

Método para eliminar punturas en rodillos de línea de pintado de chapa metálica

Apaza Huanca, Jonathan

Dto. de Ing. Mecánica de la UTN FRBA,
Tutor: Diego Caputo

Contacto: codnrmartin1@gmail.com



RESUMEN

Debido a la presencia de fallas de calidad en el proceso de pintado de chapa, las cuales se manifiestan en forma repetitiva como defectos superficiales, se decide desarrollar una solución tecnológica a dicho problema.

La propuesta busca implementar dispositivos que mantengan las condiciones de servicio necesarias de los rodillos deflectores de una línea de pintado. Se plantea combinar soluciones para el rubro siderúrgico, enfocándose en procesos con similares principios de funcionamiento, como los de la industria del papel.

También se promueve la intervención de expertos de dicho sector para determinar el equipo más adecuado que resuelva la necesidad.

Como conclusión se observa que la implementación de rascadores resulta efectiva y minimiza las fallas. Los buenos resultados obtenidos permiten pensar que se podrá desarrollar la ingeniería para implementar esta solución en otros sectores de la línea.

ABSTRACT

Due to the presence of quality failures in the sheet metal painting process, which manifest themselves repeatedly as surface defects, it was decided to develop a technological solution to this problem.

The proposal looks for the implementation of equipment that maintains the necessary service conditions of the deflector rollers of a paint line.

It is proposed to combine solutions for the steel industry, focus on processes with similar operating principles such as the paper industry.

Also promoting the participation of experts in this sector to determine the most appropriate equipment to solve the need.

As a conclusion, it is observed that the implementation of scrapers results effective and minimizes failures. The good results obtained allow us to think that it will be possible to develop the engineering to implement this solution in other sectors of the line.

Palabras clave: Línea de pintado continuo, rascadores neumáticos, punturas de rodillos lisos, limpieza de rodillos deflectores.

INTRODUCCIÓN

Una de las ramas de la industria siderúrgica es la producción de chapa destinada a línea blanca, utilizada en su mayoría en electrodomésticos como heladeras, cocinas, lavarropas, etc., donde el aspecto estético de estos productos determina, en buena medida, su éxito de comercialización.

Por este motivo, es imprescindible contar con un producto que no solamente satisfaga los requerimientos mecánicos, sino también los de calidad visual.

La chapa como producto en cuestión, transita varios procesos de laminación hasta obtenerse el producto pre elaborado que requiere como última instancia el proceso de pintado. Es este proceso el foco de estudio del presente informe.

A lo largo de toda la línea del proceso de pintado se distribuyen rodillos de acero de cara lisa que permiten direccionar el recorrido de la chapa desde el inicio hasta el final.

No obstante, si en estos rodillos se adhiere material particulado sobre la cara cilíndrica, esto produce sobre la chapa un defecto en forma de punto por deformación plástica. Debido al giro, dicho defecto se repite con una frecuencia igual al perímetro de la circunferencia del rodillo correspondiente, pudiendo generar varios metros de producto defectuoso que debe descartarse.

Esto trae consigo una pérdida productiva, la necesidad de detener el proceso y la urgente intervención del personal de mantenimiento.

Es destacable agregar que el proceso de pintado comprende el pasaje de la chapa por hornos de secado donde el tiempo de permanencia está definido por la velocidad de la chapa. Es decir, una parada de línea prolongada produce un sobre secado y aún si se resuelve apagar el horno, se deberá tener en cuenta el tiempo de calentamiento para el próximo arranque.

DESARROLLO

Además de desarrollar una solución técnica viable que demandará un tiempo considerable hasta su ejecución, es menester definir un plan de contingencia cuyo objetivo es evitar el agravamiento del problema, sin que por ello represente una solución definitiva.

Para el presente informe, dicha implementación formó parte de la solución final ya que sentó las bases para el estudio de la ingeniería de detalle.

Se definió instalar en el bastidor de los rodillos, unos soportes en ambos extremos para fijar mediante varillas roscadas, un perfil metálico cubierto de un fieltro abrasivo paralelo y apoyado al rodillo (ver Figura 1).



Figura 1: Rodillo con limpiador de fieltro estático.

Los soportes para las varillas roscadas tienen un agujero por donde las varillas lo atraviesan. El perfil tipo T en cada extremo lleva una tuerca soldada en el borde del alma. A dicha tuerca se rosca la varilla una vez que el perfil recubierto está en su posición de trabajo. Y las varillas roscadas se fijan a sus soportes mediante dos tuercas, una de cada lado del agujero.

De esta manera se obtiene un dispositivo de efectividad aceptable, simple y económico que permite aplicar un grado de abrasión y limpieza sobre la cara cilíndrica del rodillo. Así se logra contener el problema hasta ejecutar una solución final.

En la búsqueda de una solución definitiva se propusieron varias alternativas. La más viable surgió al comparar la línea de pintado de chapa con la industria del papel.

En la etapa de búsqueda de información se encontró un producto de una empresa de origen brasilero proveedora de sistemas de acondicionamiento de rodillos para la industria del papel. Este rubro está altamente desarrollado en Brasil, donde por la gran producción de papel, se estimó que en su producción tendrían necesidades similares para elaborar un producto que también requiere de un alto control de calidad.

Uno de los objetivos del presente trabajo fue analizar la viabilidad de este producto, además de realizar el seguimiento y análisis de su performance.

Este equipo realiza la limpieza a través de un sistema mecánico que utiliza una lámina de material compuesto de capas que le dan flexibilidad y gran resistencia mecánica. Dicha lámina se posiciona tocando el rodillo con un ángulo de incidencia propicio para el correcto ataque a los particulados adheridos a su superficie (Ver Figura 2).

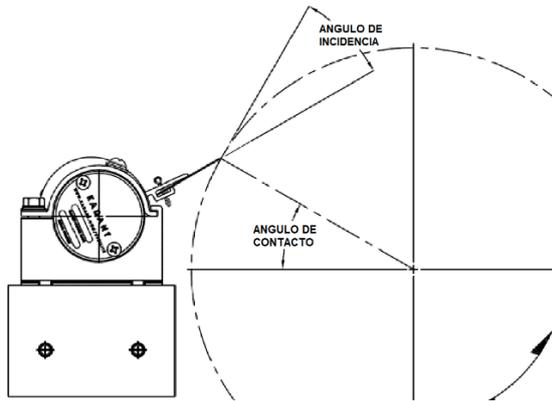


Figura 2: Dispositivo mecánico con lámina de ataque para limpieza del rodillo.

Además, con aumentos de presión sobre la línea de contacto entre la lámina y el rodillo, se obtienen mejores resultados. No obstante, una excesiva presión genera un rápido desgaste del material abrasivo y un desgaste o modificación de la rugosidad de la cara cilíndrica del rodillo.

Se analizó entonces, la posibilidad de regular dicha presión, definiendo tres pautas de trabajo:

- Máxima eficiencia.
- Mayor duración o vida útil de la lámina.
- Mayor duración o vida útil del rodillo.

Del análisis realizado se concluye que la presión óptima está definida como la presión mínima necesaria que realiza el trabajo correcto de limpieza del rodillo.

Cabe aclarar que en el caso de las láminas, una presión excesiva produce directamente un mal funcionamiento del mecanismo, ya que cambia la forma del contacto (Ver Figura 3).

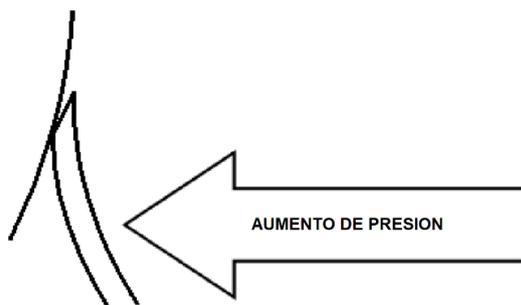


Figura 3: Contacto ineficiente debido a lámina con presión excesiva.

Por consiguiente, dicha presión será objeto de estudio de un trabajo posterior.

A continuación, se comentan brevemente las pautas a seguir, para una correcta regulación de la presión de trabajo. Las mismas fueron consultadas y aprobadas por el proveedor del equipo, teniendo

en cuenta la premisa de que cada aplicación es única y todas requieren un control hasta llegar al valor óptimo de servicio:

Etapa 0: instalar el sistema de limpieza acorde al ángulo de ataque efectivo con una presión medida en el regulador neumático (entre 0,15 y 0,35 bar manométricos).

Etapa 1: observar y medir el funcionamiento correcto y el desgaste de la lámina. Al llegar al desgaste máximo, el cual se explicará más adelante, cambiar la lámina. Si el funcionamiento fue correcto bajar un 10% o 25 mbar a la presión del regulador e instalar la segunda lámina.

Etapa 2: nuevamente observar y controlar el funcionamiento y el desgaste máximo admisible de la lámina. Si ésta realizó correctamente su función hasta llegar a su desgaste máximo, habrá que cambiarla reduciendo nuevamente otro 10% o 25 mbar a la presión del regulador e instalar la siguiente lámina.

Etapa 3: se continúa bajando la presión en cada cambio de lámina hasta que se evidencie una disminución de su performance. A partir de ese punto, el valor óptimo se obtendrá aumentando la presión un 10% o 25mbar.

El grado de limpieza en función del desgaste fue otro objeto de estudio dado que la provisión de estos equipos debía incluir los elementos consumibles en una cantidad suficiente para abastecer las tareas de mantenimiento durante un período mínimo de seis meses.

Una lámina nueva presenta una forma diseñada para el ataque de las partículas adheridas a la superficie del rodillo. En la Fig.4 se puede apreciar que el espesor de contacto entre rodillo y lámina es muy bajo, en el orden de las dos décimas de milímetro.

La fuerza que imprime el contacto de la lámina sobre la superficie del cilindro en un espesor tan pequeño genera una presión elevada. Acorde a datos provistos por el fabricante se puede alcanzar valores de hasta 10bar (150 psi).

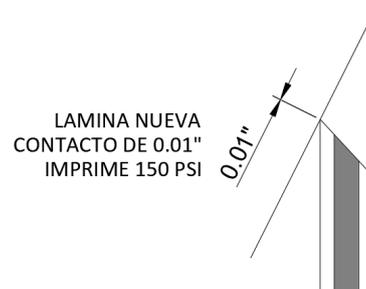


Figura 4: Presión que ejerce el espesor de contacto de una lámina nueva.

A medida que se encuentra en servicio y dado que la lámina es un material compuesto de tres capas, se observa un desgaste relativamente rápido de la primera capa de polietileno aumentando el área de contacto. Por esta razón, queda descubierta la capa intermedia que está formada por un tejido de fibras.

Esta situación, si bien trae como consecuencia una caída de la presión por el incremento del espesor de ataque, la capa del tejido de fibras responde favorablemente por ser más abrasiva (Ver Figura 5).

En consecuencia, dada la presencia del espesor abrasivo de mayor dureza, se obtiene una disminución en la velocidad de desgaste, logrando un buen rendimiento en la relación efectividad y durabilidad.

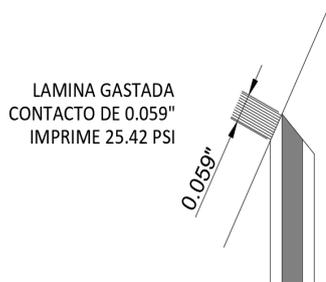


Figura 5: Presión que ejerce el espesor de contacto de una lámina gastada parcialmente.

Cuando el desgaste alcanza todo el espesor de la lámina, no solo la presión de ataque es mínima (Ver Figura 6), sino que además, al ir disminuyendo la distancia de la lámina, va reduciendo la fuerza de contacto. En esta instancia se hace necesario su reemplazo.



Figura 6: Presión que ejerce el espesor de contacto de una lámina gastada totalmente.

En la Fig. 7 se puede observar la evolución de la vida útil de una lámina con la presión regulada óptima respecto de otra regulada con presión excesiva. Obsérvese que la pendiente es menor para la presión óptima.

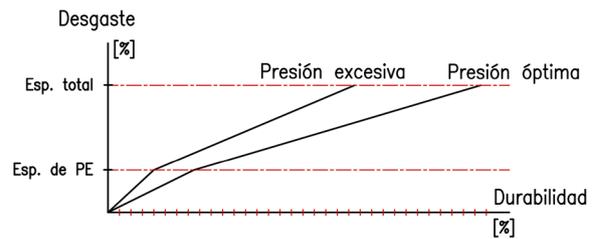


Figura 7: Evolución del desgaste de una lámina y su durabilidad.

La Fig. 8 muestra el sistema de accionamiento que define la presión que ejerce la lámina. El mismo está compuesto por un conjunto de vejigas elásticas en el interior del cilindro contenedor del rascador, que limitan el giro relativo del soporte de la lámina respecto del cilindro.

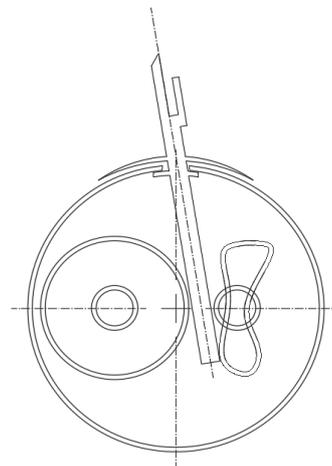


Figura 8: Configuración de doble vejiga interna en el cilindro del rascador.

Esta configuración del dispositivo permite maniobrar, mediante la instalación de un circuito neumático, la dirección del aire comprimido para elegir cuál de las dos vejigas debe expandirse. Se obtiene, de esta forma, en una posición la de servicio (Ver Figura 9) y en la otra la de reposo (Ver Figura 10).

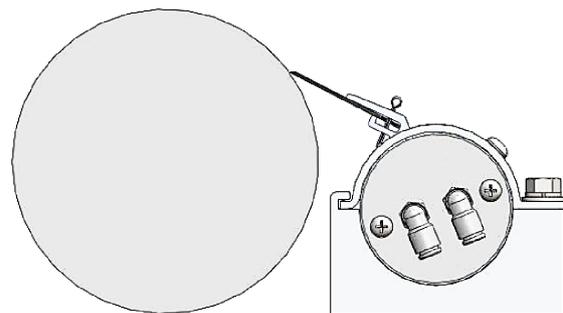


Figura 9: Rascador en posición de servicio.

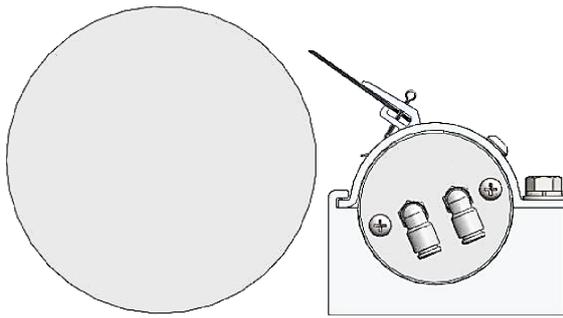


Figura 10: Rascador en posición de reposo.

Las consultas realizadas con el proveedor del sistema confirmaron los valores de presión utilizados para las pruebas, así como también que la separación puede operar en torno a los quince milímetros.

Para desarrollar la ingeniería básica se le solicitó al sector de producción, que identifique los rodillos considerados críticos por tener una alta frecuencia de fallas por punturas.

Para mantener un control sobre las modificaciones propuestas, se decidió realizar el desarrollo sobre una muestra reducida.

Una vez definida la cantidad se pudo determinar plazos para desarrollar la ingeniería, y encausar los recursos para tratar los equipos que generan la mayor proporción de interrupciones.

Este se ve reflejado en el diagrama de Pareto de fallas generales discriminando por sectores de la línea (Ver Figura 11).

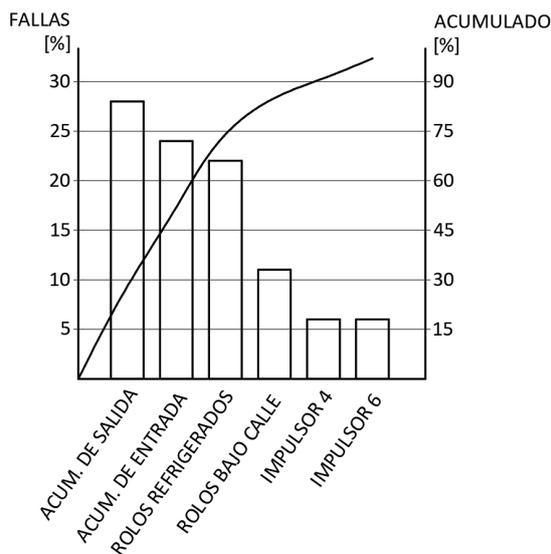


Figura 11: Pareto de fallas e interrupciones discriminado por sector de la línea de pintado.

A lo largo de la línea se identificaron varios sectores, dos de los cuales se denominan acumuladores, siendo uno de entrada y otro de salida de la línea.

Ambos cuentan con un bastidor fijo y por encima un bastidor móvil, el cual se desplaza en un recorrido vertical. Se los denomina cuna inferior y cuna superior respectivamente.

Finalmente se decidió desarrollar la ingeniería básica sobre la cuna inferior del acumulador de salida, el cual consta de cinco rodillos.

A continuación, el análisis se centrará en la forma correcta de instalar los rascadores, el diseño de los soportes base y los de regulación considerando la condición más desfavorable. Es decir, cuando la cuna superior desciende hasta el nivel mínimo, teniendo una distancia vertical entre rodillos de 820 mm (Ver Figura 12).

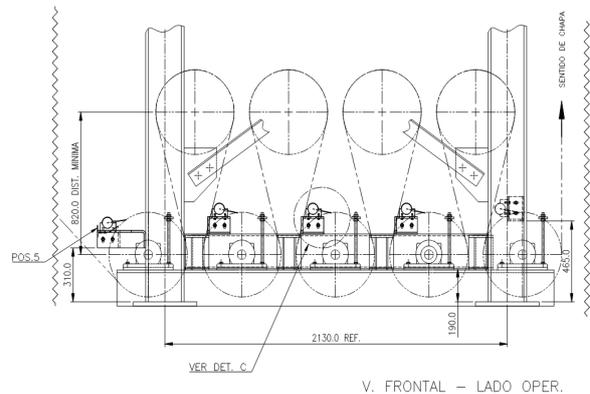
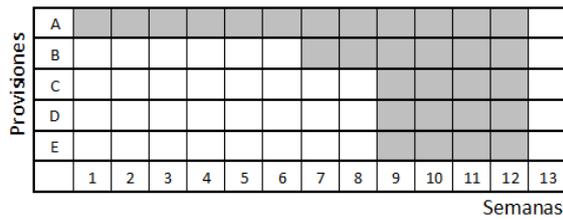


Figura 12: Vista lateral del acumulador de salida, cuna superior en la altura mínima.

Aprobado el modelo para la ingeniería básica, se analizaron los plazos para contar con los materiales necesarios. Estos se definieron considerando como límite la fecha de ingreso de los rascadores, estimado en doce semanas, de modo de identificar el tiempo disponible para desarrollar la ingeniería de conjunto y detalle para la instalación. En la Figura 13 se representa el diagrama de tiempos para la recepción del material.



- A - Dispositivos rascadores - Compra a proveedor específico.
- B - Accesorios e instrumentación neumática - Compra por licitación.
- C - Bastidor del tablero neumático - Armado en Taller externo.
- D - Soportes mecánicos para montajes - Armado en Taller externo.
- E - Elementos de fijación - Compra ferretería industrial.

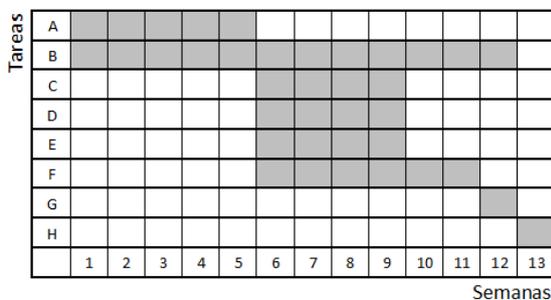
Figura 13: Diagrama para identificar el tiempo disponible para la ingeniería.

Si bien se contaba con disponibilidad de algunos de los componentes en el sector de almacén, en ningún caso se contaba con cinco unidades disponibles, por lo que el pedido de compra debía hacerse por el total de componentes.

Con los tiempos definidos, se estimó una fecha para el montaje en la línea correspondiendo a una parada extraordinaria, las cuales se realizan una vez al año y consta de 10 a 15 días de línea parada para instalar modificaciones o cambiar sectores renovando equipos.

Dado que se requieren los planos mecánicos y neumáticos para solicitar presupuestos de los soportes, accesorios e instrumentos, y luego confirmar la compra de estos, se definió realizar la ingeniería de detalle con un tiempo límite de 45 días o seis semanas, asumiendo que se tendrían disponibles los mismos en no más de 35 días o 5 semanas.

Entonces, quedó definido el proyecto y sus tiempos establecidos como se muestra en el diagrama Gantt de la Fig. 14.



- A - Ingeniería de diseño para instalación y planos de detalle.
- B - Provisión de Dispositivos rascadores.
- C - Provisión de soportes mecánicos para montajes.
- D - Provisión de bastidor del tablero neumático.
- E - Provisión de elementos de fijación.
- F - Provisión de accesorios e instrumentación neumática.
- G - Armado del tablero de control neumático.
- H - Instalación de dispositivos.

Figura 14: Diagrama Gantt del proyecto.

Se destinó las siguientes semanas al diseño de las piezas, montajes y cuadros neumáticos. Esto se realizó mediante el modelado 3D, cuyo beneficio directo es que se puede simular como el cambio de cada elemento impacta en el conjunto.

Entre reuniones para el seguimiento del proyecto se abordó el tema de los accionamientos, ya que los dispositivos podían ser accionados de forma manual in situ y también ser accionados de forma remota programable.

El tipo de servicio fue un tema a definir ya que si la lámina está constantemente apoyada sobre la superficie del cilindro, se está generando un desgaste innecesario en ambas superficies.

Se define entonces, que darle una secuencia de accionamiento por intervalos de tiempo es una alternativa más eficiente, ya que aumenta la vida útil de la lámina, y mantiene una buena performance en la limpieza del rodillo.

Para línea blanca, se definen intervalos de limpieza que duran 10 segundos con intervalos del rascador en reposo de 30 segundos.

Para línea de chapa destinada a automotriz se definen 8 segundos de limpieza seguidos de 40 segundos de reposo. Esto es así porque si bien se requiere eliminar punturas, es sabido que posteriormente la chapa pasará por un proceso de estampado, recortes y posterior tratamiento superficial seguido de un acabado o pintado final.

Por último para chapa acanalada, destinada al conformado del tipo sinusoidal o trapezoidal, se definen intervalos de tiempo de 5 segundos de limpieza seguidos de 60 segundos de reposo. Cabe mencionar que la aplicación final de estas chapas son las de cobertura en galpones, tinglados o techos y paredes en general, por lo que un defecto puntual es incluso hasta admisible.

Posterior al desarrollo de la ingeniería de detalle se solicitó presupuestos a los talleres con contrato marco con la planta. Se adjudicó la construcción y provisión de los materiales con el de mejor precio, ya que todos cumplían correctamente con los plazos de tiempo disponibles.

Quedando pendiente la llegada de los materiales, se realizó la automatización del sistema de limpieza. En la Fig. 15 puede verse el diagrama de accionamientos neumáticos. Los planos de circuitos eléctricos de control y potencia, y los programas en versión Ladder y lista de pasos, fueron delegados al especialista de programación, obteniendo como resultado un equipo con la disponibilidad necesaria para el correcto uso del dispositivo.

El programa de automatización tiene secuencias preestablecidas de funcionamiento que el operario desde la cabina de control elige acorde al proceso y destino de la chapa.

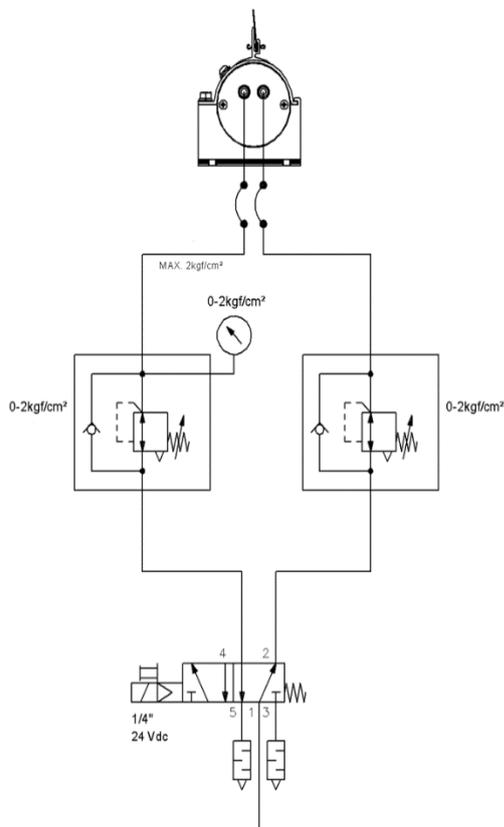


Figura 15: Diagrama neumático del dispositivo de limpieza para rodillos.

Concretada la etapa de construcción y provisión de los materiales, recepcionado el dispositivo de limpieza y cumplidas la totalidad de las normas de higiene y seguridad, estaban dadas las condiciones para comenzar la instalación.

Se llevó a cabo el montaje de los soportes de regulación, controlando que las medidas coincidieran con las establecidas en el diseño.

Durante la parada extraordinaria se retira la chapa de toda la línea, con lo cual se utilizó de guía un hilo de nylon verificando que los equipos instalados no interfirieran con el recorrido de la chapa.

El montaje de los 5 dispositivos se realizó de forma ordenada, se controló al finalizar que el ángulo de ataque esté comprendido entre 20° y 25° con respecto a la tangente del punto de contacto, con incidencia opuesta al sentido de giro del rodillo. También se verificó que la presión de regulación sea de 0,25 bar para iniciar las mediciones y el control con el objeto de obtener la presión óptima de servicio.

Instalado el cuadro neumático y cableadas las

electroválvulas direccionales se hizo una prueba forzando las salidas del PLC para verificar el accionamiento de los dispositivos, obteniendo una respuesta satisfactoria tras la regulación de caudal en cada accesorio del automatismo.

Finalmente, terminada la parada extraordinaria, e iniciando las labores de puesta en marcha no se encontraron dificultades ni se tuvo que realizar ajustes.

CONCLUSIONES

La Figura 17 permite ver el dispositivo instalado después de un mes de servicio. Puede observarse que la robustez del equipo es equiparable al resto de los sistemas.

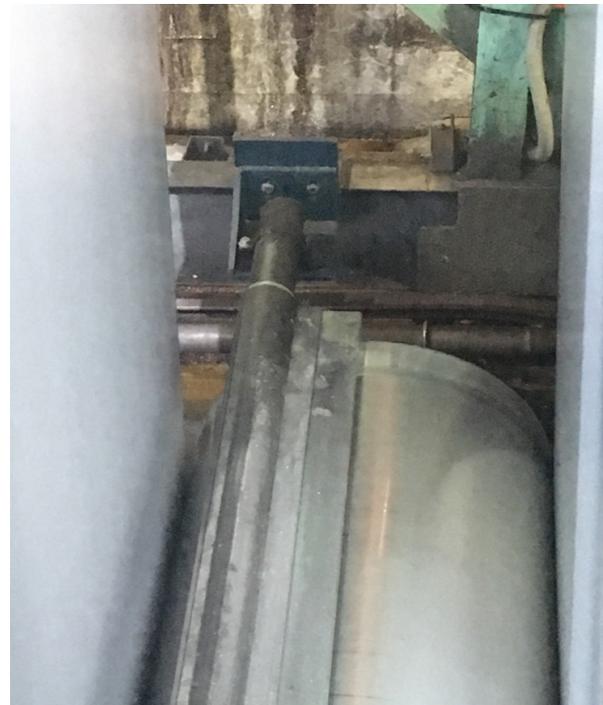


Figura 17: Equipo rascador de lámina tras un mes de servicio, en posición de reposo.

Se estima conveniente realizar un seguimiento de los cambios implementados a intervalos de cuatro meses para mensurar el porcentaje de mejora en la eficiencia.

Las fallas por punturas están aún presentes, pero con un porcentaje menor, y en el diagrama de Pareto del semestre posterior se pudo observar que el nuevo sector con fallas incipientes es el de los rodillos refrigerados de la línea de pintado, junto con la del acumulador de entrada. (Ver Figura 18)

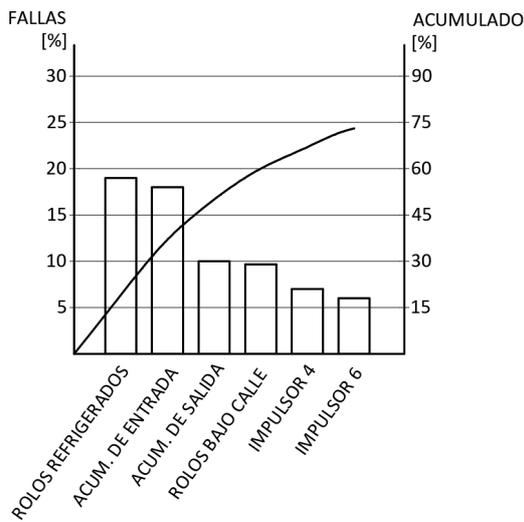


Figura 18: Pareto de fallas discriminado por sector después de la mejora.

Cabe aclarar que, si bien bajó la proporción de fallas en el acumulador de salida a casi la tercera parte, existe la posibilidad de que los rodillos de la cuna superior tengan el mismo problema. Por lo cual será objeto de estudio analizar la factibilidad de instalar estos equipos rascadores, con la dificultad de que los rodillos están desplazándose en movimientos verticales, y las conexiones de aire comprimido y del circuito eléctrico deberán adaptarse a este nuevo entorno.

Por otra parte, en una línea paralela a la de pintado continuo se encuentra la línea de galvanizado y cincado, donde los ingenieros de procesos evalúan la posibilidad de instalarlos, suponiendo que parte de los defectos que se encuentran en el proceso de pintado tienen origen en la línea de galvanizado.

Las industrias del acero que producen chapa como producto preelaborado encontrarán en este trabajo una información de gran valor para un problema que llevó varios meses resolver.

Reducir la frecuencia de fallas es solo una parte del problema. La chapa de descarte que tuviera como destino volver a los hornos de fundición requieren nuevamente del aporte de calor y con esto el consumo de combustibles generando un impacto medioambiental, que en caso de minimizar las fallas, también se reduciría.

La competitividad de la industria mejora al aumentar la confiabilidad de sus equipos e instalaciones.

Desde el sector de calidad se observó esta mejora como muy favorable y se alentó a exportar el conocimiento desarrollado hacia otras plantas de la misma empresa.

Si bien el entorno siderúrgico está relacionado

con la robustez de sus instalaciones y este equipo fue concebido para el rubro del papel, y puede ser visto particularmente como frágil, una correcta disposición de las instalaciones, en materia de limpieza y mantenimiento ponen a estos dispositivos en un alto grado de competitividad.

Todo proyecto de ingeniería que busque resolver un problema técnico debe definir correctamente la necesidad sin condicionamientos del entorno para determinar la raíz del problema y encontrar la solución más adecuada. Esto permite considerar otros rubros o industrias que desarrollen tareas semejantes, como es el caso desarrollado en el presente informe.

Los resultados favorables se deben no solo a la correcta instalación de los dispositivos, sino a todo el proceso de ejecución del proyecto, desde el primer paso con la implementación de una solución de corto plazo que busque mantener las condiciones del entorno hasta el momento de la ejecución de la solución definitiva. Seguido por la búsqueda de información y continuando con la definición de plazos para evitar los cuellos de botella, y encausar los recursos para resolver los objetivos de forma ordenada.

Es clave también la participación multidisciplinaria con profesionales de dentro y fuera de entorno laboral, sus conocimientos y experiencia generan sinergia en la búsqueda de la solución.

Por último, es normal considerar que un problema local puede estar resuelto en otro lugar del mundo, y con una búsqueda bien definida se pueden formar vínculos con expertos que cuentan con la predisposición de ampliar sus fronteras compartiendo soluciones.

AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer a los ingenieros: Alejandro Guerra, Eduardo Fayad, Favio Guerra, Marcio Uehara, Pablo López Vergara por sus aportes a la conclusión del presente trabajo.

A mi familia y amigos por acompañar y alentar en mi vocación e interés de buscar siempre mejores soluciones.

REFERENCIAS

- [1] Kadant Solutions Division (2020). VeriLite Roll Cleaner Assembly -1007 (US) 02/2020. Doctoring, Cleaning and Filtration.
- [2] Kadant Inc (2019) SynTek™ Plus Doctor Blade - The 101 Series. Recuperado de: <https://youtu.be/o0z0kweznuJU?feature=shared>
- [3] Kadant Solutions Division (2018). VeriLite™ Roll Cleaner Assembly for Metals Industry. Case study.