UNIVERSIDAD DEL AZUAY

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM de los activos críticos del área de mezclado de la empresa Continental Tire Andina S.A.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Magister en gestión de Mantenimiento

Autor: Iván Patricio Araujo Parra

Director: Gustavo Álvarez Coello

Cuenca – Ecuador

2020

RESUMEN

En este artículo se presenta la aplicación de los criterios de la herramienta Mantenimiento Centrado en Confiablidad (RCM), en la empresa Continental Tire Andina S.A. La herramienta permite obtener las tareas y frecuencias de mantenimiento que son técnicamente factibles y de mayor efectividad para ser aplicadas a los activos críticos del área de mezclado, en su contexto operacional actual, los activos críticos se determinaron a través de una matriz de criticidad. Se toma en consideración que ésta área es el inicio del proceso productivo de la empresa, al ser la encargada de abastecer de materia prima, (caucho), para las diferentes líneas de producción, como resultado se obtuvo un plan de mantenimiento que de ser aplicado permitiría mitigar los efectos de paradas indeseadas, aseguraría las funciones de los activos, facilitaría una mejora en el control de costos, se obtendría mejoras en la relación entre personal de operación, mantenimiento y producción, volviéndoles más comunicativos y comprometidos, logrando una eficacia y eficiencia en el uso de los recursos del área.

ABSTRACT

This article presents the application of the criteria of the Reliability Centered Maintenance (RCM) tool at Continental Tire Andina S.A. The tool allows to obtain maintenance tasks and frequencies that are technically feasible and of greater effectiveness in the critical assets of the mixing area in its current operational context. Critical assets were determined through a criticality matrix. It is taken into consideration that this area is the beginning of the production process of the company by supplying the raw material (rubber) for the different production lines. As a result, a maintenance plan was obtained to mitigate the effects of unwanted shutdowns, ensure the functions of the assets and facilitate better cost control. Improvements in the relationship between operation, maintenance and production personnel would also be obtained. The processes would become more communicative and committed, so that they reach efficiency and effectiveness in the use of area resources.

.....

Ing. Gustavo Álvarez

Thesis Director

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by
Ing. Paúl Arpi

Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM de los activos críticos del área de mezclado de la empresa Continental Tire Andina S.A.

Araujo-Parra Iván Patricio
Email: patoaraujo1@hotmail.com

Resumen—En este artículo se presenta la aplicación de los criterios de la herramienta Mantenimiento Centrado en Confiablidad (RCM), en la empresa Continental Tire Andina S.A. La herramienta permite obtener las tareas y frecuencias de mantenimiento que son técnicamente factibles y de mayor efectividad para ser aplicadas a los activos críticos del área de mezclado, en su contexto operacional actual, los activos críticos se determinaron a través de una matriz de criticidad. Se toma en consideración que ésta área es el inicio del proceso productivo de la empresa, al ser la encargada de abastecer de materia prima, (caucho), para las diferentes líneas de producción, como resultado se obtuvo un plan de mantenimiento que de ser aplicado permitiría mitigar los efectos de paradas indeseadas, aseguraría las funciones de los activos, facilitaría una mejora en el control de costos, se obtendría mejoras en la relación entre personal de operación, mantenimiento y producción, volviéndoles más comunicativos y comprometidos, logrando una eficacia y eficiencia en el uso de los recursos del área.

Palabras claves—Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Activos, Mixer, Plan de mantenimiento.

Abstract—This article presents the application of the criteria of the Reliability Centered Maintenance (RCM) tool at Continental Tire Andina S.A. The tool allows to obtain maintenance tasks and frequencies that are technically feasible and of greater effectiveness in the critical assets of the mixing area, in its current operational context. Critical assets were determined through a criticality matrix. It is taken into consideration that this area is the beginning of the production process of the company by supplying the raw material (rubber) for the different production lines. As a result, a maintenance plan was obtained to mitigate the effects of unwanted shutdowns, ensure the functions of the assets and facilitate better cost control. Improvements in the relationship between operation, maintenance and production personnel would also be obtained. The processes would become more communicative and committed, so that they reach efficiency and effectiveness in the use of area resources.

keywords—Reliability Centered Maintenance, assets, Mixer, Maintenance plan.

1. El mantenimiento

La función principal del mantenimiento es restablecer o conservar a los activos realizando la función para la cuál fueron diseñados, es decir, en su estado normal de operación, minimizando los efectos de las fallas y de esta manera asegurar una producción efectiva.

El mantenimiento, además aporta con la mejora en la calidad y disponibilidad, asegurando las funciones de los activos, mejorando en gran medida la eficiencia de las actividades de mantenimiento [1].

2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es una herramienta reconocida por su efectividad para encontrar las políticas de mantenimiento aplicables y factibles desde el punto de vista técnico y gracias a su efectividad se producirá un impacto económico positivo, desarrollando programas de mantenimiento altamente efectivos, a través de la aplicación de diferentes técnicas de mantenimiento que optimizan y garantizan las funciones de los activos en su contexto operacional [2] [3].

EL RCM fue desarrollado durante los años 60 y 70, por Nowlan y Heap en la industria de aviación comercial de los EEUU, debido al incremento de vuelos se incrementaron también los accidentes, los cuáles fueron producidos por fallos en los equipos, el mantenimiento que se tenía era principalmente de un recambio periódico, es decir, se realizaban revisiones y cambios de componentes de manera periódica sin considerar su estado actual, debido a la creencia equivocada de que los fallos se presentaban principalmente por desgaste de los elementos en los diferentes sistemas [4].

La herramienta RCM se ha aplicado a un sinnúmero de sistemas complejos de diferentes industrias obteniendo resultados muy favorables principalmente con los planes de mantenimiento desarrollados, logrando mayor confiablildad de los equipos, un mayor control de costos, una mejor comunicación y cooperación entre los diferentes departamentos involucrados principalmente

entre operación, producción y mantenimiento [5].

La implementación de los criterios del RCM, permite optimizar los recursos de la empresa, a través del desarrollo y optimización de planes de mantenimiento que nos permitan identificar las tareas y las frecuencias de mantenimiento que nos ayuden a asegurar que los activos en cuestión, sigan funcionado como sus usuarios lo desean en el presente contexto operacional.

3. LAS SIETE PREGUNTAS DEL RCM

Para garantizar que el proceso RCM, sea lo más eficiente y exitoso posible se deben responder las siete preguntas del RCM, en el orden especificado y con la mayor certeza [6].

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), confiere los criterios mínimos a través de siete preguntas claves para que un proceso pueda ser llamado RCM, en los activos que están siendo analizados [7].

Número	Pregunta
1.	¿Cuál es la función?, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2.	¿Cuál es la falla funcional?, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3.	¿Cuál es el modo de falla?, Que pudo causar la falla funcional.
4.	¿Cuál es el efecto de la falla?, Que ocurre cuando la falla se produce
5.	¿Cuál es la consecuencia de la falla?, Razones por las que importa que falle.
6.	¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7.	¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

Tabla 1: Preguntas básicas del proceso de RCM

Al analizar cada pregunta se obtienen datos específicos de los activos analizados como son:

El contexto operativo es una descripción clara del régimen de las condiciones de funcionamiento del activo, en donde está desarrollando sus funciones, es decir, en su actual contexto operacional y cuáles son las funciones deseadas, se deben considerar factores como: tipo de operación del activo, si dispone de redundancias, impacto ambiental y nivel de seguridad de los activos estudiados [6].

Las fallas funcionales son los estados de falla indeseables de las funciones del activo, es decir, cuando el activo ha perdido el estándar del nivel de desempeño esperado por sus usuarios [6].

Los modos de fallo hacen referencia a las causas por las cuáles un equipo puede llegar a una falla funcional, éstas pueden ser por suciedad, atascamiento, desgaste, etc.

Los efectos de la falla hacen referencia a la consecuencia o efecto asociado al modo de falla, debería disponer de la información necesaria para determinar con mayor efectividad las consecuencias, considerar que los demás equipos o procedimiento se llevaron acabo, con la finalidad de determinar con mayor efectividad los efectos generados por el modo de falla.

Las consecuencias de las fallas se clasifican de acuerdo al tipo de daño que genera como: consecuencia a la seguridad, al medio ambiente, operacionales, no operacionales y finalmente la categoría de fallas ocultas [8].

4. METODOLOGÍA

4.1. Generalidades

Continental Tire Andina S.A. al ser una empresa multinacional, debe mantener estándares de calidad y seguridad, acorde a las exigencias de la central en Alemania, obteniendo todas las certificaciones INEN en medio ambiente y seguridad, realizando innovaciones de tecnología vanguardista que aseguren la calidad del producto. Los costos de producción de la empresa son elevados debido a la dolarización del país, a la importación de varios insumos necesarios para la actividad productiva, a la reducción de mercado debido al ingreso de llantas de procedencia asiática con precios relativamente bajos, esto nos vuelve menos competitivos, reduciendo el margen para errores notablemente.

Continental Tire Andina S.A. es una empresa manufacturera del caucho, se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca - Ecuador, en la zona industrial, ubicada en la panamericana Norte km2.8, y cuenta con un talento humano de 1200 colaboradores aproximadamente trabajando en planta.

La empresa se dedica a la fabricación de neumáticos de transporte liviano (autos y camionetas), denominado PLT y para transporte pesado (buses y camiones), denominado CVT, se dispone de varias marcas, como son: Continental, General Tire, Viking y Barum, de los neumáticos fabricados se obtienen los de equipo original y reposición, los neumáticos de equipo original se comercializan principalmente para las grandes ensambladoras ecuatorianas como son: General Motors, Maresa (Mazda) y Aymesa (Kia), además éstos neumáticos se exportan a países de la región andina como: Chile, Colombia y Bolivia, [9] mientras que los neumáticos de reposición se comercializan por canales de distribución nacional como son Tedasa y Motricentro Eljuri.

4.2. Definición de los activos del área de mezclado

La empresa Continental Tire Andina S.A. está conformada por dos secciones conocidas como: planta 1 y planta 2, a su vez éstas se subdividen en cuatro subsecciones donde se producen diferentes materiales y procesos necesarios para la construcción de neumáticos, éstas subsecciones son: planta común, vulcanización, construcción y acabado final. En la sección de planta común se encuentra el área de mezclado, conformado por cuatro Mixers y una torre de enfriamiento donde cada activo se encuentra con su respectivo nombre y codificación. Como se presenta en la Figura 1 tomada de la herramienta SAP-PM.

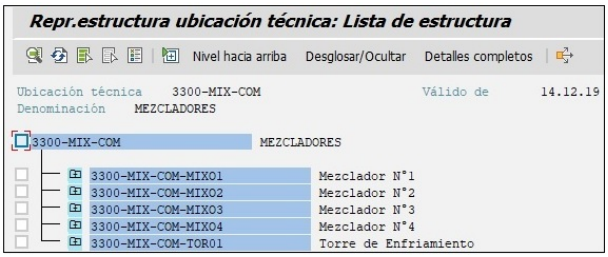


Figura 1: Estructura área de mezclado SAP-PM

La herramienta SAP-PM (Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos y PM hace referencia a un módulo específico que es Mantenimiento de Planta), es un producto de una empresa alemana que diseña un software o sistema para la gestión de mantenimiento empresarial.

El sistema SAP - PM, facilita la planificación, el procesamiento y jerarquización de información y tareas del mantenimiento de una empresa, permitiendo tomar decisiones de una manera más simple y efectiva.

Esta herramienta permite obtener una base de datos, que facilita la toma de decisiones con respecto a planificar los mantenimientos y obtener un stock de repuestos de acuerdo a históricos almacenados.

En todos los módulos SAP se tiene información base para la gestión del mantenimiento, estos son:

Ubicación técnica, hace referencia al área donde se realiza las labores de mantenimiento.

Equipos, se refiere a los activos que serán objeto de mantenimiento y de los cuáles se obtiene la información.

Lista de Materiales, es la lista de componentes de un activo, que permite gestionar la bodega de los repuestos.

Puesto de trabajo, hace referencia al personal encargado de realizar los diferentes mantenimientos [10].

En el área de mezclado perteneciente a la sección de planta 1, no hay registros de estudios, que permitan definir las tareas y frecuencias de mantenimiento óptimas, realizadas por un personal de mantenimiento que debe estar capacitado y comprometido, con la finalidad de optimizar los recursos, permitiendo garantizar la disponibilidad de los activos y disponer de un mejor control en los costos.

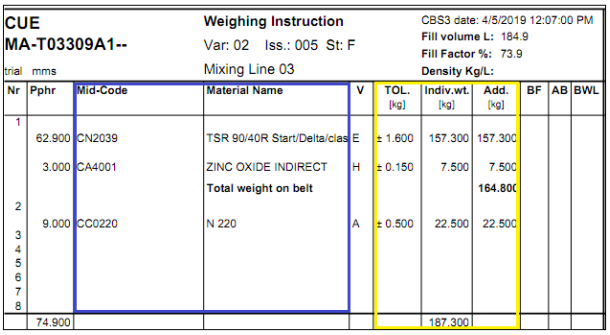
4.3. Contexto Operacional

Los mezcladores trabajan en una configuración de tres turnos, 6am - 2pm, 2pm - 22pm y 22pm a 6am, dependiendo de los requerimientos de producción, se dispone de un talento humano de veinte y cinco personas trabajando en esta área, entre operadores, personal de mantenimiento y personal administrativo, se dispone de una bodega donde se tiene almacenado tanto los repuestos comunes como los repuestos críticos, de acuerdo a recomendaciones del fabricante y también por experiencia de problemas que se han suscitado en el transcurso del tiempo de operación, éstos repuestos soportan sin inconvenientes las actividades de reparación y cambios realizados.

La cantidad de material producido como se mencionó anteriormente, depende de los requerimientos de producción, sin embargo, cabe mencionar que el Mixer 1, es de suma importancia debido a sus características mecánicas de construcción, siendo el Mixer 1 el único activo capaz de alimentar con material denominado *finales*, a el resto de líneas de producción, esto implica que a pesar de disponer de otros tres Mixers, éstos no puedan generar este tipo de material.

4.4. Funcionamiento general de los Mezcladores

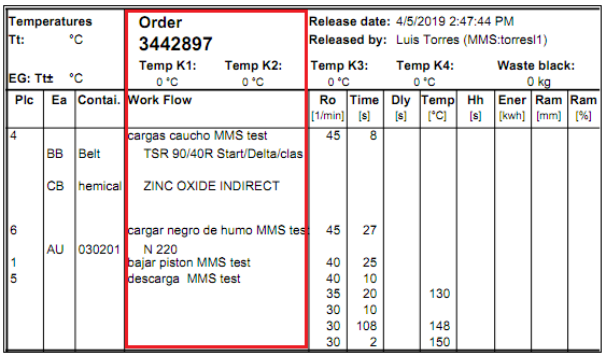
Los mezcladores realizan la mezcla de diversos compuestos químicos para la obtención del caucho que será utilizado en los siguientes subprocesos necesarios en la fabricación de neumáticos. Cada ciclo de mezcla se denomina carga o ”batch”, como se puede observar en la Figura 2 y Figura 3, tenemos la receta de un Mixer, resaltado en color azul el código y nombre de los pigmentos utilizados en la receta, en color amarillo el peso expresado en kilogramos, y en color rojo el tiempo que debe durar cada uno de los pasos de la receta utilizada.



CUE MA-T03309A1-- trial mms | Weighing Instruction Var: 02 Iss.: 005 St: F Mixing Line 03 | CBS3 date: 4/5/2019 12:07:00 PM Fill volume L: 184.9 Fill Factor %: 73.9 Density Kg/L:

Nr	Pphr	Mid-Code	Material Name	V	TOL. [kg]	Indiv.wt. [kg]	Add. [kg]	BF	AB	BWL
1	62.900	CN2039	TSR 90/40R Start/Delta/clas	E	± 1.600	157.300	157.300			
	3.000	CA4001	ZINC OXIDE INDIRECT	H	± 0.150	7.500	7.500			
			Total weight on belt				164.800			
2	9.000	CC0220	N 220	A	± 0.500	22.500	22.500			
3										
4										
5										
6										
7										
8										
	74.900					187.300				

Figura 2: Receta Mixer parte 1



Temperatures Tt: °C EG: Tt± °C | Order 3442897 Temp K1: 0 °C Temp K2: 0 °C | Release date: 4/5/2019 2:47:44 PM Released by: Luis Torres (MMS:torresl1) Temp K3: 0 °C Temp K4: 0 °C Waste black: 0 kg

Plc	Ea	Contai.	Work Flow	Ro [1/min]	Time [s]	Dly [s]	Temp [°C]	Hh [s]	Ener [kwh]	Ram [mm]	Ram [%]
4			cargas caucho MMS test	45	8						
	BB	Belt	TSR 90/40R Start/Delta/clas								
	CB	hemical	ZINC OXIDE INDIRECT								
6			cargar negro de humo MMS test	45	27						
	AU	030201	N 220								
1			bajar piston MMS test	40	25						
5			descarga MMS test	40	10						
				35	20		130				
				30	10						
				30	108		148				
				30	2		150				

Figura 3: Receta Mixer parte 2

Un Mixer (mezclador), en líneas generales, consta de una cámara de mezclado que tiene dos rotores helicoidales, llamados tornillos, y propulsados por un motor de tensión alterna, alta potencia y de velocidad variable, también posee

un pistón (neumático o hidráulico), que presiona la mezcla contra los tornillos para que ésta se homogenice (mezcle); además, un Mixer posee otros subsistemas tales como los de pesaje de negro de humo, sílice, químicos, caucho y aceites. En la Figura 4 se muestra el scada del Mixer 4, donde enmarcado en color rojo tenemos la cámara y los tornillos helicoidales, en color amarillo el martillo hidráulico y finalmente en color azul tenemos las balanzas de inyección de aceite, negro de humo y caucho.

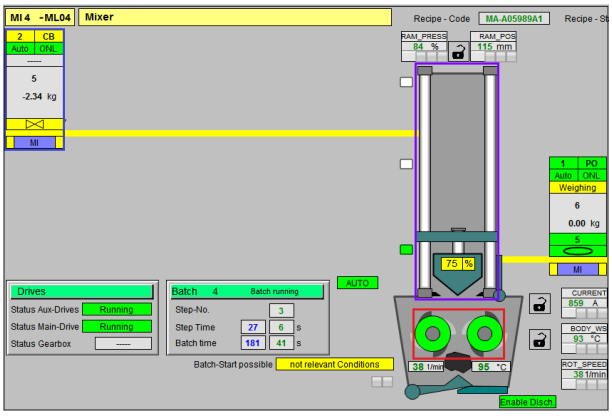


Figura 4: Scada del Mixer 4

Los polímeros utilizados son tanto de origen sintético, así como natural (látex extraído del árbol de caucho). El negro de humo es un polvo de carbono, subproducto de la quema de carbón en hornos de alta temperatura, que confiere mayor resistencia al caucho. La sílice se utiliza para compuestos con mayor dureza aún. El aceite sirve para regular la viscosidad de la mezcla y los pigmentos químicos, para acelerar el proceso de vulcanización. En la Figura 5 se observan los pigmentos utilizados durante el proceso.

Figura 5: Pigmentos utilizados para la mezcla

En cada carga, los materiales que serán mezclados son dosificados de acuerdo a especificaciones emitidas por el departamento de calidad. En la Figura 6 podemos observar el diagrama de bloques general de un Mixer.

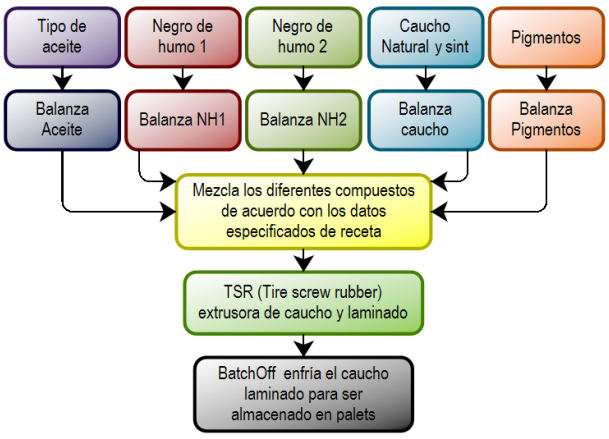


Figura 6: Diagrama de bloques general del mixer

Una vez que la carga sale de la cámara se homogeniza por mayor tiempo en un par de molinos de cilindros paralelos, obteniendo una lámina de caucho que será enfriada con aire por unos ventiladores y, finalmente, se almacena en plataformas metálicas para su distribución a otras máquinas para que continúe el proceso de fabricación.

4.5. Definición de las funciones

Para definir las funciones de cada activo nos remitimos a las preguntas claves planteadas por el RCM, donde se debe responder cada una de las preguntas con la mayor seguridad y certeza, de acuerdo al nivel de profundidad utilizado en el estudio, ya que de esto dependerá el éxito de la herramienta RCM.

Así las condiciones de funcionamiento de los activos del área de mezclado, se definen en la tabla 2.

Activos	Funciones
Mixer 1.	Produce el material final que abastece a las diferentes máquinas que forman los materiales necesarios para la construcción del neumático.
Mixer 2.	Produce un material base o primer remolido que se utiliza para alimentar al Mixer 1
Mixer 3.	Produce un material base o primer remolido que se utiliza para alimentar al Mixer 1
Mixer 4.	Produce un material base como también final de pendiendo de los requerimientos de producción pero con un compuesto adicional como es la sílica, este compuesto es utilizado para darle ciertas características de dureza al caucho, cabe mencionar que solo el Mixer 4 dispone de la estructura mecánica y controles necesarios para la utilización de este compuesto.
Torre de enfriamiento.	La torre de enfriamiento es la encargada de abasteces de agua a cierta temperatura requerida para un funcionamiento eficiente de los diferentes sistemas en donde es requerida.

Tabla 2: Funciones de los activos del área de mezclado

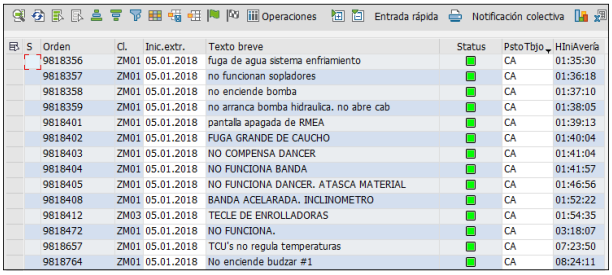
4.6. Herramientas para extraer la información

Las herramientas utilizadas para la extracción de la información son el SAP-PM y el Operator, implementadas en la planta con la finalidad de gestionar el mantenimiento y la producción respectivamente, la información se utilizó de los daños generados de Enero a Diciembre del año

2018. Además se realizaron encuestas al personal interdisciplinario, es decir, operadores, mantenedores y personal administrativo, con la finalidad de obtener información valiosa respecto a las condiciones de operación, control y mantenimiento de está área.

El *SAP-PM*, dispone de toda la información de los diferentes activos que se disponen en la empresa, almacenados en árboles jerarquizados por área, donde se encuentra información que detalla los códigos de ciertos repuestos que han sido subidos a la herramienta, la fortaleza de esta herramienta recide en que tan alimentada y actualizada se tenga a la base de datos.

La información manejada por la herramienta, nos permite filtrar la información y a su vez conocer los detalles de órdenes de trabajo generadas y atendidas, facilitando la toma de decisiones.



S	Orden	Cl.	Inic.extr.	Texto breve	Status	PstoTbjo	HIniAvería
	9818356	ZM01	05.01.2018	fuga de agua sistema enfriamiento		CA	01:35:30
	9818357	ZM01	05.01.2018	no funcionan sopladores		CA	01:36:18
	9818358	ZM01	05.01.2018	no enciende bomba		CA	01:37:10
	9818359	ZM01	05.01.2018	no arranca bomba hidraulica. no abre cab		CA	01:38:05
	9818401	ZM01	05.01.2018	pantalla apagada de RMEA		CA	01:39:13
	9818402	ZM01	05.01.2018	FUGA GRANDE DE CAUCHO		CA	01:40:04
	9818403	ZM01	05.01.2018	NO COMPENSA DANCER		CA	01:41:04
	9818404	ZM01	05.01.2018	NO FUNCIONA BANDA		CA	01:41:57
	9818405	ZM01	05.01.2018	NO FUNCIONA DANCER. ATASCA MATERIAL		CA	01:46:56
	9818408	ZM01	05.01.2018	BANDA ACELARADA. INCLINOMETRO		CA	01:52:22
	9818412	ZM03	05.01.2018	TECLE DE ENROLLADORAS		CA	01:54:35
	9818472	ZM01	05.01.2018	NO FUNCIONA.		CA	03:18:07
	9818657	ZM01	05.01.2018	TCU's no regula temperaturas		CA	07:23:50
	9818764	ZM01	05.01.2018	No enciende budzar #1		CA	08:24:11

Figura 7: SAP - PM del área de mezclado

Como podemos observar en la Figura 7, tenemos en la columna *Orden* correspondiente al número de orden generada, en la columna *Ini* tenemos la fecha de emisión de la orden de trabajo, en la columna *texto Breve* se coloca una pequeña descripción de la falla funcional del activo, en la columna *status* se encuentra el estado actual de la orden de trabajo, en la columna *Psto tbjo* hace referencia al área donde se reporta el problema y en la columna *HIniAvería* está la hora de inicio de la avería.

La herramienta *Operator*, es un software de planificación y programación de la producción, administrando los recursos de una manera efectiva y eficiente con la creación de programas eficientes de producción que permiten alcanzar los objetivos planteados.

Como beneficios directos del uso del sistema Operator, podemos citar algunos:

- Incrementa la eficiencia de los recursos.
- Facilita la visibilidad en tiempo real del estado de la producción.
- Indicadores tempranos de problemas potenciales, permitiendo tomar las acciones necesarias para solventar el problema.

En la empresa Continental Tire Andina S.A. se dispone de la herramienta Operator en cada área y línea de producción permitiendo a los operadores, mantenedores y personal administrativo del mantenimiento, optimizar el tiempo perdido por logística, la herramienta permite revisar, actualizar y editar el estado de la producción en tiempo real, las gráficas presentadas por el sistema son muy amigables y de fácil lectura.

El programa Operator de la empresa está enganchado a la red de conti facilitando su revisión y toma de decisiones de acuerdo a las necesidades de producción requeridas en el momento de la revisión.

El Operator dispone de un código numérico y de colores para determinar el funcionamiento de los activos según la condición en tiempo real, facilitando que se determine de una manera ágil las condiciones y los requerimientos de los activos y realizar los correctivos necesarios según los requerimientos de la producción. Los códigos disponibles en la herramienta Operator, los podemos observar a continuación en la tabla 3.

Código	Significado
620	Retrasos de producción
740	Mantenimiento programado
100	Setup
710	Limpieza de moldes
900	Sin programa de producción
410	Falta de personal
720	Comida y descanso
240	Inicio de turno / Fin de turno
999	Sim no disponible
450	Pruebas / Ensayos
646	Problemas de calidad
840	Parada indefinida
300	Daño de máquina
301	Esperando mantenimiento
302	Esperando operador
500	Falta de material
508	Sin materia prima
522	Sin llanta verde
535	Sin goma
541	Falta de material x Variación Inv

Tabla 3: Código númerico y de colores del Operator

La Figura 8 muestra la visualización del Operator, en donde se observa enmarcado en color rojo, los activos del área de mezclas con su respectivo nombre y codificación para identificarlos, enmarcado en color violeta, el código numérico y de colores presente de acuerdo a las condiciones de los activos en ese momento, enmarcado en color azul tenemos varios casilleros en donde podemos colocar los filtros necesarios de acuerdo a nuestros requerimientos y necesidades para visualizar y obtener la información, del turno, la fecha, la hora y grupos de máquinas requeridas en ese momento.

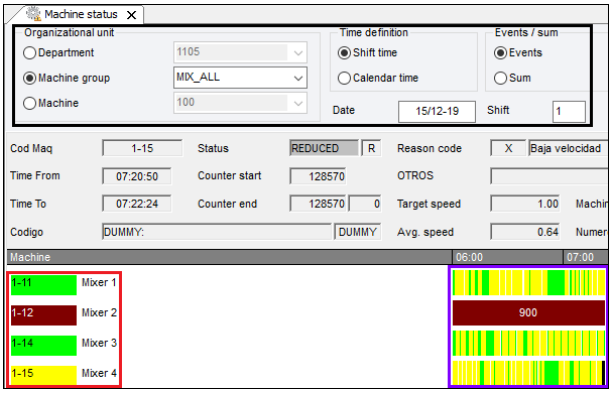


Figura 8: Herramienta Operator del área de mezclado

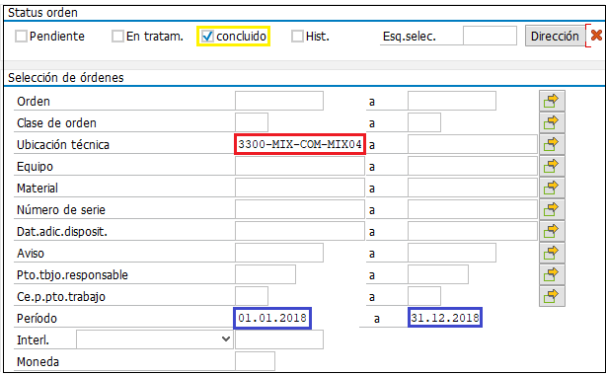


Figura 9: Cuadro para filtrar información del SAP-PM

También se realizaron encuestas al personal operativo, administrativo y de mantenimiento del área en estudio, con la finalidad de determinar el impacto en los diferentes campos de estudio, como son: afección operacional y no operacional, afección seguridad y afección al medio ambiental.

En la actualidad el área de mezclado dispone de un talento humano formado por veinte y cinco personas, entre personal de operación con su respectivo ayudante, supervisor y personal de mantenimiento. Se dispone materiales y repuestos necesarios en la bodega de la empresa que soportan sin problema las actividades de reparación y adecuaciones.

4.7. Aplicación de la Matriz de Criticidad

.

La criticidad es un indicador proporcional al riesgo, el cuál nos permite priorizar los procesos, sistemas o equipos facilitando la toma de decisiones y optimizando la utilización de recursos en el área donde se requiere mejorar la confiabilidad operacional. La criticidad matemáticamente se expresa:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

La frecuencia corresponde al número de fallas que el sistema presenta, esto se multiplica por la consecuencia que se la asocia a los impactos, los cuáles se clasifican en: impacto a la seguridad, impacto operacional, impacto no operacional e impacto al ambiente entre otros [11] [12].

De la herramienta SAP-PM, se obtuvieron las ordenes de trabajo que fueron atendidas por el personal de mantenimiento. La información se filtro para cada Mixer, tomando como parámetros: los cuadros resaltados de colores en la Figura 9, en la barra de selección *Status Orden* resaltado en amarillo, se señaló la casilla de ordenes concluidas, en la barra de *selección de órdenes*, tenemos la ubicación técnica resaltado en color rojo, donde se coloca el código del área y máquina del la cuál se requiere la información, en este caso del Mixer 4 y el período resaltado en color azul, se coloca la fecha de inicio y finalización de la búsqueda de la información, siendo ésta de Enero a Diciembre de 2018.

En la tabla 4, correspondiente al Operator tenemos: en la columna de la izquierda *Machine*, la codificación utilizada en el Operator de cada uno de los Mixers, mientras que en la columna la derecha *Acc total time* tenemos el tiempo total de funcionamiento de cada uno de los Mixers, tomando en cuenta el año de referencia para el estudio.

Machine	Acc total time
1-11	8222.65
1-12	8057.45
1-14	8058.89
1-15	8061.21

Tabla 4: Tiempo de operación de los Mixers

Las entrevistas se realizaron al personal interdisciplinario que pertenece al área de mezclado, quienes nos facilitaron la información del impacto, de acuerdo a su percepción, que se genera en cada uno de los criterios que se están estudiando, ésta entrevista se realizó considerando una escala del 1 al 5, siendo 1 el impacto menos significativo y 5 el más significativo.

Luego de extraer la información, se procede a colocar los datos en la matriz de criticidad, obteniendo como resultado los equipos críticos del área de mezclado, el Mixer 1 y el Mixer 4 como se puede observar en la tabla 6.

Criterios	Criticidad alta	entre 16 y 25
	Criticidad media	entre 10 y 15
	Criticidad baja	entre 1 y 9

Tabla 5: Criterios

Matriz de Criticidad		
Valor	Criticidad	Item
20	Alta	Mixer 1
08	Baja	Mixer 2
15	Media	Mixer 3
20	Alta	Mixer 4

Tabla 6: Equipos críticos del área de mezclado

La tabla 5 muestra el cuadro de *criterios*, con tres niveles de criticidad, acompañados de un semáforo para facilitar y mejorar la percepción visual, éstos se escalaron: entre 1 y

9 como baja criticidad resaltado en color verde, entre 10 y 15 criticidad media, resaltado en color amarillo, finalmente, entre 16 y 25 criticidad alta resaltado en color rojo.

La tabla 6 muestra en la columna *valor* los datos obtenidos como resultado de multiplicar la frecuencia por la consecuencia, con valores entre 1 y 25, en la columna *criticidad*, tenemos el resultado, expresada con el semáforo de acuerdo a su criticidad, como alta, media y baja, y en la columna *item* indica el nombre de los diferentes activos que han sido objetos del estudio.

Luego de obtener los resultados de los equipos críticos del área de mezclado, se buscan los sistemas críticos del Mixer 1 y Mixer 4, filtrando la información del SAP-PM, y realizando una nueva encuesta al personal que interviene directamente en el área, se aplica nuevamente la matriz de criticidad, obteniendo como resultado: el *sistema de mezclado* y el *sistema Batch Off* como críticos para el activo Mixer 1.

Matriz de Criticidad Mixer 1		
Valor	Criticidad	Sistemas
2	Baja	Absorvedor de negro de humo
5	Baja	Absorvedor de gases TSR
1	Baja	Tecle tercer piso
4	Baja	Soplador del motor
23	Alta	Mezclador
14	Media	Panel del operador
11	Media	Cargador de láminas de caucho
13	Media	Balanza de caucho
3	Baja	Guillotina de pacas
13	Media	Transportador de alimentación
14	Media	Molino droop
13	Media	Transportador entre molinos
14	Media	Molino sheeter
10	Media	Banda inclinada
5	Baja	Tina de lechada
4	Baja	Tanque de preparación
18	Alta	Batch off
14	Media	Almacenadores
6	Baja	Sistema de cámaras de video
2	Baja	Transportador para SM alterno
2	Baja	Sim

Tabla 7: Sistemas críticos del Mixer 1

En la tabla 7 la matriz de criticidad muestra: en la columna *Valor* que expresa un valor numérico entre 1 y 25, resultado de escalar el nivel de criticidad, en la columna *criticidad*, tenemos el tipo de criticidad con su respectivo color y en la columna *sistemas*, tenemos todos los sistemas del Mixer 1, resaltado en color rojo los sistemas que se obtuvieron como críticos.

Mientras que para el activo Mixer 4, se identificó un equipo crítico que corresponde al mezclador, como se puede observar resaltado en color rojo, en la tabla 8.

4.8. Funciones de los sistemas críticos

Para definir las funciones de los sistemas se contestan las preguntas planteadas por la herramienta RCM ¿Qué es lo que el sistema debe hacer en su actual contexto operacional? y ¿cuáles son las condiciones ideales de funcionamiento?.

Matriz de Criticidad Mixer 4		
Valor	Criticidad	Sistemas
6	Baja	Absorvedor de negro de humo
3	Baja	Absorvedor de gases TSR
2	Baja	Absorvedor de gases batch off
13	Media	Pesaje de negro de humo
11	Media	Tecle tercer piso
13	Media	Balanza pesaje de aceite
24	Alta	Mezclador
11	Media	Sistema de silano líquido
10	Media	Panel Operador
11	Media	Cargador de láminas de caucho
10	Media	Balanza de caucho
5	Baja	Guillotina de pacas
14	Media	Transportador de alimentación a cámara
9	Baja	Extrusora TSR
5	Baja	Calandria TSR
9	Media	Banda inclinada
2	Baja	Sistema cámara de video
9	Baja	Tina de lechada
3	Baja	Tanque de preparación de lechada
14	Media	Batch Off
7	Baja	Almacenadores
0	Baja	SIM

Tabla 8: Sistemas críticos del Mixer 4

Los sistemas críticos identificados del Mixer 1 corresponden al *Mezclador* y al *Batch Off*. En donde el mezclador tiene como función mezclar todos los compuestos necesarios, de acuerdo, a la receta en ejecución, bajo condiciones especificas de funcionamiento, como son cumplir con los parámetros especificados de temperatura y tiempo.

El *batch Off*, su función es enfriar y almacenar el material, éste se va enfriando a través de grupos de ventiladores ubicados estratégicamente en un pequeño cuarto, donde el material se almacena temporalmente en forma de loop en unas barras metálicas, para finalmente ser almacenado en palets para su posterior distribución.

4.9. Listado de los equipos del mezclador del Mixer 1

Del SAP-PM, se extraen los equipos que forman parte de los sistemas críticos del Mixer 1, con su respectivo código resaltado en color verde, el código es generado por la herramienta, para gestionar la información almacenada del equipo especificado con ese código, como podemos ver a continuación en la Figura 10 y Figura 11 .

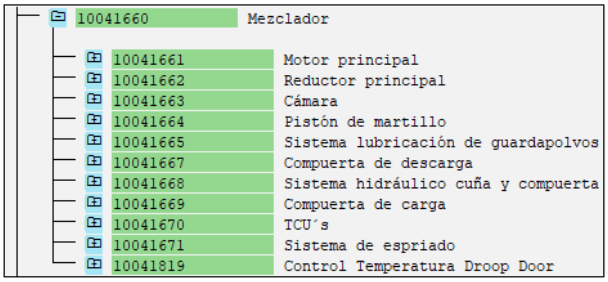


Figura 10: Equipos del mezclador del Mixer 1

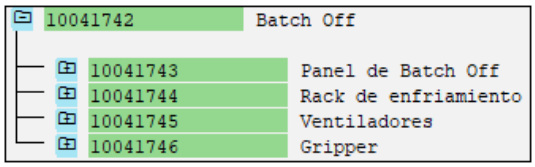


Figura 11: Equipos del Batch Off del Mixer 1

Del mismo modo se muestra la información de los equipos que forman parte del sistema crítico del Mixer 4, mostrando la información a continuación en la Figura 12.

4.10. Listado de los equipos del Mixer 4

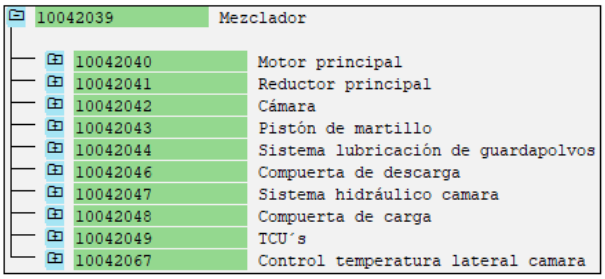


Figura 12: Equipos del mezclador Mixer 4

4.11. Fallas funcionales

De acuerdo al proceso de RCM, Las fallas funcionales se definen como las condiciones en donde el activo es incapaz de cumplir con la función para la cuál fue diseñado, según los estándares requeridos por el usuario.

En el Mezclador del Mixer 1, se definen seis estados de fallas funcionales, mientras para el batch off se definen cuatro estados de fallas funcionales.

Para el Mixer 4, se definen dos estados de falla funcionales, ya que el Mixer 4, es relativamente nuevo, sin embargo los estados de falla son de consecuencias muy graves para la producción.

Para la revisión de los estados de falla de los sistemas, tanto del Mixer 1, como del Mixer 4 remitirse al anexo 1 y anexo 2 correspondientes a la hoja de información del Mixer 1, y la hoja de información del Mixer 4 respectivamente.

4.12. Modos de falla

En términos generales los problemas que se generan en los activos son llamados de una manera errada como ”fallas”, sin considerar que un modo de falla son los eventos que provocan una falla funcional.

Los modos de falla deben estar bien entendidos y fundamentados ya que en función al detalle del modo de falla podremos determinar con mayor certeza las tareas efectivas que permitan minimizar sus efectos, pero no se debe exagerar profundizando en los modos de fallas ya que podría ser una tarea que exija demasiados recursos y tiempo resultando improductivo para el objetivo planteado [13].

Los modos de falla se especifican de acuerdo a los criterios citados a continuación [14]:

Entre los más comunes están los modos de falla causados por deterioro o desgaste normal, también están los causados por una mala maniobra por parte del personal de operación o mantenimiento, y las causadas por errores de diseño los cuáles se pueden identificar y ser tratados.

Los modos de falla como resultado del presente estudio se pueden observar en el anexo 1 y 2.

4.13. Efectos de la falla

El siguiente paso en el proceso RCM, es el análisis de los efectos de las fallas, [14] las cuáles nos describen con exactitud lo que pasa cuando ocurre cada falla, [13] es decir, de las evidencias de que ha ocurrido la falla, las consecuencias para la producción, operación y los posibles daños físicos generados.

Los efectos de las fallas, como resultado del presente estudio se pueden observar en el anexo 1 y 2.

4.14. Consecuencias de la falla

Las tareas de mantenimiento que se definen en este paso del RCM, son en función de la severidad de los modos de fallo encontrados, es decir que para modos de fallo muy complejos se tomaran acciones proactivas severas, mientras que para modos de fallo no severos o de consecuencias mínimas se podrá realizar alguna acción proactiva una vez presentada la falla.

Las consecuencias en el RCM se clasifican en cuatro importantes grupos que son: consecuencias de fallas ocultas, consecuencias a la seguridad y medio ambiente, consecuencias operativas y consecuencias no operativas [14] [13].

En este paso del proceso del RCM, nos ayuda a comprender e interiorizar que no todas las fallas son malas y deben ser prevenidas, en este estudio en especial se determinaron las consecuencias operativas, y están detalladas en los anexos 1 y 2.

4.15. Tareas de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento según la concepción del RCM, para enfrentar las consecuencias a los modos de fallo, se dividen en dos grupos principales, de acuerdo a las consecuencias encontradas, como son las tareas proactivas y tareas alternativas [3].

Las tareas proactivas a su vez están divididas en tareas preventivas, predictivas y según la condición, las tareas preventivas a su vez tiene dos variantes: la sustitución cíclica y la restauración cíclica, mientras que las tareas alternativas contemplan, tres grupos como son: funcionamiento hasta el fallo, búsqueda de fallos y modificación [3].

Las tareas a condición que se realizan son principalmente de limpieza, inspección visual de las principales variables como son: de corriente, voltaje y presiones que están visualizados en las pantallas de los operadores, también monitoreo de la condición de las barras metálicas pertenecientes al rack de enfriamiento del Batch Off del Mixer 1, la sustitución cíclica de varios elementos mecánicos de la compuerta de carga y descarga además de restauración cíclica de elementos mecánicos como ajuste de pernos y válvulas.

Las tareas alternativas encontradas e incluidas en este estudio se determinaron: funcionamiento hasta el fallo de sensores y drives de control de ambos Mixers y una modificación en los filtros duplex que se encuentran en el ciclo cerrado con la torre de enfriamiento que alimenta al sistema de los Mixers.

El detalle completo del plan de mantenimiento obtenido en este estudio se puede observar en el anexo 3.

5. CONCLUSIONES

La aplicación del plan de mantenimiento propuesto, podría mejorar y asegurar la disponibilidad de los activos del área de mezclado, a través de la realización de las tareas y frecuencias de mantenimiento propuestas, realizadas por el personal interdisciplinario, logrando reducir las paradas indeseables y obtener mejora en el los costos de mantenimiento y operación.

Las herramientas utilizadas en la empresa con la finalidad de gestionar la producción y el mantenimiento, son el Operator y el SAP-PM respectivamente, éstas herramientas no están siendo explotadas en toda su capacidad, debido a la falta de capacitación del personal, el estudio evidenció que la información subida en la herramienta está incompleta o mal llenada, produciendo que no se muestre por completo la realidad de los problemas de los activos en las diferentes áreas de la empresa, produciendo que no se tomen acciones que mitiguen o eliminen las fallas.

En la empresa Continental Tire Andina S.A. a través de las herramientas utilizadas para la gestión del mantenimiento, producción y encuestas realizadas al personal operativo, de mantenimiento y administrativo del área, pudimos obtener, aplicando la matriz de criticidad los activos críticos, y los sistemas críticos que se analizaron, mostrando los resultados en los anexos del presente estudio.

Se identificaron los problemas significativos que producen una baja eficiencia en el funcionamiento de los activos, entre estos tenemos, la falta de capacitación del personal, la falta de políticas de mantenimiento eficaces, la falta de un procedimiento estandarizado para el personal operativo y de mantenimiento.

Con la aplicación de la herramienta RCM, se obtuvo un plan de mantenimiento, es decir, las frecuencias y las tareas de mantenimiento que nos permitirán mitigar los problemas de parada de maquinaria, mejorando el desempeño y reduciendo los costos del área en general.

6. RECOMENDACIONES

Es recomendable la aplicación del presente estudio en la empresa Continental Tire Andina S.A, específicamente en el área en donde se realizó el estudio con la herramienta RCM y de ésta manera poder cuantificar los resultados positivos, con la finalidad de hacer extensiva la aplicación de esta herramienta en otras áreas de la empresa, tomando como base el presente estudio, logrando optimizar el uso de los recursos, y ser una empresa más competitiva y estable en el mercado nacional e internacional.

Se aconseja implementar un plan de capacitaciones continuas al personal tanto operativo como de mantenimiento con la finalidad de estar a la vanguardia en la aplicación, manejo y control de las nuevas tecnologías, que ayudarán sin duda a un trabajo más eficiente y seguro brindando mayor empoderamiento y comprensión de las funciones en sus puestos de trabajo.

Se sugiere el desarrollo de procedimientos estandarizados para el personal de operación y mantenimiento que asegure las funciones correctas de los diferentes activos del área, logrando incrementar la vida útil de los equipos y sistemas.

Se propone una revisión y actualización de los planos mecánicos eléctricos y electrónicos, los cuáles deberían ser colocados en cada activo con la finalidad de reducir los tiempos perdidos por logística.

Se invita a empoderar y concientizar al personal interdisciplinario de la importancia de las herramientas utilizadas para la gestión del mantenimiento y la producción, SAP-PM y Operator respectivamente, para que la información subida a las herramientas sea lo más veraz y oportuna posible, transparentando y facilitando el tratamiento de la información, facilitando la toma de decisiones, la actualización de los planes de mantenimiento y que contribuyan a mejorar significativamente la eficiencia de la empresa en todo su conjunto.

Durante la realización del presente trabajo, se hizo evidente las falencias en el mantenimiento y a su vez la importancia del empoderamiento y disposición que tiene el personal que se desenvuelve en su puesto de trabajo día a día, aportando de manera significativa con su experiencia y conocimientos para la realización del plan de mantenimiento propuesto.

REFERENCIAS

[1] J. Acuña Acuña, "Mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm) usando estimaciones experimentales," 2013.

[2] A. Torres Valle, M. Perdomo Ojeda, D. Fornero, and R. Corcuera, "Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la central nuclear de embalse," *Nucleus*, no. 47, pp. 24–29, 2010.

[3] L. F. Sexto, "La evaluación de tareas en un proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad," 2008.

[4] J. Moubray, "Otras versiones de rcm?" *Soporte & Cia LTDA*, 2005.

[5] P. Romero Carranza, "Análisis de criticidad y estudio rcm del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón," 2003.

[6] R. Huerta, J. López, C. Parra, V. Villavicencio, and J. Pirela, "Lecciones aprendidas en el proceso de implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en el sector petrolero," 2000.

[7] A. J. Hung, "Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la planta oscar a. machado edc; reliability centered maintenance as a strategy to support availability and forced outages indicator," *Ingeniería energética*, vol. 30, no. 2, pp. 13–18, 2009.

[8] M. Quispe and K. Alberto, "Mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm)," 2019.

[9] D. E. Villacreses Torres, "Análisis de efectos y modo de falla aplicada a maquinaria de vulcanización plt radial que operan en continental tire andina. sa 2017," Master's thesis, Universidad del Azuay, 2018.

[10] J. A. Sanchez Cabezas, J. L. Rincon Grass *et al.*, "Implementación de rcm para los activos críticos de materias primas de una fábrica de vidrio."

[11] R. H. Mendoza, "El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional//criticality analysis, a methodology to improve the operational reliability." *Ingeniería Mecánica*, vol. 3, no. 4, pp. 13–19, 2000.

[12] A. del Castillo-Serpa, M. Brito-Ballina, and E. Fraga-Guerra, "Análisis de criticidad personalizados//analysis of criticity personalized," *Ingeniería Mecánica*, vol. 12, no. 3, pp. 1–12, 2009.

[13] J. A. G. Gallego, J. J. M. Flórez, and S. M. P. Londoño, "Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en rcm para líneas de transmisión de 115kv," *Scientia et technica*, vol. 2, no. 42, 2009.

[14] J. Moubray, "Mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm)," *Asheville, North Carolina USA: Aladon LLC*, 2004.

7. ANEXO 1

HOJA DE INFORMACIÓN							
Activo: Mixer 1		**Área:** Mezcladores		**Responsable:** Jefe de Área		**Sistema:** Producción	
Función		**Fallas**		**Modos de falla**		**Efectos**	
1	Girar los rotores a velocidad de a cuerdo a datos de receta	A	Motor pierde capacidad de movimiento	1	Protección eléctrica activada por sobre carga (3 veces por turno)	Al momento de arrancar el motor desde el panel del operador éste no responde, provocando indisponibilidad, el exceso de material debido ha que no se ha realizado la descarga anterior provoca sobrecarga. Ésta actividad le toma al mantenedor 30min.
				2	Drive de control en falla(1 vez al mes)	Cuando el operador realiza el arranque del motor éste no responde, revisar las condiciones de funcionamiento le toma al mantenedor 40min
2	Controlar la subida y bajada del martillo	A	Incapaz de realizar movimientos	1	Fugas de aire en las uniones del pistón.(cada 3 meses)	Al iniciar la secuencia de mezclado de los diferentes compuestos, se nota que falta movimiento del martillo, afectando directamente al molido de los compuestos, se encuentra desgaste en la prensa estopa ésta tarea le toma al mentenedor 1 hora.
				2	Válvulas de control trabadas (cada mes)	En el paso de funcionamiento del pistón se nota una falta de movimiento, generando una alerta en el scada de la pantalla del operador, la carga en proceso se quema, el caucho se vulcaniza, el tiempo para sacar el caucho vulcanizado, requiere un tiempo de espera de 2h para evitar que se incedie la cámara. El tiempo de destrabado del válvula es de 30min.
3	El guardapolvos evitar fugas de los compuestos volátiles la cámara	A	Incapaz de retener compuestos volátiles de cámara	1	1. Se taponan los ductos de lubricación (1 vez al mes)	Al existir un taponamiento de los ductos y aumento de la viscocidad del aceite, produce un desgaste acelerado del los sellos de bronce del guardapolvos.La tarea tiene una duración de 4 horas.
4	La TCU controla la temperatura de los rotores de acuerdo al valor de temperatura seteado	A	Incapaz de controlar la temperatura especificada	1	Taponados Filtros duplex con sedimento (semanalmente)	Incremento de la tempearatura, causa calentamiento del motor aferctando la vida útil de sus componentes. La tares dura 4 horas.
5	El sistema de espriado facilita la alimentación de los compuestos a la cámara, en el momento requerido	A	Incapaz de rociar aceite para descenso de los compuestos	1	rociador taponado (cada día)	Al enviar los diferentes compuestos a la cámara éstos no descienden con facilidad, el tiempo estimado es de 2 horas.
6	La compuerta de descarga asegura el cierre de la cámara, una vez que se inicie el ciclo de funcionamiento	A	Incapacidad para mantener posición de cerrado durante la secuencia	1	Temperatura supera valor de setpoint (3 días)	El operador intenta arrancar el proceso pero se genera una alarma en el scada indicando sobretemperatura, al revisar el controlador se encuentra cambiado valor de setpoint, la tarea toma un tiempo de 1 hora.
				2	Sensores de la compuerta se aflojan (8 días)	Al realizar el proceso no hay señal de compuerta cerrada por lo tanto no se puede continuar, él trabajo de ajustar toma un tiempo de 45 min.
				3	Rotura de las mangueras de refrigeración (15 días)	Se tiene una alarma de temperatura elevada la cuál no permite inicio de la secuencia, la identificación y cambio de las mangueras tiene un tiempo estimado de 1,5 horas.

Tabla 9: Muestra la información requerida del activo crítico Mixer 1 del área de mezclado, a travéz de las respuestas a las primeras cuatro preguntas de la metodología RCM

Consecuencias	**Actividades de mantenimiento**	**Sostenibilidad**				**Factibilidad técnica**
		Costo Ejecución de tarea	**< / >**	**Costo consecuencia operacional+ reparación**	**Sostenible/ No Sostenible**	**FACTIBLE / NO FACTIBLE**
Operacionales	Revisar antes de iniciar el proceso, que la balanza se encuentre vacía, una revisión al iniciar el turno de las cndiciones ideales para operación de la máquina.	$ 112,50	<	$ 3.000,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Hacer una revisión de datos de la receta y parámetro iniciales para funcionamiento.	$ 5,00	<	$ 200,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Realizar un cambio de la presan estópa cada 2 meses, independiente del estado ya que aseguraría la producción	$ 207,50	>	$ 200,00	No Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo. La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Revisión visual estado de las válvulas asdemás de un ajuste de las válvulas principales cada mes, la tarea la realizará el personal de mtto mecánico	$ 18,75	<	$ 500,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo. La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Revisión visual del estado de los ductos de lubricación, tarea realizada por el personal de mantenimiento mecánico	$ 80,00	<	$ 800,00	Sostenible	FACTIBLE.Se dispone del personal técnico para realizar la tarea
Operacionales	Limpieza diária de los filtros dúplex, la tarea la realzará el personal de Mtto mecánico	$ 120,00	<	$ 800,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo. La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Al inicio de cada turno realizar una revisión visual del estado del rociador, la tarea la realzará personal de operación	$ 300,00	<	$ 400,00	Sostenible	FACTIBLE.El personal de producción dispone de la capacitación necesaria para realizar la tarea
Operacionales	Colocar clave de autorización con la finalidad que no se pueda variar el valor de temperatura, la tarea la realizará el personal de mtto electrónico	$ 30,00	<	$ 400,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal técnico para la tarea.
Operacionales	Revisión visual además de calibrar y ajustar sensores de compuerta semanalmente	$ 22,50		$ 90,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone del personal técnico, información de los diferentes sensores para realizar la tarea. La tarea toma menos tiempo que la reparación del fallo y tiene efectos mínimos sobre la operación
Operacionales	Revisión visual del estado de las mangueras, semanalmente.	$ 22,50	<	$ 300,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal técnico para la tarea.

Tabla 10: Indica las tareas y frecuencias de mantenimiento requeridas, luego de realizar el análisis de la metodología RCM

8. ANEXO 2

HOJA DE INFORMACIÓN						
Activo:		**Área:**		**Responsable:**		**Sistema:**
Mixer 4		Mezcladores		Jefe de Área		Mezclador
Función		**Fallas Funcional**		**Modos de falla**		**Efectos**
1	Homogeniza y presiona la mezcla durante el ciclo	A	El martillo no realiza el movimiento ascendente descendete	1	válvula de control trabada	Al iniciar el ciclo no tiene la fuerza necesaria para subir el pistón, el operador puede visualizar la diferencia, la tarea realizada por el personal de mtto dura 2 horas
				2	Descalibrado el nivel de presión (1 vez por semana)	Operador puede observar que la presión para el funcionamiento no es la requerida, por lo tanto máquina presenta indisponibilidad. La calibración tiene una duración de 8 horas
	La TCU controlar la temperatura de acuerdo a valor seteado		Incapaz de controlar la temperatura	1	Filtros del intercambiador de calor sucios, (3 veces por semana)	La temperatura empieza a salirse de tolerancia produciendo indisponibilidad del equipo, la tarea ejecutada por el personal de Mtto dura 1 hora
2	Los filtros duplex filtran diferentes contaminates que proviene del circuito de refrigeración de los mixers	A	pierde capacidad de filtrar contaminates del agua	1	agua contaminada con desechos y cedimentos	Tapa las cañerias y ensucia los elementos como filtros de los intercambiadores de calor y el serpentin de la cámara del mixer. La tarea le toma al personal de mtto un tiempo de 2 horas

Tabla 11: Muestra la información requerida del activo crítico Mixer 4 del área de mezclado, a travéz de las respuestas a las primeras cuatro preguntas de la metodología RCM

Consecuencias	**Actividades de mantenimiento**	**Sostenibilidad**				**Factibilidad técnica**
		Costo Ejecución de tarea (USD)	**< / >**	**Costo consecuencia operacional+ reparación (USD)**	**Sostenible/ No Sostenible**	**FACTIBLE / NO FACTIBLE**
Operacional	Inspección visual y ajuste de las principales válvulas al inicio de cada turno	$ 60,00	<	$ 400,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo.
Operacional	Calibración de la presión del hidráulico una vez al mes.	$ 240,00	<	$ 1.600,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo.
Operacional	Limpieza delos filtros del intercambiador de calor	$ 90,00	<	$ 200,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo.
Operacional	Modificación del sistema de filtrado	$ 120,00	<	$ 1.600,00	Sostenible	FACTIBLE. Se dispone de personal operativo capacitado y de manómetros marcádos con las respectivas presiones de trabajo.

Tabla 12: Indica las tareas de mantenimiento requeridas, luego de realizar el análisis de la metodología RCM

9. ANEXO 3

PLAN DE MANTENIMIENTO MEZCLADORES			
Sistema: Mezcladores		**Facilitador:** Iván Araujo	**Fecha:** 12/10/2019
Componente	**Tares de Mantenimiento**	**Frecuencia**	**Departamento**
Batch Off MIixer 1	Chequeo de los estados de falla en los equipos y un check list de drives críticos	DIARIO	Mtto Planta Común
	Realizar una limpieza de los diferentes equipos ubicados en el tablero batch off	SEMANAL	Mtto Planta Común
	Chequeo visual y ajuste de los conectores de los diferentes borneras de los elementos del tablero	TRIMESTRAL	Mtto Planta Común
	Realizar un ajuste de los pernos del rack de enfriamiento	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Chequeo visual y cambio por condición, del estado de las barras del rack de enfriamiento	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Chequeo y limpieza de los ventiladores	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Revisión visual del estado de los cables y conectores además de un ajuste de los diferentes sensores	MENSUAL	Mtto Planta Común
Mezclador Mixer 1	Al iniciar el turno verificar que la balanza esté vacía y un chequeo de las condiciones ideales de operación de la máquina.	DIARIO	Personal de operación
	Hacer una revisión de datos de la receta y parámetro iniciales para funcionamiento.	DIARIO	Mtto Planta Común
	Realizar un cambio de la prensa estópa, independiente del estado ya que aseguraría la producción	TRIMESTRAL	Mtto Planta Común
	Revisión visual estado de las válvulas, además de un ajuste de las válvulas principales.	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Revisión visual del estado de los ductos de lubricación.	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Limpieza filtros dúplex, actualizar a un sistema de filtros con purga manual o automática.	SEMANAL	Mtto Planta Común
	Al inicio de cada turno realizar una revisión visual del estado del rociador	DIARIO	Personal de operación
	Colocar clave de autorización con la finalidad que no se pueda variar el valor de temperatura	SEMESTRAL	Mtto Planta Común
	Revisión visual, ajuste y calibración de los sensores de compuerta.	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Revisión visual del estado de las mangueras.	SEMANAL	Mtto Planta Común
Mezcladores Mixer 4	Inspección visual y ajuste de las principales válvulas al inicio de cada turno	DIARIO	Mtto Planta Común
	Calibración de la presión del hidráulico	MENSUAL	Mtto Planta Común
	Actualización de conocimientos del personal multidisciplinario	ANUAL	Ingeniería Planta Común
	Actualización de Manuales y planos tanto eléctricos como mecánicos	ANUAL	Ingeniería Planta Común
	Generar manual operativo	ANUAL	Ingeniería Planta Común
	Cambio de pt100	TRIMESTRAL	Mtto Planta Común
	Limpieza de los filtros y del intercambiador de calor	SEMANAL	Mtto Planta Común
Torre de Enfriamiento	Modificación del sistema de filtrado	SIN FRECUENCIA	Ingeniería Planta Común

Tabla 13: Plan de mantenimiento