

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera

Design of a preventive maintenance plan of the grinding process for the mining industry

Ballesteros Sanabria, Silvia Lorena¹, Gómez Palomino, Nicolás Alfonso¹ y Robles Silva, Wilson²
Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniería de Mantenimiento
San Gil, Colombia

silviaballesteros@unisangil.edu.co
nalfonsogomez@unisangil.edu.co
wrobles@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: julio 29 de 2019
Fecha de Aceptación: noviembre 14 de 2019

Resumen — El presente artículo contiene el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa SUMMAG S.A.S., con el fin de llevar a cabo un control detallado, garantizando una herramienta que vele por el correcto funcionamiento y la disponibilidad de los equipos, que conforman el proceso de trituración de la mina y a su vez mitigar algunas de las necesidades que se encuentran en cuanto al área de mantenimiento ya que en la actualidad la empresa no cuenta con un instrumento donde puedan mantener de forma ordenada, clasificada y sistematizada información sobre las acciones que se realizan en los activos, como lo es un plan de mantenimiento; por ende, para un mejor resultado se debe efectuar una filosofía de generación moderna donde el mantenimiento no se tome como un gasto si no como un beneficio a mediano plazo, involucrando a todo el personal de la mina de forma que sean ellos quienes se apropien de la situación y logren comprender la importancia de incluir en sus labores diarias la aplicación del mantenimiento de manera correcta.

Palabras clave— Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, plan de mantenimiento, herramienta Excel de mantenimiento, disponibilidad, eficiencia.

Abstract - This article contains the design of a preventive maintenance plan for the company SUMMAG SAS, in order to carry out a detailed control, ensuring a tool that ensures the proper functioning and availability of the equipment form the process of grinding of the mine and thus mitigating some of the needs that are in terms of the maintenance area since currently the company does not have an instrument where they can maintain in an orderly, classified and systematized the information about the actions that are performed on the assets, such as a maintenance plan; therefore, for a better result, a modern generation philosophy must be carried out where maintenance is not taken as an expense but as a medium-term benefit, involving all mine staff so that they are the ones who take ownership of the situation and understand the importance of including in their daily tasks the maintenance application correctly.

Keywords – Corrective maintenance, preventive maintenance, maintenance plan, Excel tool of maintenance, availability, efficiency.

¹ Ingeniero de Mantenimiento, UNISANGIL

² Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Docente programa Ingeniería de Mantenimiento, UNISANGIL.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento son todos esos conjuntos de acciones necesarios para controlar el estado de los elementos y/o equipos que conforman una organización y así restaurarlos a las condiciones proyectadas de operación o en su debido caso las condiciones para las cuales fueron creados, buscando siempre una mayor seguridad, calidad y eficiencia posible; es por esto que debería tener la importancia que se merece al interior de cada empresa ya que si se analiza, los beneficios de este en las utilidades son de gran valor.

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a nuestros clientes mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras. [1]

En efecto, la elaboración de un plan de mantenimiento, es una herramienta fundamental para la toma de decisiones de la empresa, ya que brinda la oportunidad de analizar el impacto que puede tener el área de mantenimiento sobre los distintos procesos de la empresa, esto permite aumentar la calidad de los procesos y producto final, contar con la mayor disponibilidad de los activos; garantizando la vida útil de los mismos, evitar pérdidas por paradas inesperadas, disminuir la probabilidad de accidentes y aumentar la seguridad de los equipos y/o maquinaria. [2]

Este proyecto se realiza en la empresa SUMMAG S.A.S., con la finalidad de promover el incremento de la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos que conforman el proceso de trituración de la mina de caliza, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo que gestione actividades periódicas eficientes y ayude a proporcionar un mejor control de estos equipos y los mantenimientos realizados, para así disminuir los tiempos muertos, la no producción, prevenir los fallos, mejorar su funcionamiento aumentando la vida útil de cada uno de estos y buscando incrementar la eficiencia de este proceso productivo.

II. EMPRESA SUMMAG S.A.S

La mina de la empresa SUMMAG S.A.S., se encuentra ubicada en el kilómetro 1 vía Curití – San Gil en el municipio de Curití, Santander. Es un operador minero a cielo abierto y un importante actor en la economía del municipio de Curití y Barrancabermeja ubicados en el departamento de Santander en donde concentra su actividad minera basada en la exploración, explotación y comercialización de piedra caliza y canto rodado de diferentes cualidades y calidades. [3]

III. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO

Para el diagnóstico del estado actual de la mina en cuanto al mantenimiento se refiere, se realizó en conjunto con el ingeniero administrador de la misma, con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de los elementos que

pueden ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de la maquinaria.

El diagnóstico se lleva a cabo efectuando las observaciones pertinentes al igual que implementando una encuesta, la cual constó de 20 preguntas con diferentes criterios a escoger con una ponderación de 0, 1, 3 y 5; evaluando diferentes características como lo son planeación y programación, medidas de desempeño, equipos de mejoramiento, análisis de confiabilidad y análisis de procesos.

Con referencia en lo anterior, los resultados obtenidos fueron: (Tabla 1)

Planeación y programación	60%
Medidas de desempeño	17%
Equipos de mejoramiento	55%
Análisis de confiabilidad	30%
Análisis de procesos	80%

A continuación se encuentran las diferentes características evaluadas, y las razones por las cuales se dieron los porcentajes arrojados en cada una de estas.

TABLA 1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA IMPLEMENTADA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA SUMMAG S.A.S.

Evaluación Nivel 1					
Sistema	N° de Preguntas	P. Máx	Meta	Actual	%
1 Gestión del mantenimiento	20	5	100	44,0	44%

Evaluación Nivel 2					
Sistema	N° de Pregunta	P. Máx	Meta	Actual	%
1 Planeación y Programación	2	5	10	6	60%
2 Medidas de Desempeño	6	5	30	5	17%
3 Equipos de Mejoramiento	4	5	20	11	55%
4 Análisis de Confiabilidad	4	5	20	6	30%
5 Análisis de Procesos	4	5	20	16	80%

A. Administración de trabajos de mantenimiento

En cuanto a las actividades de mantenimiento, está claro que se basan en el correctivo. Los operadores de las máquinas informan verbal e informalmente las anomalías presentadas al jefe de la planta para su arreglo. Cuenta con un técnico de mantenimiento el cual está encargado de realizar tareas de soldadura, mecánica de maquinaria pesada, hidráulica y electricidad; pero la mayoría de mantenimientos que se les ejecutan a los equipos son por contratación a terceros.

B. Uso de sistemas informáticos

Actualmente en la empresa no se lleva un sistema de información que describa los trabajos de mantenimiento ejecutados en los equipos de la mina.

C. Planeación y programación

La encuesta arroja un porcentaje de 60% ya que los trabajos de mantenimiento en la mina se llevan a cabo a partir de una revisión rutinaria la cual tienen especificada en un formato de “revisión de maquinaria”, la cual no cuenta con una inspección detallada de los equipos.

D. Medidas de desempeño

El porcentaje obtenido en esta característica evaluada, es de 17% teniendo en cuenta que la mina no cuenta con planes para reducir los gastos de mantenimiento y así mismo no posee un análisis de gestión de indicadores de confiabilidad.

E. Equipos de mejoramiento

Los resultados arrojan un porcentaje de 55% en este aspecto, debido a que aún no posee un programa de desarrollo de competencias del personal, aunque es importante resaltar que se hacen reuniones programadas con el fin de tener un mejoramiento continuo en cuanto a las falencias que se estén presentando.

F. Análisis de confiabilidad

Los resultados de la encuesta arrojan un porcentaje de 30%, ya que no cuenta con un proceso que busque caracterizar el estado actual y predecir el comportamiento futuro de equipos, sistemas y/o procesos.

G. Análisis de procesos

La mina cuenta con una actualización de procedimientos administrativos de Mantenimiento y es por esto que arroja un porcentaje de 80% teniendo esto una calificación de “Bueno”, resaltando que es algo que los beneficia puesto que no se encuentran en un bajo estado en cuanto a esta característica.

Analizando con base en los datos adquiridos por medio de la encuesta el estado general de la gestión del mantenimiento en el cual se encuentra la mina es de un 44%, lo cual quiere decir que la manera en la que ese están llevando a cabo las diferentes tareas referentes a mantenimiento no es tan favorable, por ende el implementar un plan de mantenimiento preventivo resulta beneficiosos para la empresa.

III. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LA MINA

Hoy por hoy, no es un secreto la exigencia que tiene la mantenibilidad y disponibilidad de los equipos en cada una de las empresas, sin embargo, muchas de estas no tienen la conciencia y el mantenimiento simplemente está basado en un mantenimiento correctivo, en lo cual la empresa SUMMAG S.A.S no es la excepción de la extensa lista, por

esta razón se hace el diseño del plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración.

Se diseñaron los documentos requeridos con el fin de llevar a cabo un control detallado del área y del plan de mantenimiento, fortaleciendo este punto clave de la mina y así ayudar en el aumento de la disponibilidad operacional, con el fin de recopilar la información concisa acerca de las diferentes acciones desarrolladas en esta dependencia y llevar la programación y supervisión de los equipos. A continuación se dan a conocer esta serie de formatos de registro.

Dentro del procedimiento que se llevó a cabo para la realización de este plan, se da inicio con un diagrama de flujo del proceso de trituración de la mina de caliza.

A. Diagrama de flujo del proceso de trituración

Uno de los procesos más importantes para la empresa es el de trituración, por ende, se describe por medio de un diagrama de flujo en el cual se presentan los diferentes equipos que lo conforman.

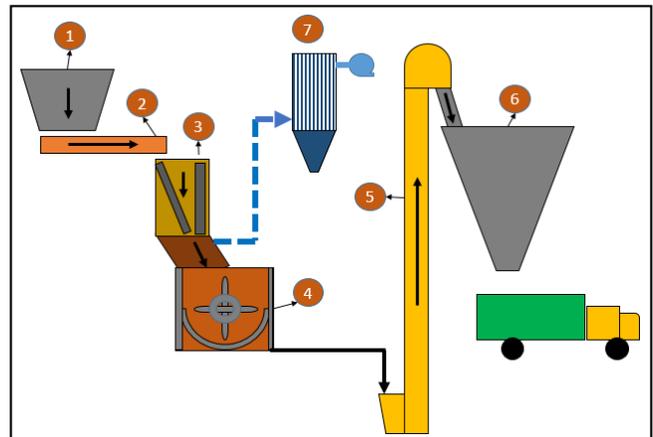


Fig. 1 Diagrama de flujo del proceso de trituración de la mina SUMMAG S.A.S.

Donde:

- 1- Tolva de recibo
- 2- Transportador de cadena
- 3- Trituradora primaria de mandíbulas
- 4- Trituradora secundaria de martillos
- 5- Elevador de cangilones
- 6- Tolva de despacho
- 7- Filtro de mangas

B. Codificación de equipos

La codificación de los equipos que conforman el proceso de trituración de la mina incluida en el plan de mantenimiento es de carácter alfanumérico (Tabla 2), la cual inicia con las iniciales del nombre de la empresa es decir “Mina Summag” (MS), luego permite identificar fácilmente dos características básicas: Clase y tipo de equipo, los cuales se identifican con

diferentes números dependiendo de la máquina de la cual se esté hablando.

TABLA 2. EXPLICACIÓN CÓDIGO DE LOS EQUIPOS

MS - # - ##			
MS	#	##	
	Clase de equipo	Consecutivo del tipo de equipo	
CLASE DE EQUIPO		TIPOS	
1	TOLVAS	01	Recibo
		02	Despacho
2	TRANSPORTADORES	01	Transportador de cadena
3	TRITURADORAS	01	Trituradora de mandíbula
		02	Trituradora de martillos
4	ELEVADORES	01	Elevador de cangilones
5	FILTROS	01	Filtro de mangas

En la Tabla 3 se presentan los diferentes códigos de los equipos que conforman el proceso de trituración.

TABLA 3. LISTA DE CÓDIGOS DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE TRITURACIÓN

EQUIPO	CÓDIGO
Tolva de recibo	MS-1-01
Transportador de cadena	MS-2-01
Trituradora de mandíbulas	MS-3-01
Trituradora de martillos	MS-3-02
Elevador de cangilones	MS-4-01
Tolva de despacho	MS-1-02
Filtro de mangas	MS-5-01

C. Codificación de documentos

Para interpretar la codificación (ver Figura 2) se debe tener en cuenta que las dos primeras letras (MS) representa el nombre de la empresa es decir “Mina Summag”, seguido de esto una abreviatura del tipo de documento que se requiera, de forma que: formato (FO) y ficha técnica (FT), las siguientes tres letras (MTO) hace referencia al área Mantenimiento; por último los dos símbolos ## para el caso de los formatos constituye a las dos primeras letras del nombre de la clase de formato, por ejemplo: Inventario de Maquinaria (IM). Por otra parte para las fichas técnicas los dos símbolos ## significan el número consecutivo de acuerdo al equipo del cual se está hablando.

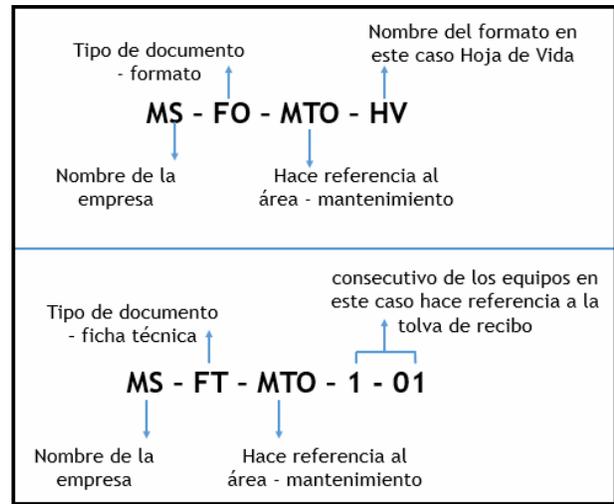


Fig. 2 Explicación código de los documentos.

D. Lista de formatos y fichas técnicas con su respectivo código

Los diferentes formatos elaborados se presentan en la siguiente Tabla 4, con sus respectivos códigos.

TABLA 4. LISTA DE FORMATOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

FORMATOS	CÓDIGO
Inventario de maquinaria	MS-FO-MTO-IM
Codificación de maquinaria	MS-FO-MTO-CM
Reporte de fallas	MS-FO-MTO-RF
Orden de trabajo	MS-FO-MTO-OT
Hoja de vida	MS-FO-MTO-HV
Paros y sus causas	MS-FO-MTO-PC
Análisis de criticidad	MS-FO-MTO-AC
Hoja de inspección	MS-FO-MTO-HI
Cronograma de inspección	MS-FO-MTO-CI
Cronograma mantenimiento preventivo	MS-FO-MTO-CP

A continuación, se presentan los códigos de las diferentes fichas técnicas en la Tabla 5.

TABLA 5. LISTA DE FICHAS TÉCNICAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

FICHAS TÉCNICAS	CÓDIGO
Tolva de recibo	MS-FT-MTO-1-01
Transportador de cadena	MS-FT-MTO-2-01
Trituradora de mandíbulas	MS-FT-MTO-3-01
Trituradora de martillos	MS-FT-MTO-3-02
Elevador de cangilones	MS-FT-MTO-4-01
Tolva de despacho	MS-FT-MTO-1-02
Filtro de mangas	MS-FT-MTO-5-01

E. Análisis de criticidad

Es conocido el análisis de criticidad como una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones de manera acertada y efectiva, enfocando el esfuerzo y los recursos hacia áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional.

Permite generar una lista ponderada desde el, o, los elementos más críticos hasta el menos crítico analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, media criticidad y baja criticidad. [4]

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} \times \text{CONSECUENCIA}$$

Frecuencia: Representa la cantidad de fallas que presenta un equipo en un intervalo de tiempo determinado.

Consecuencia: Es un criterio el cual se basa en cuantificación de parámetros subjetivos analizados de acuerdo a criterios de la empresa, como son el Impacto operacional (IO), flexibilidad operacional (FO), costos de mantenimiento (CM) e impacto sobre la seguridad y ambiente (ISAH). Por lo cual:

$$\text{Consecuencia} = (\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{IASH} \quad [5]$$

Matriz de criticidad

La matriz de criticidad es una forma de visualizar de forma rápida un mapa de la criticidad de los equipos. Se usan sus ejes donde se presentan la consecuencia y la frecuencia de falla para ubicar un punto dentro de la m (Figura 3) que

permita la clasificación como: No crítico (NC), Medio crítico (MC) y Crítico (C).

F R E C U E N C I A	9	MC	MC	C	C	C	C
	7	MC	MC	MC	C	C	C
	5	NC	NC	MC	C	C	C
	3	NC	NC	MC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	MC	C
			10	30	50	70	90
		CONSECUENCIA					

Fig. 3 Matriz de criticidad.

En la Figura 4 se puede apreciar el cálculo de la criticidad para los equipos que conforman el proceso de trituración de la mina de la empresa SUMMAG S.A.S., en la cual los equipos cuyo valor de la criticidad está señalado en color rojo corresponde a los más críticos, los que se encuentran en amarillo corresponde a los medio críticos y los de color verde hacen referencia a los equipos no críticos.

EQUIPO	ANÁLISIS DE CRITICIDAD										NIVEL DE CRITICIDAD	CRITICIDAD
	FRECUENCIA	CONSECUENCIA							CONSECUENCIA			
		FF	IO	FO	CM	IASH						
						IA	ISSP					
Tolva de recibo	3	5	5	3	1	3	32	MC	96			
Transportador de cadena	5	9	5	3	1	3	52	C	260			
Trituradora primaria de mandíbulas	7	9	9	3	1	3	88	C	616			
Trituradora secundaria de martillos	7	9	9	3	1	3	88	C	616			
Elevador de cangilones	5	7	5	3	1	3	42	MC	210			
Tolva de despacho	3	5	5	3	1	3	32	MC	96			
Filtro de mangas	3	1	5	3	9	5	22	NC	66			
							0		0			
							0		0			
							0		0			
							0		0			

Fig. 4 Análisis de criticidad equipos proceso de trituración.

De igual manera, según los resultados arrojados se puede determinar que tres equipos son críticos en el proceso de trituración los cuales son: Transportador de cadena, trituradora primaria de mandíbula y trituradora secundaria de martillos. Por otra parte, se encontró equipos con nivel medio crítico como lo son la tolva de recibo, elevador de cangilones y tolva de despacho. Lo cual indica que la mayoría de equipos del proceso de trituración son indispensables en la producción y tienen altos niveles de criticidad, por lo tanto, es necesario el diseño y ejecución de un plan de mantenimiento preventivo para mantenerlos en un buen estado.

IV. HERRAMIENTA EXCEL DE MANTENIMIENTO

Esta herramienta tecnológica, puede ser manejada de manera dinámica, en la cual se encuentran los diferentes formatos y contenidos necesarios para la ejecución del mantenimiento preventivo del proceso de trituración de la mina los cuales son de ayuda para llevar el control y orden de la información, haciendo de este programa un apoyo en cuanto a la administración y gestión de mantenimiento.

A. Interfaz de inicio

La pantalla principal (ver Figura 5) en la cual se encuentra el nombre de la empresa y su logotipo, consta de diferentes botones de los documentos requeridos para el plan de mantenimiento preventivo.

- Fichas técnicas
- Inventario de maquinaria
- Codificación de maquinaria
- Reporte de fallas
- Orden de trabajo
- Paros y sus causas
- Hojas de vida
- Análisis de criticidad
- Hoja de inspección
- Cronograma de inspección
- Cronograma de mantenimiento preventivo



Fig. 5 Pantalla de inicio del programa de mantenimiento

Al igual que un botón adicional el cual muestra los procesos desarrollados por la mina para llegar al producto final.

La importancia de implementar esta herramienta tecnológica, se debe a que en la actualidad la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, es decir que se viene realizando mantenimientos de tipo correctivo; por lo cual garantiza un instrumento que con ayuda de los diferentes formatos vele por el correcto funcionamiento y la disponibilidad para el ciclo de vida de los equipos que conforman el proceso de trituración, buscando mitigar algunas de las necesidades que se encuentran en cuanto al área de mantenimiento, ya que una medida concreta como esta de alguna u otra forma es de gran utilidad para el apoyo y seguimiento de las diferentes actividades que son estratégicas para llevar a cabo un buen mantenimiento.

IV. CONCLUSIONES

La empresa SUMMAG S.A.S no cuenta con información detallada en cuanto a mantenimiento de los equipos del proceso de trituración. La mayoría de acciones de mantenimiento se basan en correctivo, puesto que carecen de un departamento de mantenimiento y no cuentan con un

almacén de repuestos, el cual juega un papel clave en el área de mantenimiento y afecta directamente la producción.

Sobre el diagnóstico se logró observar el estado general de la gestión de mantenimiento que se lleva a cabo, el cual da como resultado un porcentaje de evaluación del 44%, apreciándose que no es tan favorable para la empresa ya que cuenta con un nivel bajo, por ende permite hacer más eficiente el plan de mantenimiento preventivo.

Se realizó el diseño de un plan de mantenimiento preventivo a los equipos que conforman el proceso de trituración de la mina con base en las necesidades que se evidenciaron y teniendo en cuenta las grandes ventajas que se tienen al llevar a cabo un control de las actividades de manteniendo, mejorando así el correcto funcionamiento de los equipos, aumentando su vida útil y generando un aporte para el crecimiento de la misma.

En busca de lograr una mejor administración y control del mantenimiento, se elaboró un programa en Excel en el cual se estructuró toda la documentación del sistema de información, permitiendo una mayor cantidad y calidad de datos almacenados que puedan ser manipulados de manera rápida y sencilla, dando un mejor manejo y monitoreo del plan de mantenimiento preventivo.

REFERENCIAS

- [1] W. Perez, Mantenimiento basado en el riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el hotel Plata Cayo Santa María. Cuba, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7278/P%C3%A9rez%20Gonz%C3%A1lez%2C%20Wendy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] K. Ardila, y G. Galvis, Diseño de un plan de mantenimiento para la fábrica tostadora Café Baeza. Trabajo de grado, programa Ingeniería de Mantenimiento, Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL, San Gil, Colombia, 2016.
- [3] SUMMAG.S.A.S. Folleto SUMMAG S.A.S Exploración, explotación, y comercialización de materiales pétreos, 2019.
- [4] A.M. del Castillo Serpa, M.L. Brito Ballina y E. Fraga Guerra, (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Revista de Ingeniería Mecánica*, vol. 12(3), pp.1-12, sept-dic 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225114976001>
- [5] B. GM. Márquez Contreras, «Análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional» REALIBILITY WEB.COM, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>