 28 finalizaron su campaña con esos porcentajes evidenciados, mientras que a la cuchara 21 y 22 se les realizó el cambio de las hiladas de línea de escoria el cual permitió aumentar su rendimiento, logrando un mayor número de coladas en comparación con las que no se realizó ningún cambio.

El aumento de coladas y por lo tanto el aumento de rendimiento se ve reflejado en la gráfica que se registra en la siguiente página.

Figura 40. *Rendimiento de cucharas de colado con cambio de línea de escoria*

Según los resultados obtenidos, el cambio de línea de escoria permite aumentar de manera considerable el rendimiento de ladrillo refractario y por lo tanto de las cucharas de colado, permitiendo llegar a porcentajes de 87.50% y 86.25% como es el caso de las cucharas de colado número 21 y 22, superando el rendimiento de las cucharas 26, 27 y 28 en un promedio de 20.62%, permitiendo sacar un mayor provecho del ladrillo de trabajo que hace contacto con el acero líquido, pasando de un promedio de 59 a 69 coladas por campaña.

Lo anterior, nos permite concluir que el cambio de línea de escoria aumenta el rendimiento de cucharas de colado en un número de 10 coladas comparado con el número promedio de coladas del año 2021 el cual fue de 59.

7.4.4.1 Indicador de Rendimiento con cambio de línea de escoria

Nombre: rendimiento de cucharas de colado después de realizar cambio de línea de escoria.

Objetivo: medir el rendimiento de cucharas de colado

$$\frac{\# \text{ de coladas trabajadas}}{\# \text{ de coladas esperadas}} * 100$$

$$\frac{69}{80} * 100 = 86.25\%$$

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Como se observa en el indicador anterior, con la implementación del cambio de línea de escoria en las cucharas de colado, es posible pasar de 73.75% que es el porcentaje del año anterior, a un 86.25% de rendimiento, aumentando de esta manera el rendimiento en 12.5% que se ve reflejado en el aumento del número de coladas y por lo tanto eficiencia del proceso productivo.

7.4.5 Calentamiento de arena cromita

Se realizó el calentamiento de arena cromita en una parte externa al almacén habitual, bolsa a bolsa, con el fin de garantizar uniformidad de temperatura en todos los sellos, llevando las bolsas de arena a una temperatura superior a los 40 °C, se observa un cambio drástico en la cantidad de aperturas que se generan de manera libre comparado con lo que venía registrándose.

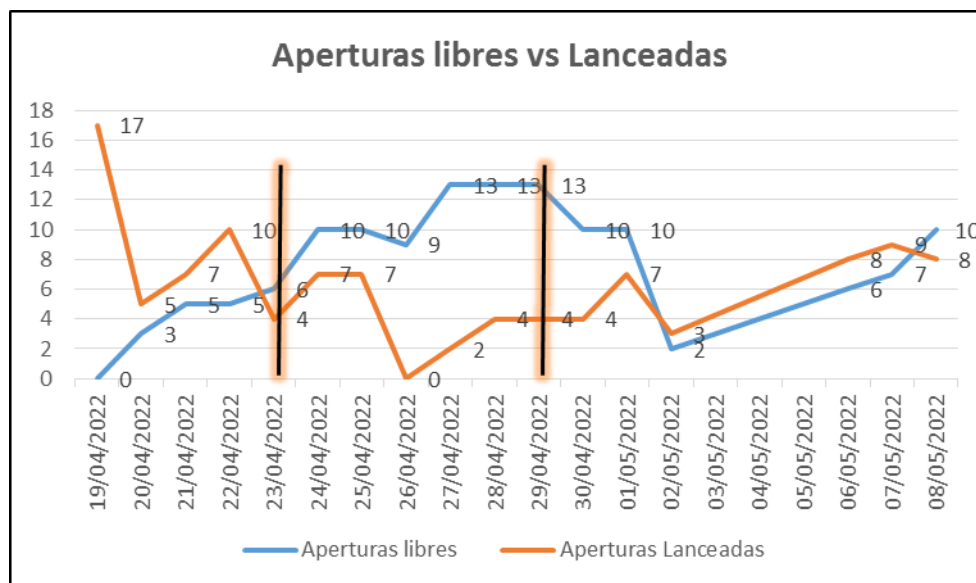
Figura 41. *implementación de sistema de calentamiento*



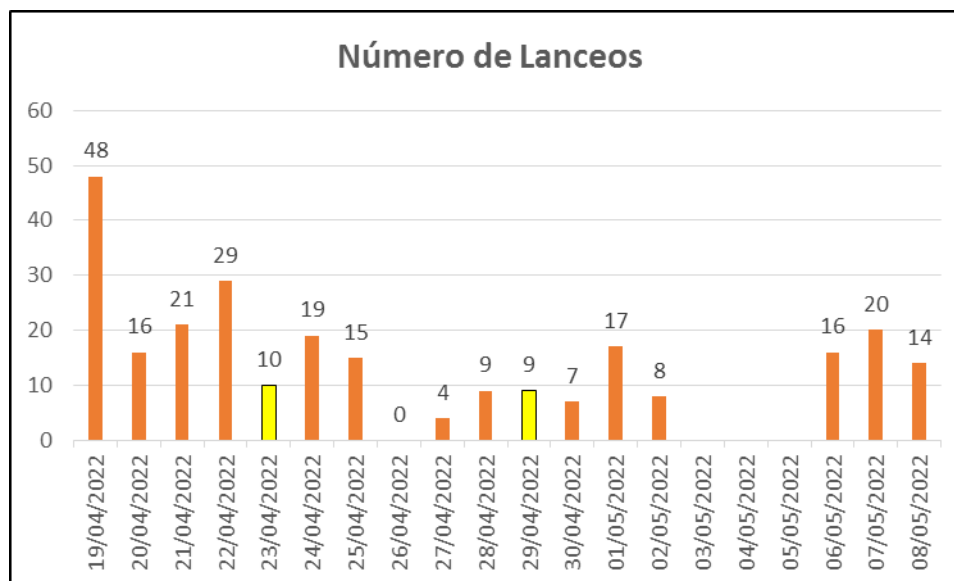
Nota. El calentamiento evidenciado se realizó colada a colada, para garantizar una buena temperatura de la arena cromita.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

Figura 42. Grafica aperturas de Válvula Con calentamiento de Arena Cromita



El calentamiento de arena bolsa a bolsa se inició el día 23 de abril, como se evidencia en la gráfica (**véase anexo L**), el cambio es totalmente notorio, pasando de un mayor número de aperturas lanceadas a mayor número de aperturas libres, es decir, que el mecanismo por si solo da paso al acero líquido, no es necesaria ningún tipo de intervención externa por el operario para dar apertura al mecanismo. Además, se obtuvieron resultados donde se observa reducción del número de lanceos necesarios para garantizar una apertura en los casos que no fue posible realizarse de manera libre, a pesar de realizarse el calentamiento de arena cromita. Lo anterior, teniendo en cuenta que factores como los tiempos de espera en placa también afectan de manera directa la apertura, pues un tiempo superior a 10 minutos hace que la arena se sinterice, obstaculizando el paso de acero líquido para el vaciado de la cuchara sobre el Tundish.

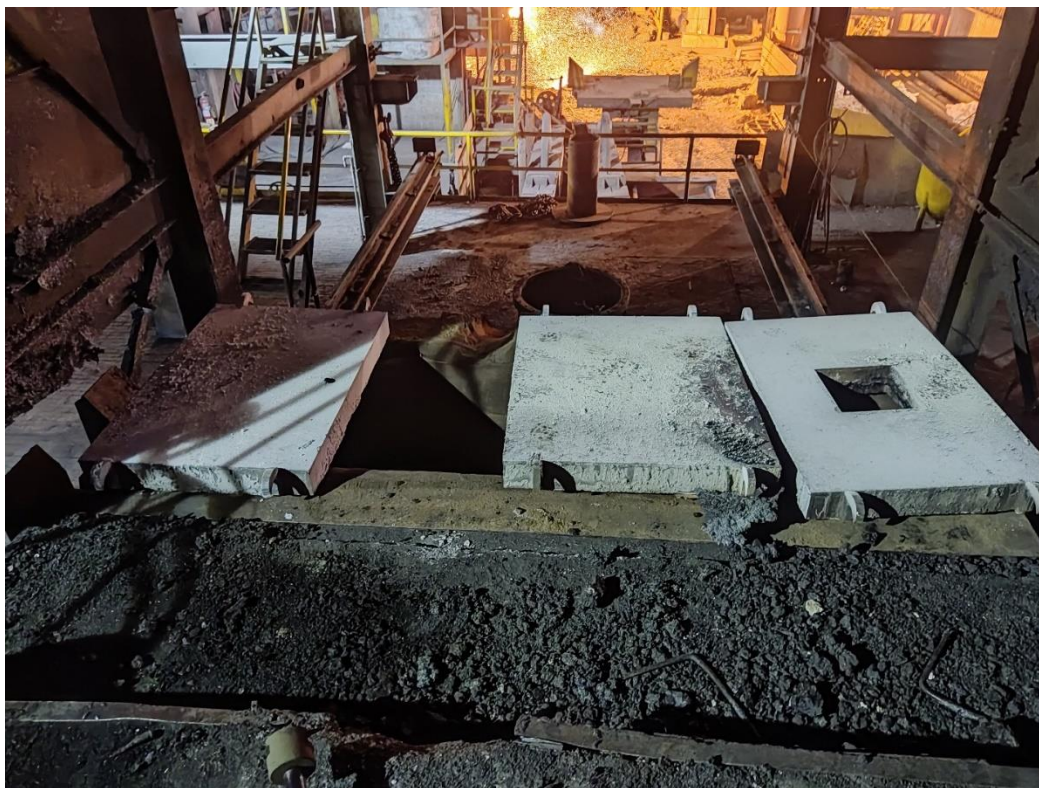
Figura 43. *Número de Lanceos para Apertura de Válvula*

Nota. *Las fechas que no tienen registro se presentó parada en la planta por lo que no se registraron aperturas.*

La grafica anterior representa los resultados obtenidos durante el seguimiento realizado a las aperturas de válvula, las barras que se encuentran en amarillo indican el inicio y fin del calentamiento bolsa a bolsa, permitiendo evidenciar de esta manera que en el rango de tiempo del calentamiento, el número de lanceos disminuye de manera notoria, comparado con los registros de días anteriores, y días siguientes, de haber suspendido dicho calentamiento, donde se evidencia que el número de lanceos tiende a subir nuevamente. De esta manera se determina que el calentamiento de arena bolsa a bolsa funciona y soluciona problemas de apertura de válvula deslizante, disminuyendo número de lanceos, los cuales afectan el rendimiento de Toberas de las cucharas de colado, además se disminuyen trabajos en caliente realizados por los operarios.

7.4.6 Tapas para Tundish

Figura 44. Tapas para reducción de temperatura en válvula de cucharas de colado.



En la imagen anterior se observa las tapas previamente propuestas, elaboradas y puestas sobre el Tundish, para mitigar el calor al que se ve expuesta la válvula de apertura de las cucharas de colado. Estas tapas están divididas en 3 en donde una de ellas tiene un orificio en el centro para permitir las tomas de temperatura del acero y además, funciona como chimenea de desfogue, por donde sale el vapor generado por el acero líquido. Con la implementación de estas tapas se eliminaron los problemas que se venían presentando en la deformación de los resortes que se venía presentando en las válvulas de las cucharas, eliminando cualquier tipo de riesgo de filtración del mecanismo y problemas operativos.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

8. Conclusiones

- ✓ El desarrollo e implementación de las diferentes propuestas aporta de manera positiva al área de cucharas de colado, y por lo tanto aumenta la productividad y eficiencia del proceso de producción de acero que se lleva cabo en la acería de la empresa Grupo Siderúrgico Reyna.
- ✓ Las principales problemáticas que afectan el rendimiento del revestimiento y dan lugar a perforaciones de las cucharas de colado son escorias demasiado ácidas, con bajos contenidos de MgO, tiempos de desplazamiento y espera elevados, pérdidas de temperatura y distancias de recorrido extensas. Además, el desgaste que se presenta en los tapones de agitación se origina por las altas presiones de oxígeno utilizadas por el personal para los procedimientos de limpieza.
- ✓ La aplicación de herramientas de medición y control permitió tener una idea general clara, del estado actual del proceso y los diferentes factores que influyen en el rendimiento de las cucharas de colado. Facilitando la propuesta de cambios correctivos, en busca de la mejora continua y el aumento del rendimiento del proceso.
- ✓ A partir del previo diagnóstico del proceso se implementaron modificaciones como el cambio de línea de escoria, el cual permitió aumentar el número de coladas por campaña de una cuchara pasando de 59 a 69, y eliminar las perforaciones que se venían presentando. Además, la elaboración de tapas para Tundish y el calentamiento de arena cromita permitieron eliminar problemas en la válvula de apertura evitando posibles fallas en el sistema.
- ✓ La implementación de las propuestas como cambio de lugar y sistema de sellado de la tobera, panel de control de presiones y espectrómetro de fluorescencia de rayos x,

permitirán un mayor control y corrección de los factores que afectan de manera directa el rendimiento de las cucharas, disminuyendo distancias, tiempos de desplazamiento y corrigiendo problemáticas con escorias y presiones elevadas de oxígeno.

- ✓ Los cambios realizados en el proceso de cucharas de colado, proporcionaron un aumento en el rendimiento de 12.5% aportando de manera positiva al proceso de Producción de acero, por otra parte, la reubicación del área de sellado permitirá reducir la distancia de desplazamiento en un 50% pasando de 22 a 11 minutos de desplazamiento, bajando las pérdidas de temperatura en 187°C, mitigando de esta manera el choque térmico generado entre el acero líquido y el revestimiento de las cucharas de colado.

9. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de un panel de control de presiones para los procesos de limpieza realizados en el área de cucharas de colado, eliminando de esta manera las variaciones realizadas por el personal, las cuales afectan directamente el rendimiento de los componentes de las cucharas.
- Se recomienda la compra de un espectrómetro de fluorescencia de rayos x, que permita hacer análisis colada a colada de las escorias generadas en el horno cuchara, permitiendo controlar los niveles de MgO y de esta manera mejorando el rendimiento del ladrillo refractario del revestimiento de las cucharas de colado.
- Continuar con el calentamiento de arena cromita paca a paca antes de realizar el sellado y llevar el control detallado de las aperturas para determinar otras causas que estén afectando de manera directa las aperturas libres de válvula.
- Incluir más programas de capacitación al personal nuevo, que facilite su acople a los procesos realizados en la acería, fortaleciendo las capacidades de los operarios y de esta manera volviendo más eficiente el desarrollo de sus actividades.

10. Referencias bibliográficas

- Aguirregoitia, M. (2011). *Universidad Politécnica de Madrid Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica Universidad Politécnica de Madrid Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica Máster Universitario en Gestión en Edificación.*
- Alberto, L., Villatoro, V., Leonel, H., & Ortiz, R. (2018). *ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL LADRILLO REFRACTARIO EN HORNO CUCHARA UTILIZANDO KALISTER P , EN PLANTA DE ACERÍA , CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA S . A .*
- Alvarez, F., & López, L. (2016). *Aplicacion de Herramientas Lean Manufacturing en Procesos Transaccionales.* 89.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10383/Tesina.pdf?sequence=3>
- Berciano, J. L. E., Guerra, E. T., Bengy, S. de E. de, & Segovia, D. F. (2009). *Colada del Acero.*
- Caballero, D. M. R. &, & Cucunuba, J. M. M. (2018). Propuesta para la mejora del Proceso de producción en la empresa JPLAST S.A.S mediante la filosofía Lean Manufacturing. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 10–27.
- Cardona, C., & Restrepo, A. (2013). Herramientas de control: Lista de Chequeo. *Puntos de Encuentro*, 1–11.
- Carro, R., & Daniel, P. A. Z. (n.d.). *Administración Operaciones delas PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD.*
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(03)70728-8)
- Dixit, A. M., Subba Rao, S. V., Article, O., Choudhary, K., Singh, M., Choudhary, O. P., Pillai,

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

U., Samanta, J. N., Mandal, K., Saravanan, R., Gajbhiye, N. A., Ravi, V., Bhatia, A., Tripathi, T., Singh, S. C. S., Bisht, H., Behl, H. M., Roy, R., Sidhu, O. P., ... Helmy, M. (2018).

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE METALMECANICA. *Analytical Biochemistry*, 11(1), 1–5.

[http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7)

<7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>

Enriquez, J. L., & Tremps, E. (2009). Metalurgia secundaria. *Monografías Sobre Tecnología Del Acero, Parte II.*, 166.

Esquivel Valverde, Á. F., León Robaina, R., & Castellanos Pallerols, G. M. (2017). Mejora continua de los procesos de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior ecuatorianas. *Retos de La Dirección*, 11(2), 56–72.

Fernández, S., Contreras, G., & Alvarez, D. (2013). Acero en colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://www.andi.com.co/Uploads/LIBRO ACERO FINAL - BAJA.pdf>

Hernández Burgos, K. D. B. (2021). *DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIONES Y PROPUESTA DE MEJORAS DE PROCESO PARA LA EMPRESA OCEAN SERVICES Y TRADING S.A.S EN EL MUNICIPIO DE SOCHA BOYACÁ*. 6.

HERNANDEZ FONSECA, J. H. D. (2007). *Universidad de Guayaquil Ingeniero industrial Ingeniería de Planta*. 151.

Ibáñez Niklitschek, C. E. (2016). Diseño De Propuestas De Mejora Para El Área De Producción

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

- En La Empresa Puerto De Humos S.A. *Universidad Austral de Chile*, 01–111.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/bpmfcii.12d/doc/bpmfcii.12d.pdf>
- López A. (2010). *CÁTEDRA: Ingeniería Electromecánica I-1º 190 Ing. Daniel A. López SIDERURGIA*. 1–15.
http://www1.frm.utn.edu.ar/ing_electromecanica1/Archivos/SIDERURGIA_2010.pdf
- Lovera, D., Arias, V., & Coronado, F. (2004). La Valoración De Las Escorias Metalúrgicas Como Recursos Industriales. *Revista Del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7(13), 26–30.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2010). *Instructivo para la Formulación de Indicadores de Desempeño Lineamientos conceptuales y metodológicos para la formulación de indicadores de desempeño*. 0–9.
- Municio, P. (2000). *Herramientas para la evaluación de la calidad*.
- Neira Gonzáles, E. M. G. (2004). “*PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA SERVIOPTICA LTDA.*” 1–3.
- Nicolás, F. (2019). *Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme*.
- PARRA, A. M., & DUQUE, J. G. (2017). *DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA LATINAMERICAN COLLECTION BASADO EN LAS NORMAS ISO 9001:2015 Y OHSAS 18001:2007 DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ DC. ARNULFO*. 110265, 110493.
- Payno, M. L., & Setién, J. (2013). *Metalurgia y Siderurgia 4. SIDERURGIA Acero : generalidades Propiedades. Universidad de Cantabria. Departamento de Ciencia e Ingeniería Del Terreno y de Los Materiales*.

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

[https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1060/course/section/1242/Bloque 1.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1060/course/section/1242/Bloque%201.pdf)

- Ponce Talancón, H. (2007). Matrix SWOT : An alternative for diagnosing and determining intervention strategies in organizations. *Enseñanza e Investigación En Psicología*, 12(1), 113–130. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29212108>
- Proceso, E. L., En, D. E. A., Horno, E. L., & Una, C. D. E. (2016). *Escuela politécnica nacional*.
- Quindemil, E., & Rumbaut, F. (2014). La información y la comunicación en la gestión organizacional. *Bibliotecas Anales de Investigación*, 10(10), 54–67.
- Refractarios - tema I -los materiales refractarios* . (2020). 1–41.
- Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M., & De la Riva, J. (2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. *CULCyT*, 2(11), 9–18.
- Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios*, 39(6).
- Roldan Domenech, J. manuel domenech. (2021). *Diagrama de correlacion-Dispersion*.
- RUEDA, F. R. J. (2016). ANÁLISIS PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS REPRESENTATIVOS DE LA EMPRESA FUNDICOM S.A.S, FABRICA MOSQUERA CUNDINAMARCA. *May*, 31–48.
- Sistema español de inventario de emisiones. (2019). *Hornos Eléctricos De Las Acerías Actividades Cubiertas Según Nomenclatura*. 1. <https://metfusion.wordpress.com>
- Tejada Díaz, N. L., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. I. (2017). Metodología De Estudio De Tiempo Y Movimiento; Introducción Al Gsd. *3C Empresa : Investigación y Pensamiento Crítico*, 6(5), 39–49. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49>
- Torres Bautista, A. D. B. (2019).

Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.

OPTIMIZACIÓN DE PRÁCTICAS OPERATIVAS DEL HORNO CUCHARA DE ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A. 4(1), 1–23.

Universidad de Vigo. (2009).

El diagrama causa-efecto. *Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales*, 1–4.

[http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1572/Gestión de la calidad%2C la seguridad y el medio ambiente %284º Organización industrial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1572/Gestión%20de%20la%20calidad%20y%20la%20seguridad%20y%20el%20medio%20ambiente%20en%20la%20industria%20de%20la%20energía%20y%20el%20agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas Cruz, E. D. C. (2016).

ESTUDIO PARA LA MEJORA DE ESTÁNDARES DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA MATERIALES INDUSTRIALES S.A DE LA ORGANIZACIÓN CORONA.

Applied Microbiology and Biotechnology, 85(1), 2071–2079.

Jacobs, F. R. (2022). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill

Interamericana.[http://www.ebooks724.com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/?il=16843](http://www.ebooks724.com/unipamplona/basesdedatosezproxy.com/?il=16843)

11. Anexos

Con la finalidad de tener una mejor visualización de los archivos y formatos elaborados, algunos se anexan como hipervínculos a documentos de drive, permitiendo de esta manera la visualización de las plantillas utilizadas durante la elaboración del proyecto. A continuación, se insertan los diferentes anexos a tener en cuenta:

Anexo A. Cuestionario dirigido a Supervisores de la Acería

Número	Nombre
1	Cuestionario

Anexo B. Tabulación de resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario

Número	Nombre
1	Tabulación de resultados del cuestionario

Anexo C. Control de Tiempos de desplazamiento de Cucharas de Colado

Número	Nombre
1	Control de tiempos de desplazamiento de cucharas de colado

Anexo D. Seguimiento de tiempos de desplazamiento y temperaturas

Número	Nombre
1	Tabla de temperaturas

Anexo E. Ficha Técnica del Indicador de Rendimiento de cucharas de colado

Número	Nombre
1	Ficha técnica del indicador de rendimiento

Anexo F. Plano de nuevo método de adición de arena cromita

Número	Nombre
1	Plano de sistema para adición de arena en orientación totalmente vertical

Anexo G. Plano de tapa con orificio para reducir temperatura de válvula

Número	Nombre
1	Plano de tapa con orificio

Anexo H. Plano de tapas compactas para mitigar calor de válvula

Número	Nombre
1	Plano de tapas compactas

Anexo I. Videos instructivos y manuales para capacitación del personal

Número	Nombre
1	Video instructivo de cambio de tobera y placas
2	Video instructivo de cambio de tapón

3	GSR-AC-CC-M-00-V1 Componentes y Herramientas Involucradas en el Cambio de Tobera y Placas Deslizantes
4	GSR-AC-CC-M-01-V1 Componentes y Herramientas Involucradas en el Cambio de Tapón de agitación
5	Lección de un punto

Anexo J. Listas de chequeo de procedimientos de limpieza y cambios

Número	Nombre
1	Listas de chequeo

Anexo K. Análisis del rendimiento de cucharas de colado

Número	Nombre
1	Rendimiento de cucharas de Colado con Cambio de línea de escoria.

Anexo L. Seguimiento de aperturas de Válvula Con calentamiento de Arena cromita

Número	Nombre
1	Aperturas de Válvula

Anexo M. diagrama de flujo de operación de cucharas de colado

Número	Nombre
1	<u>Diagrama de flujo de Cucharas de Colado</u>

Anexo N. Evidencias de socialización de videos instructivos y manuales



Propuesta de optimización para el proceso de producción de acero, en el área de cucharas de colado, en la empresa Grupo Siderúrgico Reyna, ubicada en Sogamoso, Boyacá.