

# **Propuesta de mejora de la planificación de mantenimiento en la línea de producción de elaboración de aceite**

Romina Isabel Mujica Chávez<sup>1</sup>, Vania Patricia Alarcón Velasco<sup>2</sup>, Zorel Gómez Vargas<sup>3</sup>

Estudiante Sociedad Estudiantil Científica de Ingenieros Industriales de la Católica (SECIIC) – UCB SCZ<sup>1</sup>

[facu\\_fmg@hotmail.com](mailto:facu_fmg@hotmail.com)<sup>1</sup>

Docente Tiempo Horario - Carrera de Ingeniería Industrial UCB-SCZ<sup>3</sup>

Docente Investigador Asesor - Carrera de Ingeniería Industrial UCB-SCZ<sup>2</sup>

[zgomez@ucbscz.edu.bo](mailto:zgomez@ucbscz.edu.bo)<sup>2</sup>

## **Resumen**

Se describe un modelo de proceso de producción de aceite de soya y la descripción del proceso de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro de la empresa. Luego se realiza el diagnóstico de mantenimiento, en este se evalúan los aspectos que influyen en la gestión de mantenimiento y la planificación de mantenimiento en

la línea 1 de la empresa, como resultado se propone adoptar la metodología RCM para la elaboración y actualización de los planes de mantenimiento.

Si bien es conveniente que la aplicación de esta metodología se realice a todos los equipos de producción para implementar o mejorar los planes de mantenimiento, para realizar el estudio y la propuesta para todos los equipos de la línea de producción, requeriría de mucho tiempo para cumplir con el nivel de detalle que exige esta metodología. Es por esto por lo que el estudio está enfocado en un equipo en específico dentro del área de preparación de granos de soya de la línea 1

Por consiguiente, se evalúa el nivel de criticidad de los equipos de producción dentro del área de preparación para determinar qué equipos puede influir en mayor proporción al proceso de elaboración de aceite crudo de soya. En base a este análisis se determina que el modelo de elaboración de plan de mantenimiento es la metodología RCM, y es aplicado al equipo de limpieza en el área de preparación debido a que este repercute en la calidad del producto final si no cumple con su función.

**Palabras clave:** Gestión de mantenimiento, RCM, Proceso de fabricación de aceite

## **Abstract**

*A process model is described for oil of soy bean production and the process of preventive, predictive and corrective maintenance inside the company. Then the diagnosis of maintenance was structured, which evaluates aspects that influence the management of maintenance and planning of maintenance in a line of the company. The result proposes to adopt the methodology RCM for production and update of the plans of maintenance.*

*Though it is suitable that the application of this methodology is for all equipment used for production to improve the plans of maintenance, to analyze the offer for all the equipment of the production line. A lot of time would need to expire with the level of detail that demands this methodology. It is for this reason that the study is focused in a specific equipment inside the area of preparation of grains of soy bean.*

*Consequently, the level is evaluated according to criticality equipment criteria inside the area of preparation to determine what equipment can influence in a major proportion to the production process*

of oil of soy bean. On the basis of this analysis we can define an appropriate model for a maintenance plan, on this case the methodology used is RCM, and it is applied to the cleanliness equipment inside the area of preparation due to the fact that this one reverberates in Quality of the final production.

**Key words:** Reliability, Maintenance Management, maintenance at production line of soy bean.

### 1. Introducción

Con el paso del tiempo han surgido diferentes estrategias, técnicas y herramientas para gestionar y planificar el mantenimiento en las empresas, una de las estrategias ampliamente conocida es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés, “es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.” (Moubray, 2004)

### 2. Problemática

La Industria de elaboración de Aceite cuenta con dos plantas en Bolivia, ubicadas en los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba. La “Planta 1” ubicada en el departamento de Santa Cruz, produce los aceites crudos de soja y girasol que luego envía a la “Planta 2” en Cochabamba para su refinado, transformación y comercialización, en planta también se producen harinas de soja y girasol.

La planta de producción cuenta con tres líneas de producción. El producto principal ofertado por la línea 1, de la cual se realiza el estudio, es el aceite crudo y la harina de soja.

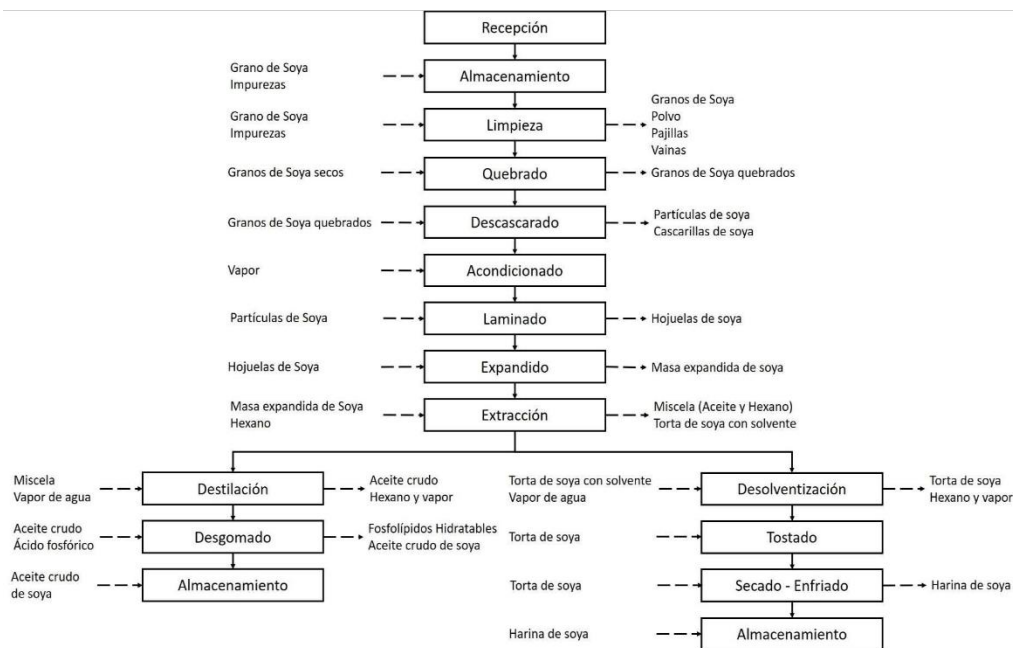
El aceite crudo de soja se transporta a la Planta 2 en cisternas de diferentes capacidades para su refinación y además es ofertado al mercado local de la misma manera. La harina de soja se comercializa en bolsas tejidas de polipropileno de 50 kilogramos o a granel.

#### 2.1 Materia Prima

La materia prima de la línea 1 son los granos de soja y los principales insumos utilizados son: el hexano para el proceso de extracción por solvente del aceite de soja además del uso de vapor de agua para el acondicionamiento de las partículas de soja y la desolventización de la harina.

#### 2.2 Proceso Productivo

Las operaciones para la obtención de harina de soja es la siguiente:



Fuente: Elaboración en base a recopilación de información de la Asociación Argentina de Grasas y Aceites y el Ministerio de Agroindustria Argentino.

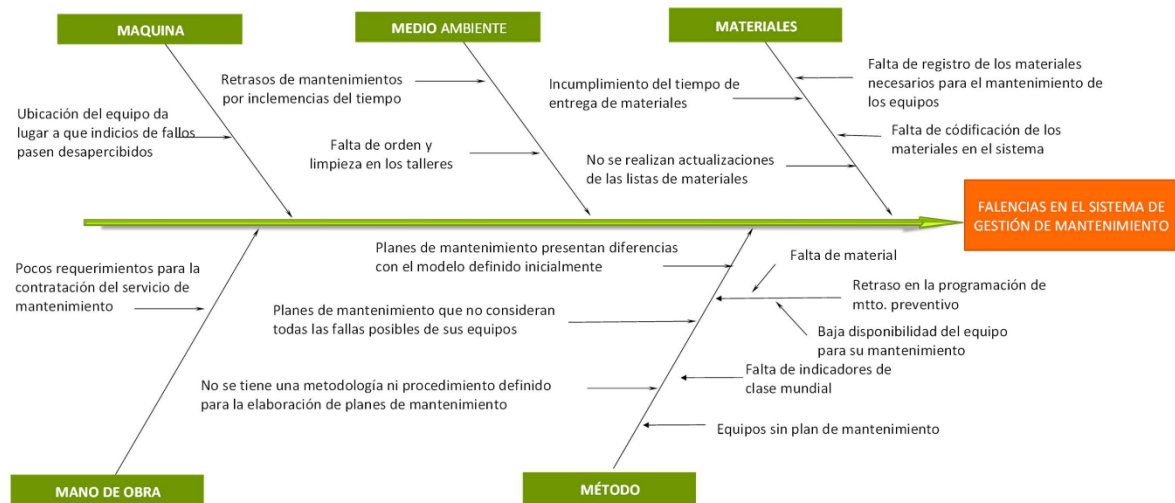
### 2.3 Diagnóstico de mantenimiento

Descripción de los errores en la programación de planes de mantenimiento

Diferencia	Descripción	Consecuencias	Cantidad
Frecuencia programada mayor a la establecida.	La frecuencia de ejecución de operaciones de mantenimiento definida en el Plan es mayor a la programada en el sistema SAP.	La frecuencia de mantenimiento no es la indicada para el mantenimiento de los equipos lo que puede ocasionar fallas, además de generar necesidad de material incorrecta.	11
Frecuencia programada menor a la establecida.	La frecuencia de ejecución de operaciones de mantenimiento definida en el Plan es menor a la programada en el sistema SAP.	La frecuencia de mantenimiento no es la indicada para el mantenimiento de los equipos lo que puede generar necesidad de material incorrecta e incremento de los costos.	14
Material faltante.	El material requerido para la ejecución de operaciones de mantenimiento definido en el plan no se encuentra registrado en el sistema SAP.	La "necesidad de material" (informe del sistema que muestra la cantidad de material requerido para la ejecución de las ordenes de trabajo) no tomara en cuenta todo lo que se requiere para la	19
Cantidad de material diferente.	La cantidad de material registrada en el SAP es diferente a la establecida en el plan	La necesidad de material tomara en cuenta una cantidad diferente a la que se requiere.	10
Material extra	El material programado en el plan no se encuentra registrado en el previamente establecido.	La necesidad de material contara aquellos que no fueron establecidos en los requerimientos del plan.	3

Fuente: Elaboración en base registros del sistema SAP.

Luego del diagnóstico en las operaciones de mantenimiento se construyó un diagrama causa-efecto en el que se resume todos los aspectos que influyen en las fallas en el mantenimiento del área de preparación del proceso de producción de la harina de soya.



## 2. RCM aplicado al Sistema de producción

En primera instancia se analizó los equipos de acuerdo a su criticidad para posteriormente aplicar la metodología RCM al equipo con mayor criticidad.

### 2.1. Selección de la muestra

Uno de los principales problemas que se tiene cuando se estudia a la Micro, Pequeña y Mediana empresa es su definición. El término micro, al igual que las categorías pequeño o mediano, se usan para expresar dimensión o tamaño. El tamaño se mide por diferentes parámetros dependiendo los criterios de cada país.

Factores de criticidad	<div style="display: flex; justify-content: space-between; text-align: center;"> <div>Silo SP1</div> <div>Transportador RD1</div> <div>Elevador EL1</div> <div>Tambor magnético BM1</div> <div>Balanza BL1</div> <div>Transportador RD BLZ</div> <div>Elevador EL2</div> <div>Pte limpiadora PL1</div> <div>Transportador RD20</div> <div>Transportador RT26</div> <div>Elevador EL3</div> <div>Transportador RD2</div> <div>Transportador RT8</div> <div>Foja SP2</div> <div>Cracker MC1</div> <div>Cracker MC2</div> <div>Cracker MC3</div> <div>Cracker MC4</div> <div>Cracker MC5</div> <div>Transportador RB1</div> <div>Desacacador CAR 1</div> <div>Desacacador CAR 2</div> </div>																											
<b>Frecuencia de fallos</b>																												
Más de 6 fallos por año	4																											
De cuatro a cinco fallos por año	3	2	3	3	2	3	2	3	3	1	1	3	3	1	1	2	2	3	3	3	4	2	2					
De dos a tres fallos por año	2																											
Una falla por año	1																											
<b>Impacto operacional</b>																												
Parada de toda la línea de producción	10																											
Parada de sección de la línea de producción	6	4	10	10	1	10	6	6	6	4	4	10	10	1	1	4	4	4	4	4	4	10	4	4				
Afecta niveles de producción y/o calidad	4																											
No genera ningún efecto significativo	1																											
<b>Flexibilidad operacional</b>																												
No existe modo áterno de operación	4																											
Disponibilidad parcial de operación	2	2	4	4	1	4	2	2	2	4	4	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	4	2	2				
Disponibilidad total de operación	1																											
<b>Costo de mantenimiento</b>																												
Mayor al costo promedio anual de mantenimiento por equipo	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1			
Menor o igual al costo promedio anual del mantenimiento	1																											
<b>Impacto en seguridad y medio ambiente</b>																												
Incidente ambiental que excede el límite permitido, incapacidad parcial o total permanente.	8																											
Incidente ambiente de difícil restauración, incapacidad parcial o total temporal	6	3	3	6	3	3	3	6	8	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Incidente fáciles de contener, lesiones menores sin incapacidad.	3																											
No existen daños ambientales, primeros auxilios	1																											
Criticidad total por riesgo	24	132	144	10	132	34	60	66	20	20	144	135	6	6	18	18	27	27	27	180	24	24						
Clasificación	NC	C	C	NC	C	NC	MC	MC	NC	NC	C	C	NC	NC	NC	NC	MC	MC	MC	C	NC	NC						

De acuerdo al análisis de criticidad se definió que el candidato más adecuado para aplicar. El equipo de limpieza ha sido renovado este año por lo que cuenta solo con un plan de mantenimiento proporcionado por su fabricante. El que sea un equipo relativamente nuevo proporciona una oportunidad para que un plan de mantenimiento hecho en base a un análisis de posibles fallos ofrezca mejores resultados (García Garrido, 2010).

**2.2 Determinación de los componentes en los subsistemas**

Para facilitar la comprensión de los fallos funcionales que podrían tener los subsistemas debido a modos de fallos de sus componentes es que se presentan las listas de los componentes e ítems encontrados en cada subsistema del equipo, proporcionando los siguientes datos:

**Código:** Es el código asignado a los componentes o piezas por los fabricantes, estos son requeridos al momento de realizar la solicitud de los pedidos.

**Clave:** Es la clasificación asignada a los componentes y piezas de la pre limpiadora dependiendo del requerimiento de cambio, según el fabricante del equipo.

En el Cuadro 2.1 se muestran las categorías y sus claves asignadas. El fabricante clasifica las piezas de acuerdo con la siguiente tipología.

**Cuadro 2.1: Identificación de los tipos de piezas**

Clave [C]	Descripción
V1	<b>Pieza de desgaste</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Piezas que se desgastan durante el funcionamiento normal.</li> <li>■ Piezas que tienen que sustituirse una o varias veces en el plazo de un año.</li> </ul>
E1	<b>Pieza de recambio muy crítica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Piezas que, en caso de sufrir un fallo o defecto, pueden derivar en un fallo total de la máquina.</li> <li>■ Piezas importantes para la seguridad.</li> </ul>
E2	<b>Pieza de recambio problemática</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Piezas que, en caso de sufrir un fallo o defecto, pueden limitar gravemente el funcionamiento de la máquina.</li> <li>■ La máquina podrá seguir funcionando durante un breve intervalo de tiempo.</li> </ul>
E3	<b>Pieza de recambio normal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Piezas que, en caso de sufrir un fallo o defecto, pueden limitar levemente el funcionamiento de la máquina.</li> <li>■ La máquina podrá seguir funcionando durante un intervalo de tiempo más prolongado.</li> </ul>

Fuente: Manual del fabricante.

Además de las piezas que están clasificadas de acuerdo con las claves del fabricante, existen más piezas dentro del equipo que no lo están, en el caso de pernos, arandelas y otros. Entiéndase clave como clase de aquí en adelante.

- Denominación: nombre del componente o pieza del equipo.
- Cantidad: el número de piezas o componentes requeridos para el equipo.
- Función: en esta columna se detalla la función que cumplen las piezas dentro del sistema.

Como se mencionó anteriormente existen componentes y piezas que no tienen ninguna clave asignada debido a que requerir el cambio de estas es poco probable, por esto en el cuadro 2.2. se presentan solo las piezas a las que se categorizaron con claves.

Subsistema de clasificación y separación				
Código	Clase	Denominación	Cantidad	Función
LAAA-10032-001	E3	Piezas de sujeción 2x20	8	Reforzar la posición de la caja de tamices
LAAA-10030-001	E3	Piezas de sujeción 2x16	8	
LAAA-10034-001	E1	Barra de poliamida, long. = 1265	16	
UXN-10018-369	E3	Tomillo de cabeza hexagonal M16x65	16	Sujetar la <u>prelimpiadora</u> a medios para <u>transportarla</u> .
UNN-10110-208	E3	Tomillo de cáncamo M36	4	
UXN-44203-003	E3	Tapa de goma DN120	2	
LAAA-11027-001	E2	Placa de bisagra	2	Dar acceso a la caja de tamices superior
UNN-20025-004	E3	Articulación angular forma A16 M10	8	
UXF-96047-027	E3	Resorte de presión de gas 1600 N, carrera = 160	2	
UXF-96047-028	E3	Resorte de presión de gas 1400 N, carrera = 180	2	Proporcionar puntos de inspección
UXN-44203-003	E3	Tapa de goma DN120	2	
LAAA-10032-001	E3	Piezas de sujeción 2x20	8	
LAAA-10030-001	E3	Piezas de sujeción 2x16	8	Dar soporte a los laterales de la estructura de las cajas de tamices
UXN-10018-369	E3	Tomillo de cabeza hexagonal M16x65	16	
LAAA-10530-001	V1	Bola de goma D 35	4480	
LAAA-11297-001	E3	Gancho extractor para tamiz	2	Medio para retirar los tamices para su limpieza o cambio
LAAB-12860-001	V1	Fondo esférico	4	Separar las impurezas gruesas de los granos y clasificar los granos de primer y segunda <u>clase</u> .
LAAB-12860-001	V1	Fondo esférico	4	Posicionar los tamices preliminares y principales dentro de su marco
LAAA-10372-001	V1	Listón de sellado 3x43x1988	8	
LAAA-11213-001	E2	Bisagra parte exterior	2	
LAAA-11117-001	E2	Bisagra parte interior	1	Dar acceso a la caja de tamices inferior
UXN-44203-002	E3	Tapa de goma DN100	6	Proporcionar puntos de inspección
LAAA-10167-001	E3	Perno para compuertas de aire	1	Sujeción de la salida de primer clase al canal
UDN-36003-008	E3	Anillo de tope D 16H8 forma A	1	de <u>aspiración</u> .

Fuente: Manual del fabricante

Cuadro 2.2: Componentes y piezas del subsistema de separación y clasificación (Continuación)

Subsistema de clasificación y separación				
Código	Clase	Denominación	Cantidad	Función
LAAA-11687-001	V1	Junta 240x1825	1	Regular la salida del grano y levantamiento de polvo, es la junta flexible de canal de aspiración.
LAAA-11227-001	E3	Almacenamiento	1	
LAAA-10230-001	E3	Perno 16x185	1	
LAAA-11552-001	E3	Bastidor de base	1	Base para el accionamiento de las cajas de tamices superior e inferior
LAAA-10463-001	E3	Carcasa de cojinete D 200/125	2	
UXN -10018-369	E2	Tornillo de cabeza hexagonal M16x65	16	Sujeción de los cojinetes de la transmisión de movimiento de las cajas de tamices superior e inferior
UXN -24028-110	E2	Racor G 1/8"	2	
LAAA-10455-001	E3	Tapa	2	
LAAA-11756-001	V1	Cinta de fieltro D 125, 10x8,5	2	Servir de medio de obturación del eje de la parte superior e inferior de accionamiento
LAAA-11716-001	E3	Accionamiento y disco volante	1	Transmisión de movimiento de la correa al bastidor de base
LAAA-11710-001	E2	Correa trapezoidal estrecha SPA LW = 5000	2	Transmisión del motor de accionamiento de tamices
LAAA-10417-001	E3	Árbol de accionamiento	1	Transmisión de movimiento a caja de tamices superior e inferior
LAAA-11377-001	E3	Bloque de nipples completo	1	
LAAA-11719-001	E3	Tubo de plástico HD 6x1,5	2	Dosificar lubricante a los rodamientos
UXN -56010-116	E2	Rodamiento de rodillos a rótula D 95/200x67	2	Rodamiento de parte superior y e inferior de caja de tamices
UNN -14023-017	E3	Arandela de seguridad con solapas D 90/126	1	Elementos de árbol de accionamiento
UNN -12026-017	E3	Tuerca de árbol M90x2	1	
UXN -44203-002	E3	Tapa de goma DN100	14	
UXN -44203-006	E3	Tapa de goma DN200	2	Proporcionar puntos de inspección
LZNN-11832-001	E2	Motor de frenado de corriente trifásica 230/400 V, 3,0 kW, 50 Hz, ATEX	1	Accionar de las cajas de tamices
UNN -18030-319	E3	Casquillo cónico D 28H7	1	Fijar la polea de transmisión del motor

### 2.3 Hoja de información

Para la elaboración de la hoja de información, se toma en cuenta las funciones principales que cumplen los subsistemas del equipo o sistema de limpieza de granos y la falla que podrían tener para incumplirla, posteriormente se procede a desglosar todas las posibles causas de la falla y el efecto que esta puede producir.

Cuadro 2.3: Hoja de información para la operación de tamizado

ISTEMA		Limpieza de granos		SISTEMA N°		
SUBSISTEMA		Alimentación				SUBSISTEMA N°
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Alimentar de manera homogénea al equipo con granos de soya.	A El producto no se distribuye homogéneamente y hacia los tamices.	1	El bastidor base de la entrada no está correctamente posicionada por rotura de las juntas de	Desvío de la caída de granos a las cajas de los tamices superior e inferior por lo que no se llega a obtener una distribución homogénea para ambas cajas. Tiempo de reparación con cambio de juntas de	
			2	La chapaleta de entrada vibratoria no distribuye el grano		
			2a	La chapaleta de entrada presenta rotura.	Falta de homogenización de los granos en la entrada.  Los granos no llegan a limpiarse adecuadamente. Tiempo de reparación con <b>cambio de chapaleta de entrada</b>	
			2b	Las vigas de la chapaleta no se encuentran sujetadas al árbol de excéntrica por rotura de la	Impide el movimiento vibracional debido a que no se encuentra conectada a su transmisión de movimiento. Tiempo de reparación con cambio sujeción al árbol de excéntrica 3 horas.	
			2c	Rotura de la pesa.	La falta de peso no genera el movimiento vibracional de la chapaleta. Tiempo de reparación con cambio de pesa 2 horas	
			2d	Rotura del tope de la pesa.	Dificulta el movimiento vibracional debido a que no tiene un tope para el retorno de su movimiento. Tiempo de reparación con	

								3	La suspensión no ofrece resistencia a la entrada de los granos	
								3a	La suspensión esta desgastada.	La suspensión no da tiempo a que los granos se homogenicen. Tiempo de reparación con cambio de suspensión 3
								3b	Rotura del eje que sostiene a los suspensores.	Ausencia de una base firme para su función por lo que no impide el paso de los granos hasta su homogenización. Tiempo de reparación con cambio de eje 3 horas
								3c	Desgaste de la palanca de mando de los suspensores.	Ausencia del punto de retorno del eje de los suspensores. Tiempo de reparación con cambio de la palanca de suspensores 3 horas

## 2.4 Hoja de decisión

Para la elaboración de las hojas de decisión se evaluaron los modos de fallo de cada sistema y se procedió a seleccionar un tipo de tarea en base al diagrama de decisión de tareas de la metodología RCM, para designar la actividad y la frecuencia se consultó con el grupo multidisciplinario para la posterior elaboración del plan de mantenimiento.

Cuadro 2.4: Hoja de decisión para la operación de limpieza de granos

			SISTEMA: Limpieza de granos										Sistema N°	Fecha:	Hoja N°: 1	
			SUBSISTEMA: Sistema de alimentación										Subsistema N°	Fecha:	de:	
Referencia de	Evaluación de las			H1			H2			H3			Acción a Falta	Tarea	Intervalo	
				S1			S2			S3						
				O1	O2	O3	H4	H5	S4							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3					Inicial		
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de juntas de sujeción del bastidor base de	Anual	Ejecutor de mtto. Externo	
1	A	2a	S	N	N	S	S					Inspección del estado de la chapaleta de entrada	Anual	Mecánico		
1	A	2b	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de las vigas de	2 años	Contratista	
1	A	2c	S	N	N	S	S					Inspección del estado de la	Anual	Mecánico		
1	A	2d	S	N	N	S	S					Inspección del estado	Anual	Mecánico		
1	A	3a	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de la suspensión de	2 años	Contratista	
1	A	3b	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de la suspensión de la chapaleta de	2 años	Contratista	
1	A	3c	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de la palanca de	2 años	Contratista	
1	A	4	S	N	N	S	S						Inspección del estado de ingreso de grano, regular	Diario	Operador	



## Plan de mantenimiento

Posterior a la elaboración de la hoja de decisión se realiza el plan de mantenimiento del equipo tomando en cuenta la posibilidad de la ocurrencia del tipo de falla, en base a los históricos de los fallos de otros equipos de limpieza en planta.

<b>Plan de Mantenimiento</b>		
<b>Operació</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsabl</b>
Inspección del estado de ingreso de grano, regular la posición de la	Diario	Operador
Inspección de la salida de los tornillos sin fin	Diario	Operador
Inspección de los granos de salida de la tolva	Diario	Operador
Verificación de la salida de los granos de primer clase	Diario	Operador
Verificación de la correcta alimentación de granos al equipo	Diario	Operador
Tesado de correa de transmisión	Semestral	Mecánico
Lubricar rodamientos	Semestral	Mecánico
Reajustar piezas de sujeción del liston guía y los tamices	Semestral	Mecánico
Verificación del estado de las barras de poliamida	Semestral	Mecánico
Cambio de juntas de sujeción del bastidor base de la entrada.	Anual	Contratista
Inspección del estado de la chapaleta de entrada vibratoria	Anual	Mecánico
Inspección del estado de la pesa	Anual	Mecánico
Inspección del estado del tope de la pesa	Anual	Mecánico
Inspección del estado de la chapaleta de salida	Anual	Mecánico
Cambio de correa de transmisión del árbol de excéntrica	Anual	Mecánico
Inspección del estado de las tapas de goma	Anual	Mecánico
Inspección de la capacidad de regulación de la unidad de ajuste	Anual	Mecánico
Cambio de la junta de la chapa de guía	Anual	Mecánico
Cambio de bolas de goma dañadas	Anual	Mecánico
Verificación de la cantidad de bolas de goma por cuadrante, (deben	Anual	Mecánico
Cambio de tubo de dosificación	Anual	Contratista
Reajustar piezas de sujeción del bastidor y los tamices	Anual	Mecánico
Cambio de cinta de fieltro	Anual	Mecánico
Cambio de los listones de guía de los tamices	Anual	Mecánico

## 4. Resultados

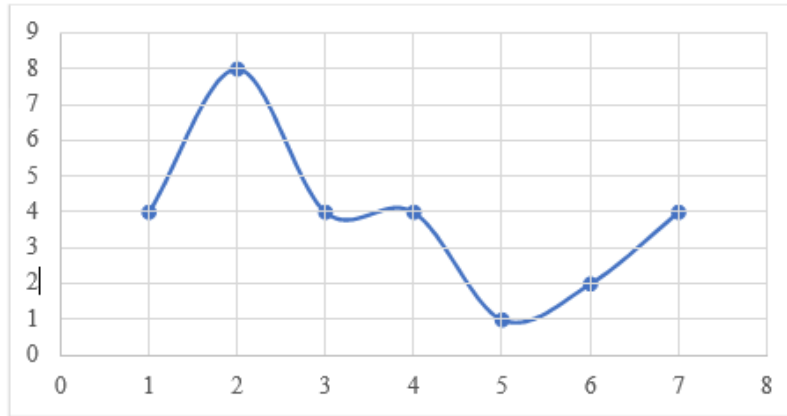
Se realizó un análisis del Costo – Riesgo – Beneficio del plan de mantenimiento propuesto para demostrar técnica y económicamente las ventajas que conlleva aplicar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM.

La curva de riesgo se obtiene en base a dos valores:

- Número Esperado de Fallas

- Consecuencias de la ocurrencia de las fallas

El tiempo de vida útil estimado para el equipo es de 7 años debido a que es el tiempo que tuvo el equipo predecesor. El número esperado de fallas fue calculado en base a los históricos de la pre-limpiadora predecesora, obteniéndose una tasa de falla de 3,71 fallas por año y el comportamiento de las mismas se presenta en la Figura 4.1.



Fuente: En base a históricos del equipo predecesor.

Para el cálculo de las consecuencias se tiene la siguiente expresión matemática:

$$C(F) = C_e + C_s + C_a$$

Donde:

C(F): Consecuencias de una falla por la no ejecución de la actividad de mantenimiento o reemplazo.

C<sub>e</sub>: Consecuencias Económicas

C<sub>s</sub>: Consecuencias en Seguridad

C<sub>a</sub>: Consecuencias Ambientales

En el caso de las consecuencias económicas está toma en cuenta los costos por pérdidas de producción y los de reparación de la falla. Para el cálculo de los costos por pérdidas de producción se tomaron como referencia el precio de venta del aceite crudo de soya establecido por Ministerio de Agroindustria Argentino de \$640/Tn<sup>4</sup> y una capacidad productiva .de referencia de una industria de elaboración de aceite ubicada en el departamento de Santa Cruz de 415.15Tn/hora. El tiempo y costo promedio de mantenimiento del tipo correctivo para el equipo de predecesor fue de 46,8 hr/falla y

4.984\$/falla. La expresión para el cálculo de la consecuencia económica es

$$CPP = PP * RF * TFS * N$$

Donde:

CPP: Consecuencias por pérdida de producción

PP: Precio producto

RF: Reducción de flujo

TFS: Tiempo fuera de servicio

N: Número esperado de falla

En el caso de las consecuencias de seguridad no se tienen registrados accidentes provocados por el equipo en toda su vida útil.

En el caso de las consecuencias ambientales se han registrado fuga de los granos de soya en el equipo, pero este se trata de una consecuencia reversible y no incluye ningún costo extra debido a que el grano puede ser recuperado y el área es limpiada por el operador de turno.

Posteriormente para graficar la curva de Riesgo se determina el Valor Presente Neto de cada uno de los valores de Riesgo (percentiles a utilizar) para cada período de frecuencia establecido, la tasa de descuento utilizada como referencia de un proyecto similar es del 14%.

$$VPN = \sum_{j=1}^n \left[ \frac{Riesgo_j}{(1+i)^j} \right]$$

Donde:

n: frecuencia de la actividad de mantenimiento en el horizonte económico.

i: tasa de descuento (%).

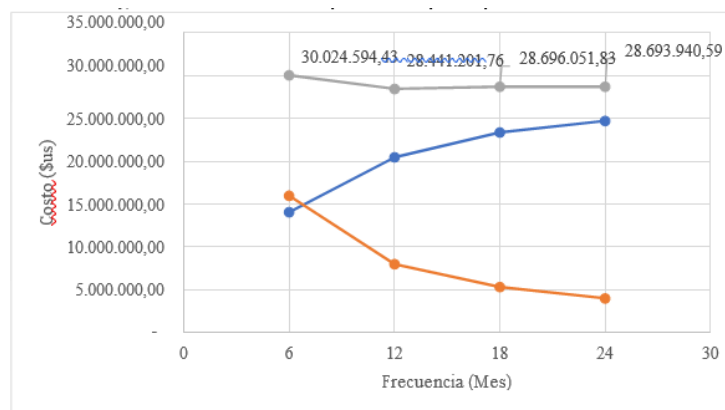
j: cualquier año en la vida del activo.

Riesgo<sub>j</sub>: distribución de probabilidad del Riesgo aplicado en el año j.

La curva del costo se obtuvo en base a costos de referencia de ejecución de tareas similares a las establecidas en el plan de mantenimiento propuesto, está conformado por el costo de los materiales y repuestos necesarios para la ejecución del plan de mantenimiento. Estos costos fueron separados en costos de ejecución operaciones propuestas de frecuencia anual y bianual, debido a que la gráfica del análisis de Costo-Riesgo-Beneficio determina una frecuencia.

La curva del impacto total es el resultado de la suma de los costos de riesgo y de los costos de ejecución del plan de mantenimiento propuesto, dando como resultado que el punto mínimo de la curva indica la frecuencia de ejecución más conveniente para las operaciones de mantenimiento.

Figura 4.2 Curva de impacto total para operaciones anuales



Fuente: En base a históricos y datos de referencia.

## 5. Conclusiones

Se realizó una descripción del proceso productivo y la planificación del mantenimiento en la empresa a partir de esto se identificaron las causas que afectan el desarrollo de los trabajos de mantenimiento para los equipos de producción.

Se realizó un análisis de criticidad enfocado en el área de preparación para determinar el equipo en el que se enfocaría la elaboración del plan de mantenimiento en base a la metodología RCM, dando como resultado el equipo de limpieza de los granos de soya.

Cómo resultado del diagnóstico se realizó el diseño del plan de mantenimiento en base a la metodología RCM para el equipo de pre limpieza de los granos, determinándose las fallas funcionales, causas y efectos en base a históricos del equipo predecesor, la experiencia de los técnicos propios de la empresa y la información proporcionada por el fabricante. A partir del estudio de fallos y con el diagrama de decisión de la metodología RCM es que se diseñó un plan de mantenimiento para el equipo.

A partir del análisis de Costo-Riesgo-Beneficio, se determinó que las frecuencias de ejecución de las tareas son las más óptimas comparando con los costos estimados de ejecución y los costos por la ocurrencia de la falla.

## 6. Bibliografía

Amendola, L. J. (2006). Gestión de proyectos de activos industriales. 31. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Arlandis Melé, J. (2015). UF1444 - Organización de las intervenciones necesarias para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios. Editorial Elearning.

Brueske, G. (2000). Procesos de separación aceite/harina. ASAGA, 534.

Buhler Group. (2016). High impurity requires accurate cleaning. Recuperado el 2 de 11 de

2018, de <http://www.iaom-mea.com/wp-content/uploads/2016/07/DAY-1-1- PETER-STRIEGL.pdf>

Builes, E. (22 de Agosto de 2017). Esteban Builes. Recuperado el <http://estebanbuiles.com/tum-herramienta-calculo-teep-oeo-disponibilidad/>, de Esteban Builes - Gestión de Mantenimiento en la práctica: <http://estebanbuiles.com>

Cardarelli, D., & Crapiste, G. (1842). Equilibrio sorcional hexano-agua en harinas de girasol.

ASAGA, 708.

Carralero, K., Zaragoza, B., Acosta, R., & Corrales, D. (14 de Agosto de 2013). Sistema de confiabilidad integral de activos. Mexico.

Cuatrecasas Arbós, L., & Torrell Martínez, F. (2010). TPM en un entorno Lean Management.

Barcelona: Profit.

Erickson, D. (1995). Manual Práctico de Procesamiento y Utilización de Soya.

Errasquin, L., Trossero, J., Saavedra, A., & Méndez, J. (s.f.). PRECOP. Obtenido de <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/agoindustrializacion/VisitasPlan tasExtraccionAceiteSoja.asp>

Fetzer. (2000). Planta de preparación de semillas combinadas. ASAGA, 359-361.

Fox, D. J. (2012). Universidad Católica Argentina. Obtenido de Biblioteca digital de la Universidad Católica Argentina:  
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/industrias-aceiteras-procesadoras-grano-soja.pdf>

García Garrido, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S. A.

García Garrido, S. (2010). La contratación del mantenimiento industrial. Madrid: Díaz de Santos.

García Garrido, S. (2011). Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado. 87. España: Ediciones Díaz de Santos.

García Palencia, O. (2007). Optimización integral del mantenimiento: Hacia la teratecnología de clase mundial.

García Palencia, O. (2012). Gestión Moderna del Mantenimiento. Ediciones de la U. Garcia Palencia, O. (s.f.). Tendencias actuales del mantenimiento industrial.

IBNORCA. (26 de 09 de 2013). NB12017:2013. Sistemas de gestión de mantenimiento - Requisitos. Bolivia.

Knott, M. (2000). Nuevos desarrollos en la molienda de semillas oleaginosas. ASAGA, 344-349.

Knott, M. (2000). Nuevos desarrollos en la molienda de semillas oleaginosas. ASAGA, 347. Lajara, J. (2000). Consideraciones de seguridad para un proceso de preparación de semillas oleaginosas. ASAGA, 1811.

Ministerio de Agroindustria. (2014). SAA044:2014. Argentina.

Mora, L. (2009). Mantenimiento - Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega. Moubray, J. (2004). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Gran Bretaña: Biddles Ltda.

Organización Internacional de Estandarización. (31 de Octubre de 2016). ISO 14224:2016. Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. British Standards Institution.

Paraíso, P., Andrade, M., & Zemp, R. (2005). DESTILACIÓN DE LA MISCELA II: MODELADO Y SIMULACIÓN DEL STRIPPING DEL HEXANO. Obtenido de Scielo:  
<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n1/a06v25n1>

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). En Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en el proceso de Gestión de Activos (pág. 60). España: INGEMAN.

Rataus, M. (2000). Extracción por solvente. ASAGA, 492.

SAE. (1999). Criterios de evaluación para procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. SAE JA1011.

Schumacher, H. (2000). Preparación de porotos de soja previa a la extracción por solvente.

ASAGA, 356.

Vavpot, V. J. (2000). El prensado mecánico. Principios básicos. Mantenimiento y futuro de un proceso tradicional. ASAGA, 432.

Williams, D., & Gracey, A. (2010). Mantenimiento y funcionamiento de silos.

Woodhouse, J. (1994). Criticality Analysis Revisited. Inglaterra: The Woodhouse Partnership

Yañez, M., Perdomo, J., & Gomez de la Vega , H. (s.f.). Ingeniería de Confiabilidad; Pilar Fundamental del Mantenimiento.