

Diseño de un plan de mantenimiento basado en condición para la empresa Molinos Guanentá S.A.S

Design of a maintenance plan based on condition for the company Molinos Guanentá S.A.S

Paredes Solano, Patricia¹, Carreño Aguilar, Edgar¹ y Méndez Bueno, Roosbelt V.²
Fundación Universitaria de San Gil –UNISANGIL- Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa Ingeniería de Mantenimiento
San Gil, Colombia.

patriciaparedes@unisangil.edu.co
edgarcarreno@unisangil.edu.co
rmendez@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: 14 de febrero 14 de 2018

Fecha de aceptación: 15 de junio de 2018

Resumen- El mantenimiento es un campo de la ingeniería que al aplicarse eficazmente fortalece la competitividad de empresas industriales. La importancia del diseño e implementación de un plan de mantenimiento basado en condición o mantenimiento preventivo se evidencia en la condición de los equipos, su monitoreo y conservación, además de los datos que se recogen y que son muy valiosos para realizar análisis técnicos. Este artículo se enmarca en el estudio de los posibles factores o variables a tomar en cuenta para realizar un mantenimiento basado en condición MBC; así como un organizado plan de mantenimiento de los equipos consignado en una base de datos o herramienta denominada "Doclite", la cual permite organizar información, registrar datos técnicos relevantes y programar las actividades fundamentales para llevar un adecuado monitoreo de los equipos de la empresa. Se tomó como referente la industria Molinos Guanentá S.A.S para generar el diseño de un plan de mantenimiento basado en condición.

Palabras claves - Mantenimiento basado en condición, Mantenimiento predictivo, Monitoreo de condición, equipos críticos.

Abstract – Maintenance is a field of engineering, which when applied effectively it strengthens the competitiveness of industrial companies. The importance of the design and implementation of a maintenance plan based on predictive maintenance or condition is reflected on the condition of the equipment, its monitoring and conservation, as well as the collected data which are very valuable for doing technical analysis. This article is framed within the study of the possible factors or variables to be taken into account to carry out a maintenance based on MBC condition. As well as an organized plan of equipment maintenance consigned in a database or tool called "Doclite" which allows to organize information, record relevant technical data and program the fundamental

activities to carry an adequate monitoring of the company's equipment. The company Molinos Guanentá S.A.S was taken as a reference to generate the design of a maintenance plan based on condition.

Key words - Condition-based maintenance, predictive maintenance, condition monitoring, critical equipment.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa Molinos Guanentá S.A.S. es una sociedad por acciones simplificada, está constituida legalmente y su principal actividad es "la elaboración de productos de molinería", se encuentra ubicada en la localidad de Curití, en el departamento de Santander, Colombia. Esta empresa se encuentra registrada comercialmente para la elaboración de productos para consumo humano y derivados del maíz, mantienen un ingreso de 500 toneladas de maíz y sus derivados en promedio mensual. Debido a la demanda de este producto, se disponen de varios equipos industriales, lo que genera la necesidad de un plan de mantenimiento de los equipos activos de la planta.

Es importante para la empresa Molinos Guanentá S.A.S. el diseño de un plan de mantenimiento que pueda cubrir las necesidades de conservación que imperan en todas las empresas pero que pocas ponen en marcha por los costos que se difieren de allí. Sin embargo, más allá de la inversión se debe pensar en la conservación de los equipos de la planta física de la empresa, en la protección de la parte operativa,

¹ Ingeniero de Mantenimiento, UNISANGIL

² Ingeniero en Mantenimiento Industrial y Hospitalario. Magister en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo. Docente programa Ingeniería de Mantenimiento, UNISANGIL.

con el fin de llevar la producción de la manera más eficiente posible y cumpliendo con sus funciones.

En este sentido, el objetivo del proyecto es “diseñar un plan de mantenimiento basado en condición para los equipos industriales de Molinos Guanentá S.A.S” y para su cumplimiento se propuso lo siguiente: diagnosticar el estado actual de los equipos y maquinaria de la empresa; diseñar la documentación requerida para la toma de datos; Y determinar el entorno de operación de los equipos para el mantenimiento de la empresa y diseñar el programa de mantenimiento para la empresa molinos Guanentá S.A.S.

II. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA MOLINOS GUANENTÁ S.A.S.

En la parte interna de la planta se puede observar, por un lado, el área de producción que se divide en dos: en primer lugar, una línea de maíz trillado y en segundo lugar, la línea del producto procesado. Los mantenimientos que se realizan suelen ser programados por la experiencia y el conocimiento del equipo de mantenimiento; sin embargo, no se llevan registros, también se realizan mantenimientos de tipo correctivos. En general, desde el punto de vista externo se observa buen estado de la maquinaria y equipos, algunos tienen están marcados para su identificación.

De esta forma, la observación preliminar de los equipos se inició con una serie de pasos (toma de datos, organización, consignación) con los que se pudo obtener y guardar información sobre los mismos. Este documento inicial sirve como soporte para el estado de los equipos y para organizar el plan de mantenimiento de la empresa. Para la realización del diagnóstico se tuvieron en cuenta los siguientes datos: nombre del equipo, descripción física, función, ubicación, especificaciones del motor, observación que se hace del estado en que se encuentra el equipo externamente [1] [2].

III. DISEÑO LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA LA TOMA DE DATOS

El punto de partida para el diseño del plan de mantenimiento fue la fase de documentación de los equipos, que permitió identificar e iniciar con la organización de un historial de los equipos de la planta, del estado y la situación actual del mantenimiento [3] [4]. En cuanto a las herramientas y técnicas utilizadas para la toma y búsqueda de información estratégica que pueda ayudar para la gestión del mantenimiento se han tomado algunas que se consideraron son las más importantes.

A. Codificación de los equipos activos de la planta

La codificación de equipos de la empresa Molinos Guanentá S.A.S. se hace mediante una metodología de código estándar, el cual únicamente revela información

sobre qué tipo de máquina es, y en qué línea de proceso se encuentra, además del consecutivo.

El código completo está compuesto de la siguiente manera (figura 1).



Fig. 1 Codificación de equipos.

A continuación, se describe la asignación de códigos para cada clasificación:

Líneas de producción: se dividen en 6 categorías principales, que se encuentran numeradas y corresponden como se enuncia a continuación.

- 00- Equipos auxiliares y otros
- 01- Maíz entero, partido y harina especial
- 02- Harinas para consumo humano (tostada, blanca, arroz, amarilla, soya)
- 03- Productos consumo animal
- 04- Empacado
- 05- Mezclas de harinas (7 granos, otros)
- 06- Otros

Tipos de equipos: se dividen de acuerdo con la función que cumplen. Los tipos de equipos son:

- EC- Elevador de cangilones
- TSF- Tornillo sinfín (dosificador, horizontal, vertical)
- MM- Molino de martillos
- MR- Molino de rodillos
- VC- Ventilador centrífugo
- SL- Silo
- CC- Cilindro clasificador
- CD- Clasificador densimétricos
- CN- Ciclón
- TA- Tabla de arrastre
- FM- Filtro de mangas

Numeración de equipos: los últimos dos dígitos de esta nomenclatura indican el consecutivo del equipo y se rige de acuerdo a las siguientes numeraciones:

- 01-05 Elevadores de cangilones
- 06-10 Molinos de martillos
- 11-20 Tornillos sinfín
- 21-30 Cilindros clasificadores
- 31-40 Ventiladores centrífugos

- 41-50 Ciclones
- 51-60 Molinos de rodillos
- 66-70 Clasificadores densimétricos
- 61-65 Silos
- 71-80 Tableros de control
- 81-100 Otros

B. Hoja de vida de los equipos de la planta

La hoja de vida de los equipos permite determinar la identificación de un equipo o máquina. A través de este documento se identifican las características del equipo, además de incluir la información del historial de los mantenimientos [5] [6].

Por lo general, toda hoja de vida de equipos debe de contar con la siguiente información:

- Nombre del equipo, marca, color y serie.
- Fecha de recepción del equipo, condiciones del funcionamiento de dicho equipo.
- Componentes del equipo.
- Usos del equipo.
- Duración de las garantías.
- Precauciones en su utilización.
- Fechas de limpieza, inspección visual y reemplazo de piezas defectuosas.
- Fechas de cambio de aceites y combustibles.
- Personas responsables del mantenimiento y operación del equipo.
- Observaciones generales.

A continuación, en la figura 2 se presenta un ejemplo de las hojas de vida de los equipos activos de la planta.


MOLINOS GUANENTÁ .S.A.S		HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			
				CÓDIGO:	
Preparado Por: Patricia Paredes Solano Edgar Orlando Carreño		Aprobado Por: Eymar Rodríguez		Fecha: 01-03-17	
NOMBRE DEL EQUIPO:		Ventilador centrifugo extractor			
FUNCIÓN:		Limpieza de maíz			
MODELO:		2004			
MARCA:		*****			
FECHA DE COMPRA:		*****			
UBICACIÓN:		Producción			
CÓDIGO DE INVENTARIO:					
Especificaciones técnicas					
PESO:		300kg			
VOLTAJE:		220v			
AMPERAJE:		5			
RPM:					
ARRANCADOR:		*****			
DIRECTO		X			
ESTRELLA TRIANGULO		*****			
VARIADOR		*****			
MOTOR					
MARCA:		SIEMENS 3 HP			
REFERENCIA:		*****			
AMPERAJE:		5			
VOLTAJE:		220v			
RPM:		1750			
ACCESORIOS:		Transmisión			



Fig. 2 Formato hoja de vida de los equipos de la planta.

C. Ficha técnica de los equipos de la planta

Se prepararon las fichas técnicas de algunas maquinarias utilizadas en el proceso de fabricación de leche en polvo, específicamente las que se encuentran en el área de servicios industriales. Estas fichas contienen toda la información técnica de los equipos y sub-equipos de la planta, incluyendo también sus repuestos, con datos de acuerdo con las normativas de Nestlé.

En función de esto, el desarrollo de las fichas técnicas se realiza en el programa Microsoft Excel, con la intención de facilitar su elaboración y su reordenamiento [7]. Además, este programa permite que la información pueda ser borrada, ampliada, reorganizada, es decir, modificada según necesidades futuras.

Para el caso de la planta se realiza una ficha técnica sencilla con los siguientes datos básicos:

- Nombre del equipo.
- Descripción física.
- Modelo del equipo.
- Función.
- Ubicación.
- Relación de transmisión.
- Especificaciones técnicas.
- Especificaciones técnicas de la transmisión y del motor.

En la figura 3 se presenta la ficha técnica para los equipos de la empresa Molinos Guanentá S.A.S.

MOLINOS GUANENTÁ .S.A.S		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS				PROGRAMA BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURAS BPM	
						CÓDIGO:	01-TSF-13
Preparado por: Patricia Paredes Solano Edgar Orlando Carreño		Aprobado Por: Eymar Rodríguez		Fecha: 01-03-17		Versión:	
NOMBRE DEL EQUIPO:		Tornillo sin fin dosificador (limpiadora maíz)					
DESCRIPCIÓN FÍSICA:		Estructura en forma cilíndrica horizontal con tornillo sin fin ideal para transportar cualquier tipo de grano con baja humedad					
FUNCIÓN:		Transportar granos					
UBICACIÓN:		Producción					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
PESO:		100KG					
VOLTAJE:		220					
CAPACIDAD DEL EQUIPO:		3 Ton					
OTRO							
CORRIENTE:	7,5	FP:	0,9				
RPM:	345	RELACIÓN:					
TRANSMISIÓN:							
POLEA:	POLEA:1	POLEA:2	POLEA:3	POLEA:4			
PIÑONES:	PIÑON:1	PIÑON:2	PIÑON:3	PIÑON:4			
CADENA:	# CADENA						
CORREA:	CORREA:1	CORREA:2	CORREA:3	CORREA:4			
PRISIONERO:							
CUÑERO:							
D.EJE:							
RODAMIENTOS	#RODAMIENTOS:	# CAJA:	ACOPLE:	Directo			
MOTOR							
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR: TECHTOP 3 HP							
CONEXIÓN:	220	440					
AMPERAJE:	8,91	5,26	FRECUENCIA:		50 HZ		
RPM:	1400						

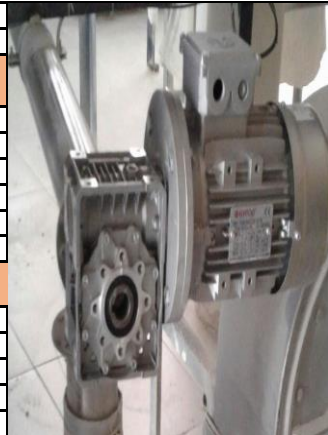


Fig. 3 Ficha técnica de los equipos.

D. Orden de trabajo

Las órdenes de trabajo son documentos específicos para las necesidades de cada empresa, estos son formatos diseñados de acuerdo al criterio propio de ingeniero de mantenimiento [8], reflejando allí el concepto que se considere debe quedar plasmado y posteriormente archivado en una base de datos para el historial del equipo [9].

E. Formato reporte de fallo

Se diseña con el objetivo de consignar la información al momento del reporte de fallos, este formato servirá de apoyo a la documentación en cualquier equipo, en la figura 4 se presenta el formato que se diseñó para la empresa Molinos Guanentá.

		FICHA REPORTE DE FALLOS DEL EQUIPO.		fecha: 09/05/2017 hora: 9:30:00 a. m. código:
Nombre del equipo: Cernidor de harina				
Descripción de la falla: Daño en malla cernidora de harina				
Descripción de la falla				
Se rompe la malla del cernidor de harina, su tiempo de uso caducó				
Reparado: si				
Repuestos: Malla nueva				
Registro fotográfico:				
				
Nombre: Edgar Orlando Carreño				
Cargo: técnico encargado de mantenimiento				

Fig. 4 Ficha reporte de falla del equipo.

F. Ficha de cero energías

Este formato se realiza como apoyo en relación a la seguridad de los operarios de la planta que estén trabajando con los equipos [10] [11], aquellos que necesiten algún tipo de mantenimiento y con los que se debe tener medidas de precaución con respecto al sistema energético de las mismas (ver figura 5).



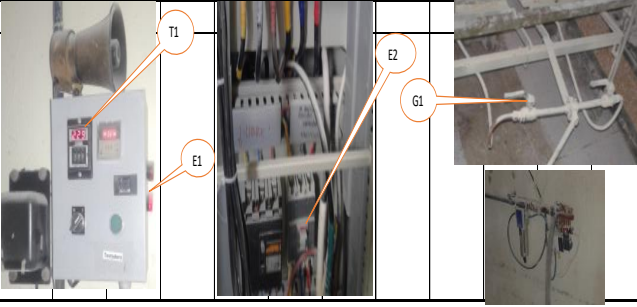
 ficha de cero energía			
Equipo: Tostadora		Nombre del técnico:	
Área: Producción		Fecha de revisión	Hora de revisión:
Descripción general de actividades		Labores de mantenimiento	
3  PUNTOS A BLOQUEAR		NOTA Su integridad física depende del correcto sistema de bloqueo que realice el equipo antes de una intervención. Deben colocarse tantos candados y tarjetas personales como personas trabajando en el equipo.	
PUNTOS A BLOQUEAR			
			
PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO			
1. NOTIFIQUE AL PERSONAL AFECTADO QUE LAS FUENTES DE ENERGÍA SERÁN DESCONECTADAS. 2. APAGUE LA MÁQUINA APROPIADAMENTE SIGUIENDO EL PROCEDIMIENTO NORMAL ESTABLECIDO. 3. AISLE TODAS LAS FUENTES DE ENERGÍA DE LA MÁQUINA. 4. INSTALE LOS DISPOSITIVOS DE BLOQUEO E INSTALE SU TARJETA PERSONAL. 5. CONTROLE LA ENERGÍA RESIDUAL O ALMACENADA. 6. VERIFIQUE LA AUSENCIA DE ENERGÍA DE TODAS LAS FUENTES.			
Convenciones		E: Energía Eléctrica T: Energía Térmica	N: Energía Neumática H: Energía Hidráulica
		M: Energía Mecánica W: Agua	G: Gas O: Otro tipo de energía

Fig. 5 Ficha de cero energía.

IV. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

Posterior a la definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento, se debe conocer los activos sobre los cuales centrar la atención de la gestión de mantenimiento, principalmente aquellos cuya mejora añada más valor a la empresa. Esta fase condiciona por tanto la eficacia del mantenimiento y ayuda a fijar las prioridades de actuación sobre el sistema físico [9].

Se realizó un análisis de criticidad de los equipos y se organizaron de acuerdo con la relevancia de su función. Entre los distintos métodos existentes para llevar a cabo la jerarquización de equipos, se pueden encontrar tanto métodos cualitativos como cuantitativos. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de amplia aceptación.

A. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, como se presenta en la tabla 1.

TABLA 1. EJEMPLO DE JERARQUIZACIÓN SEGÚN CRITICIDAD [13]

Sistema	Criticidad	Valoración
1	530	Alta criticidad
2	480	
3	380	
4	250	Media criticidad
5	215	
6	180	
7	45	Baja criticidad
8	35	

De esta forma, los pasos sugeridos y que se siguieron para el análisis de criticidad fueron los siguientes:

- Definición del alcance y propósito para el análisis.
- Establecimiento de criterios de relevancia.
- Selección o desarrollo de un método de evaluación que permita jerarquizar los sistemas.

Algunos ejemplos de criterios de jerarquización ampliamente usados son la seguridad, el ambiente, la producción, los costes (tanto de operación como de mantenimiento), la frecuencia de fallos, el tiempo promedio de las reparaciones. Obviamente, estos criterios deben ser seleccionados en función de los objetivos del negocio.

B. Modelo de criticidad basado en riesgo

Algunos modelos de criticidad se basan en la ponderación del riesgo, utilizan fórmulas para determinar el riesgo, la frecuencia y consecuencia con el propósito de determinar la criticidad total de un equipo o sistema, a continuación, se presentan las ecuaciones y sus significados.

$$R = F.C \tag{1}$$

$$C = (IA.Fx) + CMC + ISAH \tag{2}$$

Donde:

R= Riesgo

C= Frecuencia: representa el número de eventos por tiempo (ejemplo: fallos/año)

F= Consecuencia: es un criterio conformado por cuatro factores (impacto asistencial u operacional, flexibilidad, costes de mantenimiento correctivo e impacto en seguridad, higiene y ambiente).

IA o IO= Impacto Asistencial o Impacto Operacional: se relaciona con las consecuencias que generan los fallos sobre la producción.

Fx= Flexibilidad: se relaciona con la redundancia de los sistemas a evaluar.

CMC= Costes de mantenimiento correctivo.

ISAH= Impacto en SAH (seguridad, higiene y ambiente): se relaciona con las consecuencias que generan los fallos sobre la seguridad de las personas y el ambiente.

De esta forma, en la tabla 2 se presenta un ejemplo de datos y variables para modelo de criticidad basado en riesgo.

TABLA 2. MODELO DE CRITICIDAD BASADO EN RIESGO [13]

Frecuencia de falla (FF)		Corte de Mantenimiento (CM)	
Pobre mayor a 4 fallos/ año	4	Mayor o igual a \$20.000 pesos colombianos	2
Promedio 2-4 fallos / año	3	Inferior a \$ 20.000	1
Buena 1-2 fallos / año	2		
Excelente menos de 1 fallo/año	1		
Impacto operacional(IO)		Impacto en SHA (SHA)	
Parada inmediata del servicio	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Parada de la unidad asistencial	6	Afecta el medio ambiente produciendo daños irreversibles	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4		
Repercute en costos operacionales asociados a la indisponibilidad	2		
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad asistencial	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Flexibilidad Operacional (FO)			
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto	4	Provoca daños de menores (accidentes e incidentes)	2
Hay opción de repuesto compartido	2	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Función de repuesto disponible	1	No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones	0

Finalmente, la criticidad total se expresa de la siguiente forma, teniendo en cuenta las variables de frecuencia y consecuencia de falla.

$$Criticidad\ total = frecuencia \times consecuencia\ de\ falla \tag{3}$$

C. La jerarquía

La evaluación de una serie de atributos de un equipo permite emitir un criterio sobre su prioridad con base en el riesgo de su operación. Este riesgo se mide como producto de la frecuencia de ocurrencia del fallo por las consecuencias negativas del mismo [12] [13]. En este sentido, la matriz de riesgo o matriz de criticidad es una forma de visualizar, de

forma rápida, un mapa de la criticidad de los equipos de las instalaciones.

Esta información, puede utilizarse en el día a día para asignar prioridades en reparaciones e intervenciones eventuales y acometer en primer lugar las relacionadas con los recursos más críticos. En muchos talleres de plantas, la matriz de riesgo está publicada para el conocimiento general del personal de mantenimiento.

Con base en estos procedimientos, se realiza el análisis de criticidad de los equipos de la planta Molinos Guanentá. En las figuras 6 y 7 se presentan el análisis de criticidad semáforo de los equipos de la planta y el análisis de criticidad de los equipos en funcionamiento.

Con la observación realizada a los equipos de la planta y con el análisis de criticidad se determinaron los equipos críticos de la empresa; de esta forma se identificaron los 5 equipos que son los más críticos en la empresa:

- Clasificador de cilindros primario.
- Molino de rodillos partidor.
- Clasificador centrifugo de maíz partido.
- Molino de martillos primario.
- Molino de martillos secundario.

FRECUENCIA	4	25	50	75	100	125	150	175	200
		24	49	74	99	124	149	174	199
		23	48	73	98	123	148	173	198
		22	47	72	97	122	147	172	197
		21	46	71	96	121	146	171	196
		20	45	70	95	120	145	170	195
		19	44	69	94	119	144	169	194
	3	18	43	68	93	118	143	168	193
		17	42	67	92	117	142	167	192
		16	41	66	91	116	141	166	191
		15	40	65	90	115	140	165	190
		14	39	64	89	114	139	164	189
		13	38	63	88	113	138	163	188
		12	37	62	87	112	137	162	187
	2	11	36	61	86	111	136	161	186
		10	35	60	85	110	135	160	185
		9	34	59	84	109	134	159	184
		8	33	58	83	108	133	158	183
		7	32	57	82	107	132	157	182
		6	31	56	81	106	131	156	181
5		30	55	80	105	130	155	180	
1	4	29	54	79	104	129	154	179	
	3	28	53	78	103	128	153	178	
	2	27	52	77	102	127	152	177	
	1	26	51	76	101	126	151	176	
			0 - 12	13- 25	26 - 37	38 - 50			
	CONSECUENCIA								

Fig. 6 Análisis criticidad semáforo de los equipos de la planta.

Factores influyentes en la criticidad del equipo								
CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	FF	IO	FO	CM	ISAH	Consecuencia crítica	Criticidad total
01-CC-21	Clasificador Cilíndrico de Gruesos	2	4	2	1	1	10	20
01-CC-22	Clasificador Cilíndrico de Finos Primario	4	10	4	2	8	50	200
01-CC-23	Clasificador Cilíndrico de Finos Secundario	1	4	2	1	2	11	11
01-TSF-11	Tornillo sinfin transportador comunicador entre separadores	1	4	2	1	2	11	11
01-EC-02	Elevador de Cangilones	2	4	2	1	2	11	22
01-TSF-12	Tornillo sinfin dosificador	3	4	2	1	2	11	33
01-TSF-13	Tornillo sinfin dosificador	2	4	2	1	2	11	22
01-TSF-14	Tornillo sinfin transportador	2	4	2	1	1	10	20
01-TSF-15	Tornillo sinfin elevador	2	4	2	1	1	10	20
01-VC-31	Ventilador centrifugo transportador	2	4	2	1	1	10	20
01-VC-32	Ventilador centrifugo extractor	2	4	2	1	1	10	20
01-MR-51	Molino de Rodillos Partidor	4	10	4	2	8	50	200
01-CC-24	Clasificador Centrifugo de maíz partido	4	10	4	2	8	50	200
01-CC-25	Cernidor de harina especial	4	10	4	2	8	50	200
01-MD-82	Molino de discos	1	4	2	1	1	10	10
01-MM-06	Molino de martillos pulverizador	2	4	2	1	1	10	20
01-VC-33	Ventilador Centrifugo	1	4	2	1	1	10	10
01-TE-83	Turbina extractora de polvo	1	4	2	1	1	10	10
01-TL-84	Turbina limpiadora	2	4	2	1	1	10	20
01-CC-26	Clasificador de maíz partido	2	4	2	1	1	10	20
02-TSF-16	Tornillo sin fin elevador	1	4	2	1	1	10	10
02-TSF-17	Tornillo sin fin dosificador	1	4	2	1	1	10	10
02-TSF-18	Tornillo sin fin descarga	1	4	2	1	1	10	10
02-CC-27	Cernidor de harina molino de martillos	2	4	2	1	1	10	20
02-MM-07	Molino de martillo primario	4	10	4	2	8	50	200
02-MM-08	Molino de martillos secundario	4	10	4	2	8	50	200
02-TM-91	Turbina de molino de martillos	2	4	2	1	1	10	20
02-FM-85	Filtro de molino de harina	1	4	2	1	1	10	10
02-ES-86	Esclusa	1	4	2	1	1	10	10
02-TO-87	Tostadora	3	4	2	1	1	10	30
02-TSF-19	Tornillo sin fin empacadora	1	4	2	1	1	10	10
04-ES-88	Empacadora y selladora	2	4	2	1	1	10	20
05-MG-89	Mescladora 7 granos	2	4	2	1	1	10	20
05-TSF-20	Tornillo sin fin mezcladora	1	4	2	1	1	10	10
05-CC-28	Cernidor harina de mezcladora	2	4	2	1	1	10	20
00-CO-90	Cosedora	1	4	2	1	1	10	10

Fig.7. Análisis de criticidad de los equipos en funcionamiento de la empresa.

V. HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO “DOCLITE”

Doclite es una herramienta con la cual se pretende documentar y servir de organizador para la información acerca del mantenimiento predictivo, además de mostrar la información adquirida durante el proceso de realización de plan de mantenimiento, la herramienta se realiza en Visual Basic y C# con una estructura de base de datos para, en dado caso, buscar información de los equipos de la planta que se encuentran allí consignados.

En la figura 8 se presenta un el panorama de la herramienta Doclite.



Fig. 8 Herramienta Doclite.

Se observa, en la parte superior, una barra de herramientas con tres iconos con las siguientes características:

- *Icono 1*: permite cargar los documentos que evidencian el análisis los cálculos, los planos y demás información que hace parte de las respectivas herramientas predictivas ejecutadas en el mantenimiento.
- *Icono 2*: hace referencia a las consultas por máquinas correspondientes a cada una de ellas por fechas.
- *Icono 3*: personal que desarrollan el aplicativo.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo permitió hacer un diagnóstico general y un análisis detallado de los equipos donde se logró enfatizar la importancia del mantenimiento en la empresa Molinos Guanentá S.A.S.

Se realizó la documentación necesaria de los equipos de la planta dada la importancia del conocimiento interno y externo cada uno de ellos, como fichas técnicas, hojas de vida, codificación, orden de trabajo para los mantenimientos

necesarios, y planos en 3D en programa Solidworks para tener un conocimiento más accesible entre máquina y personal de mantenimiento.

La realización del plan de mantenimiento basado en condición da como resultado una herramienta que brinda la oportunidad de monitorear el funcionamiento y cuidado de los componentes de los equipos además permite reducir la severidad de la falla, dado que el control que se le realiza a los equipos o monitoreos (variables tomadas en cuenta para MBC en la empresa) permite y facilita actuar antes de que se presente la falla, o en algunas situaciones que la falla no sea severa.

El diseño del plan de mantenimiento basado en condición se realiza con base en condiciones y parámetros de los mismos equipos, de manera que establecen sus límites de acuerdo al tiempo de labor, haciendo notar y dándole la importancia necesaria al mantenimiento de los equipos desde su iniciación en cuestiones de labor industrial hasta donde se puede llevar en estos momentos, hecho importante, como la reducción de los costos a diario por reparaciones correctivas. Durante este proceso se tuvo la oportunidad de iniciar la documentación de los equipos de la planta, así como la creación de una base de datos de los mismos.

Los parámetros o variables a tener en cuenta en el MBC y vistos por el personal capacitado para sus respectivos análisis, brindan la oportunidad del cuidado de los componentes de los equipos, además de permitir observar los equipos justo antes de la falla, así como el monitoreo para detallar su funcionamiento antes, durante y después de una puesta en marcha.

Es importante contar con calidad y confiabilidad en los procesos de producción, y esta depende del buen funcionamiento de los equipos involucrados en estos procesos, ya que esto favorece las buenas condiciones de la producción en planta, reducción de averías y se lleva un mejor control ambiental y conservación de las instalaciones industriales de la planta y activos funcionales.

El MBC es una herramienta eficiente y de mucha utilidad, ya que permite minimizar pérdidas de equipos, perdidas en el área de producción y las reparaciones correctivas en la mayoría de los casos tienden a tener un efecto negativo en el tiempo de actividad de los equipos. Al conocer las fases necesarias para llevar a cabo este tipo de mantenimiento se mantendrá un orden lógico en los equipos a monitorear, esto permitirá la identificación de las averías en cualquier sistema, se evidenciarán las ventajas propias de conservación y seguimiento de procesos de mantenimiento. Ello permitirá un buen desempeño de los equipos en las labores específicas que tiene cada uno en la empresa.

REFERENCIAS

- [1] F. J. Cárcel Carrasco. Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento. Mniascience Monographs, libro digital (pdf) (2014). [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.198>
- [2] D. C. Buelvas & F. K. Martínez. "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa". Tesis de grado. Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. 2014. [Online]. Available: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144>
- [3] De La Cruz A.C. "Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para el área de envasado de polvo detergente". Tesis de grado. Escuela superior politécnica del litoral). Guayaquil-Ecuador. 2010. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31462>
- [4] Hoyer R. R. "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable". Estudios de posgrado. Universidad católica Andrés Bello, Venezuela. 2014. [Online]. Available: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS8053.pdf>
- [5] D. Luna Ferrer. "Elaboración de las hojas de vida de los equipos como parte del mejoramiento de la gestión del mantenimiento". Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica, Universidad Simón Bolívar. Sertenejas. 2006. [Online]. Available: <http://159.90.80.55/tesis/000132118.pdf>
- [6] Gestión de mantenimiento. Hoja de vida de los equipos. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/gestiondemantenimiento/jgd/hoja-de-vida-de-los-equipos>
- [7] O. J. Pizza. "Diseño del sistema de mantenimiento predictivo en ladrillera Versalles de Ramírez hermanos Ltda." Tesis de grado, Ingeniería de Mantenimiento, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL. San Gil, Santander, Colombia. 2013.
- [8] C. Mundarain "Diseño de un programa de mantenimiento basado en condición, enfocado a la mejora de la efectividad de los activos rotativos". Tesis de grado, Universidad de Oriente. Puerto la cruz, Venezuela. 2009. [Online]. Available: <http://ri.bib.udo.edu.ve/.../Tesis.PROGRAMA%20DE%20MANTENIMIENTO%20BASAD>
- [9] J. S. Porras & S. I. Alonso. "Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la planta de asfalto en la empresa Corvias & Emcovias Ltda." Tesis de grado, Ingeniería de Mantenimiento, Fundación universitaria de San Gil - UNISANGIL. San Gil, Santander, Colombia. 2016.
- [10] O. M. Cervantes. "Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la costa-CUC". Tesis de grado, Universidad de la Costa. 2015. [Online]. Available: www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.10/0/.../A5.pdf
- [11] C. J. Ante & H. N. Tayupanda. "Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de tensión y puentes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica". Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2010. [Online]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/25T00140.pdf>
- [12] C. Parra Márquez & A. Crespo Márquez. Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Nota técnica 5: Métodos de criticidad y jerarquización de activos. Asesoría Integral en Ingeniería de Confiabilidad Ingecon. Asociación para el desarrollo de la ingeniería de mantenimiento Ingeman, Sevilla, España. 2012. [Online]. Available: www.confiabilidadoperacional.com
- [13] A. Crespo Márquez. Módulo 2: Ingeniería del mantenimiento. Gestión del Mantenimiento. Maestría en ingeniería de confiabilidad y riesgo VIII edición. Universidad de Sevilla, Departamento de Organización Industrial. España. Universidad Las Palmas de Gran Canaria. 2015.
- [14] M. C. Altman. (2008) Las técnicas de monitoreo de condición como herramienta del Mantenimiento Proactivo. [Online]. Available: Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com>
- [15] G. S. García. (2013) Libro ingeniería de mantenimiento ed. Renovetec [Online]. Available: www.renovetec.com
- [16] C. O. Toapanta. "Implementación de un análisis de mantenimiento basado en condición de los compresores recíprocos y de tornillo". Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2009. [Online]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/260/3/15T00437.pdf>
- [17] F. Villa. "Mantenimiento predictivo aplicado a máquinas sometidas a velocidad y carga variables mediante análisis de órdenes" Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Valladolid, España. 2011. [Online]. Available: <http://uvadoc.uva.es>