



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL
CORRUGADOR BHS DE LA EMPRESA C.I.
UNIBÁN**

Autor
Édison Chica Álvarez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Mecánica

Medellín, Colombia
2021



Análisis de confiabilidad del corrugador BHS de la empresa C.I. Unibán

Édison Chica Álvarez

Informe final de práctica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Asesora:

Viviana Andrea Ramírez Montoya
Ingeniera de productividad y calidad
Especialista en gerencia

Línea de Investigación:

Mantenimiento

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

Medellín, Colombia

2021.

RESUMEN

La fábrica de cajas de la empresa Unibán está siempre en pro de tener la mayor confiabilidad posible para cada una de sus máquinas y equipos, teniendo como uno de sus principales objetivos evitar el mayor número de paros por averías posible, es por eso que desde el área de mantenimiento se busca controlar los fallos que se puedan presentar. El corrugar BHS está conformado por 9 equipos diferentes que trabajan en serie para producir láminas de cartón, debido esto que es de vital importancia que ninguno de los equipos falle, ya que si esto pasa toda la línea se ve fuertemente afectada. Al ser el corrugador un equipo tan extenso se trabajó con la parte final del equipo llamada dryend, que es donde llegan procedentes las láminas ya listas para realizarles cortes tanto transversales como longitudinales y posteriormente el apilado de las mismas para transformarlas en el producto final, es decir, las cajas.

Para realizar todo este proceso de análisis de confiabilidad primero se comenzó por conocer la función principal del equipo, los elementos que lo componen y la función que cumple cada uno de estos, posteriormente teniendo en cuenta el tiempo y número de paros de cada uno de los equipos se obtuvo un índice de confiabilidad de cada uno de ellos obteniendo un porcentaje de confiabilidad global del dryend del 83% y de 99% para la KQM, 94% para la HQM y 96% para el Stacker. Teniendo en cuenta estos indicativos de confiabilidad, se procedió a revisar los planes de mantenimientos existentes para cada uno de los equipos y si abarcan todos los sistemas propios de cada uno de ellos, además se hizo una revisión de los paros más representativos, para verificar cuáles se han presentado en reiteradas ocasiones y cómo fue el cumplimiento con los planes de mantenimiento preventivo. En el caso de los paros más representativos que se presentaron durante la realización de esta práctica se hizo un análisis de causa raíz para determinar los posibles causantes de dichas averías y así modificar ya sea los procedimientos existentes o los planes de mantenimiento como tal. En varias ocasiones se constató que no llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo deriva en fallos y por ende paradas de equipo no deseadas.

INTRODUCCIÓN

C.I. Unibán S.A es una comercializadora internacional que desarrolla negocios desde hace más de 50 años, en el campo de la agroindustria logística, liderando la actividad comercial y agroindustrial principalmente de banano, plátano, frutas exóticas y snacks. Concentra su actividad productiva en las regiones del Urabá Antioqueño, zona caracterizada por su diversidad, potencial productivo y ubicación estratégica, gracias

a sus extensiones de aguas jurisdiccionales en los litorales del caribe y pacífico. Desde 1978 la empresa cuenta con una fábrica productora de cajas de cartón corrugado para la industria hortofrutícola. Esta fue renovada en 2016, año en el que fue equipada con tecnología alemana, quedando así con una capacidad para 96000 toneladas de papel para la elaboración de cajas con óptima calidad y resistencia, contando con materia prima importada de los más importantes molinos del mundo. Así se logra una integración de la compañía pues con el sistema de producción de cajas se completa el sistema de empaque para la comercialización de los productos.

El proceso de producción de las cajas empieza en el equipo corrugador, el cual a través de procesos de corrugado, pegado y corte, transforma la materia prima, es decir el papel en láminas de cartón, que posteriormente pasan por procesos de troquelado e impresión, obteniendo así el producto final, las cajas, que finalmente son distribuidas a los diferentes puntos para el empaque de los productos a comercializar.

El proceso de corrugado influye en aproximadamente un 70% de la producción de la planta, por lo que es de vital importancia que este tenga el mínimo tiempo de parada posible, algo que en muchas ocasiones no puede ser posible, debido a que el corrugador en sí, está compuesto a su vez por cerca de nueve equipos conectados en serie, lo cual significa que si el paro es de importancia considerable, toda la línea de producción de láminas de cartón en el corrugador se tendrá que parar. En muchas ocasiones hay sobreproducción de láminas de cartón corrugado y se puede seguir produciendo cajas en las máquinas flexográficas, pero cuando no hay reservas suficientes o el paro del corrugador toma un bastante tiempo, toda la producción dentro de la planta se ve forzada a detenerse. **[1]**

En el mantenimiento que se realiza en la planta, se tiene un plan preventivo semanal que se asigna tanto a operarios, eléctricos y mecánicos. En la parte asignada a los mecánicos se tiene una base de datos creada en el programa SAP la cual de acuerdo a la frecuencia recomendada, se trata de incluir cada uno de los equipos del corrugador y sus sistemas, a pesar de que se trata de ser muy consistente en la realización de dichos planes, en ocasiones es difícil llevarlos a cabo en su totalidad debido a que muchas veces se presentan paros en algún equipo de la planta o algunos de los sistemas que se encuentran exteriores a la misma. A la vez los equipos que fallan pero que no influyen directamente en la producción de las cajas, pero que si influyen en la capacidad de la planta, se programan como correctivos que básicamente se realizan en los días en los cuales no se está llevando a cabo la producción.

Dentro del análisis que se buscaba hacer en el corrugador como un solo equipo se encontró la limitante de que este está conformado por varios equipos a la vez, con algunos sistemas muy complejos, los cuales además de tener varios mecanismos usan vapor y goma para la conformación del cartón, por lo que se decidió hacer el análisis final sobre los equipos que son relativamente menos complejos como los que están presentes en el dryend del corrugador que es la parte del equipo que se encarga de los cortes y apilamiento de las láminas, es decir, el apilador Stacker AS-M, la cuchilla principal de corte transversal HQ-M y la cuchilla auxiliar KQ-M (*Imagen 1*), a estos equipos se les realizó el análisis de modo efecto falla y se calculó un indicativo de la confiabilidad individual y como un conjunto.

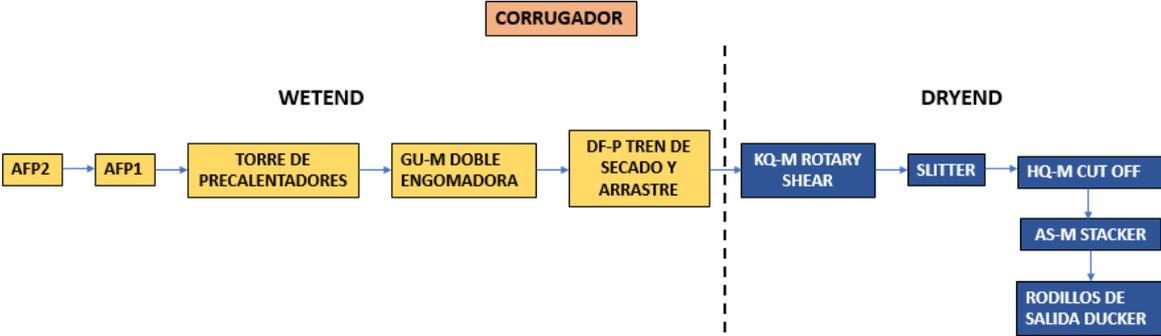


Imagen 1. Flujograma equipos del corrugador

Al revisar en mayor profundidad los equipos anteriormente mencionados, se busca encontrar un índice de cómo están dichos sistemas en cuanto a la confiabilidad y como está relacionado con los paros más representativos que se han presentado, además se verificó si los planes de mantenimiento existentes cubren todos los sistemas que se están estudiando y si son claros para los técnicos en cuanto a los equipos y las instrucciones como tal. Adicionalmente, mediante un análisis de causa raíz, relacionar por qué se dan determinados fallos con los procedimientos que se llevaron a cabo antes de los paros y en el momento de la reparación, para saber en qué parte de dichos procedimientos se está fallando.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un análisis de confiabilidad del corrugador BHS de la empresa Unibán para implementar estrategias que permitan mejorar las tareas de mantenimiento y la disponibilidad del equipo.

Objetivos específicos

- Definir el contexto operacional tanto de la empresa como de la máquina.
- Determinar las funciones del corrugador y de cada uno de los equipos que lo componen, el estándar de funcionamiento deseado por la empresa, así como la capacidad de producción actual.
- Obtener datos de tiempos y frecuencias de parada de los equipos para definir los puntos y equipos más críticos.
- Obtener un indicativo de la confiabilidad del corrugador, basados en datos de paros y averías presentadas en el equipo.
- Realizar un análisis de modo de falla y sus efectos del equipo corrugador.
- Realizar análisis de falla de los equipos más críticos, determinando la causa raíz de la falla y usar esta información para reforzar las tareas de mantenimiento y por ende aumentar la confiabilidad del equipo.

MARCO TEÓRICO

Contexto operacional

Para intervenir o revisar las políticas de mantenimiento de una empresa se debe iniciar con las funciones y estándares de funcionamiento relativos a cada elemento en su contexto operacional actual. La función que se determina que debe cumplir cualquier equipo puede definirse de diversas formas dependiendo del lugar y de cómo se esté usando.

Dicho contexto se realiza por completo en el proceso de implementar estrategias de mantenimiento, iniciando por la definición de las funciones de cada equipo. Así mismo, el contexto operacional influye tanto en las funciones y expectativas de funcionamiento como en la naturaleza de los modos de falla que pueden ocurrir, sus efectos, consecuencias, periodicidad con la que se den y como se debe actuar para solventarlas.

Esto indica que en cualquier proceso que se inicie la aplicación de un proceso de confiabilidad a un activo físico debe tener claro el contexto operacional antes de comenzar, algunos de los factores más importantes que se deben tener en cuenta son: tipos de procesos, formas de producción, estándares de calidad, estándares de medio ambiente, riesgos para la seguridad, turnos de trabajo, productos del proceso, tiempos de reparación, repuestos, entre otros.

Definición de funciones

Todos los activos físicos por lo general cumplen diferentes funciones, ya que el objetivo del mantenimiento es asegurar que el equipo como tal continúe realizando dichas funciones, entonces todas deben ser listadas e identificadas, así como los parámetros de funcionamiento deseados. Se conocen como funciones primarias por ser una razón principal por la que el activo fue adquirido y se definen tan preciso como sea posible. También se debe tener en cuenta que muchos activos físicos cumplen varias funciones adicionales además de la primaria y esto se conoce como funciones secundarias. Por lo general para no pasar ninguna de estas funciones por alto se pueden dividir en varias categorías: ecología, contención, control, apariencia, protección, eficiencia, funciones superfluas.

Análisis de modo de falla y efectos (AMFE)

Para determinar cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico se tiene en cuenta el modo de falla, que es cualquier evento que pueda causar una falla funcional. Se debe entonces hacer un listado de fallas funcionales y luego relacionarlos con los modos de falla que pueden causar cada falla funcional.

La descripción de un modo de falla debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, y que no sea tan extensa que se pierda mucho tiempo en el proceso de análisis. El mantenimiento como tal no se hace solo para combatir el deterioro, ya que este solo causa un porcentaje bajo de fallas por lo que restringir el mantenimiento sólo a los casos de deterioro, lleva a estrategias de mantenimiento incompletas. Por lo que los modos de falla deben ser clasificados en tres grupos:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva por encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el inicio el activo no cumple con lo que requiere hacer.

Al mismo tiempo cada una de estos grupos debe ser analizado por aparte. [2]

Probabilidad

Los modos de falla pueden ocurrir con diferentes frecuencias, al preparar un AMFE se debe determinar cuáles modos de falla son tan poco probables que sucedan que pueden ser ignorados sin peligro, es decir se deben tener en cuenta sólo los modos de falla razonablemente posibles que se pueden relacionar así:

- Fallas que ocurren antes en el mismo activo físico
- Modos de falla que ya son objeto de rutinas de mantenimiento
- Modos de falla que no hayan ocurrido aún, pero que tienen posibilidades de suceder.

La confiabilidad puede ser definida como la probabilidad que puede tenerse de que un equipo o componente cumpla su función básica, durante un periodo de tiempo, bajo condiciones normales de operación. La confiabilidad de un equipo. Para hallar un valor de la confiabilidad se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- Tiempo medio entre fallas (TMEF):

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de paro por fallos}}$$

- Tiempo medio de reparación (TMPR):

$$TMPR = \frac{\text{Horas de falla}}{\text{Número de fallas}}$$

- Confiabilidad (C):

$$C = e^{-\gamma t}$$

Dónde: t=tiempo

$$\gamma = \frac{1}{TMPR}$$

Finalmente se tiene que la disponibilidad de un equipo se evalúa teniendo en cuenta el rendimiento de los elementos que realizan las funciones necesarias, en un tiempo y periodo determinado, en función de los criterios de mantenibilidad y confiabilidad.

[3]

La mantenibilidad de un equipo se puede determinar así:

- Disponibilidad (A):

$$A = \frac{TMER}{TMER + MTPR}$$

METODOLOGÍA

Se generó un estándar de trabajo para realizar los diferentes análisis en los equipos seleccionados en el corrugador y así tener un orden establecido a la hora de llevar a cabo cada procedimiento. Se empezó por un reconocimiento general de la planta y luego del equipo corrugador como tal, para así tener conocimiento de cada uno de los equipos que lo componen. Para el análisis como tal se llevó a cabo cada uno de los pasos (**Tabla 1**) siguiendo el cronograma establecido (**Imagen 2**).

N°	Actividad
1	Definir el contexto operacional
2	Determinar datos y funciones del equipo y subsistemas
3	Obtener datos de los paros y fallos del corrugador
4	Calcular el índice de confiabilidad del corrugador como equipo en general y de cada uno de sus subsistemas
5	Identificar equipo y piezas que generan los paros más representativos y repetitivos del corrugador.
6	Realizar un análisis de causa raíz de piezas y equipos más representativos.
7	Proponer mejoras en el equipo y planes de mantenimiento

Tabla 1. Lista de actividades

N°	SEMANA																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	■	■	■																							
2			■	■	■	■	■																			
3							■	■	■																	
4									■	■	■	■	■													
5												■	■													
6														■	■	■	■									
7																		■	■	■						

Imagen 2. Cronograma de actividades

1. Contexto operacional

Primero se hizo un contexto operacional de la fábrica de cajas como tal, cómo es su distribución, qué equipos hay, cómo se manejan los temas de mantenimiento, la logística interna de la planta, la finalidad de la misma y sus capacidades de producción. Posteriormente se llevó el contexto operacional un nivel más abajo y se hizo con el corrugados BHS como tal, definiendo el papel que juega dentro de la línea de producción de la planta, la función principal del equipo, por cuales sistemas está conformado y cuál es su capacidad de producción.

El corrugador es un equipo muy extenso conformado a la vez por nueve equipos colocados en serie para obtener así las láminas de cartón listas para ser transformadas en cajas. Es por este motivo que se seleccionaron los equipos del dryend, es decir la parte final del corrugador que es la encargada del corte y apilamiento de las láminas. El contexto operacional de estos equipos se realizó teniendo en cuenta la función principal del equipo, como pasa el producto como tal por cada uno de ellos y el proceso de transformación que sufre. Además, los subsistemas principales que toman partido en cada uno de estos procesos y la función que desempeñan.

2. Árbol de equipo y funciones

Con ayuda de los catálogos, manuales y algunos de los técnicos de la fábrica, se construyó un árbol de cada uno de los equipos, teniendo en cuenta sus principales subsistemas y los elementos más representativos que juegan un papel importante en el proceso, tales como motores, bandas, cuchillas, sistemas neumáticos, sistemas de transmisión entre otros.

Teniendo clara la conformación de cada uno de estos equipos, se establecieron las funciones de cada subsistema siempre definiendo la acción principal que realiza, sobre cuales elementos se hacen y la finalidad o parte del proceso en la que se hace.

3. Secuencia de actividades

Con toda la información anteriormente mencionada ya recopilada, se pudo construir más fácilmente la secuencia de actividades de cada subsistema presente en cada equipo, esto es importante ya que al tener un problema puntual se puede saber en qué parte de la secuencia se está fallando y por ende qué elemento o sistema está causando dicho inconveniente.

4. Cálculo de la confiabilidad

El cálculo de la confiabilidad se hizo desde el año 2012, para ello se hizo uso del programa SAP que usa la compañía. Para obtener dicho índice se tuvo en cuenta en primera medida, el tiempo entre fallos de cada uno de los equipos, el número de fallos presentes en dicho tiempo y el tiempo de duración de las reparaciones. Realizando los cálculos correspondientes se obtuvo un índice de confiabilidad del dryend en general y el índice para el AS-M, HQ-M y KQ-M. Finalmente se hizo la comparación de la confiabilidad de cada uno de los equipos, el dryend y el corrugador en general.

5. Inspección de los planes de mantenimiento

Cada semana se entrega el plan de mantenimiento preventivo a cada uno de los mecánicos para que sean realizados en la semana siguiente. Es por ello que se recopiló la información de todas las órdenes de mantenimiento que se hace y las instrucciones presentes en cada una de ellas.

Por medio del programa SAP se filtró mediante la ubicación técnica que tiene designado cada uno de los equipos de la fábrica, obteniendo así cada una de las instrucciones y los subsistemas a los cuales se le debe hacer, la periodicidad con la que se realiza y qué grupo de trabajo es el encargado, ya sea técnicos mecánicos, eléctricos, operadores de equipos de servicio u operarios de la fábrica.

Así se puede corroborar si el mantenimiento preventivo como tal está cubriendo todo el equipo, si el periodo en el que se hace es el adecuado y si las instrucciones son claras y no existan vacíos al momento de realizarlas.

6. Modo de falla y efecto de falla y NPR

Nuevamente a través del programa SAP se hizo un barrido de cuáles elementos de cada uno de los equipos fallaron un mayor número de veces, como fue su modo de fallo y un estimado de la periodicidad con la cual ocurren dichas averías. Con esta información se construyó un cuadro que resume todo lo anteriormente analizado y así obtener una información más concisa y clara de cada subsistema para proceder junto con los datos de fallos a obtener un número prioritario de riesgo (NPR).

7. Análisis y soluciones

Luego de tener un estimado de los equipos y sistemas con un NPR más alto, se procedió a revisar que partes son más vulnerables y cuales son más propensos a fallos repetitivos, además se verificó que planes de mantenimiento se deben reforzar y qué estrategias se van a aplicar para dicho fin ya que muchas veces, las instrucciones no son claras o el plan no se realiza y no se notifica.

También de acuerdo a los análisis RCA que se realizaron durante el periodo de realización de la práctica se visualizó qué parte de los procedimientos en el área de mantenimiento son los que propician que se generen paros en mayor cantidad o porqué toman un mayor tiempo para la reparación

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En primer lugar al hacer el análisis como tal de los equipos, se pudo evidenciar que en muchas ocasiones dentro de los planes de mantenimiento preventivo que se entregan semanalmente a los mecánicos, varias de las instrucciones no son lo suficientemente claras con respecto al procedimiento que se desea realizar, puesto que en algunas de ellas sólo hay palabras claves tales como revisar, inspeccionar, verificar, lo que para un mecánico que lleve muchos años en la empresa puede estar muy claro, pero al cambiar el personal o incluso con los mecánicos menos experimentados puede no ser tan claro, lo que podría derivar en que no se realice como tal todo el plan o se haga de la manera incorrecta. Actualizar todo el plan es tedioso ya que son muchas las instrucciones las que se deben cambiar y tiene que ser un trabajo realizado por los mecánicos y por los encargados de actualizar en el programa SAP. Para realizar esta actualización de una forma más práctica se creó un formato (**Anexo 1**), con el fin de que cuando un mecánico no entienda o no tenga clara una instrucción, indique cuál es y entregue una sugerencia a través del formato, y decir así cómo podría ser mejorada dicha instrucción, así se pudo ir actualizando semana a semana el plan de mantenimiento sin tener que sacrificar mucho tiempo semanalmente para dicha tarea. A medida que se actualiza cada instrucción no hay necesidad de revisar nuevamente el plan porque la actualización se hace directamente en el programa.

En la **imagen 2**, se presenta el índice de confiabilidad de los 3 equipos estudiados en el dryend, es decir, el Stacker, la cuchilla principal HQ-M y la auxiliar KQ-M, desde el año 2012. Como se puede apreciar, los tres equipos tienen una confiabilidad por encima del 90%, siendo la cuchilla auxiliar la que presenta no solo una confiabilidad más alta, sino una mayor estabilidad a través de cada uno de los meses del año, este resultado se ve reflejado en el poco número de paros que presenta el equipo registrados en el programa SAP, además es de esperarse este comportamiento ya que es un equipo que se usa muy pocas veces comparado con los demás.

También se puede evidenciar que a pesar de no tener una confiabilidad tan alta como la cuchilla auxiliar el Stacker es un equipo que tiende a fallar menos, y cuenta también con un número de paros moderados y que son solventados con relativa facilidad por el equipo de mantenimiento, a pesar de ser un equipo que es relativamente más complejo y está compuesto de más subsistemas, pero cuyos componentes vistos de forma individual son más fáciles de controlar y reparar.

Con respecto a la cuchilla principal, se puede notar que no es un equipo tan estable como los 2 anteriores, y se obtuvo una confiabilidad menor para el mismo periodo de tiempo, esto es debido a que este sistema de corte está funcionando todo el tiempo y es más sensible ya que se debe controlar tanto el corte adecuado como la sincronización del mismo ya que de esto depende que las láminas salgan con la longitud correcta, adicionalmente se encuentran mayores picos en la gráfica de la HQ-M debido a que en ocasiones no ha sido tan fácil resolver los problemas y en un par de ocasiones se ha necesitado pedir técnicos especializados del extranjero para resolver algunos de los fallos más representativos o cambiar las cuchillas como tal. Además, como se evidenció en los paros registrados, fue difícil lograr una estabilidad en el funcionamiento de la HQ-M al inicio de su operación, pero a medida que se fue entendiendo el sistema la confiabilidad del mismo fue mejorando y tiende a estabilizarse.

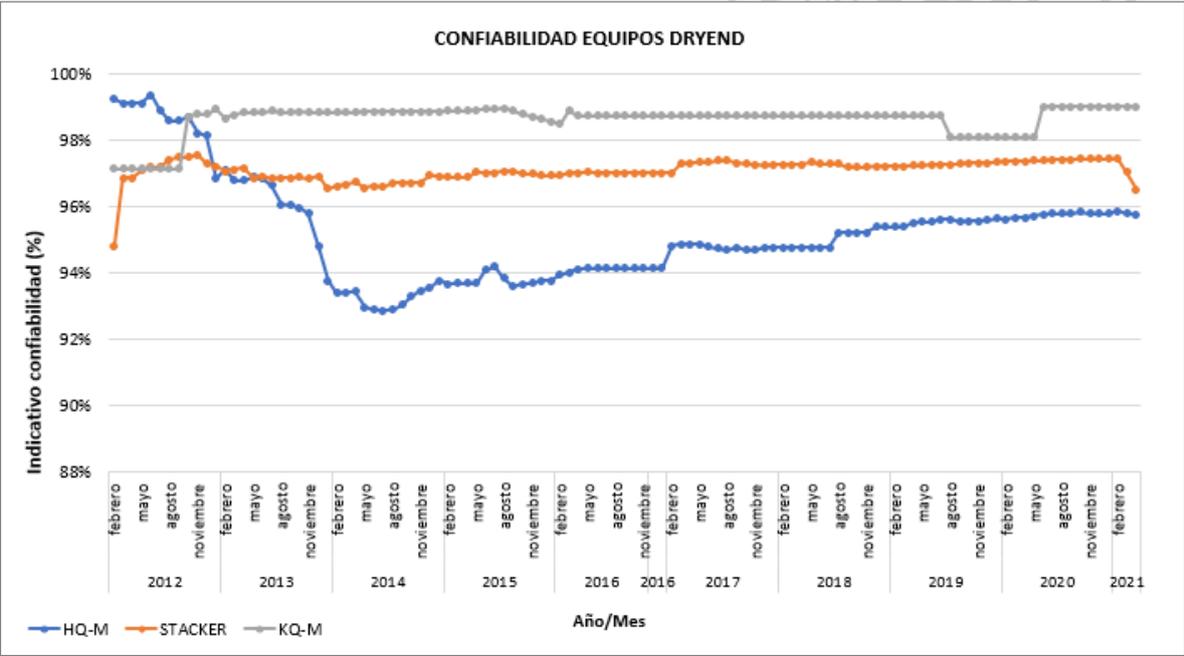


Imagen 2. Índice de confiabilidad equipos del dryend

En la Imagen 3 se presenta el índice de confiabilidad de la cuchilla principal, la auxiliar y el Stacker, y como se comparan tanto con el dryend como con el corrugador en general. Se puede observar que los tres equipos analizados en el dryend que es la parte del corrugador que funciona sin vapor ni goma, tienen una confiabilidad relativamente alta, pero al ver la curva correspondiente al dryend, esta se encuentra cerca al 80% y es evidente que sea más baja ya que está conformado por varios equipos conectados en serie y así cada uno de ellos muestre una confiabilidad aceptable, vistos como un todo, este valor necesariamente tiende a bajar ya que por

lo general los equipos fallan en tiempos diferentes por lo que se debe parar todo el dryend.

Se puede evidenciar lo mismo con el corrugador en general cuya confiabilidad está por debajo del 80%, debido a que como tal toda la máquina está conformada por el dryend y el wetend que es la parte del corrugador que funciona con goma y vapor, a la vez el wetend depende de equipos como la caldera y la planta de gomas por lo que la confiabilidad tiende a bajar mucho más. De ahí la importancia de tener un plan de mantenimiento lo más completo posible ya que como se pudo evidenciar así un solo equipo tenga una confiabilidad del 100% y nunca falle, si otro de los sistemas que está más atrás o más adelante en la línea de producción falla constantemente, todo el trabajo referente a la disminución de los paros va a ser de cierto modo inútil.

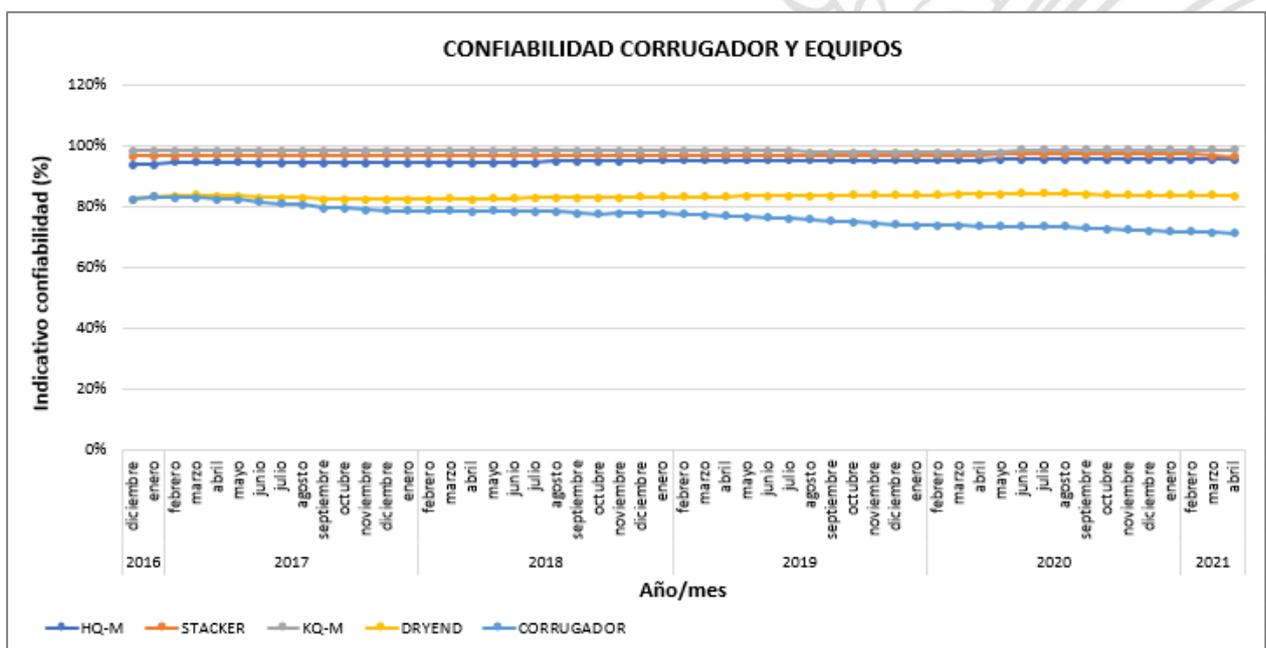


Imagen 3. Comparativo Índice de confiabilidad del corrugador y equipos

Con los paros más representativos se realizó un análisis de causa raíz para determinar no sólo los fallos mecánicos como tal que produjeron la avería, sino también errores en los procedimientos llevado a cabo por los mecánicos como tal o por parte del área administrativa.

En algunos casos al estudiar la avería y los elementos asociados al paro, se encontró que justo el plan de mantenimiento asociado a esas piezas o parte del equipo no se llevó a cabo por el mecánico al cual le fue asignado ese plan, presentándose más tarde la avería y en varias ocasiones a pesar de que el plan no se hace en la semana correspondiente, no se notifica a tiempo y no se reprograma por lo que el inconveniente que puede estarse presentando, muy posiblemente no sea detectado

sino hasta que se presente la falla. Además, en algunas ocasiones los procedimientos como tal no están unificados por lo que se deja a criterio de cada mecánico, derivando en un paro que puede volverse reiterativo o conlleve a más tiempo sin producción. Finalmente, se tienen también inconvenientes desde la parte administrativa, en las situaciones en las que no se les hace el adecuado seguimiento a los repuestos solicitados o por cuestiones de logística no se puede tener en un tiempo relativamente rápido y más cuando se trata de un tema de suma urgencia. Todo esto se registra en un formato suministrado por la empresa (**Anexo 2**) con el cual se hace la investigación correspondiente a los paros más significativos y un control cronológico al procedimiento en cuanto a la reparación, al final se tiene una calificación global de todo el procedimiento y se lleva a un indicador de RCA para finalmente socializar con el equipo técnico, con el fin de mejorar cada vez más los planes de trabajo.

Finalmente se generó un estándar para la creación de informes RCA, en el cual se sintetiza toda la información relativa a los fallos más representativos y que contiene parámetros como causa y síntomas de la avería, piezas y elementos directamente relacionados y asociados al paro, investigaciones, información general de los repuestos necesarios y existencias, entre otros procedimientos (**Anexo 3**). Con toda esta información se pudo analizar tanto los temas de procedimientos en cuanto al abordaje de la falla, como los temas más ingenieriles relacionados con lo que produjo la avería.

CONCLUSIONES

- El contexto operacional es de suma importancia para iniciar un análisis de confiabilidad o de modo efecto de falla, ya que permite visualizar la finalidad principal del equipo y los diferentes sistemas, así como la capacidad de producción y las diferentes finalidades por las cuales el activo fue adquirido por la empresa. Al no tener claro el contexto operacional, es muy complicado saber cómo se va a enfocar el análisis y qué aspectos se van a mejorar.
- Es claro que, para buscar la mejora continua en la producción, es importante tener claro la función de cada subsistema o pieza como tal, ya que al darse un fallo se debe identificar primero qué acciones son las que está dejando de hacer la máquina, y qué componentes están produciendo dicho fallo. Al tener claras dichas funciones es más fácil identificar la falla, el modo en que se presenta la falla y sus efectos.
- Al tener un control de todos los datos sobre un fallo que conlleva a una parada del equipo, no sólo se tiene un registro cronológico de cómo se trató dicho problema y qué elementos se requirieron en dicho momento, sino que también se puede sacar un índice de la confiabilidad del equipo. En este caso se

evidenció que no basta con que sólo alguno de los equipos tenga un buen plan de mantenimiento que derive en una confiabilidad alta, sino que es de suma importancia que todos los sistemas en una cadena de producción trabajen de forma continua el mayor tiempo posible ya que si uno falla es posible que toda la línea se vea interrumpida.

- A través del modo de efecto falla se evidenció que algunos de los sistemas a pesar de no ser tan influyentes en los diferentes equipos analizados, deben ser igualmente contemplados en los planes de mantenimiento, además se encontró que algunas partes tienden a fallar más seguido y como pueden causar más riesgo de parada y atender como tal con la seguridad, se debe tener especial cuidado sobre estos. Adicionalmente los planes de mantenimiento deben ser más específicos y tener la frecuencia adecuada.
- Al realizar los análisis de causa raíz no sólo se pudo evidenciar que las piezas como tal de los equipos del corrugador son las que fallan, puesto que muchas veces se observa que determinado fallo ocurrió porque el mecánico no pudo realizar el plan de mantenimiento preventivo y no se reprogramó o porque también pudo ocurrir un fallo administrativo puesto que no se pidió un repuesto a tiempo o no se hizo el proceso requerido de la forma correcta. Es por eso que es de suma importancia que todo el equipo de trabajo tenga claro el flujo de trabajo y que los mecánicos tengan claro cada equipo e instrucción que hay plasmada en el plan de mantenimiento.

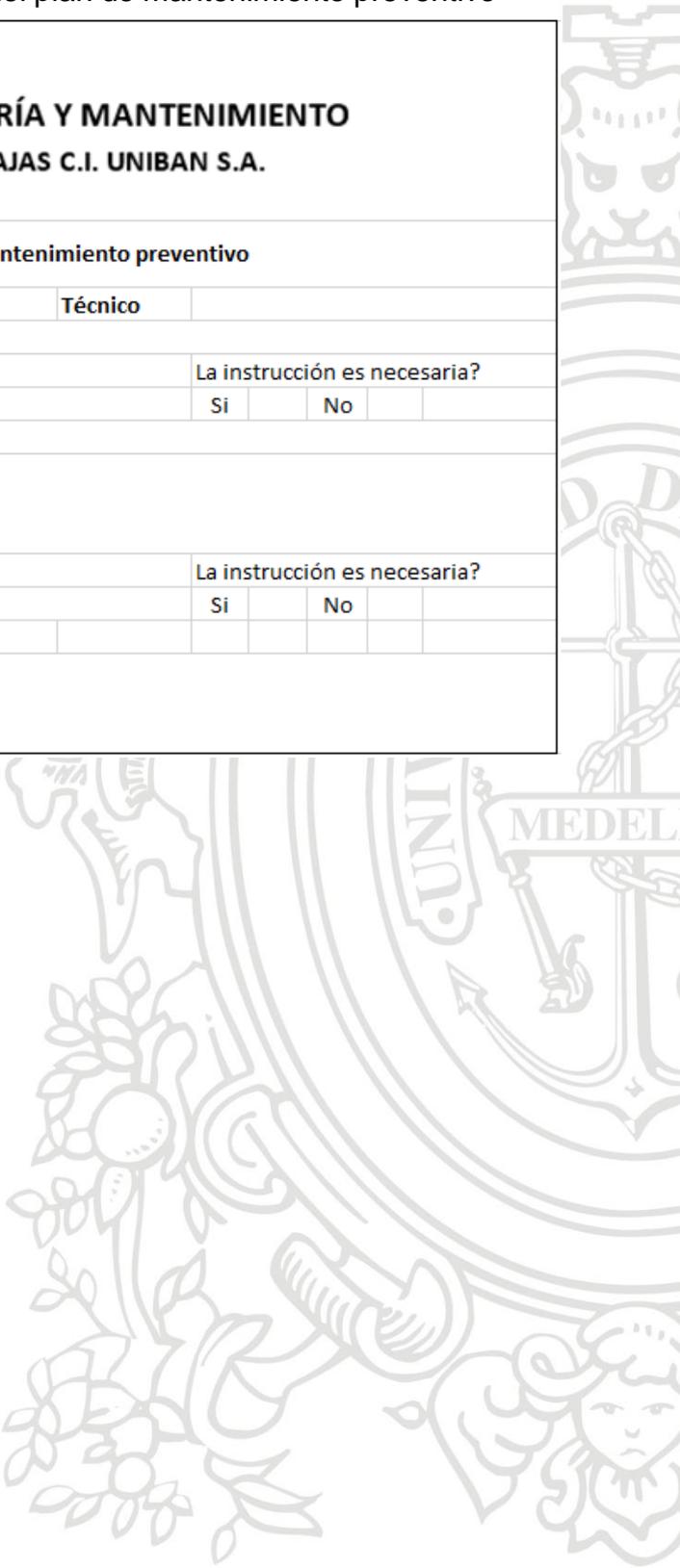
REFERENCIAS

- [1]** UNIBAN. Quiénes somos. {En línea}. {Consultado el 1 de abril de 2021}. <https://www.uniban.com/index.php/es/nosotros-2/quienes-somos>
- [2]** Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad (3.er ed., pág. 29 - 56). Leicestershir, UK.
- [3]** Mesa D, Sánchez Y, Pinzón M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento (pdf., pág. 3). Recuperado de Scientia et Technica Año XII, No 30, mayo de 2006 UTP.

ANEXOS

Anexo 1 – Formato para mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo

 AREA DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO FÁBRICA DE CAJAS C.I. UNIBAN S.A.									
Reporte para mejora de plan de mantenimiento preventivo									
Sistema		Fecha		Técnico					
Instrucción 1							La instrucción es necesaria?		
							Si	No	
Cambio propuesto en las instrucción									
Instrucción 2							La instrucción es necesaria?		
							Si	No	
Cambio propuesto en la instrucción									



Anexo 2 – Formato utilizado para la investigación de fallos.

			SI	NO	
fecha analisis	fecha ult. Rev.	EXISTE PLAN DE MMTO			
RESPONSABLE		EXISTE PROCEDIMIENTO			
MAQUINA		EXISTE REPUESTO			
COMPONENTE		ULT. FECHA INTERV.(ZM01-ZM02)			TIEMPO DE PARO A LA FECHA.(HR)
Nº INVESTIGACION RCA	OM - RCA	QUIEN LO REALIZO			
HORA INICIO INVESTI.		HORA FINAL INVESTI.			
ANALISIS CAUSA EFECTO			GRUPO INVESTIGADOR		
QUE? En que componente ve el problema					
CUANDO? Ocurre durante operación?					
DONDE? Lugar fisico.					
QUIEN? Depende de la habilidad del técnico.		COMPONENTE			
CUAL? Tipo de tendencia. Repetitiva o aleatoria.		SINTOMA			
COMO? Ha cambiado de su funcionamiento normal.		CAUSA (inmediata)			
PROBLEMA					
CUANDO/ CUAL/ COMO/ QUE/ DONDE/ QUIEN/					
CAUSA DE FALLAS					
MECANICO	MATERIAL	INSTRUMENTOS	ELECTRICAS	OPERACIÓN/ MITTO	
FUGA	CAVITACION	CONTROL	CORTO CIRCUITO	ERROR DE OPERACIÓN	
VIBRACIÓN	CORROSION	NO SENAL/ALARMA	CIRCUITO ABIERTO	ERROR DE MITTO.	
DESALINEAMIENTO	EROSION DESGASTE	DESAJUSTADO	BAJO ENERGIA/VOLTA	ERROR DE FABRICACIÓN	
DEFORMACIÓN	FRACTURA	SOFTWARE	FALLA DE ENER/VOLT	ERROR DE INSTALACIÓN	
SUELTO	FATIGA	FALLA COMUN	FALLA TIERRA/ AISLA/	ERROR DE DISEÑO	
PEGADO	SOBRECALENTAMIENTO			SERVICIO FUERA DE DISENO	
BLOQUEADO/TAPONADO	QUEMADO			DESGASTE O ROTURA ESPERADA	
METODO DE LA DETECCION DE LA FALLA					
MTTO PREVENTIVO		MTTO CORRECTIVO			
PRUEBA FUNCIONAL		OBSERVACIÓN			
INSPECCIÓN		INTERFERENCIA CON LA PRODUCCIÓN			
MONITOREO DE CONDICIÓN					



Anexo 2 – Parte 2 formato utilizado para la investigación de fallos

SOLUCIONES									
ITEM	DESCRIPCION								
PLAN DE ACCION							5		
TAREA	RESPONSABLE	COMO	CUANDO	ACTIVIDAD	listo	%cumplimi	OK		
1									
2									
3									
4									
5									
						0.0			
						0.0			
						0.0			
TOTAL					0	0.0			
CALIFICACIÓN					#iDIV/0!		#iDIV/0!		



Anexo 3 – Formato creado para análisis RCA

Fecha de parada: dd/mm/aaaa

Equipo: Equipo en el que se presenta la falla – parte del equipo

Aviso: M M M M M M M M

OM: M M M M M M

Elementos que fallan:

Parte número - Descripción del elemento en SAP (Código Uniban: M M M M M M)

IMAGEN

Sintomas de la avería:

- Descripción de los síntomas que presentó el equipo al momento de presentarse la avería

Trouble shooting:

Causas de la avería:

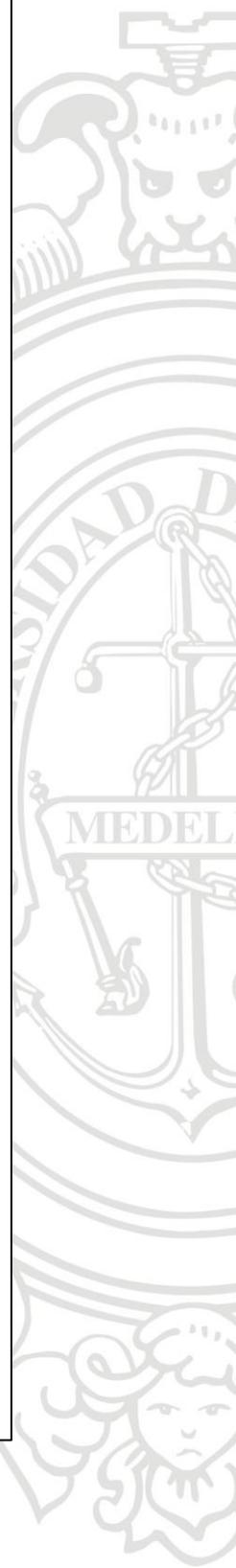
- Descripción de las causas de la avería

Antecedentes:

- Mantenimiento preventivo:
 - Orden: # "Instrucción"

Semana # (Año): Descripción de la situación (si se realizaron los planes de mantenimiento o si habían notas anexas en el plan)

- Mantenimiento correctivo:
 - Orden: M M M M M M
 - Fecha: dd/mm/aaaa
 - Descripción de las situaciones más importantes al presentarse el paro o avería



Anexo 3 – Parte 2 formato creado para análisis RCA

MTBF

Fecha 1:

Fecha 2:

Fecha 3:

RCA

Análisis causa raíz: <P:\publicos\Análisis RCA mtto-prod> Vínculo de formato en excel del análisis RCA

Planes de mantenimiento e inventario:

Elemento	Acción	Frecuencia	Elementos asociados	Código Unibán	Existencia en almacén	Hoja de ruta
Elemento principal	Acciones presentes en el plan de mantenimiento preventivo	Tiempo	Elementos asociados al elemento principal	#####	#	

Movimiento de materiales.

Verificar movimiento en almacén (Transacción SAP MMBE) de los materiales asociados al paro, tiempos, cantidades.

Hoja de ruta

Verificar si existe la actividad estándar ZM01

Verificación del ATS de trabajo

Verificar diligenciamiento del formato de ATS

Amef

Realizar amef del sistema

Socialización del informe con el equipo técnico