



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
MECÁNICA

DIAGNÓSTICO DE FALLAS, POR MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO, PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO POST VENTA DE  
MAQUINARIA PESADA VOLVO, EN UNA EMPRESA  
CONCESIONARIA AUTOMOTRIZ.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO

AUTORES

ALLEN JESUS IBERICO ROBLES  
OSCAR ERNESTO FIGUEROA GRADOS

ASESOR

MSC. ING. MARTÍN SIFUENTES INOSTROZA

LINEA DE INVESTIGACIÓN  
SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO - PERÚ

2019

---

ING. JORGE INCISO VÁSQUEZ

PRESIDENTE

---

ING. JORGE LUJÁN LÓPEZ

SECRETARIO

---

ING. MARTIN SIFUENTES HINOSTROZA

VOCAL

## DEDICATORIA

“Esta investigación merece mi agradecimiento a Dios, a mi abuela Mercedes, mis padres Raúl y Esperanza que están en el cielo. A mi esposa María Teresa Marquina y a mi hija Fatima, que me motivan a conseguir los objetivos trazados en la vida”

Oscar Ernesto Figueroa Grados.

“Mi agradecimiento por la culminación de esta investigación, a Dios por otorgarme la fuerza necesaria para seguir adelante, a mi abuela María y mi tío Richard que están en el cielo, con quienes compartí muchos momentos y siempre me apoyaron”

“A mis padres Gladys y Bernardo, quienes supieron guiarme por el buen camino en la vida; a mi esposa Rosa y mis hijos Liam y Giovanni quienes me motivan a luchar por mis metas y proyectos.”

Allen Jesús Iberico Robles.

## **AGRADECIMIENTO:**

En primer lugar, damos infinitamente gracias a Dios, por habernos concedido la fuerza y valor para poder culminar esta etapa de nuestras vidas académicas.

Agradecemos asimismo, la confianza, amor y apoyo brindado por parte de nuestras madres que, sin duda alguna, en el trayecto de nuestras vidas, nos han demostrado su comprensión y han corregido nuestras faltas y celebrado nuestros triunfos.

Al Ing. Martín Sifuentes Inostroza, por el asesoramiento otorgado durante la elaboración de esta tesis.

Finalmente nuestro agradecimiento a los Ingenieros Jorge Luján López, Jorge Salas Ruiz y Jorge Inciso Vásquez, porque cada una con sus valiosas aportaciones hicieron posible el desarrollo de la presente investigación y por su calidad humana que nos han brindado con su amistad.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Allen Jesús Iberico Robles, con DNI N<sup>a</sup> 42567849 y Oscar Ernesto Figueroa Grados, con DNI N<sup>a</sup> 42162371, egresados de la carrera de Ing. Mecánica de la Universidad Cesar Vallejo, con la tesis Titulada, “Diagnóstico de fallas, mediante mantenimiento predictivo, para optimizar el servicio post venta de maquinaria pesada Volvo, en una empresa consecionaria automotriz”, declaramos bajo juramento que:

- 1- Es de nuestra autoría
- 2- Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas
- 3- La tesis no ha sido auto plagiado, es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente.
- 4- Los datos presentados en los resultados no han sido falsificados ni duplicados ni copiados, por lo tanto los datos que se presentan constituyen fidedignos para nuestra investigación..

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumimos las consecuencias de nuestras acciones, sometiéndonos a la normatividad de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, marzo de 2019

-----  
Allen Jesús Iberico Robles  
DNI: 42567849

-----  
Oscar Ernesto Figueroa Grados  
DNI: 42162371

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con las disposiciones vigentes por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, nos presentamos ante ustedes y sometemos a vuestro criterio profesional la evaluación de la tesis titulada “Diagnóstico de fallas, mediante mantenimiento predictivo basado en el TTO., para optimizar el servicio post venta de maquinaria pesada Volvo, en una empresa concesionaria automotriz”, la cual ha sido elaborada con la finalidad de aportar a la investigación empresarial, así mismo poder obtener el Grado Académico de Ingenieros Mecánicos .

La presente tesis se ha elaborado tomando en cuenta los pasos y procedimientos del método científico y las orientaciones generales, que establece para los trabajos de investigación, de la Universidad César Vallejo.

Con la convicción de que se le otorgará el valor justo y mostrando apertura a sus observaciones, le agradezco por anticipado las sugerencias y apreciaciones que se brinden a la investigación.

Los autores

## INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO: .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
PRESENTACIÓN.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática (*) .....	2
1.2. Trabajos Previos.....	4
1.3. Teorías Relacionadas al tema .....	8
1.4. Formulación del problema .....	32
1.5. Justificación de estudio.....	32
1.6. Hipótesis.....	33
1.7. Objetivos.....	33
II. MARCO METODOLÓGICO.....	35
2.1. Tipo de estudio: .....	36
2.2. Diseño de investigación:.....	36
2.3. Variables y Operacionalización.....	37
2.4. Población y muestra .....	39
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	39
2.6. Métodos de análisis de datos: .....	39
2.7. Aspectos éticos:.....	40
III. RESULTADOS.....	41
3.1. Evaluar la situación inicial de la maquinaria pesada Volvo y su desempeño en operaciones productivas. ....	42

3.2. Identificar las partes e insumos críticos de la maquinaria, mediante un análisis de criticidad y/o mantenimiento predictivo. ....	47
3.3. Establecer mediante el Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) y el Número de prioridad de riesgos (NPR), las fallas críticas preponderantes. ....	50
3.4. Determinar y proyectar un Plan de Mantenimiento basado en teorías y herramientas del Mantenimiento Preventivo Condicional o Predictivo, aplicando el TTO (Tiempo total de Operación) y el CMR (Centrado en la Confiabilidad) para las unidades críticas, determinando indicadores de mantenimiento de la maquinaria, en situación de mejora. ....	57
3.5. Evaluar el costo beneficio de la implementación de la mejora, de acuerdo al diagnóstico general. ....	64
IV. DISCUSIONES .....	68
V. CONCLUSIONES .....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS .....	79



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Hojas de Información .....	15
Tabla 2: Hojas de decisión .....	15
Tabla 3: Criterio de evaluación y clasificación de la ocurrencia .....	22
Tabla 4: Los criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF. ....	23
Tabla 5: Criterios de evaluación de criticidad.....	28
Tabla 6: Operacionalización de variables .....	38
Tabla 7: Fallas de activos fijos. ....	42
Tabla 8: Hoja de información de la maquina VOLVO EC380271081 # 1 .....	50
Tabla 9: Hoja de información de la maquina VOLVO EC380280596 # 2 .....	52
Tabla 10: Hoja de información de la maquina VOLVO EC750280125 # 3.....	54
Tabla 11: Análisis del Número de prioridad de riesgos .....	56
Tabla 12: Beneficio en reducción de horas pérdidas la maquinaria Vovo de la empresa Mannucci .....	64
Tabla 13: Costos en mantenimiento predictivo en Maquinaria Volvo .....	65
Tabla 14: Costos en mantenimiento preventivo en Maquinaria Volvo.....	65
Tabla 15: Resumen de los costos de mantenimiento.....	66
Tabla 16: Inversión en activos fijos .....	66
Tabla 17: Fallas en la maquina #01 VOLVO EC380271081 en el año 2018 ...	83
Tabla 18: Fallas en la maquina 02 # EC380280596 .....	86
Tabla 19: Fallas en la máquina #03 VOLVO EC750280125en el año 2018 ...	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	13
Figura 2: Árbol lógico decisiones. ....	16
Figura 3: Lista jerarquizada de criticidad.....	26

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la Empresa Mannucci Diesel S.A., En esta tesis se propuso optimizar el servicio post venta de maquinaria pesada Volvo, a través de la mejora del sistema de mantenimiento predictivo basado en el Tiempo Total de Operación TTO. La población la constituyeron 03 tipos de maquinaria pesada, relevantes en la concesión de la empresa hacia las empresas mineras, la muestra fue 1 de cada una de ellas, puesto que constituye la muestra más importante, de mayor exigencia en trabajo y, al realizar el indicador de criticidad, se determinaron las partes y componentes más críticos. El diseño de la tesis ha sido pre experimental, dentro de la clasificación longitudinal, ya que se realizarán acciones que se realizan sin manipular deliberadamente las variables independientes, se toman varias mediciones en una población y diferente muestra, dando como resultado variación de la productividad, plasmada en índices porcentuales, para influencia en la satisfacción del usuario o cliente. Las técnicas aplicadas fueron Recolección de datos y observación directa, y los instrumentos de recolección de datos constituyeron las guías de observación y reportes documentados de reparaciones.

Se determinaron como resultados que la empresa, en materia de mantenimiento, descuidaban varios análisis y pruebas predictivas, además mediante una proyección, se logró mejorar la disponibilidad en un 30.91% (de 58.77% a 89.68%). Con estos resultados demostrados, se llegó a concluir que la mejora del sistema de mantenimiento, resulta en optimización de la productividad de la maquinaria, cuyo incremento obedece al índice del 13.86%, que representan los cálculos antes del proceso (79.22%) y en estado de mejora o después del proceso (93.08%), lo cual redundará en la satisfacción del cliente

Palabras clave: Sistema de mantenimiento predictivo, disponibilidad, método TTO (Tiempo Total de Operación), productividad, optimización del servicio post venta.

## **ABSTRACT**

The present investigation was developed in the company Mannucci Diesel S.A., in this thesis it was proposed to optimize the after sales service of heavy machinery Volvo, through the improvement of the predictive maintenance system based on the Total Time of Operation TTO. The population consisted of 03 types of heavy machinery, relevant in the concession of the company to mining companies, the sample was 1 of each of them, since it is the most important sample, the most demanding in work and, when performing the criticality indicator, the most critical parts and components were determined. The design of the thesis has been pre-experimental, within the longitudinal classification, since actions will be carried out without deliberately manipulating the independent variables, several measurements are taken in a population and a different sample, resulting in variation of productivity, expressed in percentage indices, to influence the satisfaction of the user or client. The techniques applied were data collection and direct observation; and, the data collection instruments constituted the observation guides and documented reports of repairs.

It was determined as results that the company, in the matter of maintenance, neglected several analyzes and predictive tests, in addition through a projection, it was possible to improve availability by 30.91% (from 58.77% to 89.68%). With these demonstrated results, it was concluded that the improvement of the maintenance system results in optimization of the productivity of the machinery, whose increase obeys the index of 13.86%, which represents the calculations before the process (79.22%) and in state of improvement or after the process (93.08%), which will result in customer satisfaction.

Key words: Predictive maintenance system, availability, TTO method (Total Operation Time), productivity, post sale service optimization.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad problemática (\*)

La empresa peruana Mannucci Diesel, está ubicada en Av. Mansiche 480, en la localidad de Trujillo-Perú. En 1931, se fundó en la ciudad de Trujillo dedicada a la venta automotriz con el nombre de WHIPPET-WILYS que correspondía a la marca que se representaba.

En los años 70 fue cuando la empresa se diversificó en otras actividades como inmobiliarias, transportes, agrícola, artefactos eléctricos, motocicletas, logrando que la visión de don Carlos se cristalice en esta institución con gran contenido social, con responsabilidad no sólo para la empresa en sí, sino para la comunidad en que se desarrolla.

En la actualidad la razón social responsable del rubro automotriz es MANNUCCI DIESEL S.A.C., concesionario autorizado de las marcas VOLVO, NISSAN, CASE y VCE en los departamentos de LA LIBERTAD , ANCASH , CAJAMARCA , LAMBAYEQUE Y PIURA; consolidando de esta manera su Visión Empresarial en el sector minero, de ser una Empresa líder en el Perú en servicios de Mantenimiento Integral, en rentabilidad y servicio a sus clientes y consumidores, ofreciendo el servicio de la más alta calidad y prestigio.



(\*) Revista "QUIENES SOMOS" (Manucci Diesel)






## **VISIÓN**

Ser una empresa líder en el Perú, considerada como la PROVEEDORA DE CONFIANZA de todos nuestros clientes.

## **MISIÓN**

Somos una empresa dedicada a proveer asesoramiento en la adquisición de bienes de capital y servicios de Post Venta, buscando la solución más rentable para maximizar el valor que le damos a nuestros clientes, colaboradores, proveedores y accionistas.

## **VALORES**

-  Confianza.
-  Trabajo en equipo.
-  Comunicación.
-  Adaptación al cambio.
-  Austeridad



## **TALLER: Acción.**

Hacer bien los trabajos a la primera vez y en el tiempo programado.

(\*) Revista “QUIENES SOMOS” (Mannucci Diesel)

La planta de Mantenimiento y servicio, por ser la única planta de la compañía dedicada al proceso de atención local y a distancia, se ha visto obligada a realizar diversas adquisiciones de equipos especiales para evaluación, identificación y diagnóstico de fallas en las unidades móviles vendidas a clientes tan importantes, sobretodo del rubro minero.

Dentro de estos equipos, existen los más importantes de flota que tiene el cliente: las excavadoras, las cuales son de prioridad; en este caso en particular la EC750DL, la misma que comenzó a fallar con varios síntomas, de acuerdo al avance de horas de trabajo:

-  Pruebas en el sistema hidráulico y modificación de parámetros (cambio de lampón, a las 696 Hrs.
-  Cambio de cañerías hidráulicas, a las 2004 Hrs.

- ✚ Reparación y montaje del sistema de refrigeración, a las 6160 Hrs.
- ✚ Falla del alternador, a las 6300 Hrs.
- ✚ Lentitud en el sistema hidráulico, a las 7322 Hrs.

Principalmente y, de acuerdo a la investigación mediante el mantenimiento predictivo, un primer diagnóstico arrojó que gradualmente la viscosidad del aceite ISO VG68 se iba disminuyendo; según la data, la temperatura de trabajo estaba sobre el promedio y revisando la cantidad que el cliente adquirió de aceite no alcanzaba para cubrir todos los servicios, todo esto ocasionó desgaste prematuro en los componentes hidráulicos tales como las bombas y MCV.

Ante lo ocurrido fábrica reconoció parte del monto y envió un aceite ISO VG68X que actualmente está siendo monitoreado y conservando hasta el momento su viscosidad.

En el año 2015 la jefatura de mantenimiento de la planta decide la cancelación de los contratos de mantenimiento preventivos y decide realizar el mantenimiento predictivo, utilizando equipos específicos y con el propio personal de la empresa, pero sin un plan de mantenimiento elaborado y se realiza mantenimiento en base a inspecciones periódicas. Este proceso de cambio conllevó a que se tenga una caída en los principales KPI de planta (Eficiencia Mecánica, Utilización y Merma).

## **1.2. Trabajos Previos**

A nivel Internacional

Suniaga (2010)(\*), en su investigación para obtener el grado de Ingeniero Mecánico. Realizado en la Universidad Nacional Experimental De Guayana (Guayana – Guayana), titulada: Diseño del programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria pesada perteneciente a la empresa Venezuelan Heavy Industries S.A. (Vhicoa)”. Utilizo el método de investigación experimental, haciendo uso del método AMEF, donde se evaluó los indicadores actuales de la maquinaria pesada tales como: cargadores frontales, excavadoras,



retroexcavadoras, motoniveladoras y camiones de acarreo, obteniendo una disponibilidad en el rango de 75% - 82%, confiabilidad de 78% - 83%, debido a un aumento de 423 OTM (ordenes de trabajo de mantenimiento) correctivas y preventivas que originaron una pérdida de 2667 horas por mantenimiento no programado, debido a esta problemática se implementó el mantenimiento preventivo pero fundamentado en el análisis de modos y efectos de fallos AMEF, incrementando la confiabilidad en un rango de 88- 95%, la confiabilidad en 88-94%. Concluyendo que con la ejecución del mantenimiento preventivo se redujo los costos de mantenimiento hasta en un 71.50%.

**(\*) Tesis de Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional Experimental De Guayana – Autor: Suniaga, 2010.**

En la tesis realizada por Buelvas y Martínez (2014)(\*) denominada: “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. en Barranquilla – Colombia”, se consideró el estudio de diseño pre - experimental. Para lo cual se realizó una descripción detallada de la forma como se maneja la empresa, mensualmente, se pudo detectar que el 80% de las actividades fueron para reparación de fallas inesperadas, lo que generaban un incremento de costos adicionales en un 15%, por horas extras a los operarios y mecánicos, altos inventarios, altos insumos, y el consumo excesivo de los mismos. Al aplicar herramientas como el mantenimiento; se ganaron días de trabajo, las fallas en la maquinaria bajaron en un 52%, del mismo modo que los costos adicionales en un 11%, ello dado que los repuestos se cambiaban oportunamente, y ya no se trabajan más días. Gracias al plan de mantenimiento se pudo aumentar la productividad de la maquinaria de un 36% a un 63%. **El aporte** de esta investigación, fue el tratamiento comparativo de la evolución de fallas de la maquinaria que servirá como discusión de esta tesis.

**(\*) Tesis de Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional de Barranquilla, Colombia – Autores: Buelvas y Martínez, 2014.**

De acuerdo al artículo Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España (Goti, 2008), donde se manifiesta “Es necesario establecer las bases de un sistema de gestión de mantenimiento que sirva para recopilar, analizar y estudiar las actividades realizadas, siendo imprescindible el desarrollo de ésta”,

tomamos como aporte la concepción de un Sistema de Gestión para el mejoramiento de indicadores y costos en un escenario industrial acorde con el nuestro. Además, se debe tener en cuenta la cultura y la organización de la empresa, y en particular es muy importante para comprender el nivel existente de gestión de la información en la empresa, donde se pueden esperar cuellos de botella en la adquisición, transmisión o procesamiento de información relacionados con la confiabilidad y las operaciones de mantenimiento.

**(\*) Artículo en revista de Ingeniería Industrial “Bases de Gestión de Mantenimiento” - España – Autor: Goti, 2008.**

### **A nivel nacional**

Casachagua (2017)(\*), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Realizada en la Universidad Nacional Del Centro Del Perú (Huancayo - Perú), titulada: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A” expone un plan de mantenimiento preventivo mediante un diseño de investigación cuasi-experimental, aplicando las herramientas del RCM como el análisis de criticidad de equipos y AMEF. El análisis de criticidad se aplicó en 5 ponderaciones: frecuencia de fallas, costos de mantenimiento, impacto operacional, flexibilidad operacional y seguridad y medio ambiente determinando que los componentes más críticos de las excavadoras son 7 (Turbocompresor, bomba de combustible, cilindro-pistón, árbol de levas, cigüeñal, transmisión, válvulas de escape) los cuales originan una disponibilidad de 81%. Mientras el AMEF encontró 65 modos de falla potenciales que originan una pérdida de 1846 horas/año con un costo de producción de 67453.00 nuevos soles/año. Concluyendo que con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM la disponibilidad mejora en un 90%.

**(\*) Tesis de Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional del Centro del Perú (Huancayo) – Autor: Casachagua, 2017.**

Asimismo, en la investigación realizada por Rivera (2011)(\*) que tuvo como título: “Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial”, en Lima. Empleo un diseño experimental. Para lo cual tuvo como objetivo principal implementar un Sistema de Gestión de Mantenimiento Industrial incluyendo una serie de estrategias alineadas a la misión y visión de la empresa. Al aplicar herramientas como Ishikawa y el TPM , el plan de mantenimiento, la gerencia, pudo lograr dotar los

recursos adicionales como implementos de seguridad, protección de la maquinaria, basándose en el apoyo de una constante capacitación sobre mantenimiento, ya sea preventivo y correctivo enfocándolo al negocio de alquiler de maquinaria pesada. Gracias al plan de mantenimiento aplicado se pudo aumentar la productividad de la maquinaria de un 43% a un 88%.

**(\*) Tesis de Ingeniería Industrial - Universidad de Lima - Perú– Autor: Rivera, 2011.**

### **A nivel local**

Ayay (2014), en su tesis titulada “Diseño y evaluación técnica económica de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo fundamentado en el análisis de modos y efectos de fallas para reducir los costos del mantenimiento de la maquinaria pesada en la empresa Multiservicios D&A S.A.C” realizada en la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo - Perú, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) para optar el grado de Ingeniero Mecánico, aplicó un plan de mantenimiento preventivo y predictivo AMEF para aumentar la confiabilidad de las máquinas de la empresa D&A SAC. Concluyendo, que el AMEF a cada falla de cada componente determino que el 51% son fallas indeseables. La inversión en activos fijos para la aplicación del AMEF es de 73800.00 N.S, para obtener un beneficio neto de 101606.5 N.S/año y con un tiempo operacional para la inversión de 260 días resultando factible la implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

**(\*) Tesis de Ingeniería Mecánica - Universidad César Vallejo-Trujillo – Autor: Ayay, 2014.**

### **1.3. Teorías Relacionadas al tema**

#### **1.3.1. La Gestión de Activos (\*)**

Se define según PAS 55:2008 como “Conjunto de actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas por medio de las cuales una organización maneja de manera óptima y sustentable sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y gastos a lo largo de sus ciclos de vida, con el fin de lograr su plan estratégico organizacional.

El termino optimización se refiere a la mejor relación de costos, riesgos y beneficios.

(\*) Bedoya Ríos, 2014, pag. 10.

#### **1.3.2. Sistema de gestión y mantenimiento**

La gestión y mantenimiento vienen de la mano con un programa o plan sobre el mismo, basándose en la reparación de la maquinaria y equipo industrial, determinada por etapas, actividades, tiempos, recursos humanos, y materiales necesarios para la ejecución, y cumplimiento de los objetivos correspondientes a un buen mantenimiento, tomando en cuenta, también, el plazo y costes de las especificaciones del plan general. Esta gestión establece, también, el seguimiento de los puntos críticos de la maquinaria que implica un riesgo de parada, deterioro de la calidad, y falta de productividad, que responde, así mismo, a los objetivos sobre costos de producción, calidad de un mantenimiento adecuado dentro de cualquier empresa. Una adecuada gestión, puede maximizar los niveles deseados de actuaciones del mantenimiento correctivo, optimiza los recursos propios, que determinan las necesidades del apoyo, tanto interno y externo que se debe tener, para compatibilizan con el cumplimiento del plan de mantenimiento y producción.

#### **Mantenimiento (\*)**

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las

acciones técnicas y administrativas correspondientes. En las ramas de la Ingeniería algunas especializaciones son:

Ingeniería en mantenimiento industrial e Ingeniería en mantenimiento mecánico. Al ejecutar un plan de mantenimiento con la frecuencia requerida y en función a los cambios en los ciclos productivos, de la capacidad productiva, calidad de la producción y optimización de la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del equipo y maquinaria.

(\*) (Ministerio de Educación y Cultura, 2015).

Un plan de mantenimiento(\*), es considerado como conjunto de tareas que siguen una serie de pasos para prevenir, principalmente, los fallos que puede tener una maquina o equipo. Del mismo modo, un plan de mantenimiento se basa en la inspección periódica de la maquinaria, equipo, e instalaciones de la empresa, con el objetivo de prevenir condiciones que puedan derivar a paros imprevistos de producción, de manera básica. Los conceptos básicos para la elaboración de un plan de mantenimiento son:

- Disponer de los datos sobre la maquinaria y equipos.
- Establecer cuándo y cómo deben realizarse las inspecciones e intervenciones.
- Evaluar la productividad, eficiencia y eficacia del mantenimiento, a través de indicadores.
- Determinar el coste de mantenimiento y su repercusión en el presupuesto de la empresa, así como su evolución.

(\*) Rey, Francisco (2011)

Del mismo modo, **Rey, Francisco (2011)**, nos describe los siguientes tipos de mantenimientos:

- **El mantenimiento rutinario**, es un mantenimiento de actividad diaria que tiene por objetivo mantener la limpieza, lubricación en los equipos y maquinaria, para el cuidado de los espacios comunes y no comunes de cualquier empresa. Su ejecución no requiere mucha especialización técnica, en cuanto a la verificación de niveles de agua, aceite, ruidos, y vibraciones.

- **El mantenimiento programado**, por su lado, es un tipo de mantenimiento que puede ser discutible, aunque no innecesario, requiere cuidados para las emergencias de los equipos destinados a la producción o servicios continuos, para alargar así la vida útil de los mismos. Este mantenimiento consiste en tener previsto plan de acción por falta de fiabilidad ocasional para un determinado equipo y así tener la oportunidad de detección, así mismo, también exige un máximo de trabajos de mantenimiento que es imposible efectuar con el equipo en marcha con su conflictiva disponibilidad.
  
- **El mantenimiento predictivo**, es aquel que se anticipa a las fallas por medio de un seguimiento, dado que lo que se requiere es adelantarse al comportamiento de una, dos o más variables en la maquinaria o equipos. Este mantenimiento se basa, en un proceso de mediciones con la máquina funcionando, y trata de minimizar el tiempo del equipo o maquinaria detenida y poder detectar la evolución de una falla y tomar la anticipación necesaria, prolongando la factibilidad del funcionamiento hasta permitir una inspección programada.
  
- **El mantenimiento preventivo**, se realiza, paralizando la máquina, equipo o instalación del servicio para realizar evaluaciones y cambiar, según sea el caso, los componentes de la programación organizada inicialmente (DUFFUAA, 2010). Para esta actividad es básica la información de los fabricantes mediante los manuales y/o catálogos, sobretodo en cuanto a expectativa de vida útil de equipos y componentes críticos; así mismo, también tiene importancia el conocimiento específico de la máquina y su historial, es decir, este mantenimiento anticipa la interrupción de una falla y un método de trabajo a seguir. El Mantenimiento Preventivo, tiene el mérito de acotar la cantidad de horas, normalmente informadas por el fabricante para la indisponibilidad del equipo por componentes que han cumplido su vida útil y evitar el nesgo para otros componentes aleatorios. En este Mantenimiento, también, se consideran las condiciones operativas (velocidad, humedad, temperatura, presiones de trabajo, etc.). Estas variables se ajustan con las

experiencias y necesidades específicas de la producción de cada fabricante, con la aceptación del margen de error aceptable.

De esta manera el sistema de gestión de mantenimiento, se fundamenta en ciertas teorías, como la de (VELASCO y otros, 2016) que manifiesta que es un mecanismo muy valioso para asegurar que los principios de planificación total del ciclo de vida, gestión de riesgo, costo/beneficio, enfoque al cliente, sustentabilidad, etc. sean realmente implementados dentro del trabajo diario de implementación de proyectos de capital, operaciones, mantenimiento, etc. Un sistema de gestión de activos a lo largo del ciclo de vida total debe dejar bien atados todos los temas que hemos resumido anteriormente, este debe “marcar la cancha” para definir de manera clara e inequívoca nos hacemos estas preguntas:

- ¿Qué se debe hacer?
- ¿Cuándo debe hacerse?
- ¿Cómo debe hacerse?
- ¿Quién debe hacerlo?

Una forma muy particular de verlo es que el sistema de gestión de mantenimiento es “el libro sagrado” a la cual debemos recurrir para asegurarnos de que estamos trabajando de la manera adecuada en todas las actividades de mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida.

## **Mantenimiento preventivo**

### **a) Mantenimiento basado en el tiempo (MBT)**

Es la planificación de actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento, adecuando las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento.

Es el mantenimiento tradicional que se lleva a cabo fundamentado en horas de operación del sistema

### **b) Mantenimiento basado en las condiciones (MBC)**

El cual se basa en inspeccionar los equipos a tiempos regulares y adoptar medidas para evitar las fallas y prevenir las consecuencias de las mismas de acuerdo a condición, en donde el estado del equipo se define controlando los parámetros claves de operación; para medir éstas condiciones se usan técnicas como análisis de vibraciones, lubricación, termovisión, radiografía industrial, entre otros; y en la información histórica de la falla de los equipos. La función del mantenimiento preventivo es asegurar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos (GARCIA, 2012).

### **c) Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

RCM o *Reliability Centred Maintenance*, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico. (MOUBRAY, 2004).

Por supuesto, RCM es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento. Pero en realidad, el plan de mantenimiento no es más que uno de los productos del profundo análisis que debe efectuarse en la instalación. Además del plan de mantenimiento, se obtienen otra serie de conclusiones:

Las modificaciones que es necesario llevar a cabo en la instalación, asumiendo que un buen mantenimiento no soluciona un mal diseño, y por tanto, si la causa raíz de un posible fallo reside en el diseño es esto lo que hay que cambiar.

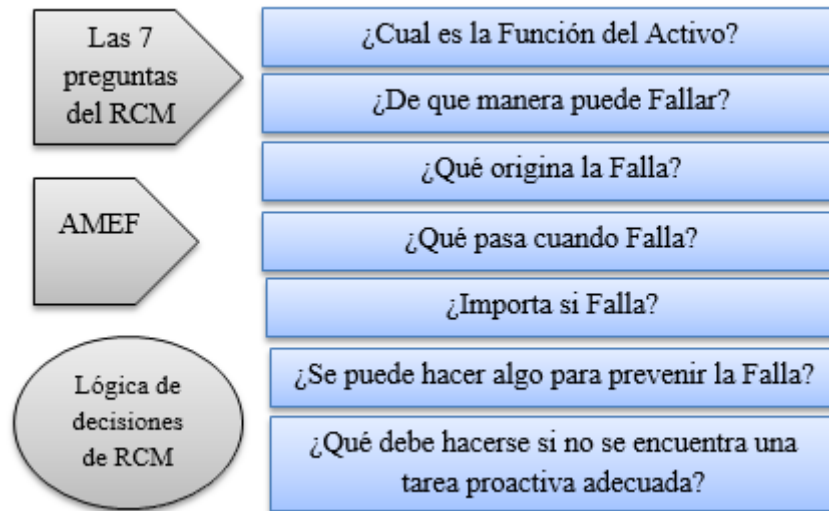
Una serie de procedimientos de operación y mantenimiento que evitan que se produzcan los fallos analizados.



Una serie de medidas a adoptar para que en caso de fallo, las consecuencias se minimicen.

Según la norma SAE JA 1011, las preguntas básicas del RCM constituyen una metodología básica para su implementación:

- Metodología para la implementación del RCM:



**Figura 1: Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad.**

**Fuente: Moubray, 2004.**

### **Herramientas para la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento:**

- El AMEF (análisis de modo de fallas y efectos de fallos) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el RCM que responderán las siete preguntas básicas (MOUBRAY, 2004).

Esta herramienta, permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se logra:

1. Asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.
2. Identificar debilidades de diseño.
3. Proveer alternativas en la etapa de diseño.
4. Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.

5. Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.

- ✓ Hojas de información: Previamente al desarrollo de la hoja de decisiones estratificamos la referencia de información para poder establecer las tareas propuestas mediante las hojas de información. Aquí se responden las tres primeras preguntas de la metodología RCM. (GONZÁLES, 2005).
- ✓ Modo de fallas: Son las diferentes formas, maneras y modos en las que puede fallar un componente de un equipo y el equipo en sí, la cual genera una pérdida total o parcial de su función.
- ✓ Efectos de falla: Son los hechos o la evidencia de que la falla se produjo, además indica la sucesión de eventos desde que se inicia hasta que termina la falla, es prioritario establecer las consecuencias de éstas, esto contiene impacto de la seguridad, higiene, económico y operación de la falla.
- ✓ Número de prioridad de riesgo (NPR): Se determina multiplicando los tres índices de probabilidad, los cuales son la gravedad, el nivel de ocurrencia y por la falta de detección.

$$I(R) = G * O * D$$

Donde:

I(R): índice de riesgo de cada falla

G: índice de gravedad

O: índice de ocurrencia

D: índice de detección

(RODRÍGUEZ, 2012), señala que, si el valor de IPR es superior a 100, se debe intervenir en el sistema realizando la tarea de mantenimiento respectiva, en cambio si el valor de IPR es inferior a 100, no es necesario intervenir, salvo que los cambios fueran fáciles de introducir en el sistema y mejoren su funcionamiento.

En el anexo XX, se detallan las tablas para la evaluación del número de prioridad de riesgo.

- ✓ **Árbol lógico de decisiones:** Es una herramienta que ayuda a seleccionar de manera óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM. (MOUBRAY, 2004)
- ✓ **Hojas de información:** Se estratifica la información de referencia para poder establecer las tareas.
- ✓ **Hojas de decisión:** Hojas que permiten integrar las consecuencias y las tareas de mantenimiento.

**Tabla 1: Hojas de Información**

<b>Nombre del equipo:</b>			
<b>Sistema:</b>			
<b>Pieza</b>	<b>Función que desempeña (F)</b>	<b>Modo de fallo funcional (FF)</b>	<b>Causas Potenciales de fallo (FM)</b>

Fuente: Améndola, 2002

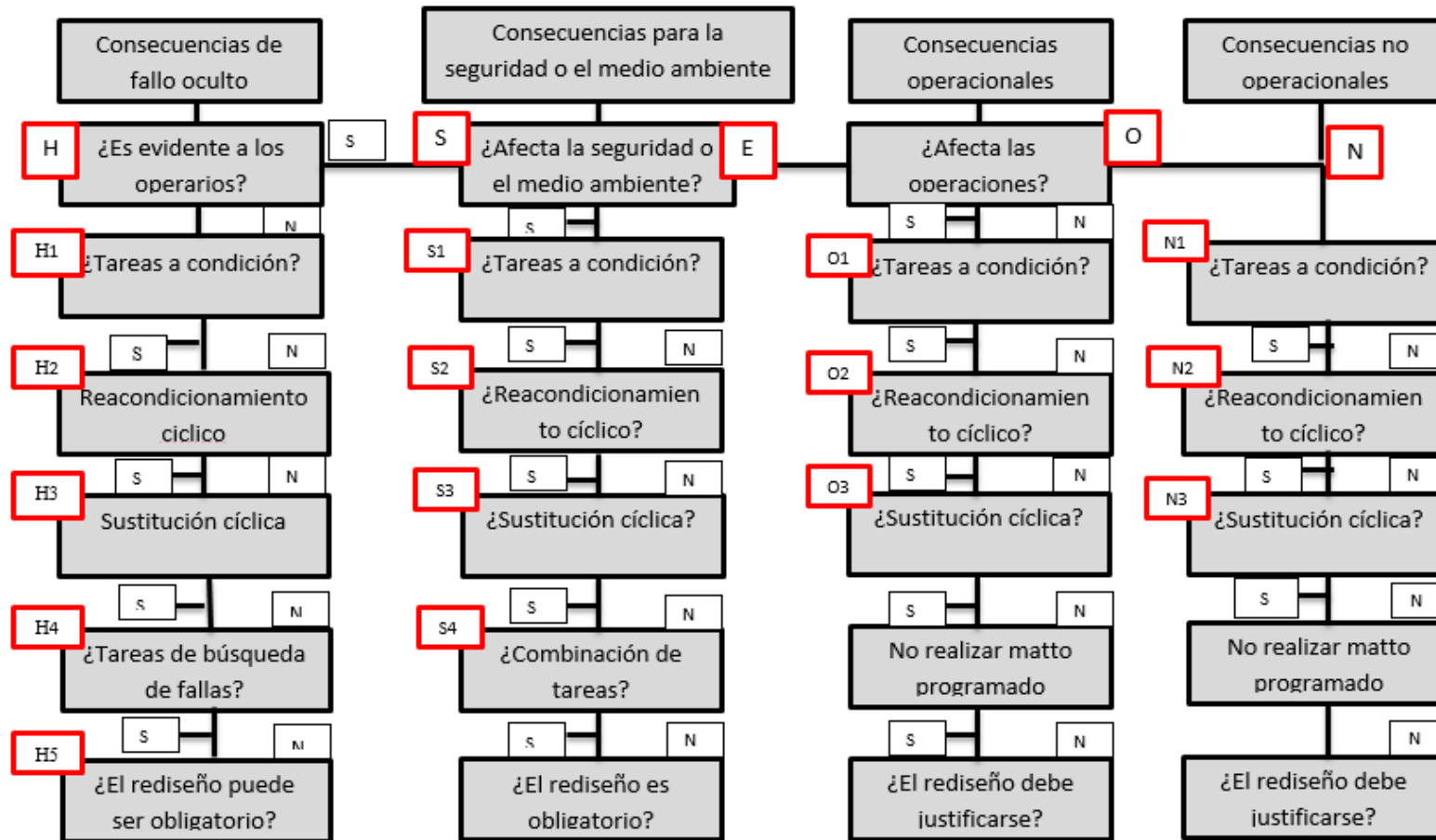
- ✓ **Hojas de decisión:** Es en esta etapa del análisis en la cual finalmente se integran las consecuencias y las tareas, y es en esta etapa en la que podremos responder a las últimas 4 preguntas de la metodología del RCM:

**Tabla 2: Hojas de decisión**

HOJA DE DECISIONES			Sistema:						Facilitador:	Fecha:	Hoja N° 1			
			Subsistema:						Auditor:	Fecha:	de:			
Referencia de información	Evaluación de consecuencias	H1	H2	H3	Acción de falla de	Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a-año, m-mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	S1		S2		S3	
									O1	O2	O3	H	H5	S4
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	4				

Fuente: Moubray, 2004

Árbol lógico de decisiones: Herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM.



**Figura 2: Árbol lógico decisiones.**  
Fuente: Moubray, 2004

### 1.3.3. Indicadores en mantenimiento

A continuación, se describen los indicadores más usuales que se emplean en un departamento de mantenimiento. Insisto en el hecho de que no todos son necesarios: entre todos ellos habrá que elegir aquellos que sean realmente útiles, aquellos que aporten información, para evitar convertirlos en una larga lista de datos. Además, hay que tener en cuenta que en la mayoría de los casos es necesario adaptarlos a cada planta concreta, efectuando pequeñas modificaciones que hagan que los indicadores seleccionados estén perfectamente adaptados a las necesidades concretas de información de una planta.

- **Disponibilidad**

Según (REALIBILITYWEB, 2016), es sin duda el indicador más importante en mantenimiento y, por supuesto, el que más posibilidades de 'manipulación' tiene. Es la proporción de tiempo durante el cual, el equipo o sistema se pudo haber usado, es decir que no esté parada por daños o averías. Se mide por el índice:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas Inoperativas}}{\text{Horas Operativas}} * 100$$

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

- **Disponibilidad por averías, Intervenciones no programadas: (\*)**

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de los equipos. Igual que en el caso anterior, es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería, para poder ofrecer un dato único.

MTBF (Mid Time between Failures, tempo medio entre fallos)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

MTTR (Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución

$$\text{MTTR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por avería}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{MTBF} - \text{MTTR}}{\text{MTBF}}$$

(\*) (García Garrido, 2012)

- **Confiabilidad.**

Según (APABLAZA, 2013), Confiabilidad es la probabilidad de que un equipo o instalación desempeñe su objetivo principal correctamente de acuerdo al requerimiento de uso establecidas, en un período de tiempo dado. Para tener más claro nuestro panorama, en lo referente al cálculo, se debe tener claro qué es confiabilidad, para lo cual se puede definir de la siguiente manera: Es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes.

Como se deduce de esta definición, la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros. Como veremos más adelante, el cálculo de la confiabilidad según el método que expongo se basa en la definición clásica de Laplace de probabilidad.

Otro aspecto importante de la definición anterior, es que la confiabilidad se puede aplicar a un sistema, a un activo o a un componente. Es en este punto donde se debe tener en cuenta si el sistema es en serie, en paralelo o redundante. Un activo, por ejemplo una volqueta, puede considerarse como un sistema en serie.

Es importante resaltar, además, que la confiabilidad se determina para un determinado período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, anual, etcétera, y bajo el contexto operacional en el cual opera el activo o el sistema. No es lo mismo, por ejemplo, una bomba que impulsa agua a otra bomba que impulsa una mezcla de caliza y agua. Aquí los contextos operacionales son diferentes e influye directamente en la operación del activo, aun si ambas bombas son iguales.

### **Ecuación básica.**

Como se mencionó en el numeral 1, la ecuación para el cálculo se basa en la expresión desarrollada por el ingeniero (LOURIVAL TAVARES), en la cual la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR:

$$R = f(\text{MTBF.MTTR})$$

Donde: R: Confiabilidad.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación.

Ahora veamos como se relacionan las tres variables de la ecuación

$$R = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

Como se observa en la ecuación, dicha expresión no es más que la definición de probabilidad según LAPLACE: Número de aciertos (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones). Esta es la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad.

#### **1.3.4. Análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF).(\*)**

El análisis de modo y efectos de fallas (AMEF), es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que estas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas (GONZÁLES, 2005). Por lo tanto el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.



- Identificar las acciones que podrían eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.

1.3.4.1. Para hacer un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), se requiere lo siguiente:

- Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer la necesidad del cliente.
- Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde el subconjunto hasta sistema completo.
- Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.
- Especificaciones funcionales de módulos, subconjuntos, etc.
- Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- Formas de AMEF (en papel o electrónicas) y una lista de consideraciones especiales que se apliquen al producto.

1.3.4.2. Identificación de funciones y fallas.

Una vez que el objetivo del análisis ha sido establecido, el siguiente paso en el proceso del AMEF es identificar funciones. Una función es el propósito para la cual fue diseñada o seleccionado un producto o proceso que está bajo el análisis. Si se trata de un sistema las funciones deben ser también identificadas. Los modos de fallas potenciales o las categorías de fallas pueden ser entonces identificados describiendo la forma en la cual el producto o proceso falla. Los modos de falla caen en uno de cinco categorías posibles de falla:

- Falla total
- Falla parcial
- Falla intermitente
- Falla antes de tiempo.
- Falla por sobre exigencia o sobrecarga de la función.

1.3.4.3. Efecto de falla.

Luego de que las funciones y modos de fallas han sido establecidos, el siguiente paso en el proceso de un AMEF es identificar las consecuencias potenciales cuando se presente un modo de falla. Esto se canaliza a travez de una tormenta de ideas con el equipo de trabajo.

#### 1.3.4.4. Ocurrencia.

Las consecuencias son evaluadas en terminos de ocurrencia, esta se define como la probabilidad de que una causa en particular exista y ocasione un modo de falla su periodo de trabajo del producto, es decir que es remotamente imposible decir de que el cliente se de cuenta del modo de efecto de falla.

Para obtener el valor de la ocurrencia se sugiere una escala del 1 al 10, esta escala seria de esta forma, muy baja, baja, moderada, alta, muy alta, cada uno de estos criterios dependera del numero de fallas que se le a asignado a cada escalon, si la falla detectada es mayor a 5 años se definio que la probabilidad de incidente es casi nula, si la frecuencia es cada dos años se define que es bajo, si la incidencia es diaria se define como muy alta.

En la tabla N° 3 demostramos como hacemos el criterio de evaluacion y clasificacion de la ocurrencia.

***Tabla 3: Criterio de evaluación y clasificación de la ocurrencia***

POSIBILIDAD DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLAS	NIVEL
<b>Muy alta:</b> La falla es casi inevitable.	Diaria	10
	Semanal	9
<b>Alta:</b> La falla es frecuente, o está asociada a fallas frecuentes en otros procesos.	Mensual	8
	Cada 2 meses	7
<b>Moderado:</b> La falla es ocasional, o está asociada a fallas ocasionales en otros procesos.	Cada 3 meses	6
	Cada 6 meses	5
	Anual	4
<b>Bajo:</b> Falla aislada en el proceso.	Cada 2 años	3
<b>Muy baja:</b> La falla está asociada a fallas aisladas en otros procesos.	Cada 5 años	2
<b>Remota:</b> La falla es improbable.	Mayor a 5 años.	1

#### 1.3.4.5. Severidad.

El primer paso para determinar el riesgo es medir la severidad de los efectos, los efectos se miden en una escala del 1 al 10, siendo el nivel 10 el más severo y el nivel 1 el menos severo, se asume que todos los efectos se produzcan cuando el modo de falla ocurra, por lo tanto el efecto más severo tiene precedencia cuando se evalúa el riesgo potencial. Para determinar la severidad es necesario lo siguiente: si la falla irrumpe o no en la operación, si impacta en la calidad o acabado del producto, si ocurre con previo aviso o no y al fin importante como es el impacto de la operación segura del equipo en la tabla 2 demostramos los criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF.

**Tabla 4: Los criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF.**

EFEECTO	CRITERIO	NIVEL
<b>Peligroso sin aviso</b>	La falla ocurrirá sin previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis. Se incumple con alguna regulación gubernamental.	<b>10</b>
<b>Peligroso con aviso</b>	La falla ocurrirá con previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis. Se incumple con alguna regulación gubernamental.	<b>9</b>
<b>Muy alto</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento.	<b>8</b>
<b>Alto</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento.	<b>7</b>
<b>Moderadamente alto</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere ligera intervención del operador para su correcto funcionamiento.	<b>6</b>
<b>Moderado</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento.	<b>5</b>
<b>Bajo</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento.	<b>4</b>

(\*) (González, 2005)

#### 1.3.4.6. Criticidad

Según (BOERO CARLOS: mantenimiento industrial. 1ª ed. C´rdova-España 2008), Criticidad es el estado de una reacción de cadena mediana cuando la reacción en cadena es autosostenible (o crítica), esto es, cuando la reactividad es nula. El término puede ser también aplicado a los estados en los que la reactividad es mayor que cero. El término también fue usado por el estudiante universitario conocido como "El acudido" en un famoso debate de sociología, el estudiante aseguró que criticidad "es la capacidad del individuo de ser crítico", se cree que está inspiración "divina" fue causada por la ausencia de su acudiente.

Analisis 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. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

### **Criticidad = Frecuencia x Consecuencia**

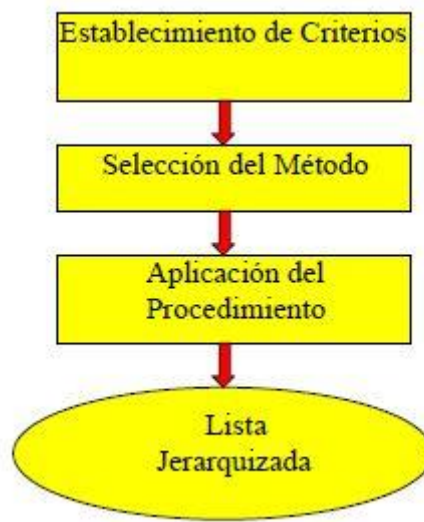
Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

Un modelo básico de análisis de criticidad, es equivalente al mostrado. El establecimiento de criterios se basa en los seis criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la

aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

(\*) (Zambrano, Carlos. 2006. Análisis de criticidad y confiabilidad en los equipos. [En línea] 14 de octubre del 2010. [Citado el: 20 de mayo del 2015.] [www.biblioteca@anz.udo.edu.ve]



**Figura 3: Lista jerarquizada de criticidad**

Fuente: Zambrano, Carlos 2006

Emprender un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades:

- Fijar prioridades en sistemas complejos
- Administrar recursos escasos
- Crear valor
- Determinar impacto en el negocio
- Aplicar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

**Tabla 5: Criterios de evaluación de criticidad**

CRITERIOS		PUNTAJE
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLA</b>	
	Menos de 1 falla por año	1
	Entre 1 y 5 fallas por año	2
	Entre 6 y 12 Fallas por año	3
	Entre 12 y 52 fallas por año	4
	Mayor a 52 fallas por año	6
<b>2</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	
	Parada total del equipo	10
	Parada del subsistema y tiene repercusión sobre otros	7
	Impacta en niveles de calidad	4
	No genera ningún efecto significativo	1
<b>3</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	
	No existe opción de producción y no hay función de	4
	Hay opción de repuesto almacenado	2
	Existe opción de producción	1
<b>4</b>	<b>TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (TMPR)</b>	
	Menos de 3 horas	1
	Entre 3 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	Más de 24 horas	6
<b>5</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	
	Menos de S/ 2 000	2
	Entre S/ 2 000 y S/ 10 000	5
	Más de S/. 10 000	10
<b>6</b>	<b>IMPACTO SEGURIDAD</b>	
	Afecta seguridad humana	8
	Afecta instalación causando daños severos	5
	Provoca daños menores	3
	No provoca daños a personas o instalaciones	0
<b>7</b>	<b>IMPACTO AMBIENTE</b>	
	Si	7
	No	0

Fuente: Zambrano, Carlos 2006



### **1.3.5. La Implementación del mantenimiento.**

De acuerdo a la (NORMA EUROPEA DEL MANTENIMIENTO –EN 13306:2011), la implementación del mantenimiento, consiste en una gestión moderna se debe conceptualizar como un proceso sistemático para la correcta disposición de recursos y que debe asegurar el constante y adecuado desempeño de los bienes y activos administrados.

El estar involucrado en corregir constantemente no debe conceptualizarse como una gestión desarrollada cabalmente, si como una excelente oportunidad de cambio y mejora ante la responsabilidad de generar la Confiabilidad requerida en procesos o servicios.

Cualquier gestión que se realice en mantenimiento se basa en asegurar la confiabilidad en la maquinaria de una manera sistemática, segura y al menor costo posible. Existen gestiones que se rigen por elementos modernos en la aplicación del mantenimiento (mantenimiento Preventivo, Predictivo, etc) existiendo aun empresas que continúan desarrollando un alto nivel de actividades puramente correctivas, generando muy baja confiabilidad en su gestión y seguramente altos costos y desconfianza.

Las exigencias de los procesos productivos y los de los mercados hacen que las empresas desarrollen acciones de mantenimiento más allá de las simples correcciones, para pasar a efectuar prevención y lograr el mejor desempeño de los activos físicos, con los niveles esperados en confiabilidad y calidad.

El mantenimiento preventivo debe contribuir a la adecuada disposición de procedimientos y la sistematización de los procesos de la empresa que aseguren la productividad, la calidad, la confiabilidad que debe generar la gestión de mantenimiento y por ende se garantiza el cumplimiento de las necesidades de los clientes. (ÁVILA, 2008).

El mantenimiento dentro de una organización es de vital importancia, debido a que puede garantizar el funcionamiento de los equipos y máquinas. (MADHAV PRASAD NEPAL, 2008), profesor asistente tanto en el Departamento de Construcción de Escuelas de Diseño y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Singapur, comenta que existen factores como la complejidad de la operación, la capacitación de los operadores y mecánicos, la fatiga, la moral y la motivación que causan inactividad de tiempos en los equipos. Las investigaciones han informado que los factores relacionados con las averías del equipo, especialmente desde la perspectiva de gestión, deben ser considerados al evaluar el impacto de los tiempos de inactividad. Por lo tanto, primero se identifican los factores genéricos y procesos relacionados con los tiempos de inactividad. Los factores de los tiempos de inactividad del equipo relacionados con el sitio incluyen malas condiciones de trabajo, incertidumbres en las operaciones y ubicación del sitio. Asimismo, pueden estar relacionado con el equipo: la edad, tipo, calidad, complejidad de la operación y el grado de uso. La inactividad del equipo se relaciona con los aspectos humanos del equipo de trabajo, operación y procesos de producción, debido a la eficiencia y eficacia que proporcionan. (22 CFR. INSTITUTO TECNOLÓGICO TEPIC 2008: 1-15 40 en el trabajo). Finalmente, los factores de los tiempos de inactividad se deben alinear con las políticas estratégicas, debido que se debe considerar la asignación de recursos y las políticas de inventario. Todos estos factores influyen en la pérdida de la productividad de la organización. La inactividad se genera por indisponibilidad de la máquina, ya sea por los factores mencionados anteriormente, de modo que al realizar el mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, debe reducir la indisponibilidad y aumentar la eficiencia y eficacia de los equipos. Es importante identificar qué es lo que realmente afecta directamente a las operaciones para poder cuantificarlo y determinar propuestas de solución factibles a los problemas de inactividad de las máquinas. Una metodología que relaciona la productividad de las máquinas con el mantenimiento es el

mantenimiento productivo total, debido que maximiza la efectividad de las máquinas e involucra al personal que es asignado en el área de trabajo.

### **1.3.6. MANTENIMIENTO PREDICTIVO (\*)**

Es la estrategia del mantenimiento preventivo “basado la condición del equipo y no en el tiempo”. El Mantenimiento Predictivo se basa en el monitoreo o supervisión de la condición en línea, ayudando a identificar cuando el riesgo al desgaste comienza a incrementarse y predecir, de esta manera, cuándo es probable que ocurra la falla. El Mantenimiento Predictivo consiste en un conjunto de tareas destinadas a determinar la condición operativa de los equipos o máquinas, midiendo las variables físicas y químicas mas importantes, con el objeto de predecir anomalías y corregirlas, utilizando para tal fin, instrumentos y sistemas de diagnóstico.

#### **Ventajas:**

- Evita paradas por roturas e impide paradas de los equipos
- Mayor disponibilidad de los activos
- Menores costos de mano de obra y materiales
- Reduce horas extras, paradas imprevistas y tiempos de Mto.
- Elimina las inspecciones periódicas programadas
- Mejoras en la seguridad industrial
- Elimina errores por intervenciones
- Elimina pérdidas de producción.

#### **Desventajas:**

- Altos costos iniciales de implementación
- Altos niveles de capacitación y entrenamiento
- No es aplicable a todos los componentes ni a todos los activos
- Largos períodos de implementación y puesta a punto

- Necesidad de grandes archivos de información, planificación y programación.

*El MTO Predictivo permite conocer el estado de un activo “sin necesidad de desmontajes y sin desarmar”, ya que el monitoreo y análisis del equipo en inspección se realiza “sin sacarlo de producción”.*

(\*) GARCIA, Olivero (2012)

#### **1.4. Formulación del problema**

¿En qué medida el diagnóstico de fallas, por mantenimiento predictivo basado en el TTO., servirá para optimizar el servicio post-venta de maquinaria pesada volvo, en una empresa concesionaria automotriz?

#### **1.5. Justificación de estudio**

Nuestra investigación se *justifica técnicamente* porque las paradas constantes de la maquinaria pueden minimizarse si se consigue que las fallas sean cada vez menores y las reparaciones se realicen en menor tiempo; esto debe ser muy efectivo si al momento de realizar los mantenimientos programados, se cuenta con la logística adecuada respecto a la adquisición de repuestos, a las labores eficientes de mantenimiento y al reporte preciso de averías. Debemos poner énfasis en que los tiempos de parada de algún equipo afecta a toda la unidad.

Se *justifica económicamente* porque las empresas usuarias de esta maquinaria, establecen metas diarias, mensuales y anuales en cuanto a desempeño; sin embargo, si los procesos no se terminan debido a paradas no programadas de la maquinaria, los ingresos económicos de la empresa disminuyen; así mismo, los costos por tiempos perdidos están relacionados directamente con la producción. La disminución de las paradas por falta de planes de mantenimiento, incrementarán la producción y por ende la economía de la empresa.

También tiene una *justificación social* porque los diferentes procesos de operación de la maquinaria, todos ellos ahora automatizados, requieren

personal calificado para realizar labores de operación, mantenimiento y control; existirán entonces oportunidades laborales atractivas y estables para trabajadores idóneos en los puestos adecuados.

Desde el punto de vista ambiental la maquinaria en mal estado o falla, atañe a la evacuación de gran cantidad de gases tóxicos en gran escala, por lo cual es recomendable tener siempre las unidades en buen estado, es posible también que exista fuga de insumos que se traduzca en contaminación del medio ambiente; por lo tanto nuestra propuesta de tener la maquinaria en perfecto estado se justifica ambientalmente.

## **1.6. Hipótesis**

El diagnóstico de fallas, por mantenimiento predictivo basado en el TTO., sí servirá para optimizar el servicio post-venta de maquinaria pesada Volvo, en una empresa concesionaria automotriz.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

- Determinar el diagnóstico de fallas por mantenimiento preventivo condicional (predictivo) basado en el TTO., para optimizar el servicio post-venta de maquinaria pesada Volvo, en una empresa concesionaria automotriz.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la situación inicial de la maquinaria pesada Volvo y su desempeño en operaciones productivas.
- Identificar las partes e insumos críticos de la maquinaria, mediante un análisis de criticidad y/o mantenimiento predictivo.
- Establecer mediante el Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) y el Número de prioridad de riesgos (NPR), las fallas críticas preponderantes.

- Determinar y proyectar un Plan de Mantenimiento basado en teorías y herramientas del Mantenimiento Preventivo Condicional o Predictivo y aplicando el TTO (Tiempo total de Operación) y el CMR (Centrado en la Confiabilidad) para las unidades críticas, determinando indicadores de mantenimiento de la maquinaria, en situación de mejora.
- Evaluar el costo-beneficio de la implementación de la mejora, en acuerdo al diagnóstico general.

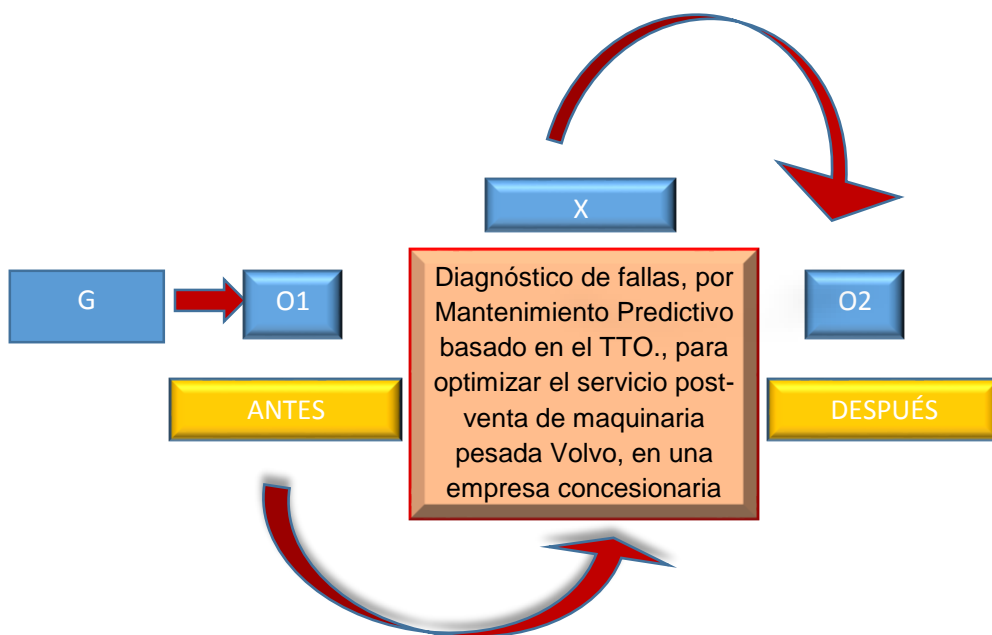
# **II.MARCO METODOLÓGICO**

## 2.1. Tipo de estudio:

El tipo de nuestra investigación es aplicada, porque en ésta se utilizan los principios básicos del mantenimiento para dar respuesta a la realidad problemática planteada para la empresa en estudio. De igual forma, es un estudio longitudinal, puesto que se evalúan los cambios del comportamiento de las variables en el tiempo, es decir se realizan varias mediciones en una población y diferente muestra.

## 2.2. Diseño de investigación:

Nuestra investigación obedece a un diseño descriptivo de tipo pre experimental, ya que se realizarán acciones sin manipular deliberadamente la variable independiente, dado que se toman varias mediciones en una población y diferente muestra, luego se administra un estímulo y después se aplica una medición para observar el efecto en la variable dependiente, con pre-prueba y post-prueba, dando como resultado variación de la productividad, plasmada en índices porcentuales, para influencia en la satisfacción del usuario o cliente. Para ello se realizó el siguiente esquema del diseño:





**Dónde:**

- G: Muestra (Unidades Móviles Pesadas seleccionadas, concesionadas por Mannucci Diesel - Trujillo)
- O1: Índice de Productividad en base a indicadores de mantenimiento, sin optimización del sistema
- X: Diagnóstico de fallas, por mantenimiento predictivo basado en el TTO.
- O2: Índice de Productividad en base a indicadores de mantenimiento, con optimización del sistema.

**2.3. Variables y Operacionalización**

2.3.1. Variable independiente

Sistema de Mantenimiento Predictivo basado en el Tiempo Total de Operación.

2.3.2. Variable dependiente

Optimización del servicio post-venta y productividad de maquinaria pesada Volvo, en una empresa concesionaria automotriz.

**Tabla 6: Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de Mantenimiento Predictivo basado en el Tiempo Total de Operación.</li> </ul>	<p>El diagnóstico situacional de las máquinas pesadas, es esencial para garantizar su operatividad, disminuyendo paralizaciones en su funcionamiento.</p> <p>Por lo tanto, la implementación del mantenimiento predictivo es un elementos muy importantes dentro del <b>Mantenimiento Global Preventivo</b> como referente para cumplir con los indicadores de disponibilidad, confiabilidad, costo para maximizar la vida útil de los equipos, basados en el tiempo total de operación. (GARCÍA, 2013).</p>	<p>Desde el punto de vista operacional la medición de la mejora y eficiencia de la maquinaria se determina con los llamados indicadores de mantenimiento, los mismos que deben estar en un intervalo específico y obedeciendo a estándares nacionales e internacionales, de acuerdo al diagnóstico alcanzado por cambios y mejoras implementados.</p>	<p>Tiempo Medio entre fallos (MTBF).</p> <p>Tiempo medio de reparación. ( MTTR)</p> <p>Número de mediciones predictivas.</p>	<p>Intervalo</p>
<p>Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimización del servicio post-venta y productividad de maquinaria pesada Volvo, en una empresa concesionaria automotriz.</li> </ul>	<p>El desempeño de la maquinaria debe ser controlada mediante indicadores de mejora continua durante la operatividad de toda empresa del rubro. Con ello, dichos indicadores nos ayudan a monitorear el funcionamiento y los resultados, para aproximarnos al objetivo principal y optar por las decisiones más correctas.</p>	<p>Los indicadores de desempeño de las máquinas, se enmarcan en cómo se efectúa la tarea, midiendo si logran todos los objetivos. Los indicadores deben ser calculados mediante un índice (generalmente representado por un porcentaje) que determine el progreso del proceso general o parcial.</p>	<p>Indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad.</p> <p>Indicadores de productividad</p> <p>Indicadores de calidad</p>	<p>Intervalo</p>

## **2.4. Población y muestra**

### 2.4.1. Población:

Para la presente investigación, la población son los 3 tipos de maquinaria pesada, constituida por Cargadores L150 H, Excavadoras EC380 DL y Excavadoras EC750 DL, suministradas a la productividad minera de “El Toro”, en Huamachuco.

### 2.4.2. Muestra:

Para los fines de esta investigación la muestra estará representada por 01 elemento de cada maquinaria pesada de la población, representativas de mayor performance y relevancia entre todas las concesionadas por la empresa Mannucci Diesel.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

- a) Recolección de datos.  
Observación directa
- b) Instrumentos de recolección de datos  
Guías de observación  
Reportes documentados de reparaciones..

## **2.6. Métodos de análisis de datos:**

Los datos tomados serán analizados, mediante uso de tablas de resultados, graficos de barras, matrices del mantenimiento, y fichas de datos; determinando der esta manera, tendencias y orientaciones de acuerdo a una escala característica de datos.

## **2.7. Aspectos éticos:**

Es necesario considerar diversos principios jurídicos y éticos. La garantía de la voluntariedad, la confidencialidad y la equidad de la participación de los operadores en relación con los beneficios de la empresa que de ella se espera.

Se incluyó a los operadores de las máquinas como sujetos de investigación cuyo consentimiento se aprobó por escrito, teniendo en cuenta el consentimiento previo para participar, considerando todos los aspectos establecidos.

Se gestionó la solicitud de autorización de manera formal ante el Superintendente de Planta del área de proceso.

En el estudio se mantuvo en reserva los nombres de los participantes de la recolección de datos, preservando la identidad de los mismos.

Cuenta con el consentimiento del jefe de área y operadores.

Este estudio ha sido realizado por los autores y los derechos de propiedad intelectual les corresponden a la misma.

Se ha tenido en cuenta para la ejecución de esta investigación las políticas internas de la empresa, que han partido de cómo lograr de manera eficaz que la empresa sea más competitiva en el mercado a través de la implantación de un sistema de mantenimiento adecuado.

# **III.RESULTADOS**

### 3.1. Evaluar la situación inicial de la maquinaria pesada Volvo y su desempeño en operaciones productivas.

#### 3.1.1. Evaluación inicial de la Maquinaria:

La evaluación inicial de la maquinaria, se fundamenta en solución de las fallas de los activos físicos (maquinaria), contempladas a manera de muestreo en el siguiente cuadro y que refleja el exagerado costo por equipos, repuestos, accesorios y mano de obra empleados, cuando las acciones se realizan con el tradicional mantenimiento de la maquinaria, para lo cual existen desplazamiento de personal de Mannucci Diesel, acarreo de materiales y repuestos de la maquinaria pesada hacia la mina. (Detalle de facturaciones, en anexos):

**Tabla 7: Fallas de activos fijos.**

FALLA	DESCRIPCION	ACCIÓN	COSTO
Sistema hidráulico	Evaluación del sistema hidráulico, motor, revisión de las correderas del MCV, pruebas, monitoreo en Mina	Revisión, monitoreo por 5 días, desplazamiento, diagnóstico y toma de decisiones.	US\$ 883.20
Reparación del Sistema Hidráulico	Repuestos, accesorios y mano de obra	Reemplazo de componentes averiados.	US\$ 31,007.09
912-100 - Trabamamiento de la Válvula de control, cambio	Reemplazo de Válvula de control, cambio 0.00 VOE 14707436 VALVULA DE 1.00 PC 31,654.66 31.38% 21,721.43 21,721.43	Cambio de valvula.	Diferencia por ajuste de precio: \$ 21,723.84
913-010 – Bajo suministro de la Bomba hidráulica,	Reemplazo de Bomba hidráulica, 0.00 VOE 14707436 VALVULA DE 1.00 PC 31,654.66 31.38% 21,721.43 21,721.43	Cambio de Bomba	Diferencia por ajuste de precio: \$ 15,022.98
Colapso de Bomba	VOE 9014666232 Bomba	Cambio de bombas.	\$ 4,903.70

Hidráulica (Reman)	Hidráulica (Reman) –		
Rotura de engranajes de Bomba.	VOE 14671408 Bomba de Engranajes.		

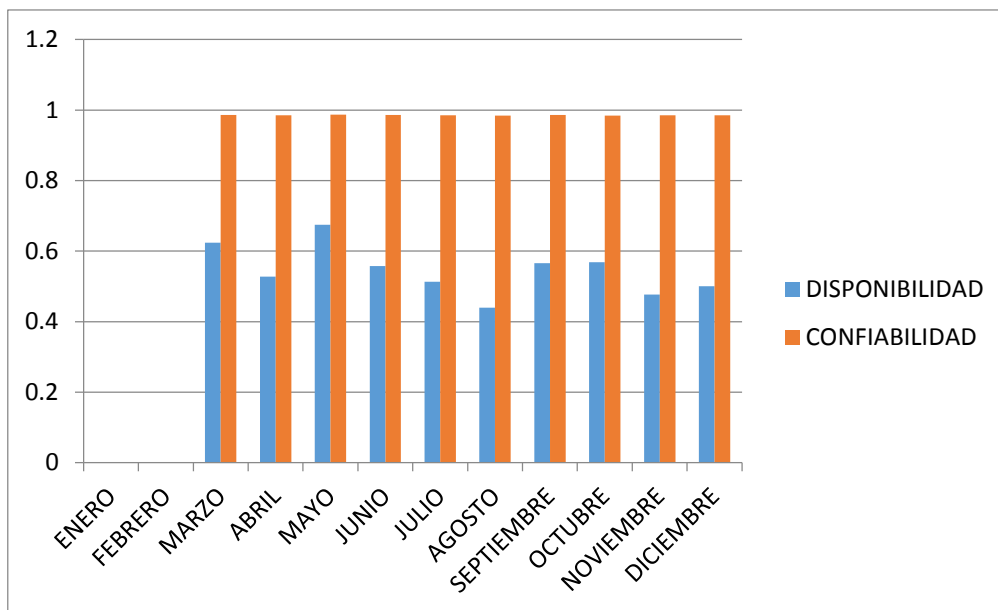
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Analisis de fallas de las maquinarias, aplicando los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

#### CUADRO N°01: MAQUINA VOLVO EC380271081 DETERMINACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

	TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	--	--	---	--
FEBRERO	--	--	---	--
MARZO	139.5	52.5	62.36%	98.63%
ABRIL	489.2	230.8	52.80%	98.54%
MAYO	486	158	67.49%	98.68%
JUNIO	540.3	239.1	55.74%	98.57%
JULIO	433.1	210.9	51.30%	98.52%
AGOSTO	461.5	258.5	43.99%	98.45%
SEPTIEMBRE	502	218	56.57%	98.58%
OCTUBRE	454.3	289.7	56.82%	98.38%
NOVIEMBRE	472.8	247.2	47.72%	98.49%
DICIEMBRE	496.1	247.9	50.03%	98.51%
<b>TOTAL (PROM)</b>	<b>447.48</b>	<b>215.26</b>	<b>51.90%</b>	<b>98.53%</b>

Fuente: Elaboración Propia

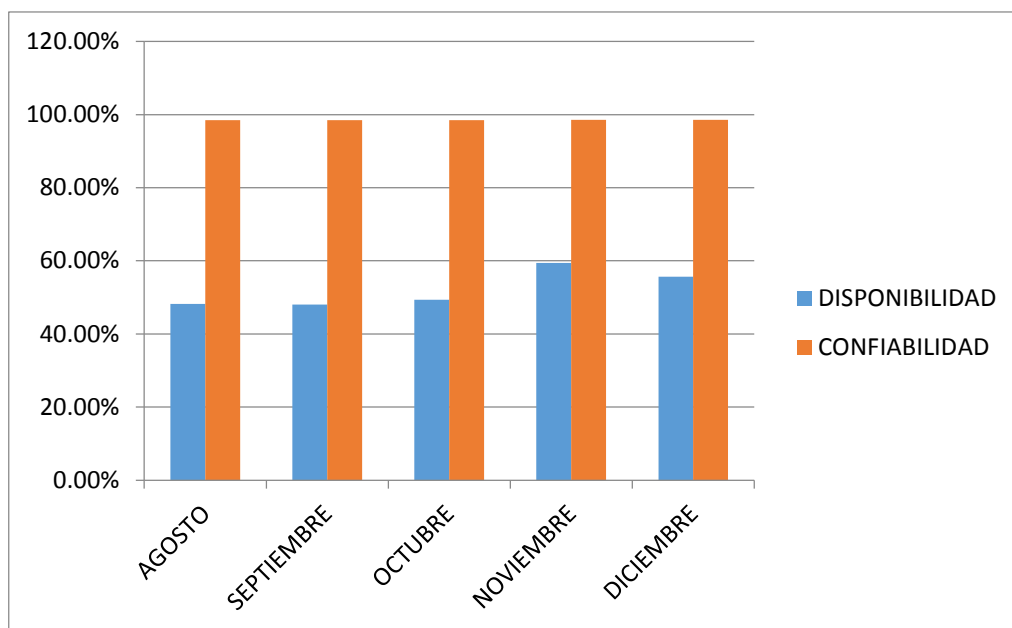


**CUADRO N°02: MAQUINA VOLVO EC380280596  
DETERMINACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO**

MES	TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
AGOSTO	458.5	237.5	48.20%	98.49%
SEPTIEMBRE	379	197	48.02%	98.49%
OCTUBRE	427.4	216.6	49.32%	98.50%
NOVIEMBRE	512.3	207.7	59.46%	98.60%
DICIEMBRE	515.3	228.7	55.62%	98.57%
<b>TOTAL (PROM)</b>	<b>458.5</b>	<b>217.5</b>	<b>52.56%</b>	<b>98.54%</b>

Fuente: Elaboración propia





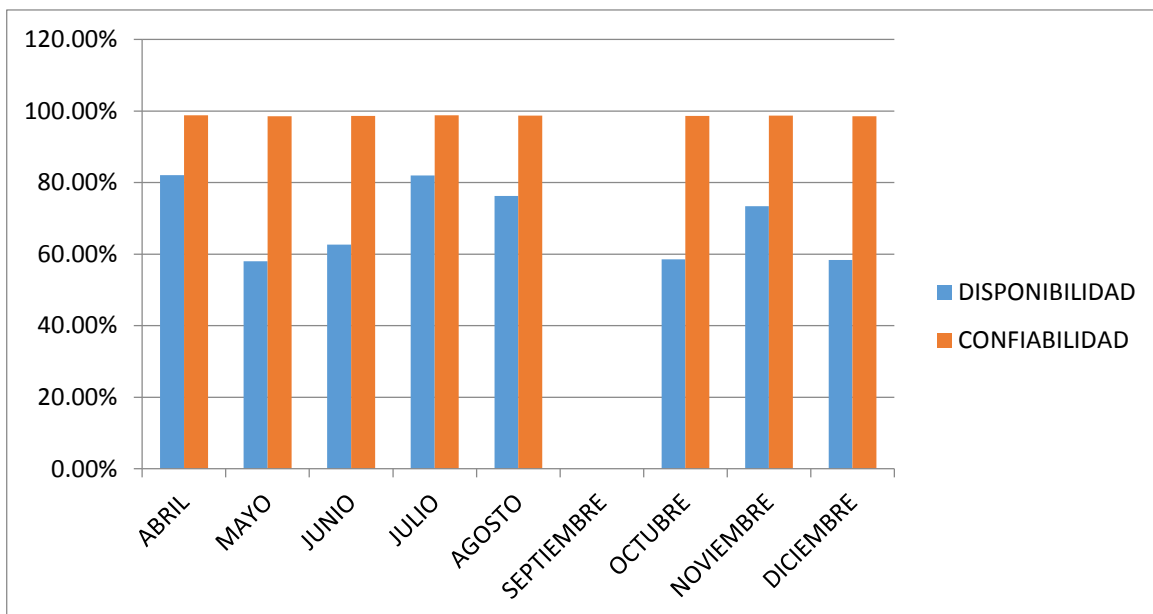
Del Cuadro N°02, nos podemos dar cuenta que en la maquina VOLVO EC380280596 la disponibilidad promedio es 52.56% y confiabilidad promedio es 98.54%.

### CUADRO N°03: MAQUINA VOLVO EC750280125

Fuente: Elaboración propia.

#### DETERMINACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

MES	TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	--	--	--	--
FEBRERO	--	--	--	--
MARZO	--	--	--	--
ABRIL	590.1	105.9	82.05%	98.83%
MAYO	453.6	190.4	58.02%	98.59%
JUNIO	378.6	141.4	62.65%	98.64%
JULIO	630.4	113.6	81.98%	98.83%
AGOSTO	562.4	133.6	76.24%	98.77%
SEPTIEMBRE	0	0	---	---
OCTUBRE	384.7	159.3	58.59%	98.60%
NOVIEMBRE	568.6	151.4	73.37%	98.74%
DICIEMBRE	474.6	197.4	58.41%	98.59%
<b>TOTAL (PROM)</b>	<b>505.4</b>	<b>149.12</b>	<b>70.49%</b>	<b>98.71%</b>



Del Cuadro N°03, nos podemos dar cuenta que en la maquina VOLVO, su disponibilidad promedio es 70.49% en tanto su confiabilidad promedio es del 98,71%,

### CUADRO RESUMEN:

#### DETERMINACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

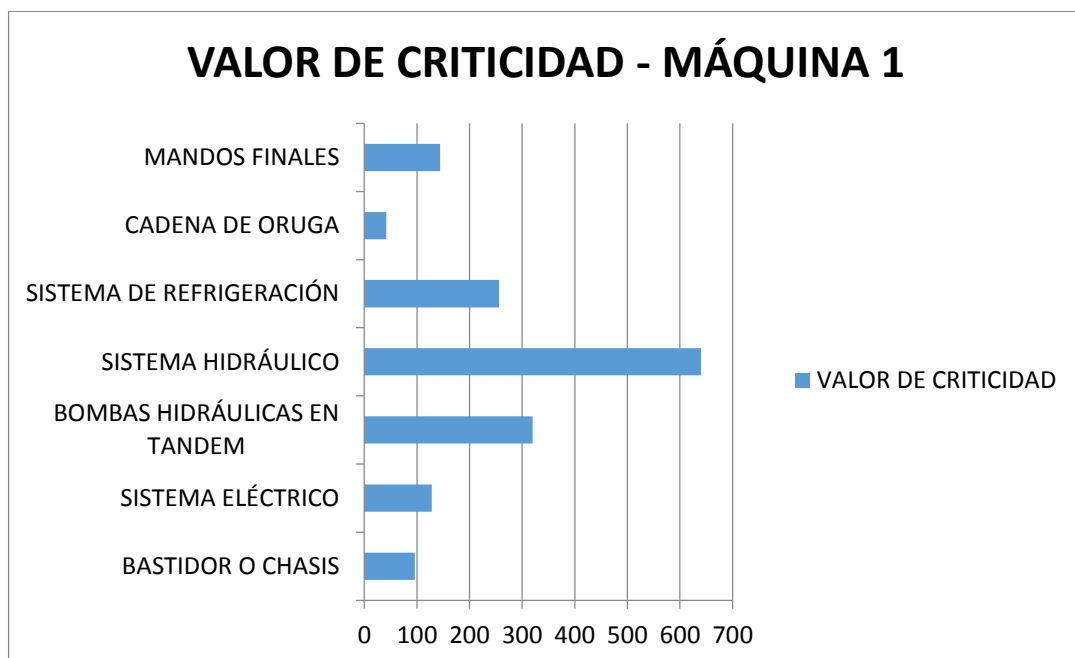
Maquinaria Pesada VOLVO	MTBF (TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR)	MTTR (TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
MAQUINA VOLVO EC380271081 # 1	447.48	215.26	51.90%	98.53%
MAQUINA VOLVO EC380280596 # 2	458.5	217.5	52.56%	98.54%
MÁQUINA VOLVO EC750280125 # 3	505.4	149.12	70.49%	98,71%
<b>TOTAL</b>	<b>1411.38</b>	<b>581.88</b>	<b>58.77%</b>	<b>98.59%</b>

**3.2. Identificar las partes e insumos críticos de la maquinaria, mediante un análisis de criticidad y/o mantenimiento predictivo.**

**3.2.1. Análisis de criticidad de las máquinas:**

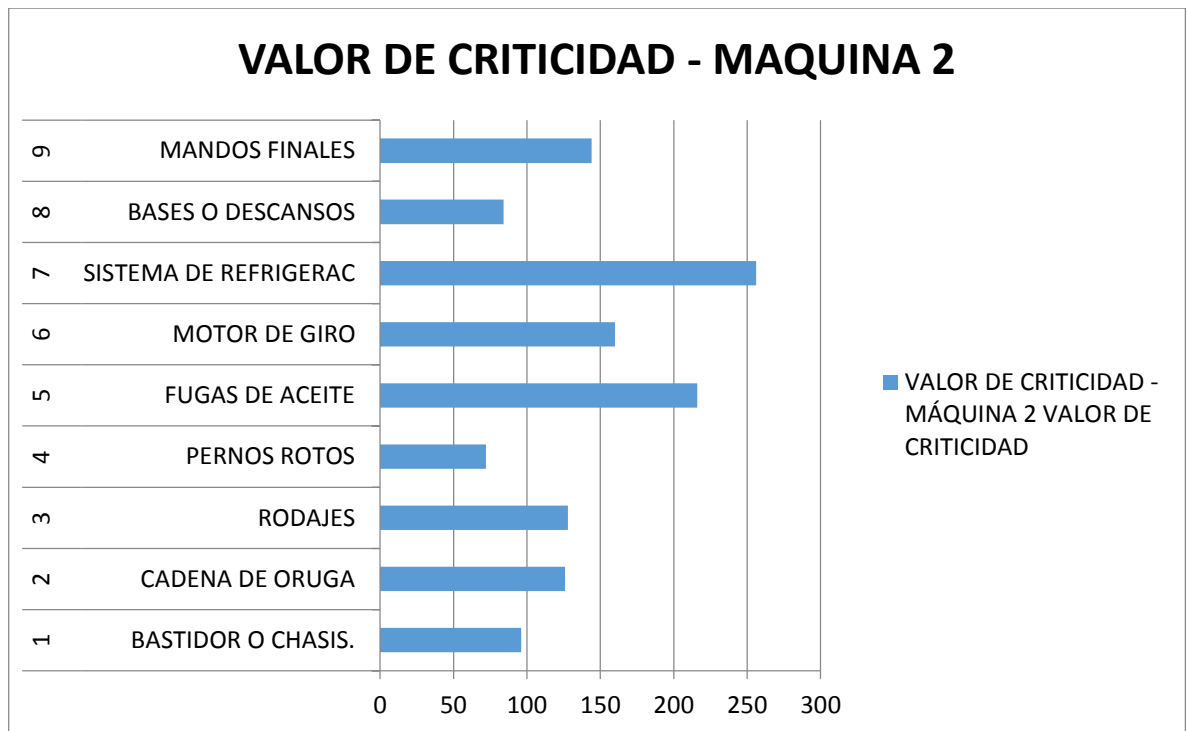
**CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA VOLVO EC380271081 # 1**

N°	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	BASTIDOR O CHASIS	SEMI CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
2	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	128
3	BOMBAS HIDRÁULICAS EN TANDEM	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	320
4	SISTEMA HIDRÁULICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	640
5	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	256
6	CADENA DE ORUGA	NO CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	42
7	MANDOS FINALES	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144



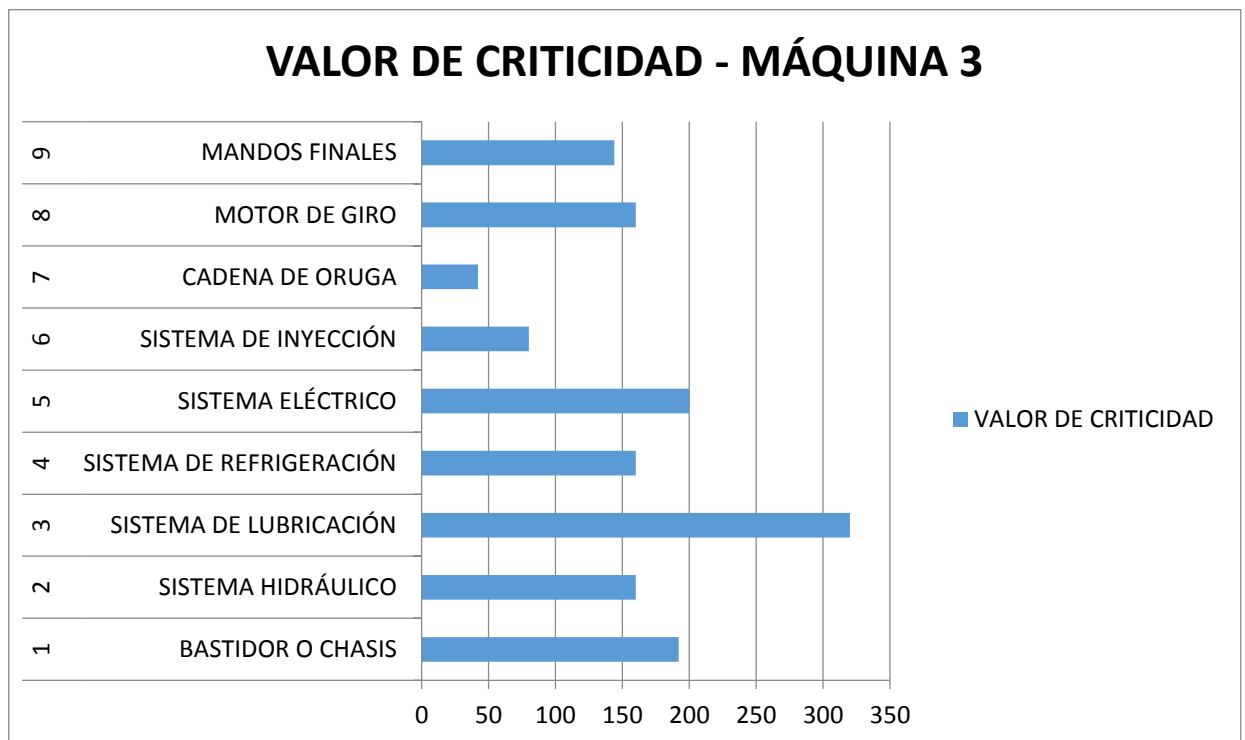
**CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA VOLVO EC380280596 # 2**

<b>N°</b>	<b>FALLA</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>PLAN DE MTTTO</b>	<b>VALOR DE CRITICIDAD</b>
1	BASTIDOR O CHASIS.	SEMI CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
2	CADENA DE ORUGA	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	126
3	RODAJES	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	128
4	PERNOS ROTOS	NO CRITICO	PERTENIMIENTO CORRECTIVO	72
5	FUGAS DE ACEITE	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	216
6	MOTOR DE GIRO	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	160
7	SISTEMA DE REFRIGERAC	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	256
8	BASES O DESCANSOS	SEMICRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	84
9	MANDOS FINALES	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144



**CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA VOLVO EC750280125 # 3**

	<b>FALLA</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>PLAN DE MTTO</b>	<b>VALOR DE CRITICIDAD</b>
1	BASTIDOR O CHASIS	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	192
2	SISTEMA HIDRÁULICO	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	160
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	320
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	160
5	SISTEMA ELÉCTRICO	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	200
6	SISTEMA DE INYECCIÓN	SEMI CRITICO	MTTO PREDICTIVO	80
7	CADENA DE ORUGA	NO CRITICO	MTTO PREVENTIVO	42
8	MOTOR DE GIRO	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	160
9	MANDOS FINALES	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	144



**3.3. Establecer mediante el Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) y el Número de prioridad de riesgos (NPR), las fallas críticas preponderantes.**

En los siguientes cuadros, se desarrollan las AMEF para cada falla crítica de cada máquina. A través de la elaboración de las hojas de información y decisiones.

**Tabla 8: Hoja de información de la maquina VOLVO EC380271081 # 1**

HOJA DE INFORMACION RCM	MAQUINA VOLVO EC380271081 # 1		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Soportar toda la estructura y peso de la máquina; asiento de cabina y motor.	Incapacidad de soportar estructura de máquina por rajaduras en su base.	Debido a terreno sinuoso e irregular, la máquina sufre rajaduras en la zona de <b>BASTIDOR O CHASIS</b> , por vibraciones altas.	De acuerdo al grado de desgaste, es posible que no se consiga reparar correctamente las rajaduras y el sistema no adquiera la fortaleza necesaria para que soporte al motor. Se recomienda cambiar base completa con planchas de acero nuevas.		
Entregar la suficiente energía para el funcionamiento de la unidad móvil, con la idoneidad de circuitos.	Bloqueo de sistemas eléctricos de gobierno del accionamiento del sistema cardánico.	Por excesiva humedad y esfuerzo del sistema, el sistema de <b>SISTEMA ELÉCTRICO</b> se bloquea y paraliza la unidad.	Paralización de la unidad, por imposibilidad de transmisión de velocidad hacia el elemento cardanico.		
Realizar el bombeo y presurización para el correcto funcionamiento de los pistones de levantamiento del brazo principal de la máquina.	Incapacidad de realizar suministro de aceite hidráulico a los pistones de levantamiento de brazo principal.	<b>BOMBAS HIDRÁULICAS EN TANDEM</b> sufren desgaste y se producen fugas internas de aceite hidráulico.	Paralización de la unidad, por imposibilidad de poder realizar trabajo de accionamiento del sistema de levantamiento del brazo principal.		

<p>Transmitir potencia hacia los pistones de levantamiento, usando aceite especial como medio de potencia.</p>	<p>Transfiere el aceite especial, para ejercer presión suficiente para levantamiento del brazo mecánico de la unidad..</p>	<p>Por falta de nivel de aceite (Hidrolina) en el cilindro, el pistón del <b>SISTEMA HIDRAULICO</b> principal, no llega a su punto superior.</p>	<p>Alto consumo de aceite especial. El aceite puede pasarse al interior de los cilindros produciéndose la merma de este. Presencia de derrames locales.</p>
<p>Mantener en óptimas condiciones la temperatura del motor, para el funcionamiento correcto de la unidad.</p>	<p>Recalentamiento de motor y señales de alerta activadas.</p>	<p>Por obstrucción interna en las celdas del radiador, el <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b> se satura y se activan las alarmas indicativas.</p>	<p>Paralización inmediata de la unidad, para así evitar soplado de empaquetadura de culata y/o fundición de motor.</p>
<p>Gobierno y operación de los brazos primarios y secundarios, para el correcto funcionamiento de pala y retroescavadoras.</p>	<p>Los retenes por vejez y medio ambiente se agrietan y no cumplen su función de sellado de lubricante.</p>	<p>Los sellos o retenes de los <b>MANDOS FINALES</b> se resecan y agrietan.</p>	<p>Pérdida de aceite de los mandos finales puede ocasionar paralización de la máquina. Cambiar retenes.</p>

**Tabla 9: Hoja de información de la maquina VOLVO EC380280596 # 2**

HOJA DE INFORMACION RCM	MAQUINA VOLVO EC380280596 # 2		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Soportar toda la estructura y peso de la máquina; asiento de cabina y motor.	Incapacidad de soportar estructura de máquina por rajaduras en su base.	Debido a terreno sinuoso e irregular, la máquina sufre rajaduras en la zona de <b>BASTIDOR O CHASIS</b> , por vibraciones altas.	De acuerdo al grado de desgaste, es posible que no se consiga reparar correctamente las rajaduras y el sistema no adquiera la fortaleza necesaria para que soporte al motor. Se recomienda cambiar base completa con planchas de acero nuevas.		
Delizamiento, tránsito y movilidad de la unidad a diferentes velocidades de la máquina, tanto en avance como en retroceso.	Incapacidad de desplazamiento de la unidad por rotura de cadena de oruga.	Por fuerzas combinadas en el recorrido de la unidad y sinuosidad de los terrenos, la <b>CADENA DE ORUGA</b> sufre roturas.	Daño a polines de rodadura de la cadena de oruga y placas de engroche de ésta. Revisar y desarmar los elementos defectuosos para determinar su reparación o cambio.		
Aumentar la eficiencia de todos los sistemas de accionamiento, transmisión y rodadura de las unidades.	Incapacidad de transmitir el torque de accionamiento de la unidad.	Por vibración excesiva, mala lubricación y humedad en el ambiente, <b>LOS RODAJES</b> , se desgastan, sus elementos rodantes sufren alteraciones y deformaciones sus y colapsan las pistas de rodadura.	Limitación de trabajo efectivo de la maquinaria, por no permitir realizar tareas efectivas. Se deben preveer estas fallas mediante mantenimiento predictivo y reemplazar oportunamente estos rodamientos.		
Realizar la lubricación eficaz al diferencial de la máquina.	Incapacidad de retener el lubricante, por parte del empaque (no adecuado)	Por falta de buen sellado mecánico, se producen <b>FUGAS DE ACEITE</b> en el diferencial de la unidades.	Paralización de la unidad por imposibilidad de transmisión de velocidad hacia el elemento cardanico.		
Fuerza motriz para el engroche	Incapacidad de transmitir	Por contaminación	Deslizamiento del terminal de dirección y no existe engrane o		



del sistema final de dirección de la maquinaria..	torque a los terminales de dirección.	de polvos y parafinas, el <b>MOTOR DE GIRO</b> de la dirección se paraliza, pues activa el fusible al haber trabamiento y no existe el engroche correcto.	engroche para el movimiento de la cadena de oruga de la maquinaria. El motor debe ser revisado.
Mantener en óptimas condiciones la temperatura del motor, para el funcionamiento correcto de la unidad.	Recalentamiento de motor y señales de alerta activadas.	Por obstrucción interna en las celdas del radiador, el <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b> se satura y se activan las alarmas indicativas.	Paralización inmediata de la unidad, para así evitar soplado de empaquetadura de culata y/o fundición de motor.
Gobierno y operación de los brazos primarios y secundarios, para el correcto funcionamiento de pala y retroescabadoras.	Los retenes por vejez y medio ambiente se agrietan y no cumplen su función de sellado de lubricante.	Los sellos o retenes de los <b>MANDOS FINALES</b> se resecan y agrietan.	Pérdida de aceite de los mandos finales puede ocasionar paralización de la máquina. Cambiar retenes.

**Tabla 10: Hoja de información de la maquina VOLVO EC750280125 # 3**

HOJA DE INFORMACION RCM	MAQUINA VOLVO EC750280125 # 3		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/2
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Soportar toda la estructura y peso de la máquina; asiento de cabina y motor.	Incapacidad de soportar estructura de máquina por rajaduras en su base.	Debido a terreno sinuoso e irregular, la máquina sufre rajaduras en la zona de <b>BASTIDOR O CHASIS</b> , por vibraciones altas.	De acuerdo al grado de desgaste, es posible que no se consiga reparar correctamente las rajaduras y el sistema no adquiera la fortaleza necesaria para que soporte al motor. Se recomienda cambiar base completa con planchas de acero nuevas.		
Transmitir potencia hacia los pistones de levantamiento, usando aceite especial como medio de potencia.	Transfiere el aceite especial, para ejercer presión suficiente para levantamiento del brazo mecánico de la unidad..	Por falta de nivel de aceite (Hidrolina) en el cilindro, el pistón del <b>SISTEMA HIDRAULICO</b> principal, no llega a su punto superior.	Demasiado consumo de lubricante especial. El aceite podría filtrarse hacia el interior de los cilindros, ocasionando merma de éste y daño en los cilindros. Presencia de derrames locales.		
El aceite es "la sangre" de todo motor y no se tolera bajo nivel de éste. Si existen fugas, hay que controlar inmediatamente.	Perdida de presión del fluido por deficiencia de sellado.	Por deficiencia de o'rings, se producen fugas de aceites de motor y transmisión, comprometiendo todo el <b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>	Bajo nivel de aceite, compromete el sistema de accionamiento del motor y su funcionamiento. Parar máquina.		
Mantener en óptimas condiciones la temperatura del motor, para el funcionamiento correcto de la unidad.	Recalentamiento de motor y señales de alerta activadas.	Por obstrucción interna en las celdas del radiador, el <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b> se satura y se activan las alarmas indicativas.	Paralización inmediata de la unidad, para así evitar soplado de empaquetadura de culata y/o fundición de motor.		
Entregar la suficiente energía para el funcionamiento de	Bloqueo de sistemas eléctricos de gobierno del	Por excesiva humedad y esfuerzo del sistema, el	Paralización de la unidad, por imposibilidad de transmisión de velocidad hacia el elemento cardanico.		

la unidad móvil, con la idoneidad de circuitos.	accionamiento del sistema cardánico.	sistema de <b>SISTEMA ELÉCTRICO</b> se bloquea y paraliza la unidad.	
Atomización del combustible para una correcta explosión en combustión del motor.	La falta de calibración de inyectores, desafinan el motor y ocasionan deterioro.	Falla de inyectores por desajuste del motor. <b>SISTEMA DE INYECCIÓN</b>	Pérdida de potencia del motor de la máquina y se apaga. Cambiar inyectores.
Fuerza motriz para el engranche del sistema final de dirección de la maquinaria..	Incapacidad de transmitir torque a los terminales de dirección.	Por contaminación de polvos y parafinas, el <b>MOTOR DE GIRO</b> de la dirección se paraliza, pues activa el fusible al haber trabamiento y no existe el engranche correcto.	Deslizamiento del terminal de dirección y no existe engrane o engranche para el movimiento de la cadena de oruga de la maquinaria. El motor debe ser revisado.
Gobierno y operación de los brazos primarios y secundarios, para el correcto funcionamiento de pala y retroescavadoras.	Los retenes por vejez y medio ambiente se agrietan y no cumplen su función de sellado de lubricante.	Los sellos o retenes de los <b>MANDOS FINALES</b> se resecan y agrietan.	Pérdida de aceite de los mandos finales puede ocasionar paralización de la máquina. Cambiar retenes.

### 3.3.1. Número de prioridad de riesgos

En la siguiente tabla, se muestran la recopilación de todas las fallas de las 5 máquinas descritas líneas arriba. Para determinar los valores NPR, para cada falla involucrada en el AMEF, para ser considerada como: Inaceptable, reducción deseable y aceptable. Se tiene:

Puntajes del AMEF

NPR >200 **Inaceptable (I)**

200 > NPR < 125 **reducción deseable (R)**

125 > NPR **Aceptable**

**Tabla 11: Análisis del Número de prioridad de riesgos**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA CRÍTICA	G	O	D	NPR
F1	Rajaduras en la zona de <b>BASTIDOR O CHASIS</b> ,	10	5	7	350
F2	el sistema de <b>SISTEMA ELÉCTRICO</b> se bloquea y paraliza la unidad.	8	6	8	320
F3	Las BOMBAS HIDRÁULICAS EN TANDEM sufren desgaste y se producen fugas internas de aceite hidráulico.	10	5	5	250
F4	El pistón <b>HIDRÁULICO DE CUCHARA</b> , no llega a su punto superior	6	7	5	210
F5	el <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b> se satura y se activan las alarmas indicativas.	8	4	5	160
F6	Los sellos o retenes de mandos finales reseca y se agrietan.	7	4	4	112
F7	La <b>CADENA DE ORUGA</b> sufre roturas.	10	5	8	400
F8	<b>LOS RODAJES</b> , se desgastan, sus elementos rodantes sufren alteraciones y colapsan las pistas de rodadura.	10	3	8	240
F9	se producen <b>FUGAS DE ACEITE</b> en los rodillos de cadenas de las unidades.	8	3	5	120
F10	El <b>MOTOR DE GIRO</b> de la dirección del tornamesas se paraliza, se activa el fusible al haber trabamiento y no existe la rotación correcta.	9	5	7	315
F11	Se producen fallas en el <b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b> de motor y transmisión.	9	4	6	216
F12	Falla de inyectores por desajuste del motor. <b>SISTEMA DE INYECCIÓN</b>	7	5	5	175

Finalmente, podemos decir que 8 fallas son indeseables (66.6%), 2 fallas son reducibles a deseables (16.7%) y 2 fallas son aceptables (16.7%)

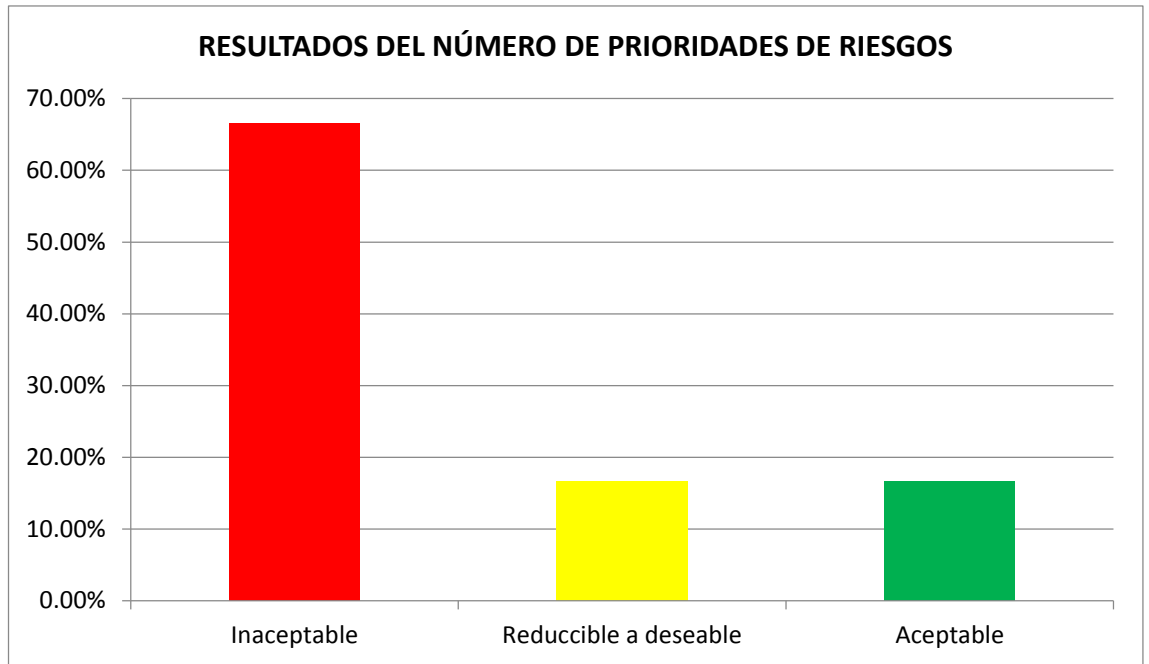


Grafico Nº Clasificación de las fallas mediante el NPR

- 3.4. Determinar y proyectar un Plan de Mantenimiento basado en teorías y herramientas del Mantenimiento Preventivo Condicional o Predictivo, aplicando el TTO (Tiempo total de Operación) y el CMR (Centrado en la Confiabilidad) para las unidades críticas, determinando indicadores de mantenimiento de la maquinaria, en situación de mejora.**

**3.4.1. Plan de Mantenimiento Obligatorio.**

Un Programa de servicio es un resumen de todos los intervalos de mantenimiento para una cantidad específica de modelos, y debe ser usado como lista de verificación durante las inspecciones de mantenimiento. El Programa de servicio muestra los intervalos en condiciones estándar de operación.

### **Motivo**

El plan de mantenimiento obligatorio de las máquinas VOLVO CE Y SDLG fue revisado y se excluyó la obligatoriedad de la ejecución de los mantenimientos de cada 250 hrs.

### **IMPORTANTE**

El cambio del aceite del motor cada 500h solamente es válido para las especificaciones para el aceite de motor Volvo VDS-4 15W40; el cual contribuye a prolongar la vida útil del motor para aplicaciones severas al tiempo y ofrece un rendimiento excepcional.

Para que el cambio de aceite del motor cada 500 hrs. sea válido, se debe atender la especificación para el combustible con porcentual de Azufre < 0,3%; la tabla 1 deberá ser utilizada como referencia:

<b>Aceite</b>	<b>% de Azufre en el combustible</b>		
VDS4	< 0,3%	0,3 - 0,5%	> 0,5%
	500h	250h	125h

### **Acción**

Desde el 03/07/2017, el Plan de Mantenimiento Obligatorio de equipos VOLVO CE Y SDLG será de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- Intervalo de Mantenimientos Obligatorios: cada 500 horas
- Los detalles se explican en el programa de servicio disponible en el PROSIS.

### **3.4.2. Mantenimiento Obligatorio por garantía**

#### **Motivo**

Debido a actualizaciones para algunos modelos de equipos, hubo divergencia en la obligatoriedad de los mantenimientos cuando se hace la comparación con el Término de Garantía y el Manual del Operador. Así, desde la fecha, el primer mantenimiento obligatorio pasa a ser de acuerdo

con la indicación del Manual del Operador: 100h, 250h o 500h dependiendo del modelo del producto y serie. Para que cualquier garantía de fábrica sea válida, la máquina deber ser mantenida de acuerdo con el Programa de servicio específico en vigor para cada máquina. Los pasos de servicio descritos en la columna “Primeras” deben ser realizados por un Concesionario Volvo autorizado. Los pasos de servicio descritos en las columnas “Primeras” e “Intervalos adicionales” también se deben realizar, además de los “Intervalos estándar”.

HORAS DE FUNCIONAMIENTO / INTERVALO	Primeras	Intervalo estándar, cada							Intervalo adicional, cada
	500	10	50	250	500	1000	2000	4000	6000
Máquina, comprobación de daños externos, grietas y daños por desgaste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nivel de líquido de lavado, control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nivel de aceite del motor, control			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nivel del refrigerante, control			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nivel del aceite hidráulico, control			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Motor, aceite y filtro, cambio. Intervalo más corto según sea necesario (en caso de alto contenido de azufre en el combustible). Requisito para intervalo de cambio de 500 horas en el Libro de instrucciones.					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Filtro de combustible, cambio				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

El distribuidor recibirá el reembolso de hasta 03 (tres) horas a costo garantía (USD 36/H-H) en la inspección de 100 horas de operación, para equipos cuya “primera” inspección sea obligatoria de acuerdo al PROSIS, con tolerancia en el horómetro de hasta un 20%.

### Observación

Desde la fecha de 01/07/17 no serán más aceptados registros de reclamos de garantía referentes al Mantenimiento de 100 hrs. para los productos que no lo exigen.

Así, solamente para los equipos en que el mantenimiento de 100 hrs. es obligatorio es necesario registrar el mantenimiento de 100 hrs. en el sistema UCHP Las revisiones requeridas cada 1000 hrs. de funcionamiento se pueden realizar con la tolerancia de  $\pm 10\%$  en el

contador de horas durante el periodo de garantía (1 año), y el trabajo de las inspecciones programadas es responsabilidad del concesionario en coordinación con el cliente.

### Acción

Desde el 03/07/2017, el Plan de Mantenimiento Obligatorio (Estándar a cada 500 Hrs. Y por garantía) de equipos VOLVO CE Y SDLG será de acuerdo a las siguientes instrucciones:

EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SDLG									
EQUIPO	SERIE	MODELO	INTV	100	250	500	1000	1500	2000
<b>CARGADORES SOBRE RUEDAS SDLG</b>	<b>SERIE L</b>	LG936L	500	G		O	G	O	O
		LG938L	500	G		O	G	O	O
		LG946L	500	G		O	G	O	O
		LG953N	500	G		O	G	O	O
		LG956L	500	G		O	G	O	O
		LG958L	500	G		O	G	O	O
		LG959L	500	G		O	G	O	O
		LG968L	500	G		O	G	O	O
<b>EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS SDLG</b>	<b>SERIE D</b>	LG6150E	500			G	G	O	O
		LG6210E	500			G	G	O	O
		LG6225E	500			G	G	O	O
		LG6250E	500			G	G	O	O
		LG6300E	500			G	G	O	O
		LG6360E	500			G	G	O	O

<b>G</b>	<b>Mantenimiento obligatorio por garantía:</b> incluye costos de: mano de obra, desplazamiento y viáticos deberá ser asumido por VOLVO según tarifario . El costo de insumos (filtros y lubricantes) deberá ser asumido por el cliente.
<b>O</b>	<b>Mantenimiento estándar obligatorio :</b> a cada 500 horas, utilizando insumos genuinos, el costo de este mantenimiento debe ser asumido por el cliente en su totalidad.



EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS VOLVO CE										
EQUIPO	SERIE	MODELO	INTV	100	250	500	1000	1500	2000®	
<b>CARGADORES SOBRE RUEDAS</b>	<b>SERIE F</b>	L60F	500			O	G	O	O	
		L70F	500			O	G	O	O	
		L90F	500			O	G	O	O	
		L110F	500			O	G	O	O	
		L120F	500			O	G	O	O	
		L150F	500	G		O	G	O	O	
		L180F	500	G		O	G	O	O	
	L220F	500	G		O	G	O	O		
	<b>SERIE G</b>	L60G	500				O	G	O	O
		L70G	500				O	G	O	O
		L90G	500				O	G	O	O
		L110G	500				O	G	O	O
		L120G	500				O	G	O	O
		L150G	500				O	G	O	O
		L180G	500				O	G	O	O
	L220G	500				O	G	O	O	
	L250G	500					O	G	O	O
	<b>SERIE H</b>	L60H	500				O	G	O	O
		L70H	500				O	G	O	O
		L90H	500				O	G	O	O
		L110H	500				O	G	O	O
		L150H	500				O	G	O	O
		L180H	500				O	G	O	O
		L220H	500				O	G	O	O
L250H	500					O	G	O	O	
<b>EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS</b>	<b>SERIE B</b>	EC140B	500			G	G	G	O	O
		EC160B	500			G	G	G	O	O
		EC180B	500			G	G	G	O	O
		EC210B	500			G	G	G	O	O
		EC240B	500			G	G	G	O	O
		EC290B	500			G	G	G	O	O
		EC330B	500			G	G	G	O	O
		EC360B	500			G	G	G	O	O
		EC460B	500			G	G	G	O	O
	<b>SERIE D</b>	EC140D	500				G	G	O	O
		EC160D	500				G	G	O	O
		EC170D	500				G	G	O	O
		EC180D	500				G	G	O	O
		EC220D	500				G	G	O	O
		EC250D	500				G	G	O	O
		EC300D	500				G	G	O	O
		EC340D	500				G	G	O	O
		EC380D	500				G	G	O	O
		EC480D	500				G	G	O	O
EC750D	500				G	G	O	O		

<b>CAMIONES ARTICULADOS</b>	<b>SERIE F</b>	A25F	500	G		O	G	O	O
		A30F	500	G		O	G	O	O
		A35F	500	G		O	G	O	O
		A40F	500	G		O	G	O	O
<b>MOTONIVELADORAS</b>	<b>SERIE 900</b>	G930	500			O	G	O	O
		G940	500			O	G	O	O
		G946	500			O	G	O	O
		G960	500			O	G	O	O
		G970	500			C	G	O	O
		G976	500			O	G	O	O
		G990	500			O	G	O	O
<b>TIENDETUBOS</b>	<b>SERIE D</b>	PL3005D	500	G	G	O	G	O	O
<b>COMPACTADORES</b>	<b>SERIE B</b>	SD110B	500	G		O	G	O	O
	<b>SERIE D</b>	SD105	500	G		O	G	O	O
		SD105DX	500	G		O	G	O	O
		SD105F	500	G		O	G	O	O
<b>MINICARGADORES SOBRE RUEDAS</b>	<b>SERIE C</b>	MC90C	500			O	G	O	O
		MC70C	500			O	G	O	O
		MC85C	500			O	G	O	O
		MC95C	500			O	G	O	O
		MC105C	500			O	G	O	O
		MC110C	500			O	G	O	O
<b>MINIEXCAVADORA SOBRE RUEDAS</b>	<b>SERIE D</b>	EW60D	500		G	O	G	O	O
<b>RETROCARGADORAS</b>	<b>SERIE B</b>	BL70B	500	G		O	G	O	O

<b>G</b>	<b>Mantenimiento obligatorio por garantía:</b> incluye costos de: mano de obra, desplazamiento y viáticos deberá ser asumido por VOLVO según tarifario . El costo de insumos (filtros y lubricantes) deberán ser asumidos por el cliente.
<b>®</b>	<b>Revisiones a cada 1000 horas a partir de 2000 horas:</b> incluye costos de: mano de obra por inspección (4h), desplazamiento y viáticos deberá ser asumido por VOLVO según tarifario. El costo de insumos (filtros y lubricantes) y mano de obra invertida en el mantenimiento (cambio de filtros y lubricantes) deberá ser asumido por el cliente.
<b>O</b>	<b>Mantenimiento estándar obligatorio:</b> a cada 500 horas, utilizando insumos genuinos, el costo de este mantenimiento debe ser asumido por el cliente en su totalidad.

## Acción

La alteración del Plan de Mantenimiento Obligatorio es aplicado a todos los equipos con garantía vigente.

Desde el 03/07/2017, el Plan de Mantenimiento Obligatorio de equipos VOLVO CE Y SDLG será de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- Primer Mantenimiento Obligatorio: Según Programa de Servicio (Tabla 2-3)
- Los detalles se explican en el programa de servicio disponible en el PROSIS.

### 3.4.3. Indicadores del mantenimiento en estado de mejora con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad basado en el AMEF

Se estima según el NPR, se resolverán el 66.7% de todas las fallas existentes de todos la maquinaria pesada VOLVO. Existiendo aun el 33.3% de fallas entre deseables y aceptables.

#### CUADRO RESUMEN:

#### DETERMINACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Maquinaria VOLVO	MTBF (TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR)	MTTR (TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
MAQUINA VOLVO EC380271081 # 1	629.44	71.68	88.61%	98.89%
MAQUINA VOLVO EC380280596 # 2	642.70	72.43	88.73%	98.89%
MÁQUINA VOLVO EC750280125 # 3	604.86	49.66	91.78%	98,93%
<b>TOTAL</b>	<b>1877.00</b>	<b>193.77</b>	<b>89.68%</b>	<b>98.91%</b>

Comentario: Para obtener el primer resultado:  $MTTR = 215.26 * 0.333 = 71.68$  horas/año;

$MTBF = (215.26 - 33.3) + 447.48 = 629.44$  horas/año;  $C(t) = e^{\left(\frac{-\gamma * tpp}{100}\right)} * 100$ .

Bajo esta metodología se determinó cada MTTR; MTBF y C(t) de cada maquinaria pesada.

### 3.5. Evaluar el costo beneficio de la implementación de la mejora, de acuerdo al diagnóstico general.

#### 3.5.1. Beneficios económicos en reducción de horas pérdidas:

**Tabla 12: Beneficio en reducción de horas pérdidas la maquinaria Volvo de la empresa Mannucci**

MAQUINARIA VOLVO	MTTR ACTUAL (Hrs/año)	MTTR MEJORA (Hrs/año)	AHORRO EN HORAS PERDIDAS (Hrs/año)	COSTOS DE OPERACIÓN (US\$/Hr)	AHORRO (US\$/año)
MAQUINA VOLVO EC380271081 # 1	215.26	71,68	143.50	150	21525.00
MAQUINA VOLVO EC380280596 # 2	217.5	72.43	145.07	150	21760.50
MÁQUINA VOLVO EC750280125 # 3	149.12	49.66	99.46	150	14919.00
<b>TOTAL</b>	<b>581.88</b>	<b>193.80</b>	<b>388.03</b>	<b>150</b>	<b>58204.50</b>

El beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es:

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 58204.50 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

#### 3.5.2. Costos para la implementación del mantenimiento predictivo

**Tabla 13: Costos en mantenimiento predictivo en Maquinaria Volvo**

ACCIÓN	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$/año)
Análisis de aceite	85 veces/año	15.00	1275
Análisis vibracional a los rodamientos	85 veces/año	15.00	1275
Análisis termo gráfico	102 veces/año	10.00	1020
<b>Total</b>			<b>3570.00</b>

### 3.5.3. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo

**Tabla 14: Costos en mantenimiento preventivo en Maquinaria Volvo**

DESCRIPCION	Cantidad	Intervalo	Precio Unitario	Precio TOTAL
<b>MOTOR</b>				
ACEITE VDS4 (Bidón de 19 l)	52 l	500	117.80	353.40
FILTRO DE ACEITE	1	500	28.00	84.00
FILTRO ACEIT LONGL		500	24.39	73.17
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1	500	58.46	175.38
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	2000	153.91	461.73
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	1		121.27	363.81
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	1	500	108.82	326.43
FILTRO DE AIRE - RESPIRADERO DEPOSITO DE COMB.	1	2000	27.11	81.33
REFRIGERANTE VOLVO VCS (20 LTS) AMARILLO	65 l	6000	95.76	287.28
<b>TRANSMISION DE POTENCIA</b>				
ACEITE PARA CAJA REDUCTORA DE LAS ORUGAS 80W90 (Bidón de 20 l)	40 l	2000	105.80	317.40
ACEITE PARA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO 80W90 (Bidón de 20 l)	12 l	1000	50.40	151.20
<b>CABINA</b>				
FILTRO CONDUCTO DE AIRE DE VENTILACIÓN	1	2000	53.90	161.70
FILTRO AIRE DE ACONDICIONADO	1		74.29	222.87
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>				
ACEITE HIDRÁULICO SUPER ISO VG68 (Cilindro de 208 l)	350 l	2000	1011.02	3033.06
CARTUCHO	2	1000	240.90	722.70
ELEMENTO	1	1000	42.21	126.63
CARTUCHO	1	1000	93.70	281.10
ELEMENTO DE RESPIRADERO	1	2000	293.28	879.84
<b>TOTAL :</b>			<b>2701.02</b>	<b>8103.06</b>

### 3.5.4. Beneficio útil:

**Tabla 15: Resumen de los costos de mantenimiento**

Ahorro en horas perdidas	+ 58204.50 US\$/año
Costos predictivos	- 3570.00 US\$/año
Costos preventivos	- 8103.06 US\$/año
<b>Beneficio útil</b>	<b>46531.44 US\$/año</b>

### 3.5.5. Inversión en tecnología para la implementación del RCM basado en el AMEF

**Tabla 16: Inversión en activos fijos**

ACTIVOS FIJOS	UNIDAD	VALOR UNITARIO (US\$)	VALOR TOTAL (US\$)
Vibrómetro PCE-VD 3	1	8000.00	8000.00
Cámara termográfica PCE-TC 31.	1	5000.00	5000.00
Banco de aceite para análisis PODS	1	25000.00	25000.00
Instrucción al personal	10	150	1500.00
<b>Costo total</b>			<b>39500.00</b>

### 3.5.6. Retorno operacional de la inversión

$$R. O. I = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}}$$

$$R. O. I = \frac{39500.00 \text{ US\$}}{46531.44 \text{ US\$/año}}$$

$$R. O. I = 0.8489 \text{ años} \approx 10 \text{ meses}$$

### 3.5.7. Productividad

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{TIEMPO ESTIMADO DE TRABAJO}}{\text{TOTAL HORAS UTILIZADAS}}$$

**Productividad antes:**

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\left(350 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}}\right) - 581.88 \frac{\text{Hrs.}}{\text{año}}}{\left(350 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}}\right)} * 100$$

$$PRODUCTIVIDAD = 79.22\%$$

**Productividad después:**

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\left(350 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}}\right) - 193.8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{año}}}{\left(350 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}}\right)} * 100$$

$$PRODUCTIVIDAD = 93.08\%$$

**Indice de variación de la Productividad: 93.08 – 79.22 = 13.86%.**

# **IV. DISCUSIONES**

En la investigación de Suniaga (2010), referente a “Diseño del programa de mantenimiento a la maquinaria pesada de la empresa Venezuelan Heavy



Industries S.A. (Whicoa)”, se han considerado 2 escenarios de análisis y evolución de indicadores, siendo las variaciones de disponibilidad del rango de 75-82 a 88-95%; y la confiabilidad del 78-83 hasta 88-94%. En nuestra investigación, también asumimos la consideración de estos 2 escenarios, pero relacionando tiempos para las fallas y tiempo para las reparaciones, resultando en cifras globales evoluciones de disponibilidad de 58.77% Iniciales, a 89.68%; y de confiabilidad de 98.59%, hasta 98.91%.

En forma similar, En la investigación de Buelvas y Martinez (2014), referente a “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. en Barranquilla – Colombia”, se han considerado 2 escenarios de evolución de fallas y comportamiento de costos, siendo reducidos los primeros de un 80% hasta el 52%, mientras que los costos de un 15% á 11%; en nuestra investigación, también asumimos consideración de 2 escenarios, pero relacionando tiempos para las fallas y tiempo para las reparaciones, resultando en cifras globales evoluciones de 1411.38 Hrs./año y 581.88 Hrs./año, vs. 1877.00 Hrs/año y 193.77 Hrs/año, respectivamente.

Asimismo, como antecedente se incluye el artículo “Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España” (Goti, 2008), como aporte hacia la concepción de un Sistema de Gestión para mejoramiento de indicadores y costos en un escenario industrial acorde con el nuestro. Además, se debe tener en cuenta la organización y cultura de la empresa, y en particular es muy importante para comprender el desarrollo existente en gestión de la información de la empresa, donde se pueden distinguir cuellos de botella en la adquisición, transmisión o procesamiento de información relacionados con la confiabilidad y las operaciones de mantenimiento.

Casachagua (2017) en su investigación denominada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A.”, establece un Plan de Mantenimiento, como herramienta clave para mejoramiento de la disponibilidad en base a la reducción de fallas, estableciendo porcentualmente el 90% de disponibilidad en mejora, frente a un 81% inicial; en nuestra

investigación, bajo un sistema similar de reducción de fallas y empleando el AMEF, hemos mejorado la disponibilidad del rango de 75-82% a 88-95%.

También Rivera (2011) en su tesis denominada “Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial”, aplica estrategias y herramientas como Ishikawa y el TPM, enfocándolo al negocio de alquiler de maquinaria pesada, cuyo Plan de mantenimiento reflejó el aumento de la productividad de la maquinaria de un 43% a un 88%; en nuestra investigación, contrastamos indicadores típicos de mantenimiento, con un mejoramiento global de disponibilidad y confiabilidad, cuyos tiempos de trabajo y horas utilizadas, reflejan una productividad del 86%.

Respecto a la investigación local realizada por Ayay (2014), denominada “Diseño y evaluación técnica económica de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo fundamentado en el análisis de modos y efectos de fallas para reducir los costos del mantenimiento de la maquinaria pesada en la empresa Multiservicios D&A S.A.C.”, se ha tomado como aporte principal la determinación mediante el AMEF, del estudio de fallas de cada componente que determinó que el 51% son indeseables, 49% en fallas de reducción deseable y fallas aceptables, reflejando este estudio con aplicación del AMEF una inversión de 73 800.00 N.S., para obtener un beneficio neto de 101 606. 5 N.S/año y con un tiempo operacional para la inversión de 260 días; similarmente, en nuestra investigación hemos realizado la determinación de fallas mediante el AMEF y NPR de la forma reglamentaria, obteniendo resultados del estudio como 66.7% indeseables, 25% reducibles a deseables y 8.3% son aceptables, reflejando nuestro estudio en un ahorro en horas perdidas de 58204.50 US\$/año, para obtener un beneficio útil de 46531.44 US\$/año, en un tiempo operacional de  $350 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}}$ .

# V. CONCLUSIONES

- Al evaluar los índices de indicadores de gestión de mantenimiento de las 03 maquinas pesadas Volvo en servicio, suministradas por MANNUCCI DIESEL, se determinó que en estado inicial, las máquinas tienen una

disponibilidad mínima de 51.90% y máxima de 70.49%, confiabilidad mínima 98.53% y máxima 98.71%; resultado de un tiempo promedio entre fallas de 1411.38 horas al año en total, y un tiempo promedio para reparar de 581.88 horas al año en total por las tres máquinas.

- Según el análisis de criticidad establecido para las fallas de la maquinaria Volvo, en base a los 5 criterios reglamentarios: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, impacto de seguridad y medio ambiente, se determinó que las 3 máquinas son de clasificación crítica, cuyos componentes diversos fueron clasificados según valoraciones en fallas críticas y semi críticas.
- Mediante el Análisis de Modos y Efecto de Fallas, se trabajan las 12 fallas críticas de las máquinas Volvo, determinando a través del número de prioridad de riesgos que 8 fallas (66,6%) son indeseables, 2 fallas (16. 7%) son reducibles a deseables y 2 fallas (16. 7%) son aceptables.
- Implementando un sistema de gestión de mantenimiento de las 03 maquinarias pesadas Vovo de la empresa, suministradas por MANNUCCI DIESEL, se determinó que en estado de mejora, utilizando el mantenimiento predictivo por excelencia, las máquinas tienen una disponibilidad mínima de 88.61% y máxima de 91.78%, confiabilidad mínima 98.89% y máxima 98.93%; resultado de un tiempo promedio entre fallas de 1877.00 horas al año en total, y un tiempo promedio para reparar de 193.77 horas al año en total por las tres máquinas.
- El análisis económico referente a la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en el análisis de modos y efectos de fallas, tiene una inversión de 39500.00 US\$, beneficio útil de 46531.44 US\$/año con un periodo de retorno de la inversión de 10 meses, siendo factible para la empresa MANNUCCI DIESEL.

- A fin de establecer el índice comparativo de correlación adecuado, se ha incluido en la presente investigación, el cálculo de productividades antes del proceso (79.22%) y en estado de mejora o después del proceso (93.08%), representando por lo tanto un índice positivo del 13.86%, lo cual redundará en la satisfacción del cliente, pues se estará optimizando el tiempo de trabajo de las unidades móviles y por lo tanto, se logrará mejor productividad. Para el proveedor del servicio (Mannucci Diesel), representará una optimización del servicio post-venta.
  
- Se han considerado en Anexos, el desarrollo pormenorizado del estudio de criticidad de las 3 máquinas de muestreo, facturas que evidencian el costo de los iniciales servicios de mantenimiento en mina de las unidades y el cuadro correspondiente por materiales y accesorios de Mantenimiento Preventivo.

# **VI. RECOMENDACIONES**

- El personal técnico de la empresa MANNUCCI DIESEL, deberá tomar conciencia de la definición e interpretación de los índices variables de los indicadores de gestión de mantenimiento, se podrán así identificar los puntos críticos de los activos físicos de la maquinaria pesada VOLVO de su

distribución y así establecer posibles planes de mejoramiento del mismo sistema de gestión de mantenimiento.

- Realizarán todas las actividades que son involucradas en el sistema de gestión de mantenimiento basado en el análisis de modos y efectos de fallos, especialmente a la totalidad de los activos físicos considerados críticos de la maquinaria Volvo, dando cumplimiento estricto a lo considerado en las hojas de decisiones del AMEF, con regularidad.
- Se deberán realizar seguimientos continuos, sobretodo inspecciones utilizando las herramientas del mantenimiento predictivo, para mejorar el desempeño de las tareas de mantenimiento y obtener mejores resultados durante el proceso de instalación y desarrollo del sistema de gestión de mantenimiento basado en el AMEF, ya que como se puede apreciar, si no se realiza un efectivo mantenimiento predictivo, los costos por cambio de equipos (bombas hidráulicas, sistemas de lubricación, etc.) , son demasiado altos. (Ver anexos).

# VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garcia, F. (2017). Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado. Valparaíso: Repositorio Digital Universidad Técnica Federico Santa María.
- Viveros, P., Stegmaier, R., & Kristjanpoller, F. (27 de April de 2018). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales



herramientas de apoyo. Obtenido de Ingeniare Revista chilena de ingeniería: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052013000100011&script=sci\\_arttext&tIng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052013000100011&script=sci_arttext&tIng=pt)

- Astonitas, A. (2015). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad basado en la metodología análisis de modo y efecto de falla para aumentar la eficiencia en tiempo de vida de los neumáticos en camiones de acarreo CAT 793F, Compañía Minera Antamina S.A – Reg. Trujillo: Repositorio Digital Institucional Universidad Cesar Vallejo.
- Manucci Diesel. (2017). Reporte Mensual de Mantenimiento Diciembre. La Libertad: Ingeniería de Mantenimiento.
- Manucci Diesel. (2018). Reporte Mensual de Mantenimiento Marzo. La Libertad: Ingeniería de Mantenimiento.
- DUFFUAA, Salih. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México D.F: Limusa S.A, 2010. 75 pp. ISBN: 9789681859183
- GARCÍA, Oliverio. Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: Ediciones de la U, 2012. 59 pp. ISBN: 9789587620511.
- PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. 2.ª ed. Sevilla: INGEMAN, 2015. 37 pp ISBN: 8495499673.
- CARBAJAL, Pedro. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de Transportes El Dorado S.A.C. Tesis (Bachiller Mecánica). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2016. 166 pp.

### **LINKOGRAFÍAS:**

- CASAR, Alvaro. Mantenimiento Preventivo. La diferencia entre reaccionar y anteponerse a una falla. [En línea]. Electro Industria. Chile. Abril de 2008. [Fecha de consulta: septiembre de 19 de 2017]. Disponible en <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=919>.
- Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento. [En línea] Realibilityweb. USA. 2016. [Fecha de consulta: septiembre de 19 de 2017]. Disponible en

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/indicadores-de-confiabilidad-propulsores-en-la-gestion-del-mantenimiento>.

- Mal mantenimiento de autos provoca mayor costo y contaminación. [En línea]. RPP. PE 01 de marzo de 2009. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2017.] <http://rpp.pe/economia/negocios/mal-mantenimiento-de-autos-provoca-mayor-costoy-contaminacion-noticia-167398>.

# **ANEXOS**

## **A. ANEXO DE TABLAS**

### **A.1. Criterios de evaluación del análisis de criticidad**

<b>Frecuencia de fallas</b>	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

<b>Impacto Operacional</b>	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

<b>Costo de mantenimiento</b>	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

<b>Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene</b>	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasi accidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Amendola, 2012.

## Anexo A.2. Índices de riesgo o número de prioridad de riesgos NPR

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo, pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

Detección (dificultad de detección)	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Fuente: Moubray, 2004.

$I(R) \leq 125$	Falla Aceptable.
$125 < I(R) \leq 200$	Falla reducible a deseable.
$I(R) > 200$	Falla Indeseable.

Fuente: Moubray, 2004.

**Anexo 03: El total de fallas del año 2018**

**Maquina: VOLVO EC380271081**

MES	BASTIDOR O CHASIS	TIEMPO DE PARADA	SISTEMA ELÉCTRICO	TIEMPO DE PARADA	BOMBAS HIDRAULICAS EN TANDEM	TIEMPO DE PARADA	SISTEMA HIDRÁULICO	TIEMPO DE PARADA	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	TIEMPO DE PARADA	CADENA DE ORUGA	TIEMPO DE PARADA	MANDOS FINALES	TIEMPO DE PARADA
ENERO														
FEBRERO														
MARZO	1	10.2	0		1	14.4	1	16.6	1	11.3	0		0	
ABRIL	0		1	46.7	1	20.0	2	45.1	2	48.4	1	31.8	2	38.8
MAYO	1	12.4	1	35	0		1	18.2	2	47.6	0		2	44.8
JUNIO	0		1	48	1	22.5	2	46.1	2	46.7	1	35.4	2	40.2
JULIO	1	11.5	1	47	1	28.1	1	24	1	21.5	1	36.3	2	42.5
AGOSTO	1	13.1	1	49.7	1	27.8	2	46.7	2	44.8	1	35.6	2	40.8
SETIEMBRE	0		1	48.8	1	27.4	1	25.6	2	42.7	1	33.6	2	38.9
OCTUBRE	1	15.1	2	80.1	1	28.3	2	46.1	2	45.7	1	34.6	2	39.8
NOVIEMBRE	1	14.8	1	42.5	1	27.4	2	44.8	2	44.3	1	33.7	2	39.7
DICIEMBRE	1	14.3	1	47,7	1	27.7	2	44	2	43.9	1	32.8	2	37.5
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>91.4</b>	<b>10</b>	<b>445.5</b>	<b>9</b>	<b>223.6</b>	<b>16</b>	<b>357.2</b>	<b>18</b>	<b>396.9</b>	<b>8</b>	<b>273.8</b>	<b>18</b>	<b>363</b>

**Tabla 17: Fallas en la maquina #01 VOLVO EC380271081 en el año 2018**

MES	HORAS OPERADAS	NºFALLAS/MES	NºHORAS/MES DE FALLAS
ENERO			
FEBRERO			
MARZO	139.5	4	52.5
ABRIL	489.2	9	230.8
MAYO	486	7	158
JUNIO	540.3	9	239.1
JULIO	433.1	8	210.9
AGOSTO	461.5	10	258.5
SEPTIEMBRE	502	8	218
OCTUBRE	454.3	11	289.7
NOVIEMBRE	472.8	10	247.2
DICIEMBRE	496.1	10	247.9
<b>TOTAL</b>	<b>4474.8</b>	<b>86</b>	<b>2152.6</b>

Total de horas del año 2017

DIAS/AÑO	HORAS/DIAS	HORAS/AÑO
365	24	8760

**DIAS NO LABORALES ANUALMENTE**

DIAS NO LABORALES	FECHAS	HORAS/DIA
ENERO	1	24
MAYO	1	24
DICIEMBRE	3	72
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>120</b>

PARAMETROS DE OPERACIÓN PROMEDIO DE MAQUINA 01

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
TIEMPO PROGRAMADO	8640	HORAS/AÑO
OPERACIÓN	6487.4	HORAS/AÑO
REPARACION	2152.6	HORAS/AÑO
NUMERO DE FALLAS	86	FALLAS/AÑO

Parámetros de operación promedio de Máquina #01

Mensuales horas/mes

PARAMETRO	MENSUALMENTE/HORAS
TIEMPO PROGRAMADO	720
OPERACIÓN	540.6
REPARACION	179.4



**Anexo 04: El total de fallas del año 2018**

**Maquina: VOLVO EC380280596**

MES	BASTIDOR O CHASIS	TIEMPO DE PARADAS	CADENA DE ORUGA	TIEMPO DE PARADAS	RODAJES	TIEMPO DE PARADAS	PERNOS ROTOS	TIEMPO DE PARADAS	FUGA DE ACEITES	TIEMPO DE PARADAS	MOTOR DE GIRO	TIEMPO DE PARADAS	SIST. DE REFRIG	TIEMPO DE PARADAS	BASES O DESCANSOS (QUE MALOGRAN LAS CHUMACERAS)	TIEMPO DE PARADAS	MANDOS FINALES	TIEMPO DE PARADAS
ENERO	0		2		0		0		1		1		1		0		1	
FEBRERO	1		2		1		1		2		1		1		1		1	
MARZO	0		2		1		1		2		1		1		1		1	
ABRIL	1		2		1		0		1		1		1		2		1	
MAYO	0		2		0		1		2		1		1		0		1	
JUNIO	1		2		1		1		2		1		1		1		1	
JULIO	0		2		1		0		1		1		1		1		1	
AGOSTO	1	25	2	40	0	0	1	19	2	32	1	86.5	1	12	2	18	1	5
SETIEMBRE	0	0	2	38.2	1	26	1	18	2	30	1	58.8	1	21	0	0	1	5
OCTUBRE	1	24.5	2	39.1	1	25	0	0	2	32	1	60	1	19	1	10	1	7
NOVIEMBRE	0	0	2	42	1	24.5	1	24	1	24.5	1	56.7	1	20	1	10	1	6
DICIEMBRE	1	25	2	48	0	0	1	16	2	34	1	57.2	1	21.5	2	19	1	8
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>74.5</b>	<b>24</b>	<b>207.3</b>	<b>8</b>	<b>75,5</b>	<b>8</b>	<b>77</b>	<b>20</b>	<b>152.5</b>	<b>12</b>	<b>317.2</b>	<b>12</b>	<b>93.5</b>	<b>12</b>	<b>47</b>	<b>12</b>	<b>360</b>

**Tabla 18: Fallas en la maquina 02 # EC380280596**

MES	HORAS OPERADAS	NºFALLAS/MES	NºHORAS/MES
ENERO	458.42	6	217.5
FEBRERO	458.42	11	217.5
MARZO	458.42	10	217.5
ABRIL	458.42	10	217.5
MAYO	458.42	8	217.5
JUNIO	458.42	11	217.5
JULIO	458.42	8	217.5
AGOSTO	458.5	8	237.5
SEPTIEMBRE	379	7	197
OCTUBRE	427.4	8	216.6
NOVIEMBRE	512.3	8	207.7
DICIEMBRE	515.3	8	228.7
<b>TOTAL</b>	<b>5501.4</b>	<b>103</b>	<b>2610</b>

Total de horas del año 2017

DIAS/AÑO	HORAS/DIAS	HORAS/AÑO
365	24	8760

**DIAS NO LABORALES ANUALMENTE**

DIAS NO LABORALES	FECHAS	HORAS/DIA
ENERO	1	24
MAYO	1	24
DICIEMBRE	3	72
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>120</b>

PARAMETROS DE OPERACIÓN PROMEDIO DE MAQUINA 02

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
TIEMPO PROGRAMADO	8640	HORAS/AÑO
OPERACIÓN	6030	HORAS/AÑO
REPARACION	2610	HORAS/AÑO
NUMERO DE FALLAS	103	FALLAS/AÑO

Parámetros de operación promedio de Máquina #02  
Mensuales horas/mes

PARAMETRO	MENSUALMENTE/HORAS	DIAS/HORAS
TIEMPO PROGRAMADO	720	24
OPERACIÓN	502.5	17
REPARACION	217.5	7

**Anexo 05: El total de fallas del año 2018**

**Maquina: VOLVO EC750280125**

MES	BASTIDOR O CHASIS	TIEMPO DE PARADAS	SIST. HIDRAULICO	TIEMPO DE PARADAS	SISTEMA DE LUBRIC.	TIEMPO DE PARADAS	SIST. DE REFRIGERAC.	TIEMPO DE PARADAS	SISTEMA ELÉCTRICO	TIEMPO DE PARADAS	SIST. DE INYECC.	TIEMPO DE PARADAS	CADENA DE ORUGA	TIEMPO DE PARADAS	MOTOR DE GIRO	TIEMPO DE PARADAS	MANDOS FINALES	TIEMPO DE PARADAS
ENE.	1	24	1	15.12	1	14	1	15	1	16	1	12	1	22	1	16	1	15
FEB.	1	24	1	15.12	1	14	1	15	1	16	1	12	1	22	1	16	1	15
MAR.	1	24	1	15.12	1	14	1	15	1	16	1	12	1	22	1	16	1	15
ABR.	1	24	1	15	0	0	1	12	0	0	1	12	0	0	1	32	1	11
MAY	1	25	2	32.6	1	12	1	17.4	1	16	1	24	1	24	1	24	1	15.4
JUN.	2	50	1	20.4	0	0	0	0	1	18	1	25	0	0	1	16	1	12
JUL.	0	0	2	32.6	1	12	0	0	1	17	0	0	1	20	1	18	1	14
AGO	1	24	1	18.6	1	13	1	15	1	11	1	20	0	0	1	17	1	15
SEPT.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OCT.	1	25	1	18	1	13	1	17.3	1	15	1	21	1	22	1	16	1	12
NOV.	1	24	1	17	1	12	1	16.4	1	14	1	20	1	20	1	16	1	12
DIC.	2	50	2	32	1	12	1	16.4	1	15	1	22	1	16	1	20	1	14
<b>TOT.</b>	<b>12</b>	<b>294</b>	<b>14</b>	<b>231.56</b>	<b>9</b>	<b>116</b>	<b>9</b>	<b>139.5</b>	<b>10</b>	<b>154</b>	<b>10</b>	<b>180</b>	<b>8</b>	<b>168</b>	<b>11</b>	<b>207</b>	<b>11</b>	<b>150.4</b>

**Tabla 19: Fallas en la máquina #03 VOLVO EC750280125 en el año 2018**

MES	HORAS OPERADAS	Nº FALLAS/MES	Nº HORAS/MES DE FALLAS
ENERO	505.4	9	132.4
FEBRERO	505.4	9	132.4
MARZO	505.4	9	132.4
ABRIL	590.1	6	105.9
MAYO	453.6	10	190.4
JUNIO	378.6	7	141.4
JULIO	630.4	7	113.6
AGOSTO	562.4	8	133.6
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	384.7	9	159.3
NOVIEMBRE	568.6	9	151.4
DICIEMBRE	474.6	11	197.4
<b>TOTAL</b>	<b>5559.2</b>	<b>94</b>	<b>1590.2</b>

Total de horas del año 2018

DIAS/AÑO	HORAS/DIAS	HORAS/AÑO
365	24	8760

**DIAS NO LABORALES ANUALMENTE**

DIAS NO LABORALES	FECHAS	HORAS/DIA
ENERO	1	24
MAYO	1	24
DICIEMBRE	3	72
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>120</b>

PARAMETROS DE OPERACIÓN PROMEDIO DE MAQUINA 03

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
TIEMPO PROGRAMADO	8640	HORAS/AÑO
OPERACIÓN	7049.8	HORAS/AÑO
REPARACION	1590.2	HORAS/AÑO
NUMERO DE FALLAS	94	FALLAS/AÑO

Parámetros de operación promedio de Máquina #03

Mensuales horas/mes

PARAMETRO	MENSUALMENTE/HORAS
TIEMPO PROGRAMADO	720
OPERACIÓN	587.5
REPARACION	132.5

## A.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

### Máquina 1:

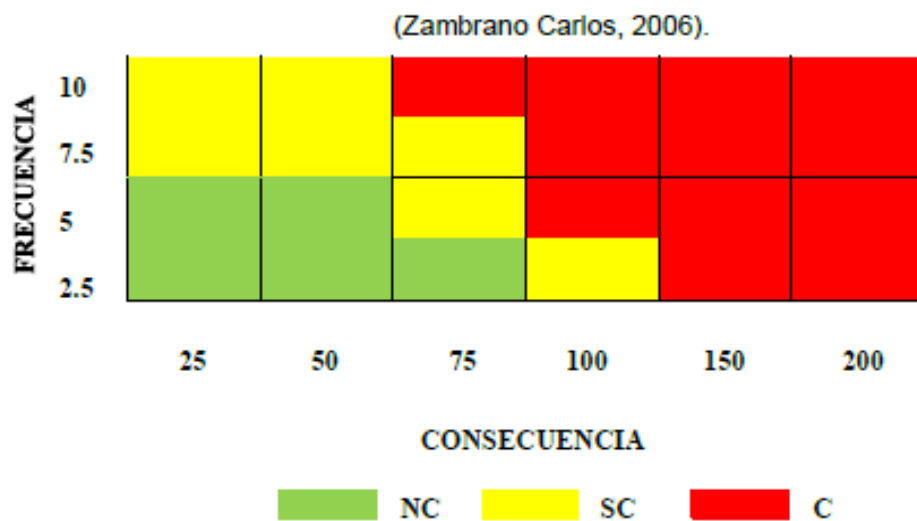
N°	FALLAS	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)
1	BASTIDOR O CHASIS	7
2	SISTEMA ELÉCTRICO	10
3	BOMBAS HIDRAULICAS EN TANDEM	9
4	SISTEMA HIDRÁULICO	16
5	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	18
6	CADENA DE ORUGA	8
7	MANDOS FINALES	18

#### 1. BASTIDOR O CHASIS: 7 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	3
COSTOS DE MTTT (C.MTTT)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	2

$$\text{CONSECUENCIA} = (\text{I.O}) * (\text{F.O}) * (\text{CM}) * (\text{I.S.M.A}) = 96$$

$$\text{VALOR DE CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * \text{CONSECUENCIA} = 96$$

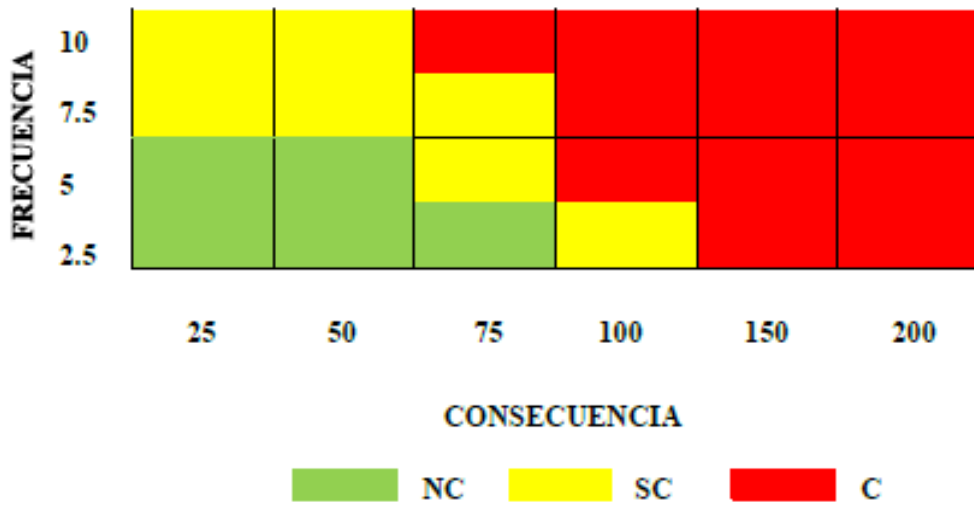


CLASIFICACION DE CRITICIDAD: SEMI CRITICO

**2. SISTEMA ELÉCTRICO: 10 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	4
COSTOS DE MTTO (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A)	= 64
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA	= 128

(Zambrano Carlos, 2006).



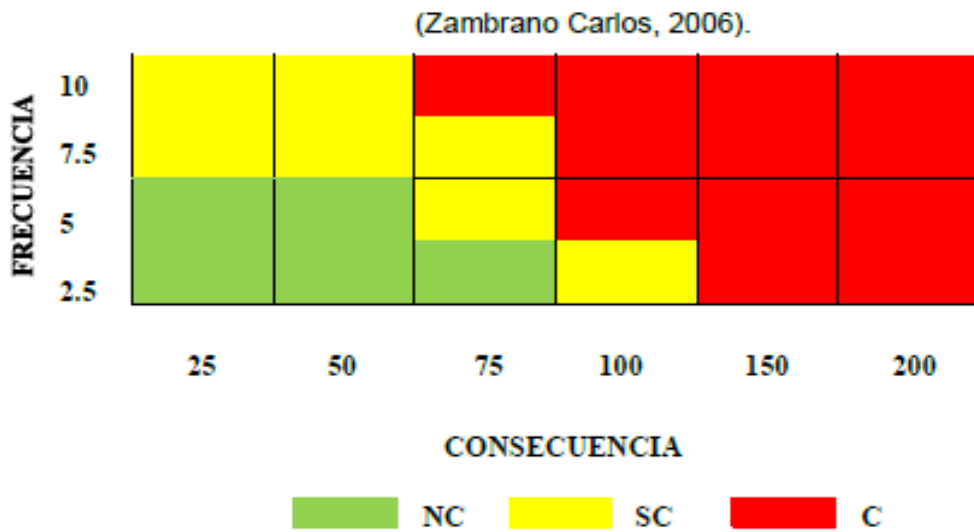
CLASIFICACION DE CRITICIDAD:

CRITICO



**3. BOMBAS HIDRÁULICAS EN TANDEM: 9 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	4
COSTOS DE MTTO (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A)	320
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA	320

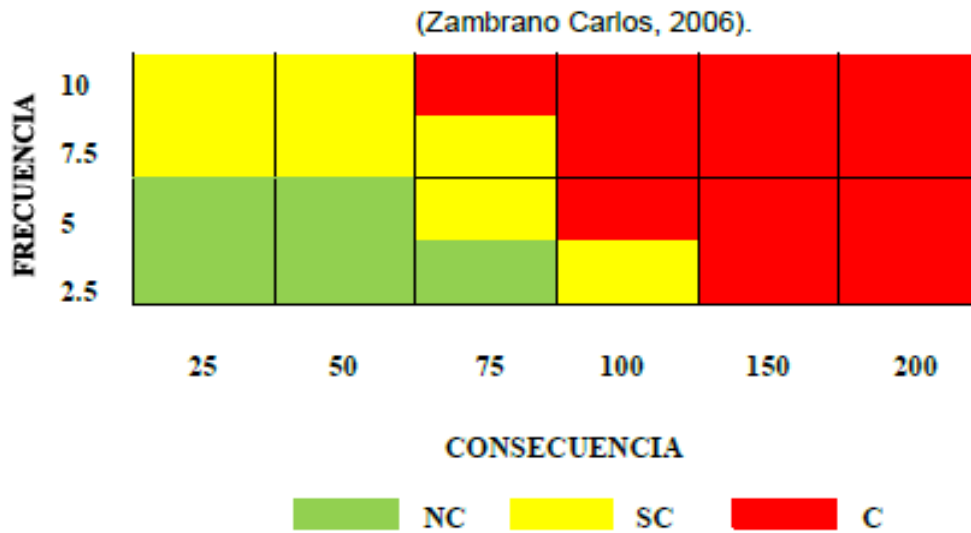


CLASIFICACION DE CRITICIDAD:

CRITICO

#### 4. SISTEMA HIDRÁULICO 16 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	4
COSTOS DE MTTO (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A)	320



**CLASIFICACION DE CRITICIDAD:**

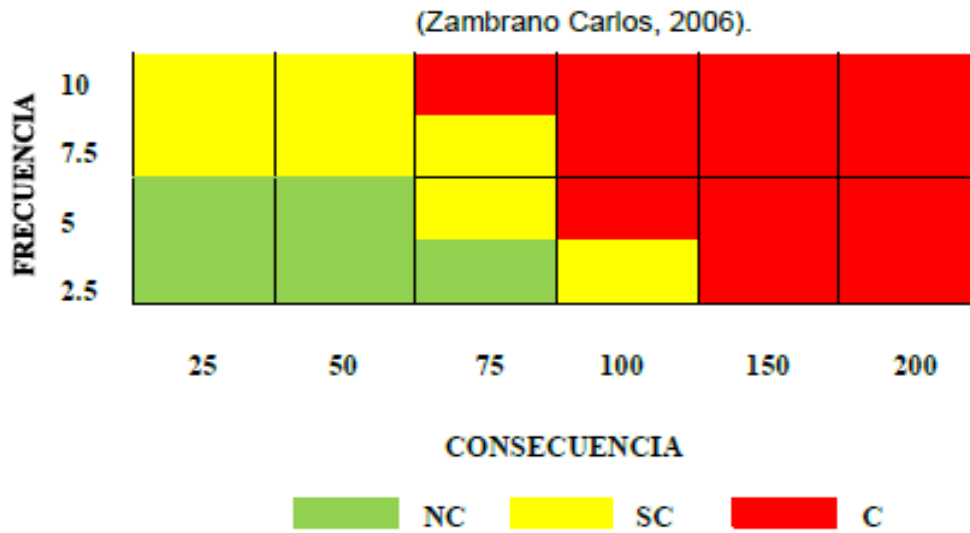
**CRITICO**

**5. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: 18 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2

CONSECUENCIA = (I.O)\*(F.O)\*(CM)\*(I.S.M.A) = 128

VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA\*CONSECUENCIA = 256

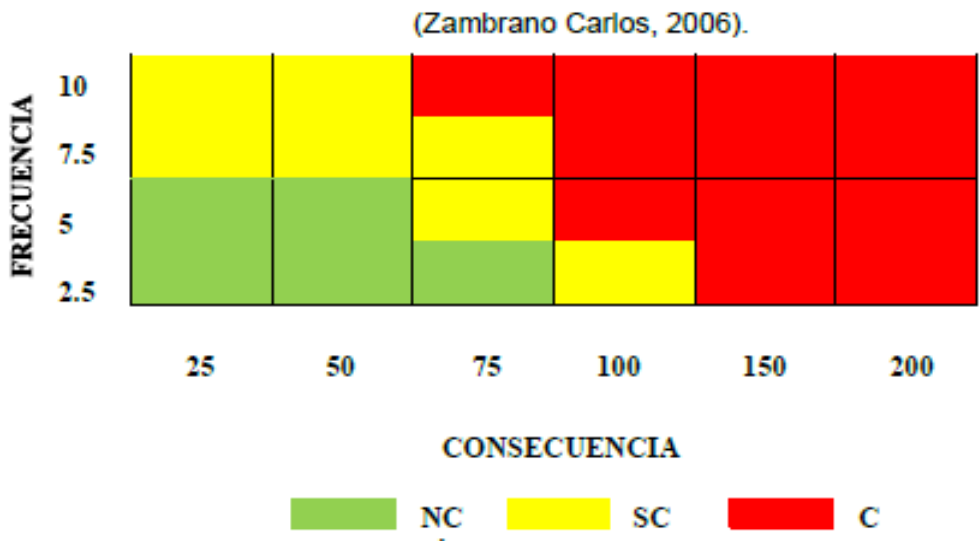


CLASIFICACION DE CRITICIDAD: NO CRITICO

**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**6. CADENA DE ORUGA: 8 FALLAS**

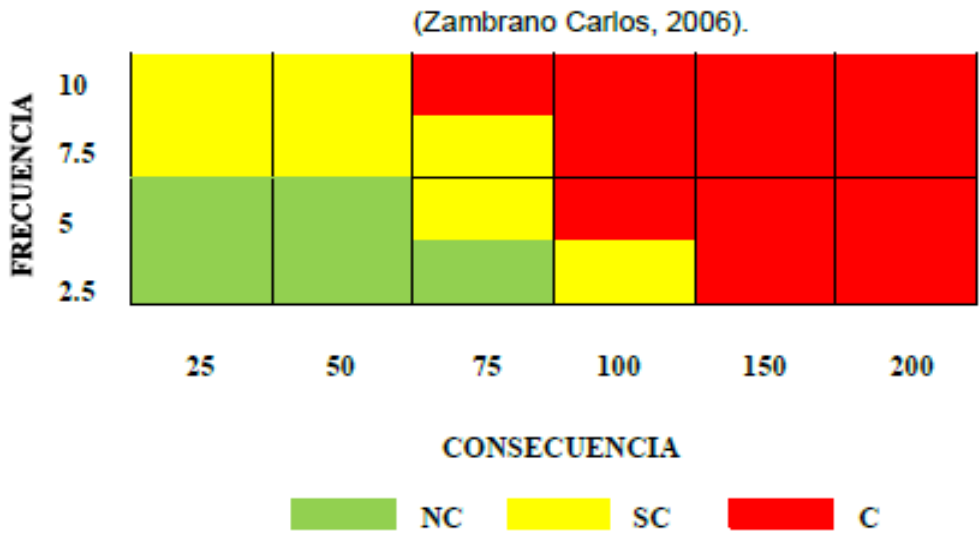
FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
 CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	 42
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	42



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO**

**7. MANDOS FINALES: 18 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**Máquina 2:**

**ANALISIS DE CRITICIDAD**

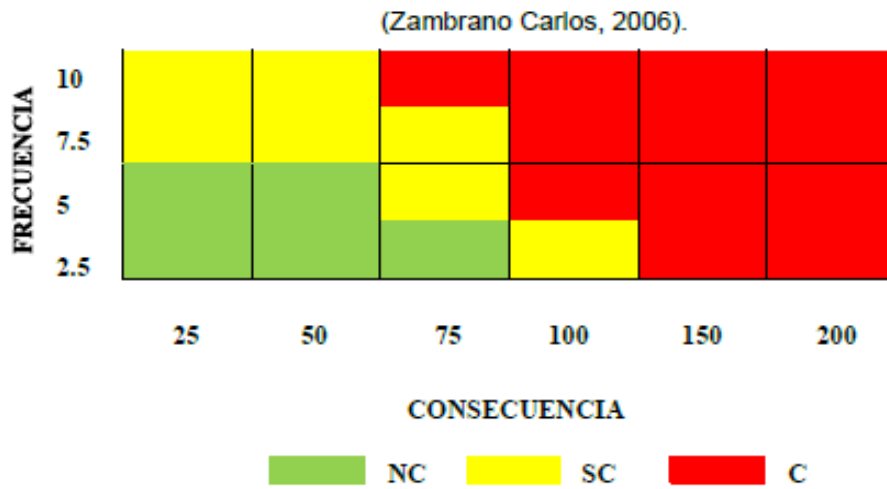
<b>N°</b>	<b>FALLAS</b>	<b>INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)</b>
1	BASTIDOR O CHASIS.	6
2	CADENA DE ORUGA	24
3	RODAJES	8
4	PERNOS ROTOS	8
5	FUGAS DE ACEITE	20
6	MOTOR DE GIRO	12
7	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	12
8	BASES O DESCANSOS	12
9	MANDOS FINALES	12



**1. BASTIDOR O CHASIS:**

**6 FALLAS**

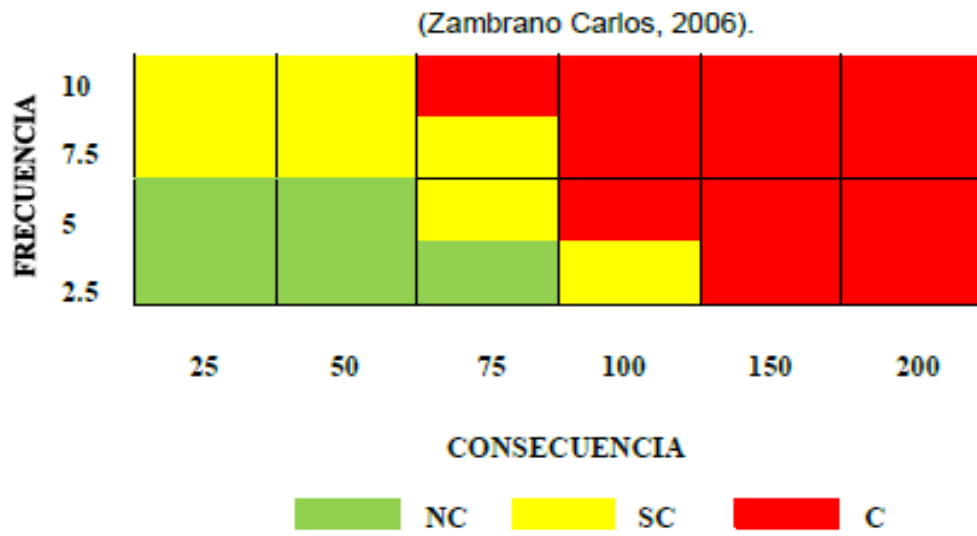
FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	96
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	96



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO**

**2. CADENA DE ORUGA: 24 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	3
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	126

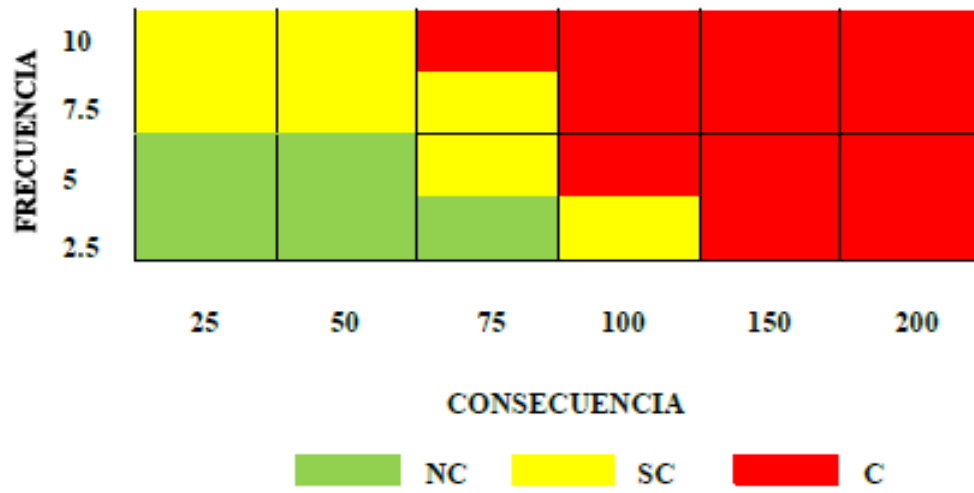


**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO**

**3. RODAJES: 8 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	128
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	128

(Zambrano Carlos, 2006).



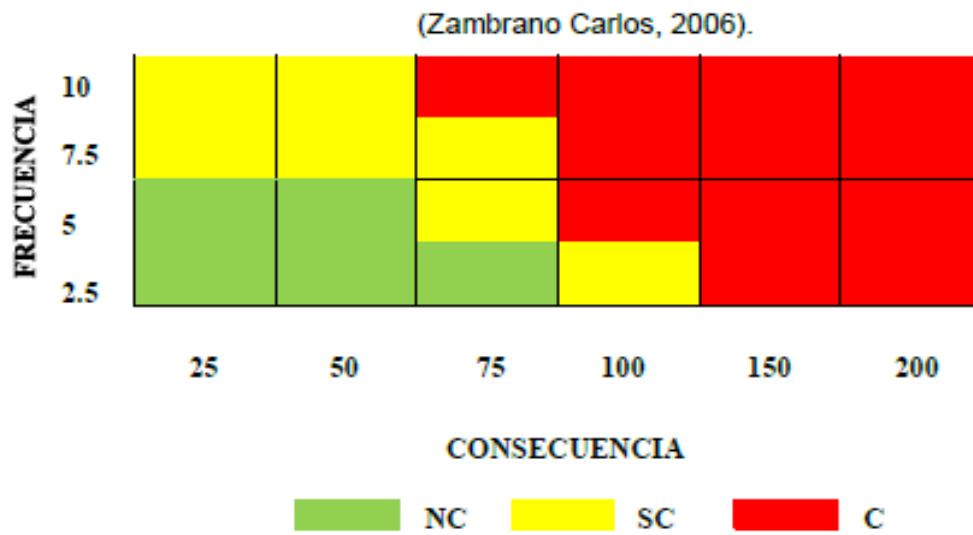
**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**4. PERNOS ROTOS: 8 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)

1

IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	3
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	72



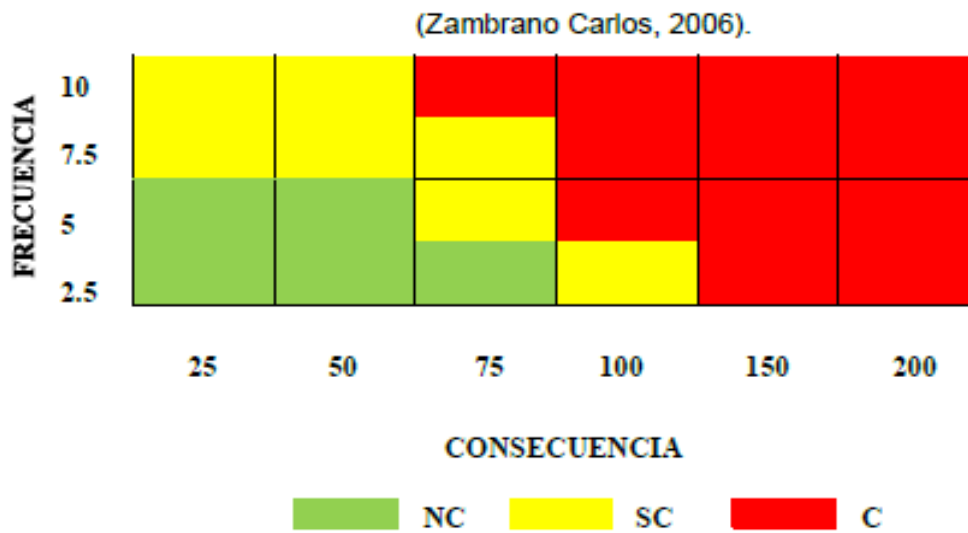
CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO

**5. FUGAS DE ACEITE:**

**20 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	3
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	3
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72

VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA\*CONSECUENCIA = 216

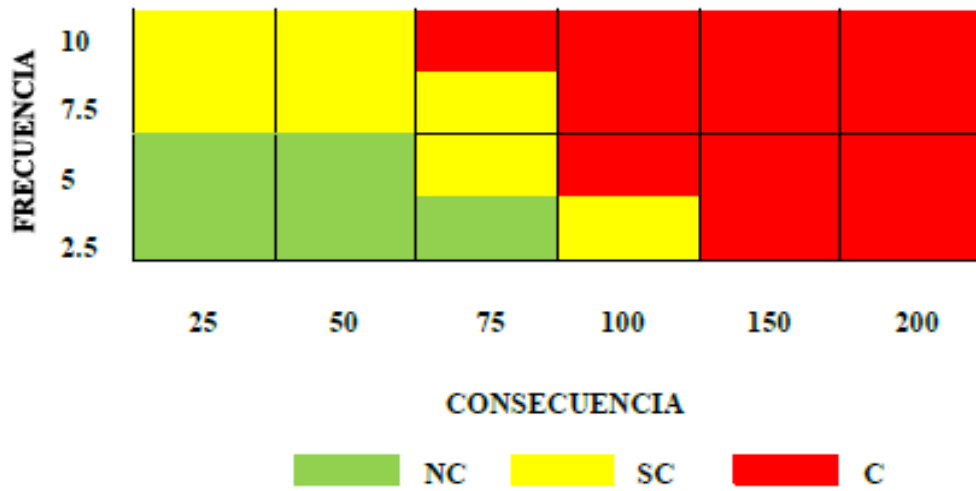


**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**6. MOTOR DE GIRO: 12 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160

(Zambrano Carlos, 2006).



CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

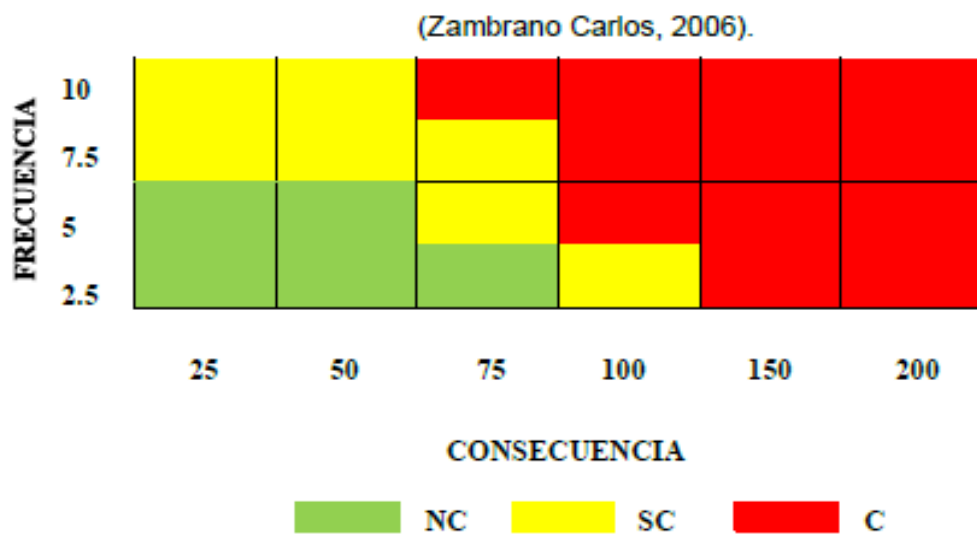
**7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: 12 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.) 2

IMPACTO OPERACIONAL (I.O.) 8



FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	128
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	256

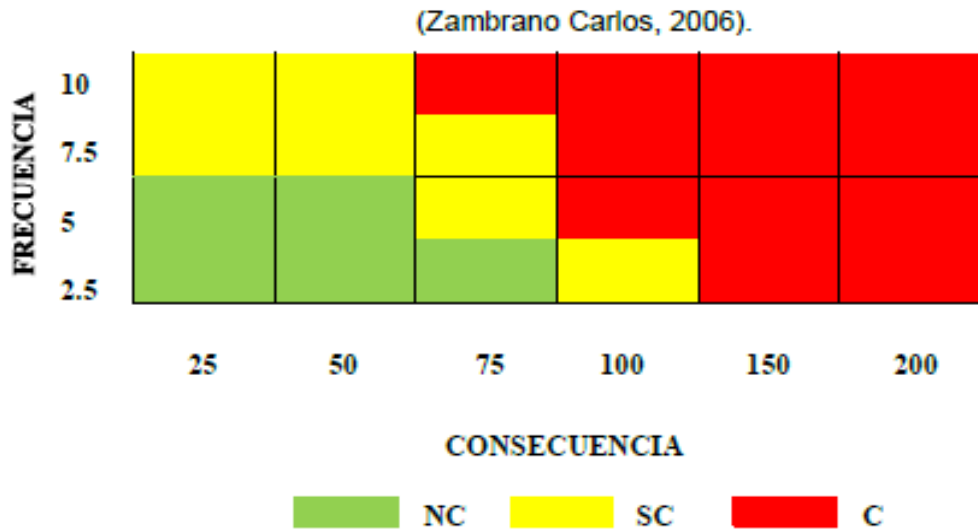


**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**8. BASES O DESCANSOS:**

**12 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	84



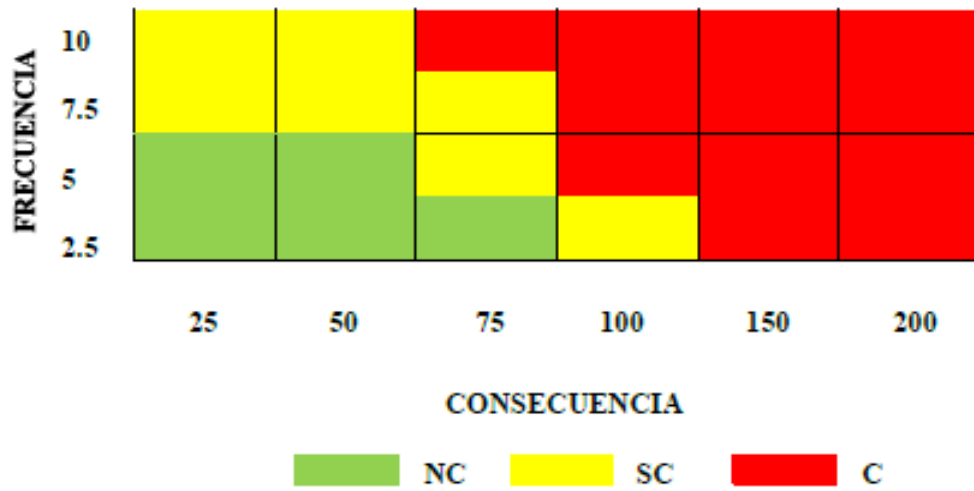
**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO**

**9. MANDOS FINALES:**

**12 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144

(Zambrano Carlos, 2006).



CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

*Máquina 3:*

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

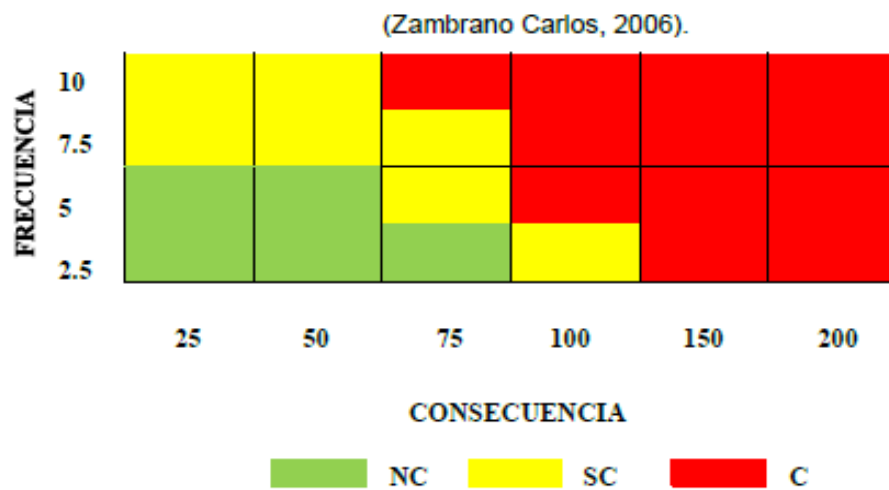
N°	FALLAS	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)
----	--------	----------------------------

1	BASTIDOR O CHASIS.	12
2	SISTEMA HIDRÁULICO	14
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	9
5	SISTEMA ELÉCTRICO	10
6	SISTEMA DE INYECCIÓN	10
7	CADENA DE ORUGA	8
8	MOTOR DE GIRO	11
9	MANDOS FINALES	11

**1. BASTIDOR O CHASIS:**

**12 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	96
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	192

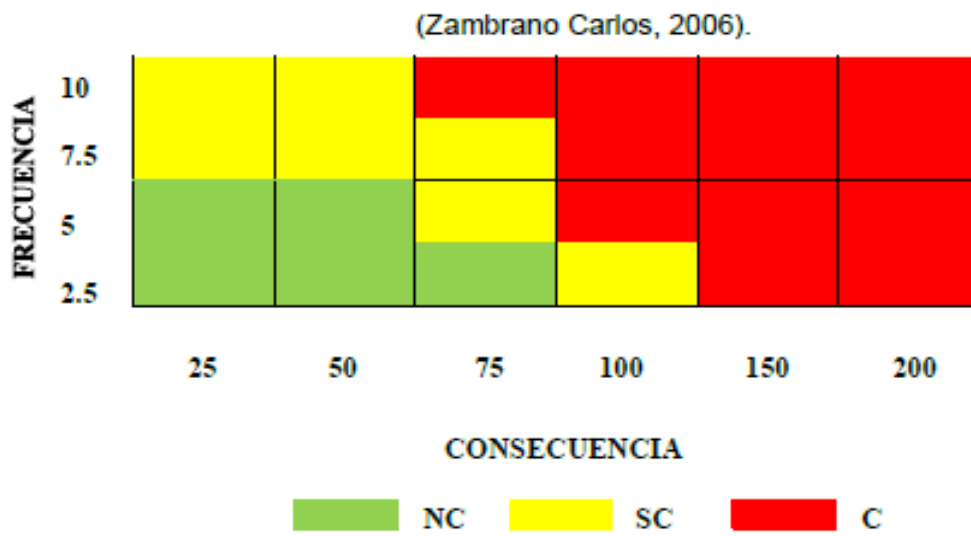


**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**2. SISTEMA HIDRÁULICO: 14 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80

VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA\*CONSECUENCIA = 160



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

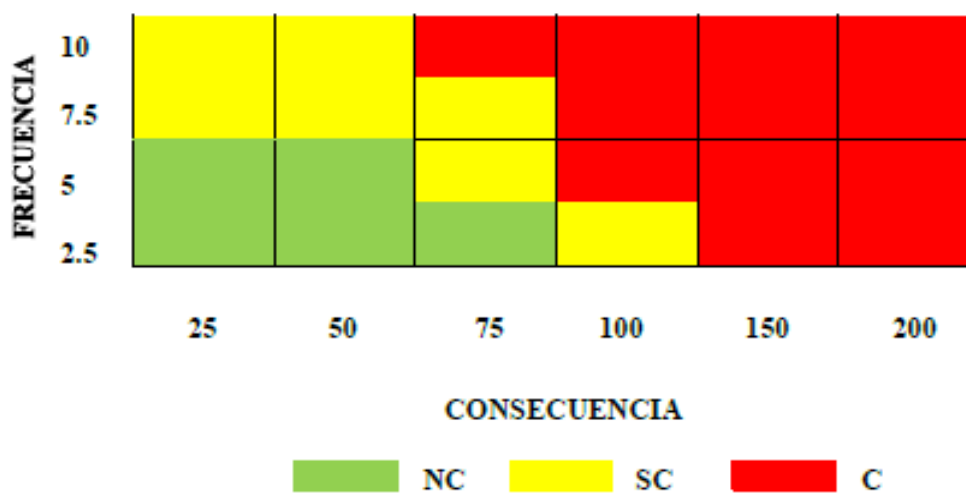
**3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN:**

**9 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	320
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	320



(Zambrano Carlos, 2006).



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

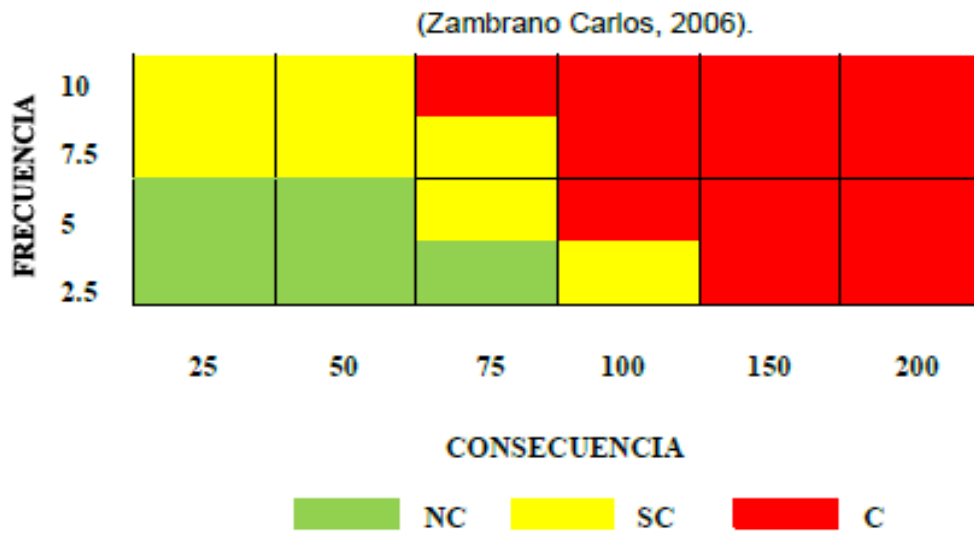
**4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:**

**9 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)

1

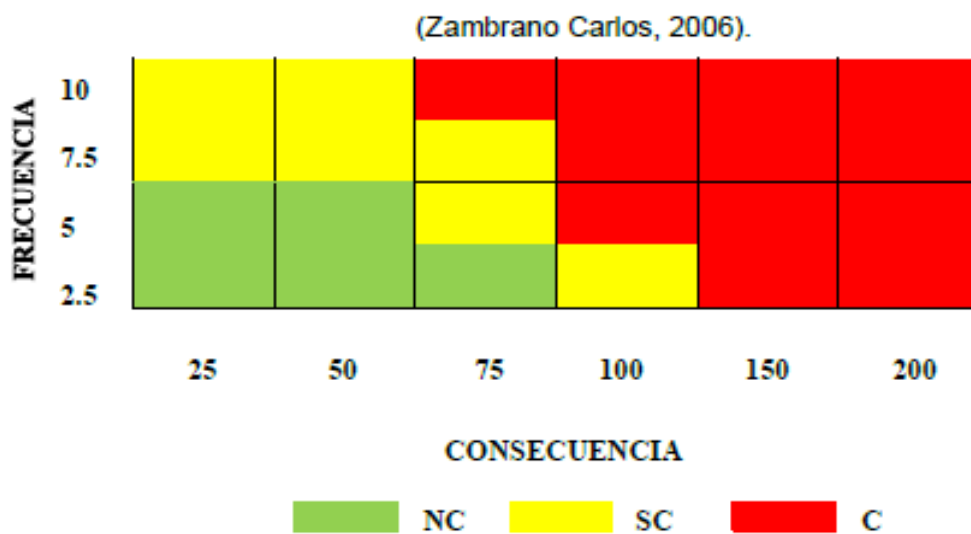
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	160
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**5. SISTEMA ELÉCTRICO: 10 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	5
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	100
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	200



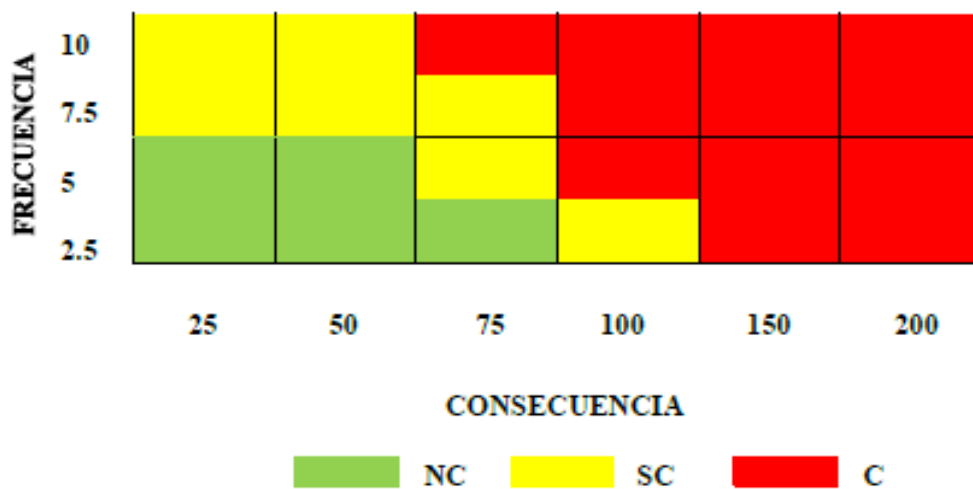
**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

**6. SISTEMA DE INYECCIÓN:**

**10 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	40
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	80

(Zambrano Carlos, 2006).



CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO

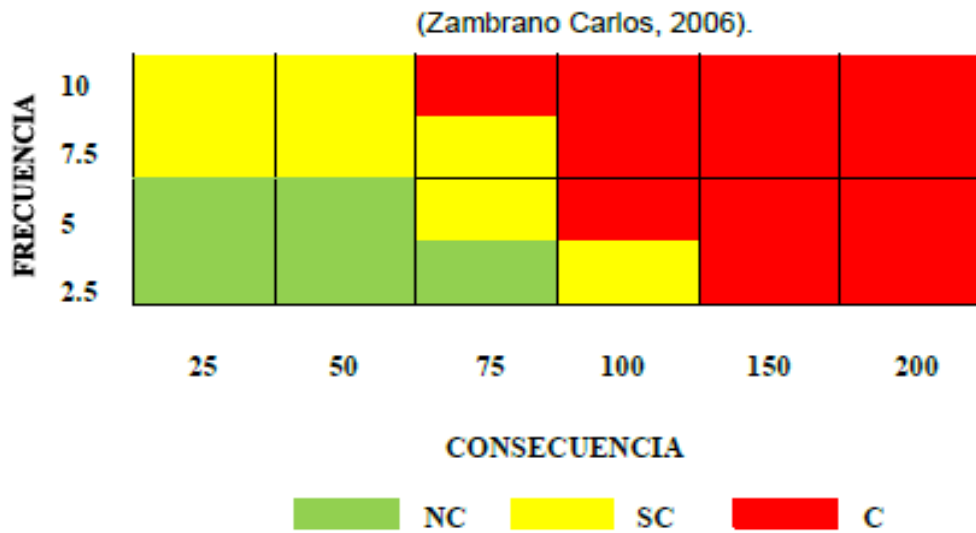
7. CADENA DE ORUGA:

8 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)

1

IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	42

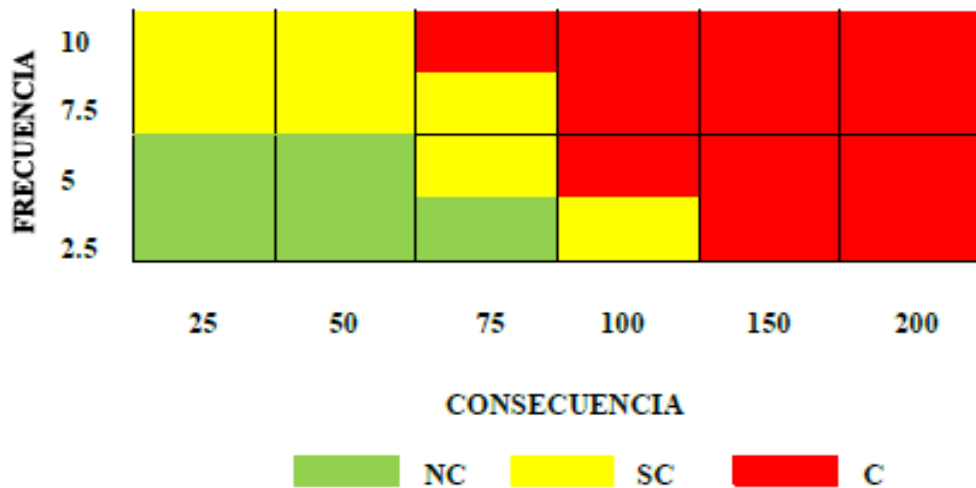


**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO**

**8. MOTOR DE GIRO: 11 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160

(Zambrano Carlos, 2006).



**CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO**

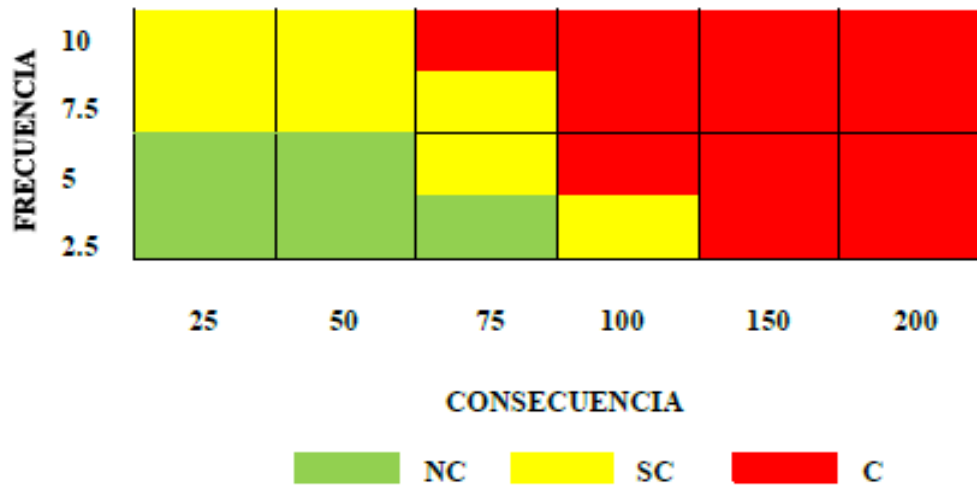
**9. MANDOS FINALES:**

**11 FALLAS**

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A. )	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144



(Zambrano Carlos, 2006).



CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

## A.7. FACTURAS



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20100070031	FECHA DE ORDEN : 24/10/2018
RAZÓN SOCIAL : VOLVO PERU S.A.	NÚMERO DE ORDEN : 10204648
DIRECCIÓN : CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 23.88 URB. LURIN	FECHA DE FACTURA : 26/10/2018
PERU	GUÍA DE REMISIÓN :
R.U.C/D.N.I : 20100070031	FACTURA INTERNA : 20201740
	NÚMERO DE PÁGINA : 1/1
	REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
172-002		VOE 9014666232 Bomba Hidraulica (Reman)	223.00			20.00		4,460.00	4,460.00
172-002		VOE 14671408 Bomba de Engranaje	22.05			20.00	0.01%	440.96	440.96
		Ajuste de precio				2.74		2.74	2.74

TOT. VENTA BRUTA	DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%	TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA
4,903.74	0.04	4,903.70	882.67	5,786.37	USD

SON: CINCO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SEIS Y 37/100 DOLARES AMERICANOS

NOTA DE LA ORDEN:  
Acuerdo Comercial Entre Enrique Ramirez y Transportes e Inversiones CEDAR

CONDICIONES DE PAGO: Credito 30 días ID DEL USUARIO: M423447

NO DE CRÉDITO DE DÍAS: 30

INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO AÑO: 2017 EN GARANTÍA: N # CONTRATO SERV: ESTADO / ACUERDO: EXPIRED

MODELO	MOTOR	CAJA	EJE	ARR. EJE	CHASIS	KMS / HORAS	REGISTER NBR
EC750D	Migrated	Migrated		MIGRATED	280125-280125	9015	EXC

PARA OBTENER EL DOCUMENTO VALIDADO POR SUNAT, PUEDEN ACCEDER A <http://www.mannuccidiesel.pe>



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20100070031	FECHA DE ORDEN : 10/07/2018
RAZÓN SOCIAL : VOLVO PERU S.A.	NÚMERO DE ORDEN : 10198117
DIRECCIÓN : CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 23.8	FECHA DE FACTURA : 11/07/2018
LURIN	GUÍA DE REMISIÓN :
PERU	FACTURA INTERNA : 20195682
R.U.C/D.N.I : 20100070031	NÚMERO DE PÁGINA : 1/1
	REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
------------	---------------------------------	---	-------	----------	------------------	--------------------------------	------------	---------------------	------------

	17200	Evaluación del sistema hidráulico, del viernes 8 al martes 12 de Junio a tarifa GW, revisión de las correderas del MCV, pruebas, monitoreos en Mina	44.16			20.00		883.20	883.20
--	-------	---	-------	--	--	-------	--	--------	--------

TOT. VENTA BRUTA	DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%	TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA
883.20	0.00	883.20	158.98	1,042.18	USD

SON: MIL CUARENTA Y DOS Y 18/100 DOLARES AMERICANOS

NOTA DE LA ORDEN:

GOOD WILL LOCAL. APROBADO POR ROMEL CAMACHO // PERCY RIVEROS // Atención Luis Nuñez

CONDICIONES DE PAGO: Credito 30 días ID DEL USUARIO: M423447

NO DE CRÉDITO DE DÍAS: 30

INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO AÑO: 2017 EN GARANTÍA: N # CONTRATO SERV: ESTADO / ACUERDO: EXPIRED

MODELO	MOTOR	CAJA	EJE	ARR. EJE	CHASIS	KMS / HORAS	REGISTER NBR
EC750D	Migrated	Migrated		MIGRATED	280125-280125	7322	EXC

PARA OBTENER EL DOCUMENTO VALIDADO POR SINAT, BIENEN ACCEDER A <http://www.mannucci.com.pe>



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20481349126	FECHA DE ORDEN : 14/08/2018
RAZÓN SOCIAL : TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L.	NÚMERO DE ORDEN : 10200418
DIRECCIÓN : AV.FEDERICO VILLARREAL 1310-INT. A - URB. EL BOSQUE	FECHA DE FACTURA : 15/08/2018
TRUJILLO	GUÍA DE REMISIÓN :
LA LIBERTAD	FACTURA INTERNA : 20197630
R.U.C/D.N.I : 20481349126	NÚMERO DE PÁGINA : 1/1
	REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
------------	---------------------------------	---	-------	----------	------------------	--------------------------------	------------	---------------------	------------

17200		Evaluación del sistema hidráulico, motor, revisión de las correderas del MCV, pruebas, monitoreos en Mina, del miércoles 27 al sábado 30 de Junio.	36.80			30.00	20.00%	883.20	883.20
-------	--	--	-------	--	--	-------	--------	--------	--------

TOT. VENTA BRUTA	DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%	TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA
1,104.00	220.80	883.20	158.98	1,042.18	USD

SON: MIL CUARENTA Y DOS Y 18/100 DOLARES AMERICANOS

NOTA DE LA ORDEN:

OCI-002093

CONDICIONES DE PAGO: 2 Crédito 30 días ID DEL USUARIO: M423447

NO DE CRÉDITO DE DÍAS: 30

INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO AÑO: 2017 EN GARANTÍA: N # CONTRATO SERV: ESTADO / ACUERDO: EXPIRED

MODELO	MOTOR	CAJA	EJE	ARR. EJE	CHASIS	KMS / HORAS	REGISTER NBR
EC750D	Migrated	Migrated		MIGRATED	280125-280125	7322	EXC

PARA OBTENER EL DOCUMENTO VALIDADO POR SUNAT, PUEDEN ACCEDER A <http://www.mannuccidiesel.pe>



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20481349126	FECHA DE ORDEN : 06/09/2018
RAZÓN SOCIAL : TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L.	NÚMERO DE ORDEN : 10201728
DIRECCIÓN : AV.FEDERICO VILLARREAL 1310-INT. A - URB. EL BOSQUE	FECHA DE FACTURA : 16/10/2018
TRUJILLO	GUÍA DE REMISIÓN :
LA LIBERTAD	FACTURA INTERNA : 20201029
R.U.C/D.N.I : 20481349126	NÚMERO DE PÁGINA : 1/3
	REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
VOE	14533612	O-RING		4.00	ST	4.58	35.00%	2.98	11.91
VOE	14535185	O-RING		2.00	ST	4.17	35.00%	2.71	5.42
VOE	14535186	O-RING		1.00	ST	5.97	35.00%	3.88	3.88
VOE	14535187	O-RING		2.00	ST	13.74	35.00%	8.93	17.86
VOE	14535188	O-RING		2.00	ST	205.39	35.00%	133.50	267.01
VOE	14535190	SEALING		1.00	ST	368.12	35.00%	239.28	239.28
VOE	14659751	VALVE		2.00	ST	846.20	35.00%	550.03	1,100.06
VOE	14672641	CONTROL VALVE		1.00	ST	2,939.83	35.00%	1,910.89	1,910.89
VOE	14699138	CONDUCTO		1.00	PC	229.69	35.00%	149.30	149.30
VOE	14712288	MANGUERA		1.00	PC	450.90	35.00%	293.08	293.08
VOE	14713439	JUEGO DE RE		1.00	PC	25.43	35.00%	16.53	16.53
VOE	14882731	ANILLO TORICO		9.00	PC	6.15	35.00%	4.00	35.98
VOE	14612137	KIT DE PRECINTO		2.00	SA	1,479.85	35.00%	961.90	1,923.80
VOE	14612138	KIT DE PRECINTO		1.00	ST	2,123.83	35.00%	1,380.49	1,380.49
VOE	960254	O-RING		2.00	ST	22.20	35.00%	14.43	28.86
VOE	960259	O-RING		1.00	ST	35.32	35.00%	22.96	22.96
VOE	14882689	O-RING		12.00	ST	1.80	35.00%	1.17	14.04
VOE	980102	O-RING		1.00	ST	3.74	35.00%	2.43	2.43
U	VCE980102	ANILLO TORICO		1.00	PC	7.67	35.00%	4.99	4.99
VOE	981607	O-RING		1.00	ST	3.47	35.00%	2.26	2.26

TOT. VENTA BRUTA	DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%	TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA
39,892.73	8,885.64	31,007.09	5,581.28	36,588.37	USD

SON: TREINTA Y SEIS MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO Y 37/100 DOLARES AMERICANOS      NOTA DE LA ORDEN:

CONDICIONES DE PAGO: 2 Credito 30 dias      ID DEL USUARIO: M423447

NO DE CRÉDITO DE DÍAS: 30

INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO      AÑO: 2017 EN GARANTÍA: N # CONTRATO SERV:      ESTADO / ACUERDO: EXPIRED

MODELO	MOTOR	CAJA	EJE	ARR. EJE	CHASIS	KMS / HORAS	REGISTER NBR
EC750D	Migrated	Migrated		MIGRATED	280125-280125	9015	EXC

PARA OBTENER EL DOCUMENTO VALIDADO POR SUNAT, PUEDEN ACCEDER A <http://www.mannuccidiesel.pe>



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20100070031	FECHA DE ORDEN : 06/09/2018
RAZÓN SOCIAL : VOLVO PERU S.A.	NÚMERO DE ORDEN : 10201737
DIRECCIÓN : CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 23.88 URB.	FECHA DE FACTURA : 24/10/2018
LURIN	GUÍA DE REMISIÓN :
PERU	FACTURA INTERNA : 20201595
R.U.C/D.N.I : 20100070031	NÚMERO DE PÁGINA : 1/1
	REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
		912-100 - Válvula de control, cambio							0.00
VOE	14707436	VALVULA DE		1.00	PC	31,654.66	31.38%	21,721.43	21,721.43
		Diferencia por ajuste de precio de \$ 21,723.84 según política de goodwill				2.41		2.41	2.41
		N/S USADO: GL000078							0.00
		N/S NUEVO: GB000013							0.00
TOT. VENTA BRUTA		DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%		TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA		
31,657.07		9,933.23	21,723.84	3,910.29		25,634.13	USD		
SON: VEINTICINCO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CUATRO Y 13/100 DOLARES AMERICANOS						NOTA DE LA ORDEN:			
						GOODWILL VCE // TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L. // 9015 HRS.			
CONDICIONES DE PAGO:		Credito 30 días	ID DEL USUARIO:	M440094					
NO DE CRÉDITO DE DÍAS:		30							
INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO		AÑO: 2017	EN GARANTÍA: N	# CONTRATO SERV:	ESTADO / ACUERDO: EXPIRED				
MODELO	MOTOR	CAJA	EJE	ARR. EJE	CHASIS	KMS / HORAS	REGISTER NBR		
EC750D	Migrated	Migrated		MIGRATED	280125-280125	9015	EXC		



COPIA DE COMPROBANTE ELECTRÓNICO SIN EFECTO TRIBUTARIO

MANNUCCI DIESEL S.A.C.

3276-MANNUCCI DIESEL SAC - TRUJILLO

COD. DE CLIENTE : 20100070031	FECHA DE ORDEN : 27/09/2018
RAZÓN SOCIAL : VOLVO PERU S.A.	NÚMERO DE ORDEN : 10202996
DIRECCIÓN : CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 23.88 URB. LURIN PERU	FECHA DE FACTURA : 24/10/2018 GUÍA DE REMISIÓN :
R.U.C/D.N.I : 20100070031	FACTURA INTERNA : 20201596 NÚMERO DE PÁGINA : 1/1 REFERENCIA DE CLIENTE :

COD. PROD.	COD. OPERACIÓN COD. REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	HORAS	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	VALOR X HORA VALOR UNIT.	% DESC.	VALOR NETO UNIT.	VENTA NETA
		913-010 - Bomba hidráulica, cambio							0.00
		914-060 - Bomba hidráulica, cambio							0.00
VOE	9014666232	BOMBA		1.00	PC	18,136.75	24.62%	13,671.48	13,671.48
VOE	14671408	GEAR PUMP		1.00	ST	1,792.14	24.62%	1,350.92	1,350.92
		Por ajuste de precio según formato de aprobación por Goodwill					0.58	0.58	0.58
		N/S USADO: 16Y10802; 6M0164							0.00
		N/S NUEVO: 18127876; 7M0339							0.00

TOT. VENTA BRUTA	DESCUENTO	VENTA NETA	I.G.V 18%	TOTAL PRECIO VENTA	MONEDA
19,929.47	4,906.49	15,022.98	2,704.14	17,727.12	USD

SON: DIECISIETE MIL SETECIENTOS VEINTISIETE Y 12/100 DOLARES AMERICANOS		NOTA DE LA ORDEN:	
		GOODWILL // CEDAR SRL // 9015 HRS.	
CONDICIONES DE PAGO:	Credito 30 días	ID DEL USUARIO:	M440094
NO DE CRÉDITO DE DÍAS:	30		
INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO	AÑO: 2017 EN GARANTÍA: N	# CONTRATO SERV:	ESTADO / ACUERDO: EXPIRED
MODELO	MOTOR	CAJA	EJE
EC750D	Migrated	Migrated	
			ARR. EJE
			MIGRATED
			CHASIS
			280125-280125
			KMS / HORAS
			9015
			REGISTER NBR
			EXC

PARA OBTENER EL DOCUMENTO VALIDADO POR SINAT, PUEDEN ACCEDER A <http://www.mannucci.com.pe>



A.8.											
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - EXCAVADORA											
SERIES: 280001-											PV MAR17
DESCRIPCION	Prefijo	N/P	Cantidad	Intervalo	PRECIO UNITARIO	Primer Servicio	500 h	1000 h	1500 h	2000 h	Observaciones
<b>MOTOR</b>											
ACEITE VDS 4.5 (Bidón de 19 LTS)	VO	23068344	52 l	500	117.80	353.40	X	X	X	X	
FILTRO DE ACEITE	VO	21707132	1	500	28.00	84.00	X	X	X	X	
FILTRO ACEIT LONG LIFE	VO	21707133	2	500	24.39	73.17	X	X	X	X	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	VOE	15126069	1	500	58.46	175.38	X	X	X	X	
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	VOE	11110532	1	2000	153.91	461.73				X	
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	VOE	11110533	1		121.27	363.81					Interior, cada 4000 h
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	VOE	11110683	1	500	108.82	326.46	X	X	X	X	
FILTRO DE AIRE - RESPIRADERO DEPOSITO DE COMB.	VO	11172907	1	2000	27.11	81.33				X	
REFRIGERANTE VOLVO VCS (BIDON 20 LTS) AMARILLO	VOE	22567335	65 l	6000	95.76	287.28					Premezclado
<b>TRANSMISION DE POTENCIA</b>											
ACEITE PARA CAJA REDUCTORA DE LAS ORUGAS 85W140 (Bidón de 20 l)	VO	1161937	40 l	2000	105.80	317.40	X			X	
ACEITE PARA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO 85W140 (Bidón de 20 l)	VO	1161937	12 l	1000	50.40	151.20	X	X		X	
<b>CABINA</b>											
FILTRO CONDUCTO DE AIRE DE VENTILACIÓN	VOE	15052786	1	2000	53.90	161.70		X		X	
FILTRO AIRE DE ACONDICIONADO	VOE	14689735	1		74.29	222.8					Aire acondicionado, principal. Cambio después de 3000 h
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>											
ACEITE HIDRÁULICO SUPER ISO VG68 (Cilindro de 208 l)	VOE	11708323	350 l	2000	1011.02	3,033.06				X	
CARTUCHO	VOE	14539482	2	1000	240.90	722.70		X		X	
ELEMENTO	VOE	14532686	1	1000	42.21	126.63		X		X	reemplazado x 14711981
CARTUCHO	VOE	14532687	1	1000	93.70	281.10		X		X	
ELEMENTO DE RESPIRADERO	VOE	14625689	1	2000	293.28	879.84				X	









**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, **INCISO VÁSQUEZ JORGE ANTONIO**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor (a) de la tesis titulada **"DIAGNÓSTICO DE FALLAS, POR MANTENIMIENTO PREDICTIVO, PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO POST VENTA DE MAQUINARIA PESADA VOLVO, EN UNA EMPRESA CONCESIONARIA AUTOMOTRIZ"**, del (de la) estudiante **ALLEN JESÚS IBERICO ROBLES**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **..24.%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo...15...de...Junio... Del 2019

Firma

**INCISO VÁSQUEZ JORGE ANTONIO**

DNI: **266.95389**

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, **INCISO VÁSQUEZ JORGE ANTONIO**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo Trujillo, revisor (a) de la tesis titulada **"DIAGNÓSTICO DE FALLAS, POR MANTENIMIENTO PREDICTIVO, PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO POST VENTA DE MAQUINARIA PESADA VOLVO, EN UNA EMPRESA CONCESIONARIA AUTOMOTRIZ"**, del (de la) estudiante **FIGUEROA GRADOS, OSCAR ERNESTO**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **..24..%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo *15* de *Junio* Del 2019

**INCISO VÁSQUEZ JORGE ANTONIO**

DNI: *26695389*

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------