

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA  
HIDRÁULICO EN LA EXCAVADORA HIDRÁULICA PC – 350LC – 8  
DEL GOBIERNO REGIONAL PUNO"**

**PRESENTADO POR:**

**MAMANI MAMANI, LUIS ALFREDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
PUNO – PERÚ  
2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO  
EN LA EXCAVADORA HIDRÁULICA PC - 350LC - 8 DEL GOBIERNO  
REGIONAL PUNO"**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**LUIS ALFREDO MAMANI MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**



**PUNO - PERÚ**

**2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO  
EN LA EXCAVADORAS HIDRÁULICAS PC-350-LC-8 DEL GOBIERNO  
REGIONAL PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

LUIS ALFREDO MAMANI MAMANI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

.....  
M. Sc. Ing. MATEO ALEJANDRO SALINAS MENA

PRIMER MIEMBRO:

.....  
Dr. Ing. NORMAN JESUS BELTRÁN CASTAÑÓN

SEGUNDO MIEMBRO:

.....  
M. Sc. Ing. HENRY SHUTA LLOCLLA

DIRECTOR DE TESIS:

.....  
M. Sc. Ing. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

Puno – Perú

ÁREA: Mecánica

2016

TEMA: Mantenimiento y seguridad industrial

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO  
EN LA EXCAVADORAS HIDRÁULICAS PC-350-LC-8 DEL GOBIERNO  
REGIONAL PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

LUIS ALFREDO MAMANI MAMANI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

.....  
M. Sc. Ing. MATEO ALEJANDRO SALINAS MENA

PRIMER MIEMBRO:

.....  
Dr. Ing. NORMAN JESUS BELTRÁN CASTAÑÓN

SEGUNDO MIEMBRO:

.....  
M. Sc. Ing. HENRY SHUTA LLOCLLA

DIRECTOR DE TESIS:

.....  
M. Sc. Ing. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

Puno – Perú

2016

## DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso, por la oportunidad de traerme a este mundo, por ponerme en el camino adecuado con las personas indicadas llenas de amor, alegrías, felicidad, sabidurías y muchas bendiciones, por enseñarme amar, a querer y respetar.

A mis **padres**, Celestino Mamani H. y Francisca Mamani Q. por ser un ejemplo a seguir como padres, hermanos, hijos, amigos, profesional, los amo y los respeto con todo mi corazón, estos seres que colaboraron con Dios para traerme a este mundo, personas que me apoyaron desde el comienzo.

A mi grande y unida familia Mamani, que creyeron en mí, que con su apoyo incondicional, dedicación, entusiasmo y alegría lograron que esta meta se cumpliera.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo de mi esfuerzo que no hubiese sido posible concretar sin el apoyo de muchas personas. A Dios, único señor y creador de vida, fuente de toda fe, bendiciones y felicidad.

A mis padres, por el cariño, amor, esfuerzos que en todo momento pudieron demostrar conmigo. Gracias por ser hijo de ustedes este logro se lo dedico.

A mis hermanos Yaneth, Julia V, Celso A, gracias por estar ahí cuando los necesité, sigan este camino es un ejemplo.

A la Universidad del Altiplano-Puno, que me albergó entre sus espacios, a todo docentes que hace vida en el núcleo en especial a la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, donde se encuentra una profesional con principios y valores educativos, amigo y asesoro académica de mi persona, gracias Ing. José Manuel Ramos por todos los conocimientos emitidos, por la disponibilidad de su tiempo y espacio, optimismo y seriedad en todo momento. Su innegable gestión diaria para formar nuevos profesionales es digna de corazón. Gracias ingeniero que Dios me la cuide y la protejan hoy y siempre.

## ÍNDICE

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1.Descripción del problema</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1.1.Caracterización del problema</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1.2.Sistematización del problema</b> .....	<b>21</b>
<b>1.2.Justificación del problema</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3.Objetivos</b> .....	<b>23</b>
<b>1.3.1.Objetivo general</b> .....	<b>23</b>
<b>1.3.2.Objetivos específicos</b> .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1La excavadora</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1.1 Características las excavadoras:</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2Marco teórico del funcionamiento de sistema hidráulico PC-350LC-8</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.1.Sistema hidráulico principal</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.2 Sistema hidráulico piloto</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.3 Sistema de control de flujo negativo (NFC)</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.4 El Subsistema de aceite en retorno</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.5 Sistema de enfriamiento de sistema hidráulico</b> .....	<b>33</b>
<b>2.3Términos básicos en mantenimiento centrado en la confiabilidad</b> .....	<b>33</b>
<b>2.3.1Concepto de mantenimiento centrado en la confiabilidad</b> .....	<b>33</b>

2.3.2	Confiabilidad .....	34
2.3.3	Objetivos del RCM.....	34
2.3.4	Ventajas del RCM .....	35
2.3.5	Implantación de plan de mantenimiento .....	35
2.3.6	Equipos naturales de trabajo.....	35
2.3.7	Metodología.....	36
2.3.8	Herramientas claves.....	37
2.3.9	Contexto operacional del rcm.....	37
2.3.9.1	Factores del proceso operacional.....	38
2.3.9.2	Calidad de información.....	38
2.3.9.3	Diagramas eps (entrada, proceso y salida).....	39
2.3.9.4	Detalles sobre el EPS .....	39
2.3.10	Pasos para la aplicación del rcm.....	40
2.3.10.1	Las siete preguntas básicas del RCM.....	40
2.3.10.2	Funciones y sus estándares de funcionamiento .....	40
2.3.10.3	Fallas funcionales .....	41
2.3.10.4	Modo de fallas .....	41
2.3.10.5	Efecto de fallas .....	41
2.3.10.6	Consecuencias de las fallas .....	41
2.3.11	Elecciones de la tarea más adecuada de un mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).....	43
2.3.12	Gestión de mantenimiento RCM .....	45
2.3.12.1	Gestión de mantenimiento .....	45
2.3.12.2	Modelo de gestión de mantenimiento .....	45
2.3.12.3	Beneficios de TPM en productividad.....	46
2.3.13	Indicadores de gestión del mantenimiento.....	47

2.3.13.1Tiempo medio para fallar MTTF (mean time tofail).....	47
2.3.13.2 Tiempo medio para reparar MTTR.....	47
2.3.13.3Confiabilidad.....	48
2.3.13.4Disponibilidad.....	48
2.3.13.5Utilización.....	49
2.3.13.6Backlog.....	49
2.3.13.7Desviación de la planificación.....	49
2.3.13.8Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.....	49
2.3.13.9Índice de trabajos por prioridad.....	50
2.3.13.10 Costo de mantenimiento por unidad de producción.....	50
2.3.13.11Coste de mantenimiento por hora hombre.....	50
2.3.13.12Relación de coste de mantenimiento vs coste de producción.....	51
2.3.13.13Índice costo de mantenimiento preventivo.....	51
2.3.13.14Índice costo de mantenimiento correctivo.....	51
2.4Hipótesis de la investigación.....	52
2.4.1Hipótesis general.....	52
2.4.2Hipótesis especifica.....	52
2.5Operacionalizacion de variables.....	53
2.5.1Variables principales.....	53
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>54</b>
Diseño método de investigación.....	54
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	55
3.2 Población y muestra de investigación.....	55
3.2.1 Descripciones del equipo de análisis.....	55
3.2.2 Descripciones del proceso.....	57

3.3.Ubicación y descripción de la población .....	59
3.4.Material experimental .....	60
3.5.Técnicas e instrumentos para recolectar información.....	61
3.5.1.Formación del equipo natural de trabajo (ENT).....	61
3.5.2. Equipo, sistema y subsistema a analizar.....	62
3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos .....	65
3.6.1. Conceptos o criterios para el impacto en seguridad .....	65
3.6.2. Conceptos o criterios para impacto al medio ambiente.....	66
3.6.3. Conceptos o criterios para el nivel de producción manejado.....	66
3.6.4. Conceptos o criterios para el tiempo promedio para reparar.....	66
3.6.5. Conceptos o criterios para el impacto en producción .....	67
3.6.6. Conceptos o criterios para la frecuencia de falla.....	67
3.6.7. Concepto o criterio para el impacto en mantenimiento.....	67
3.6.8. Fórmula para determinar los rangos de puntajes para la matriz de nivel de nivel de criticidad .....	68
3.6.9 Análisis de criticidad.....	68
3.6.10. Diagrama de kovalevskaya .....	69
3.6.11. Elecciones de los sistemas y componentes críticos .....	69
3.7. Procedimiento del experimento análisis de modos, efectos y criticidad de la falla .....	70
3.7.1. Determinar las funciones (primarias y/o secundarias) con sus estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas y componentes .....	70
3.7.2. Determinar las fallas funcionales (parciales y/o totales) de los sistemas, subsistemas o componentes.....	70
3.7.3. Determinación los modos de fallas (directos e indirectos) de los sistemas,.....	71
3.7.4. Determinación la criticidad de los modos de fallas (NRP) de los sistemas, .....	72
subsistemas o componentes .....	72

<b>3.7.5. Determinación los efectos de modos de falla de los sistemas, sub sistemas, subsistemas o componentes.....</b>	<b>74</b>
<b>3.8.Plan de tratamiento de los datos .....</b>	<b>81</b>
<b>3.8.1. Consecuencias de cada modo de falla .....</b>	<b>81</b>
<b>3.8.1. Análisis Del árbol lógico de decisiones y determinación de las estrategias de mantenimiento</b>	<b>82</b>
<b>3.9. Diseño estadístico para la prueba de hipótesis .....</b>	<b>84</b>
<b>3.9.1. Plan de mantenimiento preventivo – excavadora hidráulica PC350LC-8 .....</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>86</b>
<b>4.1. Análisis de la disponibilidad antes y después del RCM .....</b>	<b>87</b>
<b>4.3. Problemas encontrados y solucionados .....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE GRAFICO

<b>Gráfico 1: Componente excavadora hidráulica (2015) .....</b>	<b>25</b>
<b>Gráfico 2: Cilindro hidráulico principal (2015).....</b>	<b>27</b>
<b>Gráfico 3: Sistema hidráulico tren de fuerza (2015) .....</b>	<b>28</b>
<b>Gráfico 4: Bomba hidráulica (2015) .....</b>	<b>29</b>
<b>Gráfico 5: Sistema hidráulico piloto (2015) .....</b>	<b>30</b>
<b>Gráfico 6: Componentes sistema hidráulico piloto (2015) .....</b>	<b>31</b>
<b>Gráfico 7: Sistema de control de flujo negativo (2015) .....</b>	<b>32</b>
<b>Gráfico 8: Subsistema de aceite en retorno (2015) .....</b>	<b>33</b>
<b>Gráfico 9: Sistema de enfriamiento de sistema hidráulico (2015).....</b>	<b>33</b>
<b>Gráfico 10: Historia de la ingeniería de mantenimiento (2015) .....</b>	<b>34</b>
<b>Gráfico 11: Diagrama de entrada – proceso – salida .....</b>	<b>39</b>
<b>Gráfico 12: Planificación de mantenimiento (2014) .....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfico 13: Mapa de la región de Puno (2015) .....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfico 14: Árbol lógico de decisiones (2015).....</b>	<b>90</b>
<b>Gráfico 15: Antes del RCM, referencia tabla: 31- 32 (2015) .....</b>	<b>91</b>
<b>Gráfico 16: Después del RCM referencia tabla: 33 - 34, (2015).....</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Descripciones del equipo de análisis (2015) .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 2: Descripciones del equipo de análisis (2015) .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 3: Condiciones de operación y de carreteras (2015) .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 4: proceso y subprocesos de la empresa (2015) .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 5: Personal a cargo de la investigación (2015) .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 6: División estratégica equipo mecánico (2015) .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 7: Sistema y sub sistema a investigar (2015) .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 8: Criterio para el impacto en seguridad (2015) .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 9: Criterio para el impacto al medio ambiente (2015) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 10: Criterio para el nivel de producción manejo (2015) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 11: Criterio para el tiempo promedio para reparar (2015) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 12: Criterio para el impacto en producción (2015) .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 13: Criterio para la frecuencia de falla (2015) .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 14: Criterio para el impacto en mantenimiento (2015) .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 15: Formulario para determinar los rangos de puntajes para .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 16: Análisis de criticidad .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 17: Diagrama de kovalevskaya, referencia tabla: 17, (2015) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 18: Partes críticas y semicríticas del motor referencia tabla: 17, (2015) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 19: Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 18, (2015) .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 20: Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 19, (2015) .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 21: Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 20, (2015) .....</b>	<b>71</b>

<b>Tabla 22: criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la severidad de efectos en AMEf (2015).....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 23: criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un AMEF (2015) .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 24: Criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en el proceso AMEF (2015)</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 25: Efectos de los modos de falla, referencia tabla: 21-24 - (2015) .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 26: Consecuencia de cada nodo de falla, referencia tabla: 25 - (2015) .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 27: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014- 2015, referencia tabla: 26 - (2015) .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 28: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014- 2015, referencia tabla: 26 - (2015).....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo – excavadora hidráulico (2015) .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo – excavadora hidráulico (2015) .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 31: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2013- 2014 ....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 32: Programa de mantenimiento crítico Abril a Octubre Del 2014.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla: 33 Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014-2015.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 35: Programa de mantenimiento crítico Abril a Octubre del 2015.....</b>	<b>92</b>

**SIGLAS**

RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
ECOT3	Emisiones ecológicas Tier 3
KOMTRAX	Sistema monitoreo satelital
PC350LC-8	Excavadora Hidráulica Komatsu
AMEF	Análisis de los modos y efectos de fallas
RPM	Revoluciones por minuto
NCF	Flujo de control negativo
EPS	Entrada proceso salida
ENT	Equipo natural de trabajo
EPA	Agencia de protección ambiental
UE	Inyector electrónico
GPS	Sistema de posición global
SHP	Sistema hidráulico principal
SRA	Sistema de retorno de aceite
SDR	Sistema de refrigeración
C	Critico
NC	No crítico

SC	Semicritico
ATTC	Pos enfriador aire a aire
TPM	Mantenimiento productivo total

## RESUMEN

En la presente trabajo de investigación se realiza con el objetivo de mejorar e implementar **estrategia de gestión** de mantenimiento centrado en confiabilidad en las excavadora hidráulicas PC-350 LC-8 existente en el gobierno regional de Puno. Aplicando instrumentos de medición de alta tecnología evitara la alta temperatura del aceite hidráulico y los mantenimientos preventivos, correctivos y TPM; con este tipo de **gestión estratégica** RCM, se minimiza los problema y se convierte en una **tarea**. Alcanzando una disponibilidad y eficiencia mayor a los 95%, alargando los componentes del equipo, con los **finés** de reduce los costos por mantenimiento en las excavadoras Komatsu. Al realizar el análisis de viabilidad **técnica** económica se calcula que la reducción de costos en mantenimiento es de \$ 182,956.00 por máquina en un periodo de tres meses un **ingreso** económico adicional a las oficinas de equipo mecánico.

**ABSTRACT**

The present research work is carried out with the aim of improving and implementing maintenance management strategy focused on reliability in the hydraulic excavator PC-350 LC-8 existing in the regional government of Puno. Applying high-tech measuring instruments will avoid the high temperature of the hydraulic oil and the preventive, corrective and TPM maintenance; With this type of strategic management RCM, minimizes the problem and becomes a task. Achieving an availability and efficiency of more than 95%, lengthening equipment components, for the purpose of reducing maintenance costs on Komatsu excavators. When carrying out the economic feasibility analysis, it is estimated that the maintenance cost reduction is \$ 182,956.00 per machine in a period of three months an additional economic income to the mechanical equipment offices.

## INTRODUCCIÓN

La excavadora Komatsu tiene variedad de tamaño, versatilidad e eficiencia en la mayor parte de localidades del de la región del país es la Komatsu PC – 350 – LC – 8 capaz de realizar 9 ciclos de carga en un tiempo de un minuto con una potencia de 264 HP.

La excavadora hidráulica Komatsu PC-350-LC-8 se caracteriza por tener más eficiencia en lo ciclos de recorrido de carguío de material, giros completos, rotación en traslación, en sus categorías existentes muestra mayor eficiencia elevada productividad y reducido consumo de combustible.

La excavadora hidráulica komatsu cuenta con el sistema integral de detección de objetos, formado por cámaras, radares, control global satelital (Komtrax) en torno al equipo para ampliar los rangos de visión del operador y gestor de mantenimiento factores que contribuyen a la seguridad en la operación y control de mantenimiento centrado en confiabilidad.

La excavadora hidráulica está equipado con sistema de enfriamiento turbo alimentador –pos enfriador aire a aire – Ataac. Hidráulico que permite más facilidad de servicio prolongando las horas continuas de trabajo.

En el Capítulo I, se plantea los problemas, antecedentes, objetivos e hipótesis de la investigación; desarrollándose cada uno por separado, dando a entender el porqué de la importancia de mejorar al mantenimiento centrado en confiabilidad.

En el Capítulo II, se realiza el marco teórico de la excavadora hidráulica Komatsu PC-350-LC-8; explicando el funcionamiento de cada uno de los sistemas como son: sistema de traslación, sistema de giro, sistema de implemento, sistema de piloto; así también se

realiza el marco conceptual de los pasos a seguir para la elaboración del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

En el Capítulo III, se describe el método de investigación que se usara para la obtención de resultados; se pondrá también las listas de datos tomados del equipo de trabajo y datos de operación en la empresa.

En el Capítulo IV, se describe el área de investigación, el lugar donde se ha tomado los datos para la investigación, datos de operación y datos de medio ambiente de trabajo. Se encuentra además las características de la excavadora hidráulica y las características de la zona.

En el Capítulo V, se muestra el diseño y analiza el resultado obtenidos a la metodología de RCM (Mantenimiento entrado en la Confiabilidad).

## **CAPÍTULO I**

# **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### 1.1. Descripción del Problema.

Estamos en una etapa del desarrollo acelerado de la ciencia y la tecnología, en las políticas, de la cultura y el conocimiento, dándose el proceso de internacionalización más rápida y global de la historia que viene transformando el mundo, lo que implica una nueva concepción teórica y práctica del que hacer de los pueblos.

En ese contexto ser competitivo es fundamental, es importante considerar en las empresas algunos de los factores que inciden en la mala utilización de los recursos como la imprevisión y las interrupciones de las líneas productivas, con mala calidad en los productos, incremento de los costos de producción y la competencia desigual en empresas similares; debiendo entonces considerarse el Mantenimiento, pues las reparaciones deficientes disminuyen la vida útil de los equipos y los costos de desarrollo se hacen más altos, al tiempo que la transferencia de la tecnología se hace difícil, tanto que se deba considerar el que hacer del Mantenimiento como razón de mejora y de su análisis proyectar la oportuna reposición de los equipos.

Un equipo en mal estado significa un riesgo a la sociedad, y el medio ambiente; ante la evidencia de que las instalaciones se desgastan. La función del Mantenimiento es el incremento de confiabilidad de las organizaciones realizando actividades tales como planeación, programación, organización, control, dirección y ejecución de métodos de conservación de los equipos, tomando decisiones acerca de su obsolescencia y su reemplazo, pasando por el análisis del desarrollo de la ciencia y la tecnología.

La dirección de las empresas como los responsables del Mantenimiento deben enfocar y evaluar sus recursos y necesidades, dentro de este nuevo contexto, empezado a manejar sus recursos gerenciales, siendo este el problema fundamental, es decir, abandonar el esquema exclusivamente técnico y adoptar uno mucho más administrativo, haciendo uso del conjunto de enfoques y técnicas actuales, de manera que se coloque en el

momento y en la cantidad adecuada los recursos necesarios, es decir ser oportuno en el tipo y cantidad de Mantenimiento a realizar.

El reto dentro del contexto expuesto, es que se encuentren las mejores ideas que contribuyan para que se desarrollen las organizaciones, las estrategias, los procesos, productos, que los beneficien, y en el caso del Mantenimiento, es el que asegurará la conservación de los activos físicos, así como la continuidad de los procesos y su mejora continua.

El gestor del Mantenimiento deberá tener la capacidad de lograr continuidad en la marcha del negocio en una época de alta competencia, donde un considerable porcentaje de las empresas afrontan serios problemas de subsistencia; estas gerencias deberán tener la capacidad de lograr éxitos por nuevos métodos aplicados, controlando nuevos proyectos y nuevos procedimientos, generando las recomendaciones de tipo técnico-administrativo, demostrando su accionar, y fundamentalmente que logren desarrollar con creatividad, iniciativa, responsabilidad y calidad, la misión que le compete al Mantenimiento dentro de la organización.

Un alto porcentaje de la maquinaria y equipos de las empresas industriales del país, tienen muchos años de uso, con una falta de sistematización en la gestión del mantenimiento, falta de participación en la toma de decisiones, no contar con los indicadores necesarios para explicar y justificar la frecuencia de intervenciones de mantenimiento y sus costos, falta de parámetros comparativos para tomar decisiones de renovación de equipos y el uso de tecnología actual, el no contar con estudios que sustenten la gran importancia del mantenimiento en la mayor efectividad y consecuentemente en los mejores niveles de utilidad de las empresas, ameritan una solución concreta en la deben contribuir de manera decidida los responsables del mantenimiento en las empresas.

### 1.1.1. Caracterización del Problema.

¿En qué medida la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad del sistema hidráulico en la PC-350LC-8 de la excavadora hidráulica permitirá incrementar la confiabilidad, disponibilidad, los altos rangos de producción y reducir los costos por mantenimiento?

### 1.1.2. Sistematización del Problema.

¿En qué medida se evitara problemas de alta temperatura en aceite hidráulico en el sistema?

¿De qué manera se minimizara mantenimiento no planificado por presiones incorrectas del aceite?

¿De qué manera el árbol lógico de decisiones y estrategias permite encontrar el tipo de mantenimiento adecuado para cada tipo de falla en RCM?

¿De qué manera el análisis ‘‘RCM’’ nos ayudara a alcanzar la disponibilidad mayor a 95% e incrementar la confiabilidad, disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento?

¿En qué medida el RCM nos permite la mejora de la vida útil de los componentes del sistema hidráulico?

¿En qué medida nuestro análisis de los nodos y efectos de las fallas AMEF permite encontrar los efectos en la seguridad, medio ambiente y reducir los costos de mantenimiento?

## 1.2. Justificación del Problema.

Mediante el estudio de trabajos realizados en el área de mantenimiento centrado en confiabilidad, se pretendió conocer la información necesaria que contribuyó al desarrollo de la presente tesis, los cuales fueron tomados en cuenta puesto que los logros obtenidos aportaron un gran valor en cualquier problemática relacionada con el área y son de gran importancia como punto de partida para el estudio de los objetivos propuestos en dicha tesis.

Un objetivo principal en todas las empresas de cualquier rubro en cuanto a mantenimiento refiere es aumentar la disponibilidad de los activos y reducir los costos de mantenimiento, para esto se trabaja en varios aspectos como la especialización del personal de operaciones y mantenimiento, implementación del mantenimiento predictivo, usos de software de mantenimiento, involucra a todos los personales, etc.

En cuanto al área del equipo pesado en el gobierno regional de puno se ha estado llevando una gestión de mantenimiento basada en inspección en donde se verifica el mal estado de los componentes para luego ejecutar el mantenimiento correctivo no cumpliendo las fechas de mantenimiento, carece de organización donde el único interesado del bienestar de la unidad es el mecánico. Las excavadoras hidráulicas PC350LC-8 incrementa el costo de mantenimiento a diario el cual reduce la disponibilidad y la eficiencia de ciclos de trabajo hasta de un 30%.

### 1.3. Objetivos.

#### 1.3.1. Objetivo General.

Implementar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema hidráulico del PC-350LC-8 de la excavadora hidráulica permitiendo el incremento en la confiabilidad, disponibilidad, los altos rangos de producción y reduciendo los costos por mantenimiento.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos.

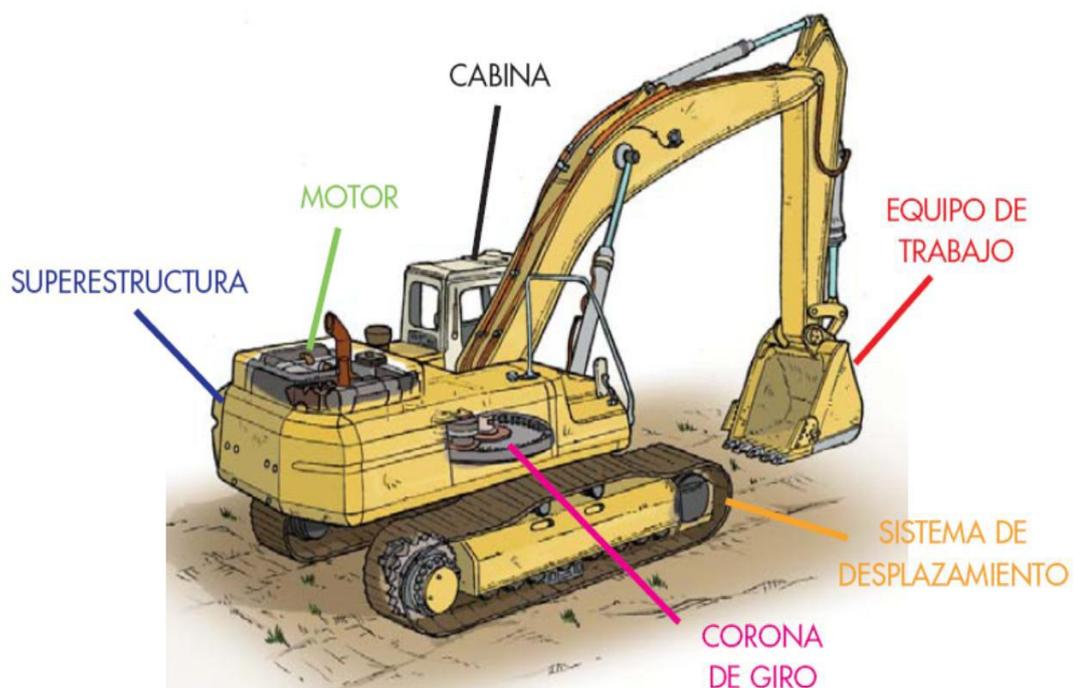
- ✓ evitar problemas de alta temperatura de aceite, en el sistema hidráulico de PC-350LC-8 Komatsu.
- ✓ Minimizar los mantenimientos no planificados.
- ✓ realizar el árbol lógico de decisiones que permitan encontrar el tipo de mantenimiento adecuado para cada tipo de fallas.
- ✓ Alcanzar una disponibilidad mayor a 95%, incrementar la confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento en el sistema hidráulico.
- ✓ Alargar la vida útil de los componentes del sistema hidráulico PC-350LC-8 mediante el mantenimiento centrado en confiabilidad.
- ✓ Realizar el análisis de criticidad basado en el riesgo en el equipo crítico de la empresa, realizar el análisis de nodos y efectos de las fallas AMEF para los sistemas críticos.

## **CAPÍTULO II**

# **MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1 La Excavadora.

Una excavadora hidráulica está constituida por un bastidor principal, capaz de efectuar una rotación de 360 grados, al que se unen el sistema de desplazamiento (rodaje), una corona o tornamesa de giro, una superestructura que monta la planta motriz, la cabina y el equipo de trabajo, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y brazo.



**Gráfico 1:** Componente excavadora hidráulica (2015) [Fuente: Tecsup]

### 2.1.1 Características las Excavadoras:

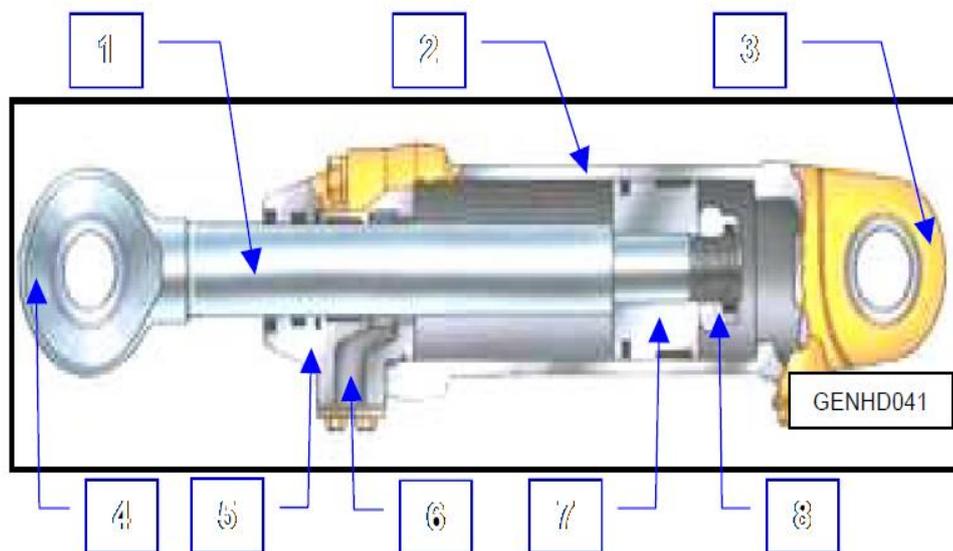
- ✓ Diseño compacto y peso relativamente reducido en relación con la capacidad de los baldes.
- ✓ Gran movilidad y flexibilidad en la operación. Excelente posicionamiento de las máquinas.
- ✓ Capacidad de remontar pendientes de hasta 80%, y posibilidad de realizar la operación continuada en pendientes de 60%. Velocidades de rotación elevadas, de r.p.m., para lograr ciclos de carga pequeños.
- ✓ Fuerzas de penetración y excavación que permitan la carga directa de materiales compactos.
- ✓ Versatilidad para orientar el balde en el frente de la excavación. Requieren poco espacio para operar, ideal en la excavación en zanjas o espacios estrechos.

## 2.2 Marco Teórico del Funcionamiento de Sistema Hidráulico PC-350LC-8.

### 2.2.1. Sistema Hidráulico Principal.

Los componentes del sistema hidráulico principal están conformados por los cilindros hidráulicos, motores de traslación, motores de giro, bomba principal, bomba piloto. El objetivo principal de los sistemas hidráulicos es impulsar los implementos tales como el brazo, pluma, cucharones y la misma unidad. Esto normalmente se realiza con cilindros hidráulicas de doble efecto, que son actuadores lineales que convierten la energía hidráulica en energía mecánica. Hay cuatro cilindros hidráulicos, dos cilindros de inclinación de la pluma, un cilindro de brazo, y un cilindro del cucharón. Las bombas

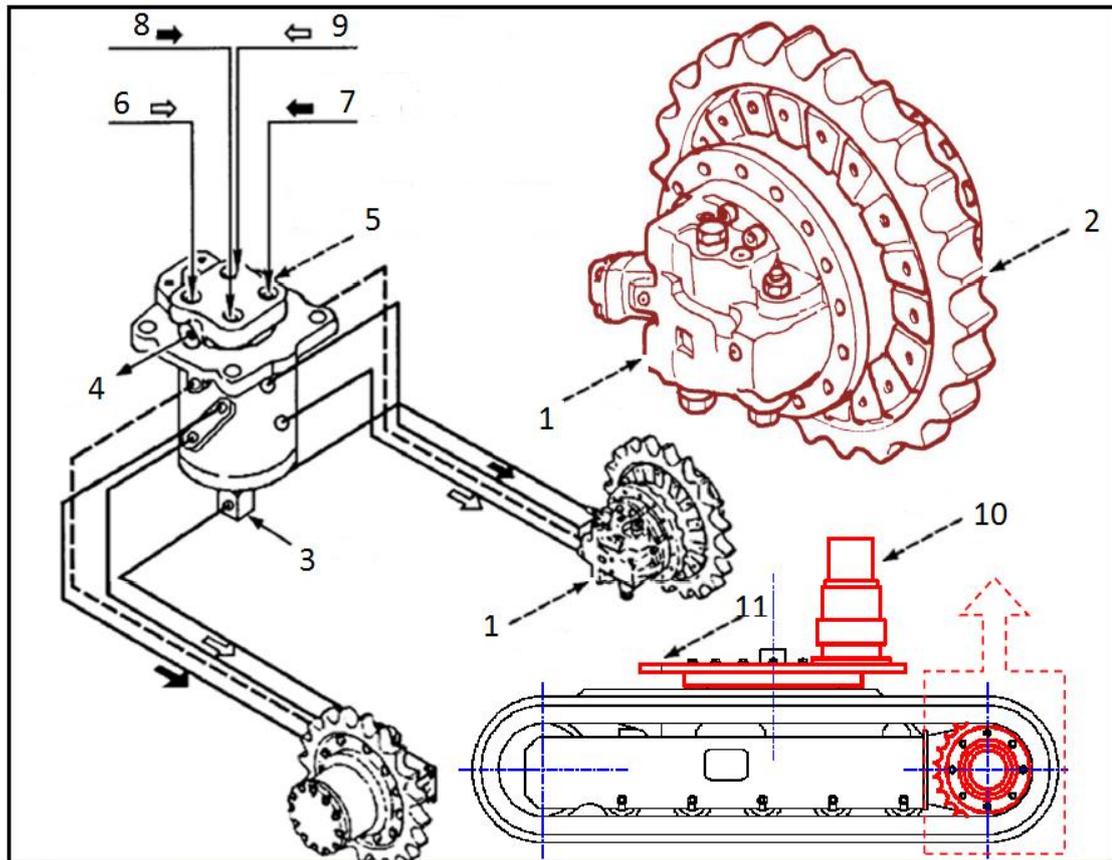
hidráulicas se encargan transformar la energía mecánica del motor de combustión interna a energía hidrodinámico enviando caudal a los diferentes conductos del sistema donde se generan presiones hidráulicas. Los motores hidráulicos son componentes que transforman la energía hidrodinámica a energía mecánica consisten en que el aceite a alta presión entra en el motor, haciendo girar a los componentes internos formando el movimiento de la máquina. El aceite luego sale del motor a baja presión y regresa al tanque. Cuando el motor está funcionando hacia adelante los componentes internos giran en la misma dirección. Existe dos motores de traslación en cada lado del tren de rodaje acoplado a cada uno de las ruedas motrices y un motor de giro ubicado en la parte céntrica de la tornamesa uniendo los dos bastidores inferior y superior. Este sistema hidráulico normalmente tiene una entrada y salida, una cañería de alta presión y una cañería de retorno hacia el tanque.



**Gráfico 2:** Cilindro hidráulico principal (2015) [Fuente: Tecsup]

- (1). Vástago.
- (2). Tubo del cilindro.
- (3). Cáncamo de la cabeza.
- (4). Cáncamo del vástago.

- (5). Tapa o cabeza del cilindro.
- (6). Puntos de conexión.
- (7). Pistón.
- (8). Tuerca del pistón.

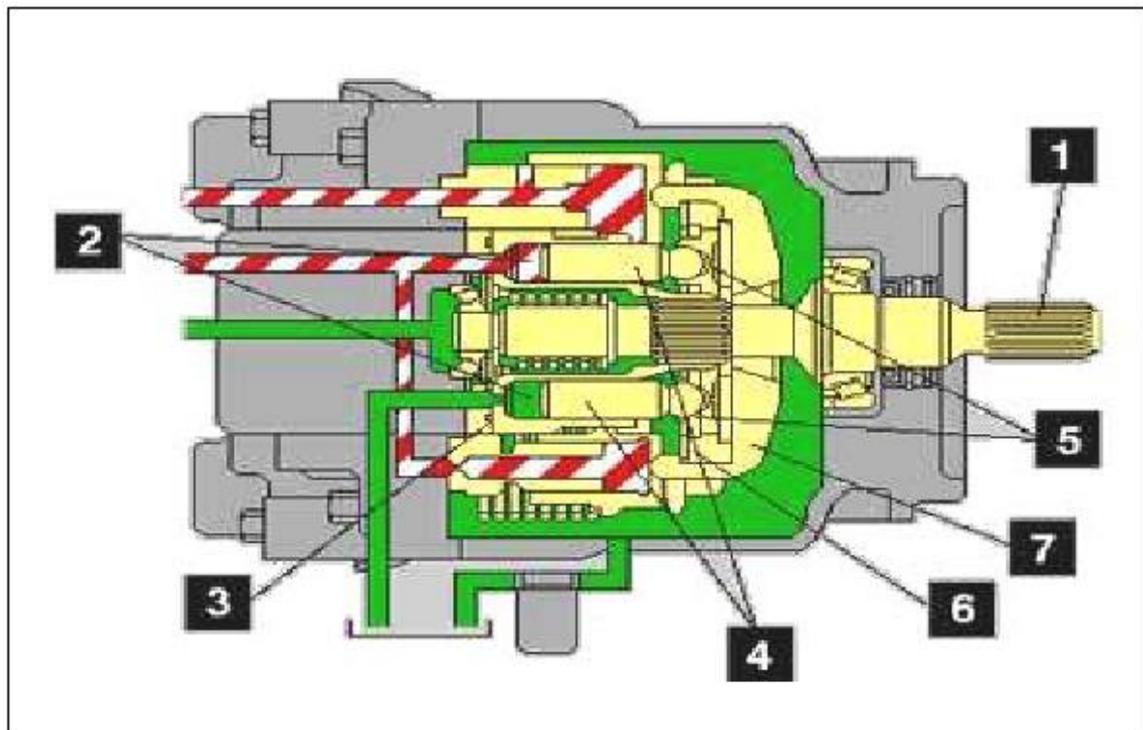


**Gráfico 3:** Sistema hidráulico tren de fuerza (2015) [Fuente: Tecsup]

- (1). Motor hidráulico.
- (2). Rueda motriz.
- (3). Retorno.
- (4). Retorno.
- (5). Presión servo mandos para selección marcha traslación.
- (6). A motor traslación izquierdo (adelante).
- (7). A motor traslación derecho (atrás).

(8).A motor traslación izquierdo (atrás).

(9).A motor traslación derecho (adelante).



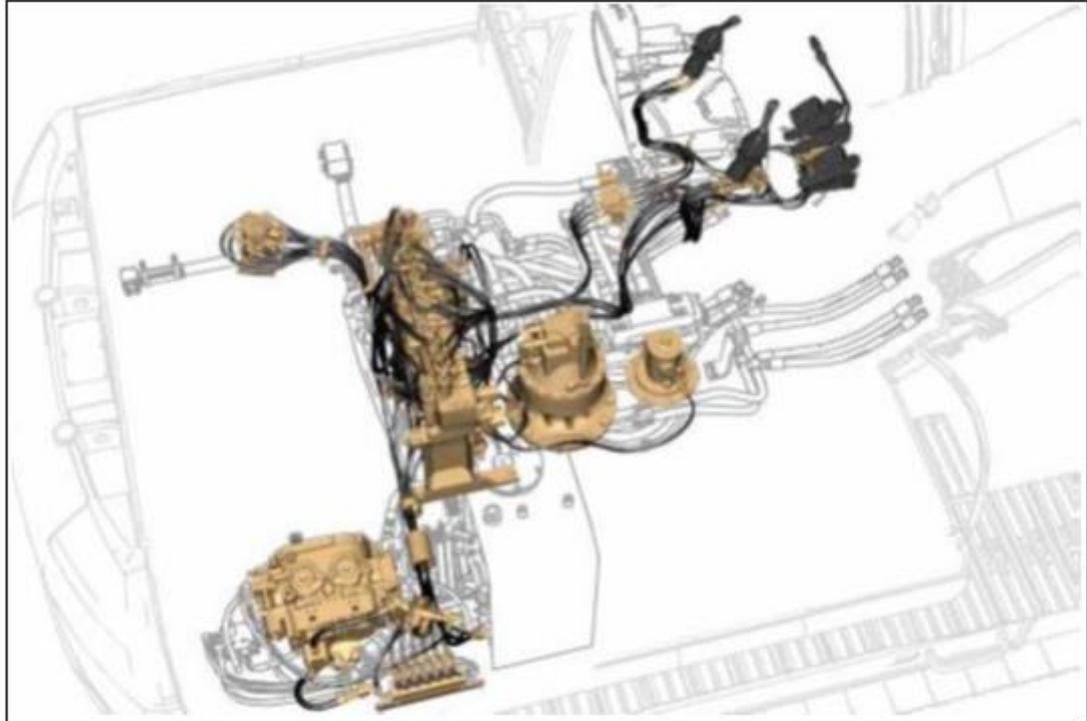
**Gráfico 4:** Bomba hidráulica (2015) [Fuente: Tecsup]

- (1).Eje impulsor.
- (2).Tambor de cilindros placa de las lumbreras.
- (3).Pistones.
- (4).Retenes.
- (5).Placa de retracción.
- (6).Plato basculante.

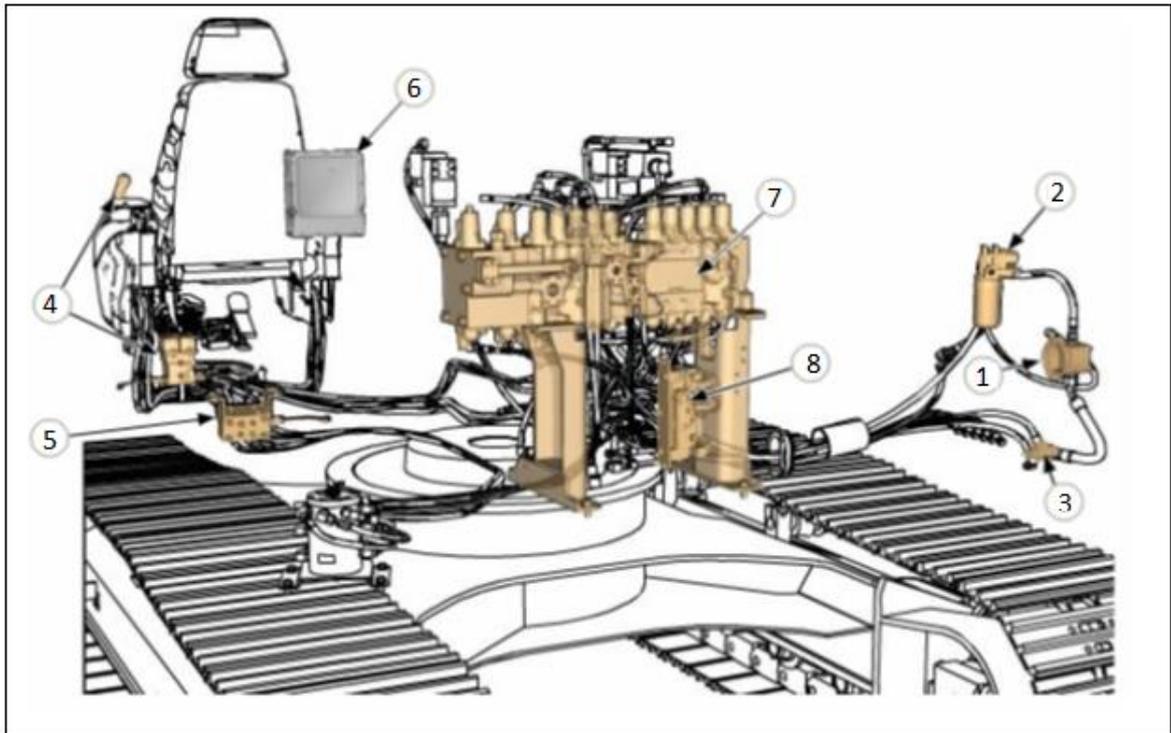
### 2.2.2 Sistema Hidráulico Piloto.

Hidráulicamente modula varias válvulas que controlan el flujo de aceite de sistema hidráulico principal los actuadores. El sistema hidráulico principal actuará los implementos proporcionalmente según el operador actué sobre los controles.

La presión de aceite piloto se usa para regular los flujos del rendimiento de las bombas hidráulicas principales, el funcionamiento de las válvulas del mando principales, y otros circuitos.



**Gráfico 5:** Sistema hidráulico piloto (2015) [Fuente: Tecsup]

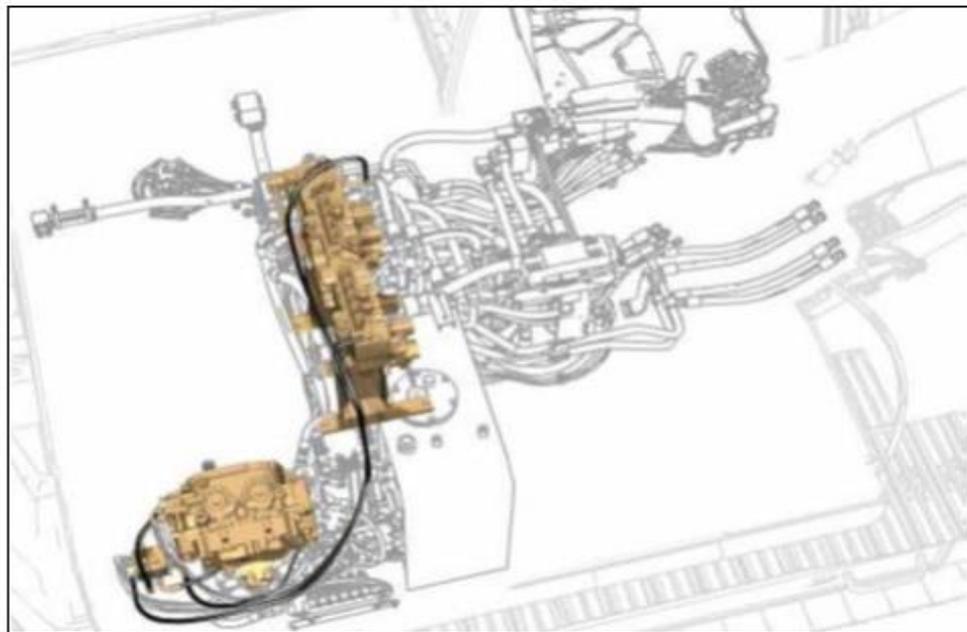


**Gráfico 6:** Componentes sistema hidráulico piloto (2015) [Fuente: tecsup]

- (1). La bomba piloto.
- (2). El filtro piloto.
- (3). La válvula reductora proporcional (PSPRV).
- (4). Los joysticks.
- (5). La válvula de lanzadera.
- (6). El motor y el controlador de bomba.
- (7). válvulas de control principal.
- (8). El múltiple de aceite piloto.

### 2.2.3 Sistema de Control de Flujo Negativo (NFC).

El subsistema regula el rendimiento de la bomba principal para el mando de la modulación fina de instrumentos. Cuando una función del instrumento se actúa, el NFC se reduce proporcionalmente al esfuerzo de la bomba. Cuando ninguna función del instrumento es activada, la presión de NFC está en su punto más alto protegiendo a las bombas del desgaste (Fig. 7).

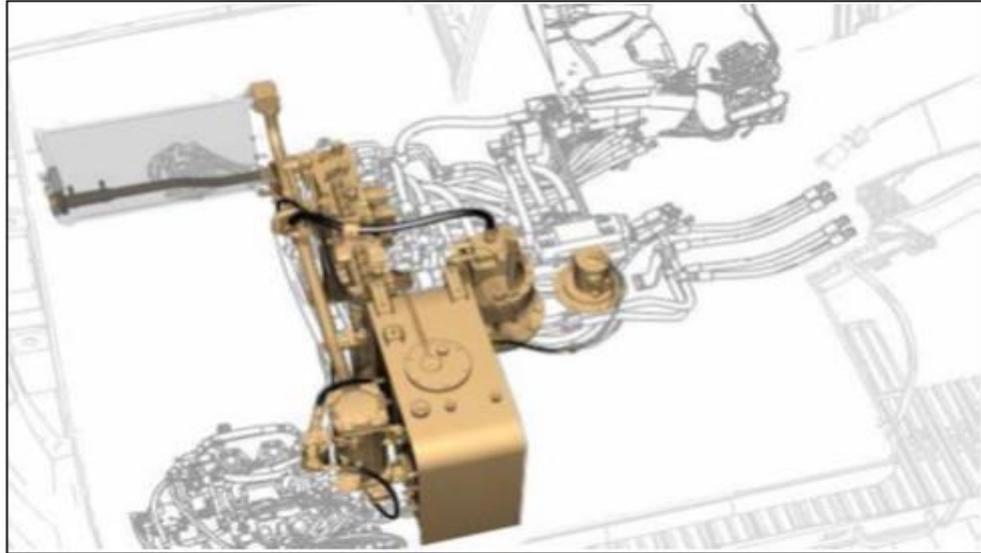


**Gráfico 7:** Sistema de control de flujo negativo (2015) [Fuente: Tecsup]

### 2.2.4 El Subsistema de Aceite en Retorno.

Es una parte del sistema hidráulico principal y el sistema piloto. El subsistema del aceite de retorno mantiene un camino de aceite para devolver al tanque y también proporciona los medios para enfriar y filtrar el aceite.

La excavadora tiene un sistema hidráulico adicional para enfriar el aceite hidráulico, llamado sistema de enfriamiento de aceite del sistema hidráulico.



**Gráfico 8:** Subsistema de aceite en retorno (2015) [Fuente: Tecsup]

### 2.2.5 Sistema de Enfriamiento de Sistema Hidráulico.

La bomba del sistema de enfriamiento de aceite del sistema hidráulico proporciona el flujo de aceite a un motor que impulsa un ventilador que enfría al aceite hidráulico que circula en un enfriador y luego retorna al sistema hidráulico principal.



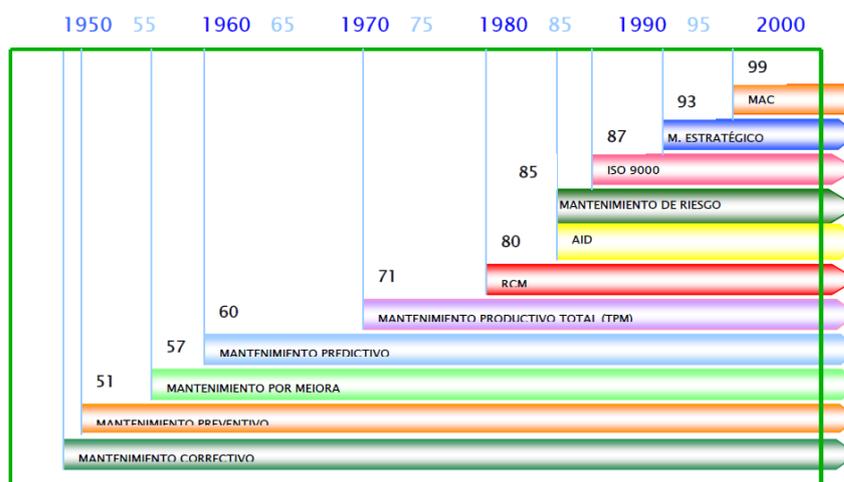
**Gráfico 9:** Sistema de enfriamiento de sistema hidráulico (2015) [Fuente: Tecsup]

## 2.3 Términos Básicos en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

### 2.3.1 Concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

El propósito básico en la gestión del mantenimiento es incrementar los activos a bajos costes, iniciando desde la ejecución, permitiendo que dichos activos funcionen de

manera eficiente y confiable dentro del contexto operacional, es decir que el mantenimiento debe estar centrado en la confiabilidad operacional. Actualmente esta meta puede ser alcanzada con la metodología de gestión del mantenimiento llamado mantenimiento centrado en confiabilidad.



**Gráfico 10:** Historia de la ingeniería de mantenimiento (2015) [Fuente: Tecsup]

### 2.3.2 Confiabilidad.

Se puede definir como la probabilidad de que un equipo no falle durante un periodo de tiempo especificado y bajo un contexto operacional.

### 2.3.3 Objetivos del RCM.

El objetivo principal del RCM está en mejorar la confiabilidad de los equipos y a su vez reducir el costo de mantenimiento, enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias y remplazándolas por otras mejores.

#### **2.3.4 Ventajas del RCM.**

Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%. Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en el gobierno regional, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales. Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer. Los equipos operaran en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento. Tendrá mayor duración de los equipos e instalaciones. Habrá una uniformidad de trabajos para el personal de mantenimiento debido a una Programación de actividades y menor costo de operaciones.

#### **2.3.5 Implantación de Plan de Mantenimiento.**

- ✓ Selección del sistema de documentación.
- ✓ Definición de las fronteras del sistema.
- ✓ Diagramas funcionales del sistema.
- ✓ Identificación de funciones.
- ✓ Construcción del análisis modal de fallos y efectos.
- ✓ Construcción de árbol lógico de decisiones.
- ✓ Análisis de viabilidad técnica y económica.

#### **2.3.6 Equipos Naturales de Trabajo.**

Es un conjunto de personas de diversas funciones dentro de la organización que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado, los miembros no deben de formarse más

de 10 miembros. Estos equipos ejecutan unidades completas de trabajo. Cada equipo se responsabiliza de un área completa y tangible y se le dota de autoridad necesaria para desarrollar su trabajo con autonomía.

- ✓ Operador: proporciona la experiencia en cuando al manejo y operatividad de sistema y equipos.
- ✓ Planificado/programador: proporciona la visión holística del proceso, y ofrece visión sistemática de la actividad.
- ✓ Mantenedor: experiencia de aprendizaje en la reparación-mantenimiento de sistema y equipo.
- ✓ Especialista: expertos en áreas específicas.
- ✓ Diseñador/ingeniero de procesos: proveer los elementos del diseño y operación de los activos.
- ✓ Facilitador: asesor técnico y metodológico.

### **2.3.7 Metodología.**

La metodología en la que se basa RCM suponer ir complementando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta, a saber.

- ✓ codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilando el esquema, diagrama funcionales, diagramas lógico.
- ✓ Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema.
- ✓ Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos.

- ✓ Determinación de los nodos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrando en la fase anterior.
- ✓ Estudio de las consecuencias de cada uno de fallo. Clasificación de los fallos en crítico, importantes o tolerantes en función de esas consecuencias.
- ✓ Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.
- ✓ Agrupación de medidas preventivas en sus diferentes categorías. elaboración del plan de mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento.
- ✓ Puesta en marcha de las medidas preventivas.

### 2.3.8 Herramientas Claves.

El AMEF (análisis de los modos y efectos de los fallos), es un procedimiento usado para efectuar un análisis de como un ítem puede fallar aumentando todas los posibles modos de fallas, y todo los grados de reacciones adversas que resulten de tales fallas así analizadas, es una técnica para mejorar la confiabilidad.

### 2.3.9 Contexto Operacional del RCM.

En la definición del contexto operacional, es importante tener claro la definición de unidades de proceso y sistemas.

- ✓ **Unidades de proceso:** se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.
- ✓ **Sistemas:** conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tiene una función específica.

### 2.3.9.1 Factores del Proceso Operacional.

- ✓ Perfil de operación.
- ✓ Ambiente de operación.
- ✓ Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos.
- ✓ Alarma y señales de paro.
- ✓ Monitoreo de primera línea.
- ✓ Políticas de repuestos, recursos y logística.
- ✓ Especificaciones laborales: horarios guardias, nominas, etc.

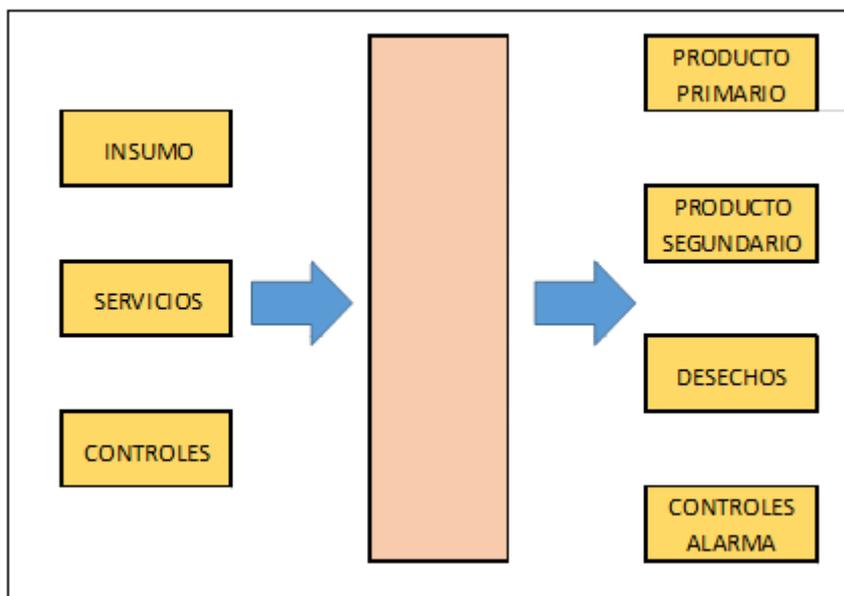
### 2.3.9.2 Calidad de Información.

Con respecto al proceso de recolección y uso de la data se propone:

- ✓ Recolectar la data de forma precisa y segura, ya que la misma constituye la base para la identificación y la solución de los problemas (impulsa todo el proceso).
- ✓ Seleccionar los indicadores más efectivos en función de la data recolectada.
- ✓ Sistema de gestión de localidad ISO 9000-2000.
- ✓ Esquemáticos del sistema y/o diagramas de bloque. Normalmente estos son desarrollados a partir de los planos o esquemas del fabricante.
- ✓ Manual de diseño y operacional de los sistemas, estos proveerán información de la función esperada de los sistemas, como se relacionan con otros sistemas y que límites operacionales y reglas básicas son utilizadas.
- ✓ Manuales de los equipos pertenecientes al sistema, que puedan contener información valiosa sobre el diseño y la operación.
- ✓ Datos históricos de los equipos que puedan contener la historia de fallos y mantenimiento no planificados y planificados realizados a los equipos.

### 2.3.9.3 Diagramas EPS (Entrada, Proceso y Salida).

El diagrama Entrada, Proceso Salida es una herramienta que facilita la visualización del sistema para su posterior análisis.



**Gráfico 11:** Diagrama de entrada – proceso – salida [FUENTE: Propia]

### 2.3.9.4 Detalles sobre el EPS.

- ✓ **Insumos:** Materia prima a transformar.
- ✓ **Servicios:** Servicios como alquiler de equipo pesado.
- ✓ **Controles:** Entradas que permiten el control de sistema, como arranque –parada, etc.
- ✓ **Proceso:** Descripción simple de la acción a realizar por el **sistema. Ejm:** inyectar, calentar, enviar, etc.
- ✓ **Producto Primarios:** Principales producto del sistema.
- ✓ **Productos Secundarios:** derivados aprovechables resultantes del proceso principal.
- ✓ **Desechos:** Productos que se deben descartar.

- ✓ **Alarma Conductores:** Señales que funcionan como advertencia o control para otros sistemas.

### **2.3.10 Pasos para la Aplicación del RCM.**

#### **2.3.10.1 Las Siete Preguntas Básicas del RCM.**

Como se mencionó anteriormente, el RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen.

- ✓ ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando? funciones y criterios de funcionamiento.
- ✓ ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ✓ ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla? (modos de fallas).
- ✓ ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ✓ ¿Cuál es la consecuencia de cada falla? (consecuencia de falla).
- ✓ ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla? (tarea predictiva/preventiva).
- ✓ ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada? (tareas a “falta de”).

#### **2.3.10.2 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento.**

La influencia total sobre la organización dependerá de:

- ✓ La función de los equipos en su contexto operacional.
- ✓ El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto, el proceso de RCM

Comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

#### **2.3.10.3 Fallas Funcionales.**

Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Identificando como puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

#### **2.3.10.4 Modo de Fallas.**

Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la “causa raíz” de la falla. ¿Qué es lo que puede que estamos tratando de predecir o provenir?

#### **2.3.10.5 Efecto de Fallas.**

Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El “efecto de falla” es una breve descripción de “qué pasa cuando la falla ocurre”. Efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse. Esto nos permite comprender exactamente ¿Qué es lo que puede que estamos tratando de predecir o prevenir?

#### **2.3.10.6 Consecuencias de las Fallas.**

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas, determinando las funciones, las fallas funcionales, los nodos de fallas y los efectos de las mismas en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar: cómo y ¿Cuánto? Importa cada falla. La razón de estos es porque las consecuencias de cada falla nos dice si necesitamos tratar de predecirlas o prevenirlas. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas.

**a) Consecuencias de las Fallas no Evidentes.**

Una falla que no es evidente no tiene impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, catastróficas.

**b) Consecuencias en la Seguridad y el Medio Ambiente.**

Una falla tiene consecuencia sobre la seguridad, si su ocurrencia genera condiciones que pueden propiciar lesiones o incluso la muerte de personas. Tiene consecuencias sobre los medios ambientes si infringe las normativas municipales, regionales o nacionales relacionadas con el medio ambiente.

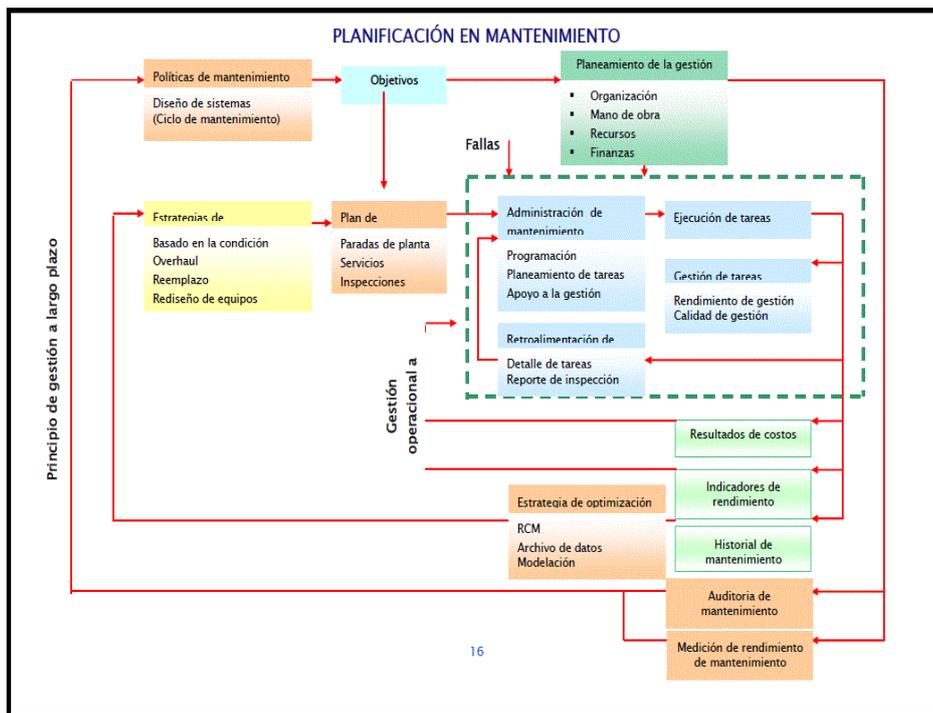
**c) Consecuencia Operacional.**

Una falla tiene consecuencia operacional si afectada la producción (capacidad, calidad de producto, servicio al cliente o costes industriales en edición al coste directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero y lo que cuesten sugiere cuanto se puede destinar en tratar de prevenirlas.

**d) Consecuencia Operacional.**

Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

**2.3.11 Elecciones de la Tarea más Adecuada de un Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM).**



**Gráfico 12:** Planificación de mantenimiento (2014) [FUENTE: Senati]

**a) Tarea “a condiciones” (mantenimiento predictivo y monitoreo de condiciones).**

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuándo ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se convierta en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque se realizan un seguimiento de los parámetros de operación de manera de detectar alguna condición que marque el inicio de una falla potencial (las tareas, “a condición” incluyen todo tipo de mantenimiento predictivo y mantenimiento basado en la condición).

**b) Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica (overhaul y mantenimiento preventivo).**

Además de preguntar si las tareas predictivas o preventivas son técnicas factibles, el RCM se pregunta si merece la pena hacerlas.

La respuesta depende de cómo reaccionen a las consecuencias de las fallas que pretende predecir o prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, y puede llegar a la conclusión de que no es factible y merece hacerse un overhaul.

**c) Tareas de Búsqueda de Fallas Ocultas (Mantenimiento Defectivo).**

Una acción que significa predecir o prevenir las fallas de una función no evidente solo merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociados con esa función a nivel bajo aceptable.

**d) Tareas de Rediseño (Mantenimiento Correctivo)**

Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

**e) Tareas de ningún Mantenimiento Preventivo Programado (Mantenimiento Correctivo).**

Si las fallas tienen consecuencias operacionales, solo merece la pena realizar una tarea preventiva si el coste total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el coste de las

consecuencias operacionales, las tareas debe de justificarse en el terreno económico. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el “ningún mantenimiento preventivo programado”.

### **2.3.12. Gestión de Mantenimiento RCM.**

#### **2.3.12.1. Gestión de Mantenimiento.**

En lo referente a gestión de mantenimiento está comprendido los siguientes aspectos: Análisis de la situación, plan de mantenimiento, tablero de comando, costos de mantenimiento, gestión de mantenimiento.

El desempeño de gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todo los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa, el departamento de mantenimiento no debe de limitarse solamente a la reparación de los componentes si no también debe pilotear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento.

#### **2.3.12.2. Modelo de gestión de Mantenimiento.**

Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implementada ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se consideran como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos el TPM permite diferenciar a una organización en relación a su competencia debido a su impacto en la reducción de costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que posee la persona y la calidad de los productos y servicios finales. El TPM la define como un sistema orientado a cero accidentes, cero defectos, cero pérdidas, estas acciones debe conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el

trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo debe participar las áreas productivas, se debe de buscar la eficiencia global con la participación de toda las personas de todo los departamentos de la empresa, la obtención de trabajo en grupos pequeños, comprometidos en entrenados para lograr los objetivos de la empresa.

Por lo tanto el objetivo del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medios de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados.

Cuando nacieron los distintos sistemas de calidad, de una u otra manera, todos y cada uno enfocaban su atención en una o varias de las llamadas 5M, pero no en todas:

- ✓ Mano de obra.
- ✓ Medio ambiente.
- ✓ Materia prima.
- ✓ Métodos.
- ✓ Maquinas.

Es aquí donde entra en escena un nuevo método denominado TPM que toma en cuenta las 5M y ofrece maximizar la efectividad de los sistemas eliminando las perdidas.

Mantenimiento productivo total es la producción de TPM. El TPM en el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollo a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos.

#### **2.3.12.3 Beneficios de TPM en Productividad.**

- ✓ Elimina perdidas que efectúan la productividad de las plantas.
- ✓ Mejora la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- ✓ Reducción delos costos de mantenimiento.
- ✓ Mejora de la calidad de producto final.

- ✓ Menor costo financiero por recambios.
- ✓ Mejora de la tecnología de la empresa.
- ✓ Aumenta la capacidad de respuesta a los movimientos de mercado.
- ✓ Crear capacidad competitiva desde fábrica.

### 2.3.13 Indicadores de Gestión del Mantenimiento.

#### 2.3.13.1 Tiempo Medio para Fallar MTTF (mean time tofail).

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar un activo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerando; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad; este indicador es usualmente empleado para representar estadísticamente el instante en que se producirá el fallo una vez que ha sido puesto el equipo en servicio.

$$MTTF = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{N}^\circ \text{ de fallos}}$$

#### 2.3.13.2 Tiempo Medio para Reparar MTTR.

Esta es la medida de distribución del tiempo de reparación de un activo, este indicador mide la efectividad en reducir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un periodo de tiempo determinado. El MTTR es un parámetro asociado a la mantenibilidad, es decir a la ejecución del mantenimiento la mantenibilidad definida como la probabilidad de devolver electivo a condiciones operativas, en un cierto tiempo, utilizando una serie de acciones o procedimientos.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de fallos}}{\text{N}^\circ \text{ de fallos}}$$

### 2.3.13.3 Confiabilidad.

También conocido como fiabilidad, se define como la probabilidad de que un activo cumpla la función de la forma adecuada sin fallos, durante un periodo de tiempo, bajo unas condiciones operativas especificadas y ambientales determinadas.

A continuación una expresión de confiabilidad “C” que sigue una distribución exponencial.

$$C = \frac{-t}{e^{MTTF}}$$

Donde t = periodo considerado.

MTTF = tiempo promedio para fallar.

El estudio de la confiabilidad nos permite también conocer el comportamiento de los equipos en operación con el fin de:

- ✓ Prever y optimizar los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- ✓ Modificar o diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar.
- ✓ Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- ✓ Establecer frecuencias óptimas de intervención e inspección preventiva.

### 2.3.13.4 Disponibilidad.

Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} \times 100\%$$

### 2.3.13.5 Utilización.

También llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado.

$$U = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{Horas en el periodo}}$$

### 2.3.13.6 Backlog.

Indica la carga de trabajo que se tiene para un periodo determinado en función de las horas hombre disponibles en una semana para ese periodo.

$$\text{Blacklog} = \frac{\text{Ordenes de trabajo hh pendientes por ejecución}}{\text{N° de fallos}}$$

### 2.3.13.7 Desviación de la Planificación.

Indica la efectividad en la planificación de los trabajos de mantenimiento con relación a los ejecutados en campo.

$$\% \text{ des Planif} = \frac{\text{HH planificadas} - \text{ejecutadas}}{\text{HH planificadas}}$$

### 2.3.13.8 Cumplimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo.

Mide el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de los ISD en un periodo dado.

$$\% \text{ cumplimiento mant. prevnt} = \frac{ODT \text{ mant preven ejecu.}}{N^{\circ} \text{ de fallos}}$$

### 2.3.13.9 Índice de Trabajos por Prioridad.

Índice que señala el nivel de ejecución por prioridad de las órdenes de mantenimiento. Esta ordenes puede ser rutinarias, urgencias o emergencias y reflejan la efectividad de las gestión de mantenimiento.

$$\% \text{ ODT por prioridad} = \frac{ODT \text{ ejecutado por prioridad}}{ODT \text{ totales ejecutadas}}$$

### 2.3.13.10 Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción.

Mide el costo de mantenimiento por unidad de producción en un periodo dado. Permite, visualizar mejoras o deficiencias en el desempeño de mantenimiento en relación a las unidades producidas.

$$\frac{\text{coste manto}}{\text{unidad de produccion}} = \frac{\text{Coste total Mantenimiento}}{\text{Unidad totales producidas del periodo}} \times 100$$

### 2.3.13.11 Coste de Mantenimiento por hora Hombre.

Relación el costo de mantenimiento por unidad de horas hombres, permite visualizar las diferencias en el rendimiento de la fuerza hombre.

$$\frac{\text{Coste manto}}{hh} = \frac{\text{Coste total Mantenimiento}}{hh disponibles de manto} \times 100$$

### 2.3.13.12 Relación de coste de Mantenimiento vs Coste de Producción.

Mide la proporción de coste de mantenimiento en relación al coste total de producción.

$$\% \text{ Coste monto VS Coste produccion} = \frac{\text{Coste total Mantenimiento}}{\text{Coste total de Produccion}} \times 100$$

### 2.3.13.13 Índice Costo de Mantenimiento Preventivo.

Mede el coste de mantenimiento preventivo con el coste total de mantenimiento. Permite determinar la atención prestada a la prevención de fallas de los ISED.

$$\% \text{ Coste manto preventivo} = \frac{\text{Coste Manto preventivo}}{\text{Coste total mantenimiento}} \times 100$$

### 2.3.13.14 Índice costo de Mantenimiento Correctivo.

Mide el coste total de mantenimiento correctivo con el coste total de mantenimiento. Permite evaluar la eficiencia de los programas preventivos existentes.

$$\% \text{ Coste manto correctivo} = \frac{\text{Coste Manto correctivo}}{\text{Coste total mantenimiento}} \times 100$$

## 2.4 Hipótesis de la Investigación.

### 2.4.1 Hipótesis General.

Mediante el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema hidráulico del PC-350LC-8 de la excavadora hidráulica se incrementara la confiabilidad, disponibilidad, los altos rangos de producción y se reducirá los costos por mantenimiento.

### 2.4.2 Hipótesis Específica.

- ✓ Mediante plan de mantenimiento centrado en confiabilidad se evitara los problemas de alta temperatura de aceite, en el sistema hidráulico de PC-350LC-8 Komatsu.
- ✓ Se minimizar los mantenimientos no planificados.
- ✓ Nuestro árbol lógico de decisiones nos permite encontrar el tipo de mantenimiento adecuado para cada tipo de fallas.
- ✓ La disponibilidad mayor a 95%, incrementar la confiabilidad, eficiencia y reduce los costos de mantenimiento en el sistema hidráulico.
- ✓ Se alarga la vida útil de los componentes del sistema hidráulico PC-350LC-8 mediante el mantenimiento centrado en confiabilidad.
- ✓ el análisis de nodo y efecto de fallas AMEF para el equipo crítico de la empresa permite encontrar las consecuencias de las fallas con costo.

## **2.5 Operacionalizacion de Variables.**

Al ejecutar las tareas del mantenimiento centrado en confiabilidad se produce complicaciones, al ejecutar la gestión estratégica del RCM, donde las variables constates al problema vienen a hacer el tiempo.

### **2.5.1 Variables Principales.**

- ✓ Tiempo de mantenimiento.
- ✓ Accesorio repuesto en almacén.
- ✓ Mano de obra calificada.
- ✓ Toma de decisiones.
- ✓ Accesibilidad de datos e información.
- ✓ Dinero para emergencia.

## **CAPÍTULO III**

# **DISEÑO MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Tipo y Diseño de Investigación.

El método de investigación a utilizar es el descriptivo y aplicativo.

### 3.2 Población y Muestra de Investigación.

En el 2011 el Gobierno Regional de Puno crea la oficina de equipo mecánico sede en la avenida de Carabaya con Av. Simón Bolívar, se realizar un inventario de máquinas livianas y equipos pesado desde máquinas de asaltadora hasta unidades en deceso, lográndose de esta manera pasar a la administración de oficina de equipos pesados, en donde se encuentra una flota de equipos pesados como cargadores, motoniveladoras, retroexcavadoras , excavadora, motoniveladoras, rodillos hidráulicas marca Komatsu que fueron adquiridos por el gobierno regional en el año 2010. Las cuales son el soporte de las diferentes obras que viene ejecutando el gobierno regional de Puno.

#### 3.2.1 Descripciones del Equipo de Análisis.

DESCRIPCION DEL EQUIPO	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Tipo	Enfriado por agua, 4 ciglos, inyección indirecta
Marca	Komat'su
Modelo	PC-350-8
Versión	8
Año de fabricación	2012
N° de serie	97362179-0007

**Tabla 1:** Descripciones del equipo de análisis (2015) [FUENTE: Kontrax]

<b>Motores hidráulicos</b>	
Desplazamiento	2 x motor de pistones axiales
Giro	1 x motor de pistones axiales
<b>Regulación de válvulas de alivio</b>	
Circuito de implementos	37.3 MPa 380 kg/cm <sup>2</sup> 5,400 psi
Circuito de traslado	37.3 MPa 380 kg/cm <sup>2</sup> 5,400 psi
Circuito de giro	27.9 MPa 285 kg/cm <sup>2</sup> 4,050 psi
Circuito piloto	3.2 MPa 33 kg/cm <sup>2</sup> 470 ps
<b>Cilindros hidráulicos</b>	
	N° de cilindros—diámetro x carrera x diámetro de vástago
Aguilón	2 – 140 mm x 1480 mm x 100 mm -5.5” x 58.3” x 3.9”
Brazo	1 – 160 mm x 1825 mm x 110 mm - 6.3” x 71.9” x 4.3”
Cucharón	1-150 mm x 1285 mm x 110 mm - 5.9” x 50.6” x 4.3”

**Tabla 2:** Descripciones del equipo de análisis (2015) [FUENTE: Kontrax]

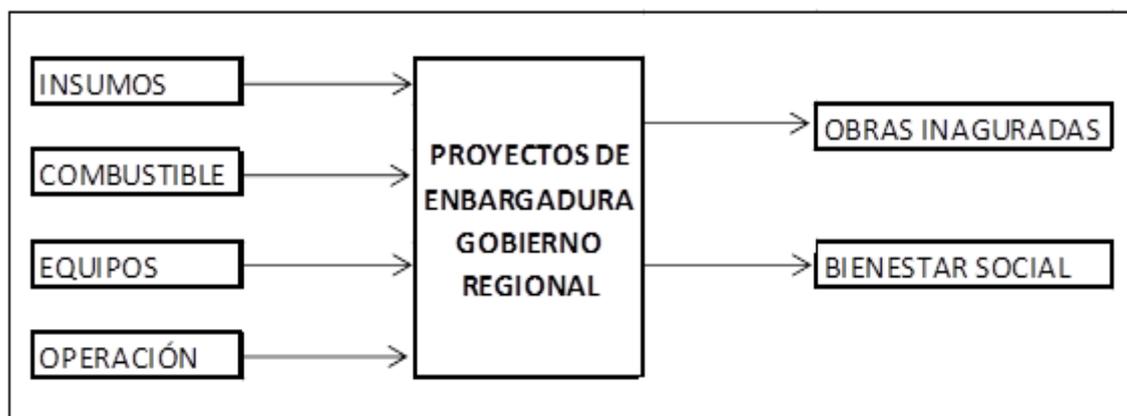
<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>	
Altitud	desde el nivel de mar hasta 4500 m.s.n.m.
Temperatura de amb.	desde -22 °C hasta los 21 °C
Neblina	si en Diciembre Abril
Lluvia	si de Diciembre a Abril
Hielo	si Junio a Noviembre
Abrasidad	Alta Abrasidad
<b>CONDICIONES DE LAS CARRETERAS</b>	
Mantenimiento	regular
Pendientes	moderadas
Curvas Cerradas	si
Señalización	no
Zonas de Seguridad	regular

**Tabla 3:** Condiciones de operación y de carreteras (2015) [FUENTE: Propia]

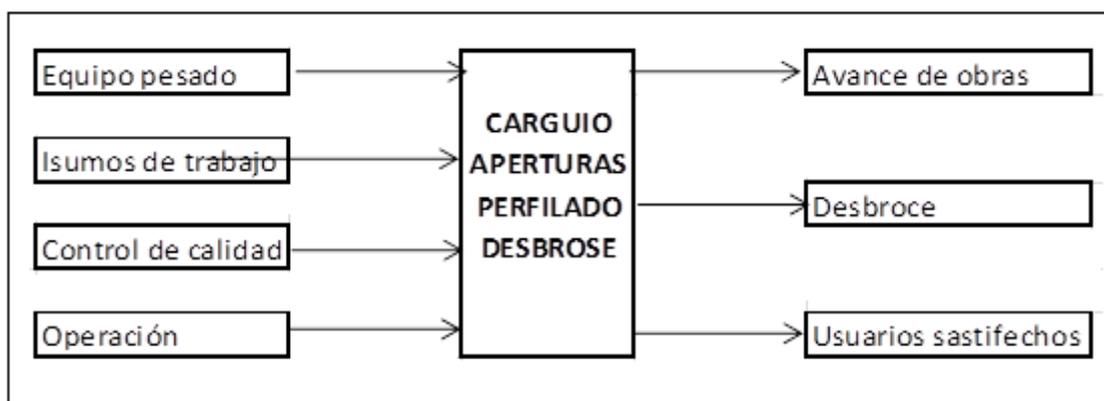
PROCESO	SUBPROCESO	EQUIPOS	SISTEMA
OBRAS DE EMBARGADURA	APERTURAS	EXCAVADORA	HIDRAULICO
	CARGUIO	EXCAVADORA	HIDRAULICO
	EXCAVACION	EXCAVADORA	HIDRAULICO
	DESBROCE DE TERRENO	EXCAVADORA	HIDRAULICO
	PERFILADO DE TALUD	EXCAVADORA	HIDRAULICO

**Tabla 4:** proceso y subprocesos de la empresa (2015) [FUENTE: Propia]

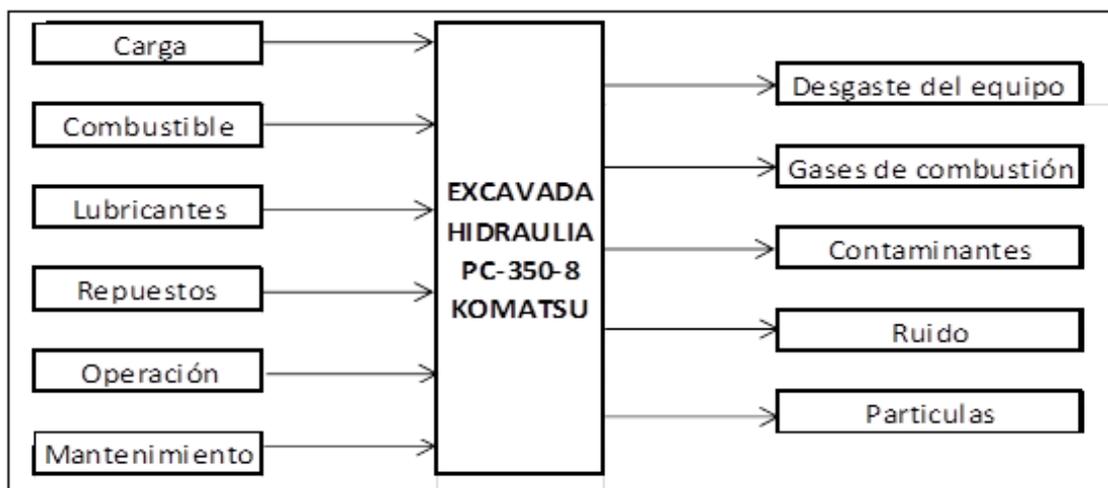
**3.2.2 Descripciones del Proceso.**



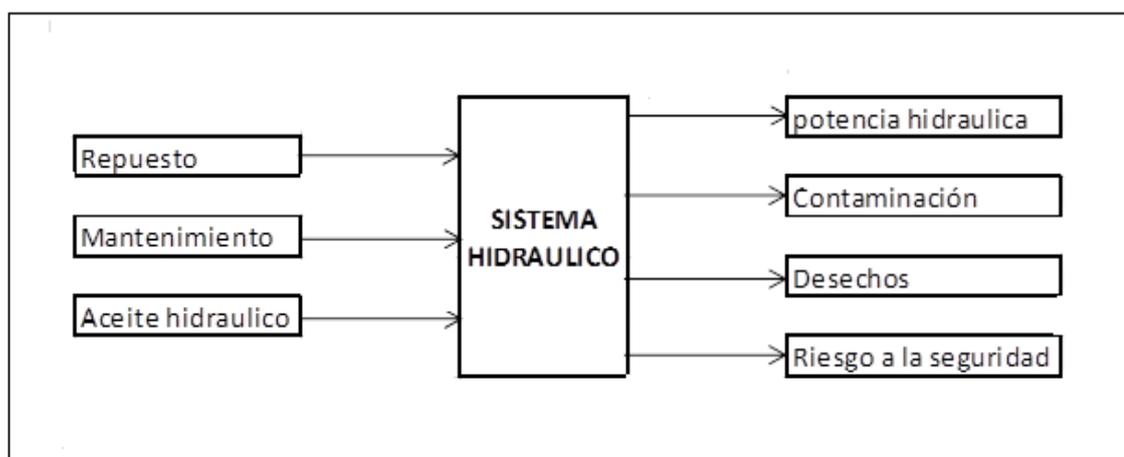
**Gráfico 5:** diagrama EPS del sistema (2015) [FUENTE: Propia]



**Gráfico 6:** diagrama EPS del subproceso (2015) [FUENTE: Propia]

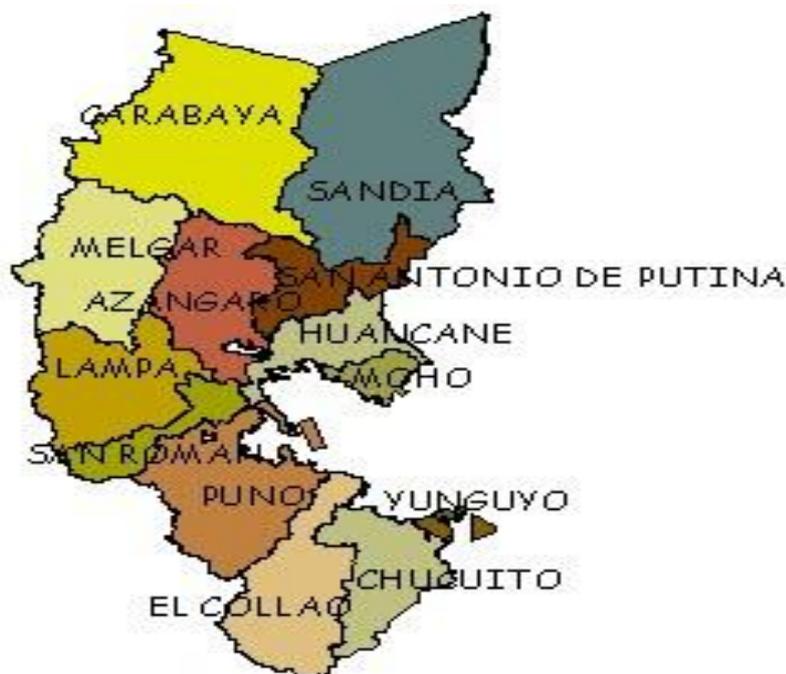


**Gráfico 7:** Diagrama EPS del equipo (2015) [FUENTE: Propia]



**Gráfico 8:** Diagrama EPS del sistema hidráulico (2015) [FUENTE: Propia]

### 3.3. Ubicación y Descripción de la Población.



**Gráfico 13:** Mapa de la Región de Puno (2015) [FUENTE: Google]

Puno se encuentra ubicada al Sur Este del Perú, capital del departamento de Puno y provincia de Puno, comprendido desde la orilla de Oeste del lago Titicaca, rodeada por cerros, las partes altas de las ciudades tiene una superficie semiplano oscilando entre los 3810 msnm. Puno es una de las ciudades más altas del Perú, actualmente tiene una extensión de 1566.64 ha. Que es 0.24% de territorio de la provincia de Puno. Donde se encuentra en la parte central de la ciudad, las oficinas del Gobierno Regional. Encargado del mantenimiento de los equipos pesados, para el continuo desarrollo de las obras con el fin del desarrollo social de la región de Puno.

### 3.4. Material Experimental.

El material experimental de investigación es una excavadora hidráulica PC-350-8 conocido como el nuevo estándar mundial para equipos de construcción y más comercial con una potencia de 246 HP -1.95 rpm con un peso de 36.390 Kg. Y una capacidad de calzado 2.66 m<sup>3</sup>.

Con un motor económico y ecológica que reduce las emisiones de óxido de nitrógeno, turboalimentado y pos enfriado aire –a-aire, el motor de ecot3 SAA6D114E-3 proporciona un potencia de 184 KW 246 HP el cual cumple con las emisiones tier 3 de EPA, y UE etapa 3A reduciendo en 33% de emisión sin sacrificar potencia ni la productividad del motor, el cual ofrece potencia hidráulica neta al sistema hidráulico, generando a una fuerza máxima de 264 KN -26900 KGF 59.300lb. Y la mayor fuerza de ataque del brazo varia de 160kN (16.3t) a 171kN (17.4) 7% UP y la fuerza de excavación del cucharón (ISO) de 212kN (21.6t) a 227kN (23.1t) 7% UP. El HydraMnd - Nuevo diseño de inteligencia hidráulico mecánico que trabaja con sensor de carga y válvula compensadora de presión. Cuenta con el nuevo sistema de monitoreo Komtrax el cual permite precisar la ubicación exacta, datos en tiempo real. Con localizadores de GPS y tecnología de comunicación satelital el cual ayuda a resolver los casos más importantes la seguridad, buenas condiciones del equipo y verificando la rentabiliza el dinero. El equipo se encuentra ubicado en la obra SINA YANAHUAYA (SANDIA) del Gobierno Regional de Puno.

**3.5. Técnicas e Instrumentos para Recolectar Información.**

**3.5.1. Formación del Equipo Natural de Trabajo (ENT).**

NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	EMPRESA CAPASITADORA	FECHA DE INGRESO	DURACION	COSTO TOTAL
MAMANI MAMANI LUIS ALFREDO	CONTROL Y MONITOREO	GOBIERNO REGIONAL PUNO	01/08/2013	5000 HORAS	\$3500

**Tabla 5:** Personal a cargo de la investigación (2015) [FUENTE: Propia]

CARGO	FUNCION	AÑOS DE EXPERIENCIA	SUELDO US\$/Hr.
Jefe de Equipo Mecánico	Facilitador	5	80
Asist. Equipo Mecánico	Facilitador	3	40
Jefe de Mantenimiento	Especialista	10	50
Supervisor Mecánico	Especialista	5	50
Planner de mantenimiento	Facilitador	5	50
Mecánico	Especialista	10	40
Electricista	Especialista	10	40
Soldador	Especialista	5	40
Operador	operador	10	40
Logística	Logística	10	30
Laboratorista	Muestreo	5	35

**Tabla 6:** División estratégica equipo mecánico (2015) [FUENTE: Propia]

3.5.2. Equipo, Sistema y Subsistema a Analizar.

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMAS	COMPONENTES
EXCAVADORA HIDRAULICA PC-350-8	HIDRÁULICO	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Tubo de llenado
			Filtros internos
			Visor
			Tubería de retorno
			Tapón de drenaje
			Salida de la bomba
			Mirilla
			Plancha deflectora.
			Válvula hidráulica de alivio
			Respiradero
			Radiador
			Tanque hidráulico
			Ventilador
			LINEAS HIDRAULICAS
		Mangueras	
		Conexiones	
		Bridas	
		Anillos de sellos	
		re conectores roscados	
		CILINDRO HIDRAULICO	Vástago
			Tubo del cilindro
			Cáncamo de la cabeza
			Cáncamo del vástago
			Tapa o Cabeza del cilindro
			Puntos de conexión
			Vástago
			Pistón
			Tuerca del pistón
			Sello limpiador
			Sello amortiguador
			Sello del pistón
			Anillo de desgaste del pistón
			Sello del vástago
		Anillo de desgaste del vástago	
		Sello de la tapa	
		SISTEMA DE VALVULAS DE CONTROL	Válvula Selectora
			Válvula de Retención
			Válvula Compensadora
			Válvula de Caída Rápida de Flujo
			Válvula de Carrete

<b>EXCAVADORA HIDRAULICA PC-350-8</b>	<b>HIDRÁULICO</b>	<b>SISTEMA DE VALVULAS DE CONTROL</b>	Válvula Divisora de flujo
			Válvulas de Alivio de precio
			Válvula de Alivio Modulado
			Válvula Reductora de Presión
			Válvulas de Alivio de operación
			Válvulas de control direccional
			Válvula rotatoria
			Válvula piloto
			válvula de control de flujo
			Válvula de Diferencia de Presión
		<b>TANQUE HIDRAILICO PRESURIZADO</b>	Válvula de alivio de vacío
			Rejilla de retorno
			Drenaje
			Tapa de llenado
	<b>MOTORES HIDRAULICO</b>	<b>MOTOR DE PISTONES</b>	Cabeza
			Caja
			Eje
			Pistones
			Plancha del orificio
			Tambor
			Plancha basculante
		<b>BOMBA DE PALETAS</b>	Cartucho
			Plancha montaje
			Sello de las plancha de montaje
			Sello de cartucho
			anillo de resorte
			cojinete y eje de entrada
			Rotor ranura do
	Paletas		
	<b>BOMBA HIDRÁULICA</b>	<b>BOMBA DE PISTONES</b>	Cabeza
			Caja
			Eje
			Pistones
Plancha del orificio			
Tambor			
Plancha basculante			
Rueda guía			
<b>BOMBA DE ENGRANAJES</b>		Caja	
		Engranaje de mando	
		Dientes de engranajes en conexión	
		Engranaje loco	
Planchas en compensación de presión			

EXCAVADORA HIDRAULICA PC-350-8	TREN DE FUERZA	MOTOR COMBUSTION INTERNA	Bloque de cilindros
			Carter
			Mono bloques
			Múltiple de admisión y escape
			Filtros aire, combustible, Aceite,
			Cigüeñal
			Pistones
			Bielas
			Válvula de admisión y escape
			Volante
			Árboles de levas
			Camisas de cilindros
			Cajas de engranajes
			Bomba de combustible
		Inyectores electrónicos	
		BOMBA Y MOTOR HIDRAULICA	Cabeza
			Caja
			Eje
			Pistón
			Plancha del orificio
			Tambor
			Plancha basculante
			rueda guía
		MANDOS FINALES	Tapa lateral
			Solares
			Semi ejes
			Planetarios
			Ejes de planetarios
			Rodamientos de planetarios
			Porta planetarios
			Codo de corona
			Rodamiento cónico interior exterior
			Sello Dúo cané
			Tuerca de precarga
		TREN DE RODAJE	Eslabón de cadena
			Pasador y buges
			Zapata de cadena
			Segmento de rueda motriz
Conjunto de la rueda motriz			
Rodillos superiores			
Rodillos inferiores			
Rueda guía			
Sellos			
Protector de rodillos			

EXCAVADORA HIDRAULICA PC-350-8	ELÉCTRICO -ELECTRONICO	SISTEMA DE GIRO	Sección de tornamesa
			Bomba hidráulica
			Circulo de tornamesa
		ELÉCTRICO	Arrancador
			Alarma
			Iluminación
			Alternador de carga
			Dinamo
			Cables
		ELECTRONICO	Solenoide
			Regulador Bosch
			Caja de relé
			Monitor
			Control Electrónico

**Tabla 7:** Sistema y sub sistema a investigar (2015) [FUENTE: Propia]

### 3.6. Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Datos.

#### 3.6.1. Conceptos o Criterios para el Impacto en Seguridad.

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Causa muerte o lesión grave a las personas.	10
2	Causa lesión leves a las personas.	5
3	No causa daño alguno.	1

**Tabla 8:** Criterio para el impacto en seguridad (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.2. Conceptos o Criterios para Impacto al Medio Ambiente.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Produce daños irreversible al medio ambiente.	9
2	Produce daños graves al medio ambiente.	6
3	Produce daños leves al medio ambiente.	3
4	No produce daños al medio ambiente.	1

**Tabla 9:** Criterio para el impacto al medio ambiente (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.3. Conceptos o Criterios para el Nivel de Producción Manejado.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Parada de equipo por mas de 10 hrs.	6
2	Parada de equipo entre 3 a 10 hrs.	4
3	Parada de equipo menos de 3 hrs.	2
4	No hay parada de equipo.	1

**Tabla 10:** Criterio Para el nivel de Producción Manejo (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.4. Conceptos o Criterios para el Tiempo Promedio para Reparar.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Se repara en mas de 72 horas.	5
2	Se repara entre 48 a 72 horas.	4
3	Se repara entre 24 a 48 horas.	3
4	Se repara entre 12 a 24 horas.	2
5	Se repara en menos de 6 a 12 hora.	1

**Tabla 11:** Criterio para el tiempo promedio para reparar (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.5. Conceptos o Criterios para el Impacto en Producción.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	La falla obliga a detener la unidad	4
2	La unidad opera con carga limitada	3
3	La unidad opera sin carga	2
4	No produce ningún efecto a la unidad	1

**Tabla 12:** Criterio para el impacto en producción (2015) [FUENTE: Tecsup]**3.6.6. Conceptos o Criterios para la Frecuencia de Falla.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Presenta mas de 6 fallas cada 2000 hrs.	9
2	Presenta entre 4 a 5 fallas cada 2000hrs	6
3	Presenta entre 2 a 3 fallas cada 2000hrs	3
4	Presenta 0 a 1 falla cada 2000 hrs.	1

**Tabla 13:** Criterio para la frecuencia de falla (2015) [FUENTE: Tecsup]**3.6.7. Concepto o Criterio para el Impacto en Mantenimiento.**

ITEM.	CRITERIO	PESO
1	Mayor o igual a 5000 dólares	8
2	Menor a 5000 dólares	4
3	Menor a 1000 dólares	1

**Tabla 14:** Criterio para el impacto en mantenimiento (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.8. Fórmula para Determinar los Rangos de Puntajes para la Matriz de nivel de Criticidad.**

$$\text{Criticidad} = \text{Frec.}_\text{Falla} * (\text{Imp.}_\text{Seguridad} + \text{Impacto}_\text{Ambiental} + (\text{Nivel}_\text{Producción} * \text{TPPR} * \text{Impacto}_\text{Producción}) + \text{Impacto}_\text{mantenimiento})$$

CRITICIDAD	SÍMBOLO	PONDERADO
ALTA (CRITICO)	<b>C</b>	mayor de 500
MEDIA (SEMICRITICO)	<b>SC</b>	de 200 a 499
BAJA (NO CRITICO)	<b>NC</b>	Hasta 199

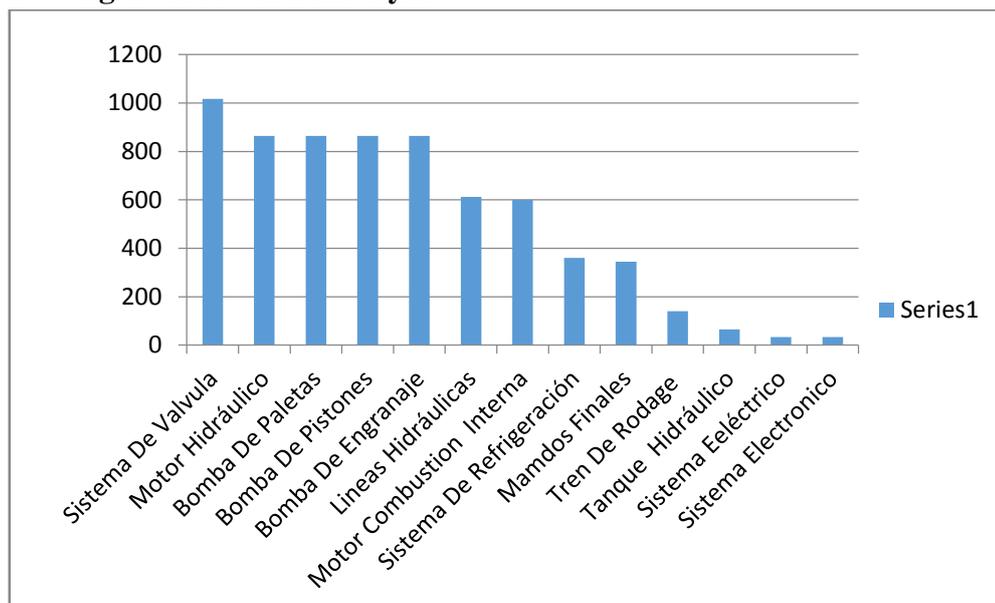
**Tabla 15:** Formulario para determinar los rangos de puntajes para la matriz del nivel de criticidad (2015) [FUENTE: Tecsup]

**3.6.9 Análisis de Criticidad.**

EQUIPO	SISTEMA O SUBSISTEMA	COMPONENTES	FRECUENCIA	IMP. SEGURIDAD	IMP. AMBIENTAL	NIV. PRODUCCIÓN	TPPR	IMP. PRODUCCIÓN	IMP. MANTENIMIENTO	PUNTAJE	CRITICIDAD
EXCAVADORA HIDRÁULICA PC-350-8	HIDRÁULICO	Sistema de refrigeración	3	10	6	6	4	4	8	360	<b>SC</b>
		Líneas hidráulico	9	10	6	6	2	4	4	612	<b>C</b>
		Sistema de válvula	9	10	3	6	4	4	4	1017	<b>C</b>
		Tanque hidráulico	1	10	3	4	3	4	4	65	<b>NC</b>
	MOTOR	Motor hidráulico	6	10	6	6	5	4	8	864	<b>C</b>
	BOMBA HIDRÁULICO	Bomba de paletas	6	10	6	6	5	4	8	864	<b>C</b>
		Bomba de pistones	6	10	6	6	5	4	8	864	<b>C</b>
		Bomba de engranaje	6	10	6	6	5	4	8	864	<b>C</b>
	TREN DE FUERZA	Motor combustión interna	6	10	6	4	5	4	4	600	<b>C</b>
		Mandos finales	3	5	6	6	4	4	8	345	<b>SC</b>
		Tren de rodaje	1	10	3	6	5	4	8	141	<b>NC</b>
	SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRONICO	Sistema eléctrico	3	5	1	4	1	1	1	33	<b>NC</b>
		Sistema electrónico	3	5	1	4	1	1	1	33	<b>NC</b>

**Tabla 16:** Análisis de criticidad referencia tabla: 8-15, (2015) [FUENTE: Propia]

**3.6.10. Diagrama de kovalevskaya.**



**Tabla 17:** Diagrama de Kovalevskaya, referencia tabla: 17, (2015) [FUENTE: Propia]

**3.6.11. Elecciones de los Sistemas y Componentes Críticos.**

Del análisis anterior tomando como los sistemas más críticos en orden de prioridad a:

PARTES CRÍTICAS DE MOTOR ©	
Sistemas	Componentes
Sistema de válvula	Válvula de alivio de presión.
Motor hidráulico	Pistón.
Bomba de paletas	Paletas.
Bomba de pistones	Válvula.
Bomba de engranaje	Sellos de plancha de presión.
Líneas hidráulicas	Acoplamiento y mangueras.
Motor combustión interna	Válvulas de admisión y escape.
PARTES SEMICRITICAS DE MOTOR (SC)	
Sistema	Componentes
Sistema de refrigeración	Radiador.
Mandos finales	Sistema planetario.

**Tabla 18:** Partes críticas y semicríticas del motor referencia tabla: 17, (2015) [FUENTE: Propia]

### 3.6. Procedimiento del Experimento Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de la Falla.

#### 3.7.1. Determinar las Funciones (Primarias y/o Secundarias) con sus Estándares de Ejecución de los Sistemas, Subsistemas y Componentes.

CÓDIGO	SUBSISTEMAS	CÓDIGO	FUNCIÓN
SHP	Sistema Hidráulico Principal	SHP	regular y transmitir la fuerza y movimiento a través de líquidos.
SHPT	Sistema Hidráulico Piloto	SHP	controlar el flujo de aceite del sistema mediante válvulas de mando principal.
NFC	Sistema hidráulico de Control Negativo	SHCN	regular el redimiendo de la bomba principal evitando desgates.
SRA	Sistema de Retorno de Aceite	SRA	Mantener el flujo de aceite de retorno libre .
SDR	Sistema de Refrigeración	SDR	Mantener refrigerado el aceite hidráulico.

**Tabla 19:** Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 18, (2015) [FUENTE: Propia]

#### 3.7.2. Determinar las Fallas Funcionales (Parciales y/o Totales) de los Sistemas, Subsistemas o Componentes.

CÓDIGO	FALLA FUNCIONAL
SHP - 1A	No levanta ni baja pluma.
SHP - 1B	No levanta ni baja brazo.
SHP- 1C	No cierra y abre cucharón.
SHP- 1D	No hace giro en tornamesa.
SHP- 1E	No realiza avance adelante o atrás.
SHPT - 1A	No suministra aceite a la bomba principal.
SHPT - 1B	No suministra aceite a los circuitos principal.
NFC - 1A	Sensor de flujo de la bomba principal no manda señal.
SRA - 1A	Válvulas de retorno y compensadores dañados.
SDR - 1B	Presión baja de la bomba.
SDR - 1C	Bajo nivel de aceite.
SDR - 1D	Fuga de aceite en acoples.
SDR - 1E	Exceso de temperatura en el aceite

**Tabla 20:** Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 19, (2015) [FUENTE: Propia]

**3.7.3. Determinación Los Modos de Fallas (Directos e Indirectos) de los Sistemas, Subsistemas o Componentes.**

CÓDIGO	MODO DE FALLA
SHP - 1A01	Cañería y mangueras rotas de la pluma.
SHP - 1A02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico de la pluma.
SHP - 1A03	Puntos de conexión de acoples rotos en la pluma.
SHP - 1A04	Presencia de aire en el cilindro hidráulico de la pluma.
SHP - 1A05	Presión baja en el cilindro hidráulico de la pluma.
SHP - 1B01	Cañería y mangueras rotas en el brazo.
SHP - 1B02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico del brazo.
SHP - 1B03	Punto de conexión de acoples roto en el cilindro del brazo.
SHP - 1B04	Presencia de aire en el cilindro hidráulico del brazo.
SHP - 1B05	Presión baja en el cilindro hidráulico del brazo.
SHP - 1C01	Cañería y mangueras rotas del cilindro hidráulico del balde/cucharón.
SHP - 1C02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico del balde /cucharón.
SHP - 1C03	Punto de conexión acoples rotos del balde/cucharón.
SHP - 1C04	Presencia de aire en el cilindro hidráulicos del balde/cucharón.
SHP - 1C05	Presión baja en el cilindro hidráulico del balde/cucharón.
SHP - 1D01	Manguera rota del sistema de giro.
SHP - 1D02	Motor hidráulico del sistema de giro.
SHP - 1D03	Corona dentada gastadas en el sistema de giro.
SHP - 1D04	Presión baja en el sistema de giro.
SHP - 1E01	Mangueras rota del sistema de transmisión.
SHP - 1E02	Motor hidráulico dañado del sistema de transmisión.
SHP - 1E03	Mandos finales dañados del sistema de transmisión.
SHP - 1E04	Presión baja de aceite hidráulico del sistema de trasmisión.
SHPT - 1A0	Válvulas piloto dañado.
SHPT - 1B02	Bomba piloto dañado.
NEC - 1A01	Sensor de control dañado.
SRA -1A01	válvulas dañada.
SRA -1A02	Cañería de retorno obstruido.
SRA -1B01	Filtro de retorno obstruido.
SRA -1C01	Flujo de aire no adecuado.
SRA -1D01	Radiador dañado.
SRA -1E01	Sensor de temperatura dañado.

**Tabla 21:** Funciones / estándares de ejecución de los sistemas, subsistemas o componentes referencia tabla: 20, (2015) [FUENTE: Propia]

**3.7.4. Determinación la Criticidad de los Modos de Fallas (NRP) de los Sistemas, Subsistemas o Componentes.**

**SEVERIDAD**

Efecto	Criterio: del Efecto para AMEF de Operación y Mantenimiento	PESO
Peligro sin alarma	Puede poner en peligro al operador del equipo. El incidente afecta las operaciones de mantenimiento o la no conformidad con las recomendaciones de seguridad del fabricante. El incidente ocurrirá con alarma.	10
Peligro con alarma	Puede poner en peligro al operador del equipo. El incidente afecta las operaciones de mantenimiento o la no conformidad con las recomendaciones de seguridad del fabricante. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy arriba	Interrupción importante, el equipo es inoperable con pérdida de función primaria	8
Alto	Interrupción importante durante la operación del equipo. El equipo es operable pero en un nivel reducido del funcionamiento, produciendo una demora en la prestación del servicio de hasta 24 horas.	7
Moderado	Interrupción de menor importancia durante la operación del equipo. El equipo es operable pero en un nivel reducido del funcionamiento, produciendo una demora en la presentación del servicio de hasta 6 horas.	6
Bajo	Interrupción de menor importancia durante la operación del equipo. El equipo es operable pero en un nivel reducido del funcionamiento, produciendo una demora en la prestación del servicio de hasta 2 horas.	5
Muy de Menor importancia	Interrupción de menor importancia durante la operación del equipo. Los clientes exigentes notan el retraso de menos de 1/2 hora.	4
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1

**Tabla 22:** criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la severidad de efectos en AMEf (2015) [FUENTE: Senati]

### OCURRENCIA

Probabilidad del incidente	Ocurrencia	Peso
<b>Muy Arriba:</b> El incidente es casi inevitable.	Ocurre 10 veces cada 5000 hrs.	10
<b>Alto:</b> Asociado generalmente a los eventos similares que fallo anteriormente.	Ocurre 05 veces cada 5000 hrs.	5
<b>Moderado:</b> Asociado generalmente a los eventos similares. Previos que han experimentado incidentes ocasionales, pero no en proporciones importantes.	Ocurre 03 veces cada 5000 hrs.	3
<b>Bajo:</b> los incidentes aislados se asociaron a eventos similares	Ocurre 02 veces cada 5000 hrs.	2
<b>Telecontrol:</b> El incidente es inverosímil.	Ocurre 01 veces cada 5000 hrs.	1

**Tabla 23:** criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un AMEF (2015) [FUENTE: Senati]

### DETECCIÓN

Detección	Criterios: Severidad de efecto para AMEF de operación y mantenimiento	Peso
Casi imposible	Ningún de los controles disponibles detectaran el incidente modo o causa.	10
Baja	Los controles actuales tiene una probabilidad baja de detectar modo o causa de falla.	7
Moderado	los controles actuales tiene una probabilidad moderada de detectar el modo o causa de falla.	5
Alto	Los controles actuales tiene una probabilidad alta de detectar el modo o causa de falla.	3
Seguro	Controles actuales detectan de seguro al modo o ola causa de falla. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares.	1

**Tabla 24:** Criterios de la evaluación y sistemas de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en el proceso AMEF (2015) [FUENTE: Senati]

**3.7.5. Determinación los Efectos de Modos de Falla de los Sistemas, Subsistemas o Componentes.**

CÓD	MODO DE FALLA	EFECTOS	S	O	D	NPR
SHP - 1A01	Cañería y mangueras rotas de la pluma	La falla es visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y al medio ambiente La fractura de las cañerías hidráulicas por mala maniobra y presión. perdida en la producción de 4 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000/ hrs se cambia cañerías US\$ 1500 Costo personal calificado US\$35/hrs. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2060.	8	10	10	800
SHP - 1A02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico de la pluma	La falla no es visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Melladuras y contaminación hidráulica Por tiempo de desgaste perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000 / hrs Se cambia kit de anillos US\$ 5050 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 6310.	6	5	10	300
SHP - 1A03	Puntos de conexión de acoples rotos en la pluma	La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Rajadura en el acople, exceso de ajustes, presión perdida en la producción de 3 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ / hrs. Se cambia kit de acople US\$ 750 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 925.	8	3	10	240
SHP - 1A04	Presencia de aire en el cilindro hidráulico de la pluma	La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Ciclos de trabajo por debajo del promedio perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ / hrs. Se cambia vástago US\$ 21050 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 22310.	5	2	7	70

SHP - 1A05	Presión baja en el cilindro hidráulico de la pluma	La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Ciclos de trabajo por debajo del promedio perdida en la producción de 8 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia bomba hidráulica US\$ 19550 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 20670.	10	1	1	10
SHP - 1B01	Cañería y mangueras rotas en el brazo	La falla es visible con perdida de presión Afecta la seguridad y al medio ambiente La fractura de las cañerías hidráulicas por mala maniobra y presión. perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. se cambia cañerías US\$ 1500 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2060.	8	10	10	800
SHP - 1B02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico del brazo	La falla es interna con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción exceso contaminación de aceite perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. se cambia kit de sellos US\$ 5050 Costo personal calificado US\$ 35hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 6310.	6	5	10	300
SHP - 1B03	Punto de conexión de acoples roto en el cilindro del brazo	La falla visible con perdida de presión Afecta la seguridad y al medio ambiente exceso de precio de ajuste y vibración perdida en la producción de 3 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. se cambia kit de acople sus\$ 750 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 925.	8	3	10	240
SHP - 1B04	Presencia de aire en el cilindro hidraulico del brazo	La falla interna con perdida de potencia Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo melladuras y sellos rotos en los vástagos perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. se cambia vástago hidráulico US\$ 21050 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2230.	5	2	7	70

SHP - 1B05	Presión baja en el cilindro hidráulico del brazo	<p>La falla es interna con perdida de potencia Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo exceso contaminación de aceite perdida en la producción de 8 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia bomba hidráulica US\$ 19550 Costo personal calificado US\$35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 20670.</p>	10	1	1	10
SHP - 1C01	Cañería y mangueras rotas del cilindro hidráulico del balde/cucharón	<p>La falla es visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y al medio ambiente La fractura de las cañerías hidráulicas por mala maniobra y presión. perdida en la producción de 4 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. se cambia cañerías US\$ 1500 Costo personal calificado US\$35/hrs. x 4 Personas.</p>	8	10	10	800
SHP - 1C02	Anillo gastados en el embolo del cilindro hidráulico del balde/cucharón	<p>La falla no es visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Melladuras y contaminación hidráulica Por tiempo de desgaste perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia kit de anillos US\$ 5050 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 6310.</p>	6	5	10	300
SHP - 1C03	Punto de conexión acoples rotos del balde/cucharón	<p>La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Rajadura en el acople, exceso de ajustes, presión perdida en la producción de 3 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ / hrs. Se cambia kit de acople US\$ 750 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 925.</p>	8	3	10	240
SHP - 1C04	Presencia de aire en el cilindro hidráulicos del balde/cucharón	<p>La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Ciclos de trabajo por debajo del promedio perdida en la producción de 6 hrs. Costo por pérdida de producción es de US\$ /hrs. Se cambia vástago US\$ 21050 Costo personal calificado US\$ 35hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 22310.</p>	5	2	7	70

SHP - 1C05	Precio baja en el balde/cucharón	<p>La falla visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y ciclo de producción Ciclos de trabajo por debajo del promedio perdida en la producción de 8 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia bomba hidráulica US\$ 19550 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 20670.</p>	10	1	1	10
SHP - 1D01	Manguera rota sistema de giro	<p>La falla es visible con perdidas de presión Afecta la seguridad y al medio ambiente La fractura de las cañerías hidráulicas por mala maniobra y presión. perdida en la producción de 4 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. se cambia cañerías US\$ 1500 Costo personal calificado US\$35/hrs. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2060.</p>	8	1	10	80
SHP - 1D02	Motor hidráulico dañado del sistema de giro	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo roturas de pistón perdida en la producción de 5 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 /hrs. Se cambia motor hidráulico US\$ 21800 Costo personal calificado US\$35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 22850.</p>	10	1	1	10
SHP - 1D03	Corona dentada dañado del sistema de giro	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo roturas de diente perdida en la producción de 5 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 /hrs. Se cambia corona dentada US\$ 13950 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 15000.</p>	10	1	1	10
SHP - 1D04	presión baja de aceite hidráulico del sistema de giro	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo Bomba hidráulico dañado perdida en la producción de 5 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia bomba hidráulico US\$ 19550 Costo personal calificado US\$ 35/hrs.. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 20670.</p>	10	1	1	10

SHP - 1E01	Mangueras rota sistema de transmisión	<p>La falla es visible con perdida de presión                      Afecta la seguridad y el medio ambiente                      Rotura de la manguera, exceso de presión                      perdida en la producción de 4 hrs.                      Costo por perdida de producción es de US\$ 1000/ hrs.                      Se cambia manguera de presión hidráulica US\$ 1500                      Costo personal calificado US\$35/hrs. x 4                      Personas                      Costo total de mantenimiento US\$ 2060.</p>	8	1	10	80
SHP - 1E02	Motor hidráulico dañado sistema del transmisión	<p>La falla es interna con perdida de presión                      Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo                      roturas de pistón                      perdida en la producción de 5 hrs.                      Costo por perdida de producción es de US\$ / hrs.                      Se cambia motor hidráulico US\$ 21800                      Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 6                      Personas                      Costo total de mantenimiento US\$ 22850.</p>	10	1	1	10
SHP - 1E03	Mando final dañado del sistema de transmisión	<p>La falla es interna con perdida de transmisión                      Afecta la seguridad y traslado de unidad                      presencia de desgastes engranajes                      perdida en la producción de 5 hrs.                      Costo por perdida de producción es de US\$ 1000/ hrs.                      Se cambia todo el sistema planetario US\$ 17600                      Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 5                      Personas                      Costo total de mantenimiento US\$ 36950.</p>	10	1	10	100
SHP - 1E04	Presión baja de aceite hidráulico sistema de transmisión	<p>La falla es interna con perdida de presión                      Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo                      Bomba hidráulico dañado                      perdida en la producción de 8 hrs.                      Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 /hrs.                      Se cambia bomba hidráulico US\$ 19550                      Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 4                      Personas                      Costo total de mantenimiento US\$ 20670.</p>	10	1	1	10
SHPT 1A01	Válvulas piloto dañado	<p>La falla es interna con perdida de presión                      Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo                      carretes de válvulas obstruidas                      perdida en la producción de 2 hrs.                      Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 /hrs.                      Se cambia las válvulas US\$ 9492                      Costo personal calificado US\$35/hrs. x 2                      Personas                      Costo total de mantenimiento US\$ 9632.</p>	8	5	7	280

SHPT - 1B02	Bomba piloto dañado	<p>La falla es interna con perdida de control Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo Bomba hidraulico dañado perdida en la produccion de 8 hrs. Costo por pérdia de producción es de US\$ 1000/ Hrs. Se cambia bomba hidraulico US\$ 19550 Costo personal calificado US\$ 35/Hrs. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 20670.</p>	10	1	5	50
NEC - 1A01	Sensor control dañado	<p>La falla es interna con perdida de control Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo sensores dañados perdida en la produccion de 2 hrs. Costo por pérdia de producción es de US\$ 1000 / Hrs. Se cambia sensores US\$ 2500 Costo personal calificado US\$ 35/Hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2640.</p>	10	10	7	700
SRA - 1A01	valvulas compesandora de presion dañadas	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo Valvulas dañada perdida en la produccion de 3 hrs. Costo por pérdia de producción es de US\$ 1000/ Hrs. Se cambia valvulas US\$ 9492 Costo personal calificado US\$ 35/Hsr. x 3 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 9807.</p>	10	5	7	350
SRA - 1A02	obtrucion en los conductos de retorno	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo conductos dañados perdida en la produccion de 7 hrs. Costo por pérdia de producción es de US\$ 1000 / Hrs. Se cambia conductores US\$ 3500 Costo personal calificado US\$ 35/Hr. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 4480.</p>	7	5	7	245
SRA - 1B01	filtro de retorno obstruido	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo filtro no cambiado o dañado perdida en la produccion de 2 hrs. Costo por pérdia de producción es de US\$ 1000 / Hrs. Se cambia filtro hidraulico US\$ 900 Costo personal calificado US\$ 35/Hr. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 1040.</p>	7	5	3	105

SRA - 1C01	Flujo de aire no adecuado	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo ventilador dañado perdida en la producción de 4 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000/ hrs. Se cambia ventilador US\$ 3500 Costo personal calificado USS 35/hrs. x 3 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 3920.</p>	10	3	3	90
SRA - 1D01	Disipadores de calor radiador dañado	<p>La falla es interna con perdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo Radiador hidráulico dañado perdida en la producción de 5 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia radiador hidráulico US\$ 10000 Costo personal calificado USS 35/hrs.. x 4 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 10700.</p>	10	2	3	60
SRA - 1E01	Sensor de temperatura dañado	<p>La falla es interna con pérdida de presión Afecta la seguridad y el ciclo de trabajo Sensor de temperatura dañado perdida en la producción de 2 hrs. Costo por perdida de producción es de US\$ 1000 / hrs. Se cambia sensor de temperatura US\$ 2000 Costo personal calificado US\$ 35/hrs. x 2 Personas Costo total de mantenimiento US\$ 2140.</p>	7	3	3	63

**Tabla 25:** Efectos de los modos de falla, referencia tabla: 21-24 - (2015) [FUENTE: Propia]

**3.8. Plan de Tratamiento de los Datos.**

**3.8.1. Consecuencias de cada Modo de Falla.**

REFERENCIA	CONSECUENCIAS							
	MODO DE FALLA	NRP	EVIDENTE	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	PROD Hrs.	PRO (\$)	MANT.
SHP - 1A01	800	Si	Si	Si	4	4000	2060	6060
SHP - 1A02	300	No	Si	Si	6	6000	6310	12310
SHP - 1A03	240	Si	Si	Si	3	3000	925	3925
SHP - 1A04	70	Si	Si	Si	6	6000	22310	28310
SHP - 1A05	10	Si	Si	No	8	8000	20670	28670
SHP - 1B01	800	Si	Si	Si	4	4000	2060	6060
SHP - 1B02	300	No	Si	Si	6	6000	6310	12310
SHP - 1B03	240	Si	Si	Si	3	3000	925	3925
SHP - 1B04	70	Si	Si	Si	6	6000	22310	28310
SHP - 1B05	10	Si	Si	No	8	8000	20670	28670
SHP - 1C01	800	Si	Si	Si	4	4000	2060	6060
SHP - 1C02	300	No	Si	Si	6	6000	6310	12310
SHP - 1C03	240	Si	Si	Si	3	3000	925	3925
SHP - 1C04	70	Si	Si	Si	6	6000	22310	28310
SHP - 1C05	10	Si	Si	No	8	8000	20670	28670
SHP - 1D01	80	Si	Si	Si	4	4000	2060	6060
SHP - 1D02	10	No	Si	No	5	5000	22850	27850
SHP - 1D03	10	No	Si	No	5	5000	15000	20000
SHP - 1D04	10	No	Si	No	8	8000	20670	28670
SHP - 1E01	10	Si	Si	Si	4	4000	2060	6060
SHP - 1E02	10	No	Si	No	5	5000	22830	27830
SHP - 1E03	100	No	Si	No	5	5000	18125	23125
SHP - 1E04	10	No	Si	No	8	8000	20670	28670
SHPT - 1A01	280	No	Si	No	2	2000	9632	11632
SHPT - 1B02	50	No	Si	No	8	8000	20670	28670
NEC - 1A01	700	No	Si	No	2	2000	2640	4640
SRA - 1A01	350	No	Si	No	3	3000	9807	12807
SRA - 1A02	245	No	Si	No	7	7000	4480	11480
SRA - 1B01	105	No	Si	No	2	2000	1040	3040
SRA - 1C01	90	No	Si	No	4	4000	3920	7920
SRA - 1D01	60	Si	Si	Si	5	5000	10700	15700
SRA - 1E01	63	No	Si	No	5	5000	2140	7140

**Tabla 26:** Consecuencia de cada nodo de falla, referencia tabla: 25 - (2015) [FUENTE: Propia]

3.8.1. Análisis del Arbol Lógico de Decisiones y Determinación de las Estrategias de Mantenimiento.

MODO DE FALLA	CONSECUENCIA										ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES					ESTRATEGIAS		PRE. (Hrs.)
	E	S	NRP	A					P	M	E1	E2	E3	E4	E5	TIPO DE MANTTO	TAREA	
				Si	Si	Si	Si	Si										
SHP - 1A01	Si	Si	800	Si	Si	\$ 4,000.00	\$	2,060.00				SA3				Sustitución cíclica	Cambiar válvula compensadora de presión.500 Hrs	500
SHP - 1A02	Ng	Si	300	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	6,310.00	P2							Cambio de tareas	Cambio de filtros hidráulicos 500Hrs	500
SHP - 1A03	Si	Si	240	Si	Si	\$ 3,000.00	\$	925.00	P2							Sustitución cíclica	Medir presión hidráulico 500Hrs	500
SHP - 1A04	Si	Si	70	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	22,310.00				SA3				Sustitución cíclica	Cambio de kit de sellos por melladuras 1000Hrs.	1000
SHP - 1A05	Si	Si	10	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00					SA4			Cambio de tareas	Cambio de aceite hidráulico 1000Hrs	1000
SHP - 1B01	Si	Si	800	Si	Si	\$ 4,000.00	\$	2,060.00					SA4			Sustitución cíclica	Cambiar válvula compensadora de presión 500 Hrs	500
SHP - 1B02	Ng	Si	300	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	6,310.00								Cambio de tareas	Cambio de filtros hidráulicos 500Hrs	500
SHP - 1B03	Si	Si	240	Si	Si	\$ 3,000.00	\$	925.00				SA3				Sustitución cíclica	Medir presión hidráulico 500Hrs	500
SHP - 1B04	Si	Si	70	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	22,310.00				P3				Sustitución cíclica	Cambio de kit de sellos por melladuras 1000Hrs.	1000
SHP - 1B05	Si	Si	10	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00					SA4			Cambio de tareas	Cambio de aceite hidráulico 1000Hrs	1000
SHP - 1C01	Si	Si	800	Si	Si	\$ 4,000.00	\$	2,060.00					M4			Sustitución cíclica	Cambiar válvula compensadora de presión del cucharón500 Hrs	500
SHP - 1C02	Ng	Si	300	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	6,310.00						M4		Cambio de tareas	Cambio de filtros hidráulicos 500Hrs	500
SHP - 1C03	Si	Si	240	Si	Si	\$ 3,000.00	\$	925.00				SA3				Sustitución cíclica	Medir presión hidráulico valde500Hrs	500
SHP - 1C04	Si	Si	70	Si	Si	\$ 6,000.00	\$	22,310.00				SA3				Sustitución cíclica	Cambio de kit de sellos por melladuras en vástago val 1000Hrs.	1000
SHP - 1C05	Si	Si	10	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00					M3			Cambio de tareas	Cambio de aceite hidráulico 1000Hrs	1000
SHP - 1D01	Si	Si	80	Si	Si	\$ 4,000.00	\$	2,060.00					M3			Sustitución cíclica	Cambiar válvula compensadora de presión de giro.500 Hrs	500
SHP - 1D02	Ng	Si	10	Si	Ng	\$ 5,000.00	\$	22,850.00					M3			Cambio de tareas	Cambio de filtros hidráulicos 500Hrs	500
SHP - 1D03	Ng	Si	10	Si	Ng	\$ 5,000.00	\$	15,000.00					M4			Reacondic.cíclico	Engrase diaria de la tornamesa	150
SHP - 1D04	Ng	Si	10	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00					SA4			Cambio de tareas	Cambio de aceite hidráulico 1000Hrs	1000
SHP - 1E01	Si	Si	10	Si	Si	\$ 4,000.00	\$	2,060.00					M4			Sustitución cíclica	Cambiar válvula compensadora de presión de transmisión 500 Hrs	500
SHP - 1E02	Ng	Si	10	Si	Ng	\$ 5,000.00	\$	22,830.00				SA3				Cambio de tareas	Análisis de aceite 500 Hrs	500
SHP - 1E03	Ng	Si	100	Si	Ng	\$ 5,000.00	\$	18,125.00					SA4			Cambio de tareas	Cambio de aceite hidráulico 1000Hrs	1000
SHP - 1E04	Ng	Si	10	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00					M4			Cambio de tareas	medición de presión tras. 500Hrs	500
SHP - 1E05	Ng	Si	280	Si	Ng	\$ 2,000.00	\$	9,632.00				SA3				Sustitución cíclica	Cambio de válvulas cada 500 Hrs	500
SHP - 1E06	Ng	Si	50	Si	Ng	\$ 8,000.00	\$	20,670.00				P2				Cambio de tareas	medición de presión bomba piloto.500Hrs	500
NEC - 1A01	Ng	Si	700	Si	Ng	\$ 2,000.00	\$	2,640.00				P2				Sustitución cíclica	Inspeccionar sensores 250 hrs	250
SRA - 1A01	Ng	Si	350	Si	Ng	\$ 3,000.00	\$	9,807.00				SA3				Sustitución cíclica	comprobar contaminación hidráulica	500
SRA - 1A02	Ng	Si	245	Si	Ng	\$ 7,000.00	\$	4,480.00				SA3				Sustitución cíclica	Inspeccionar circuitos hidráulico	250
SRA - 1B01	Ng	Si	105	Si	Ng	\$ 2,000.00	\$	1,040.00					M4			Sustitución cíclica	Cambiar filtro de retorno 250 Hrs	250
SDA - 1C01	Ng	Si	90	Si	Ng	\$ 4,000.00	\$	3,920.00				SA3	M4			Cambio de tareas	Cambiar fajas de poleas500Hrs	500
SDA - 1D01	Si	Si	60	Si	Si	\$ 5,000.00	\$	10,700.00					SA3			Cambio de tareas	Limpieza turboalimentado	1000
SDA - 1E01	Ng	Si	63	Si	Ng	\$ 5,000.00	\$	2,140.00				P2				Sustitución cíclica	Inspección diaria 50 Hrs	50

Tabla 27: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014- 2015, referencia tabla: 26 - (2015) [FUENTE: Propia]

FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO NO PLANIFICADO			COSTO DE MANTENIMIENTO				
	TIEMPO REP. (Hrs.)	PÉRDIDAS PROD. (\$)	COSTO MANT. (\$)	COSTO TOTAL	TIEMPO REP. Hrs	PÉRDIDA PROD. (\$)	COSTO MANT. (\$)	COSTO TOTAL
Mangueras rotas de la pluma	8	\$ 8,000.00	\$ 2,060.00	\$ 10,060.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Kit de Anillo gastados de la pluma	16	\$ 16,000.00	\$ 6,310.00	\$ 22,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Acoples rotos en la pluma	8	\$ 8,000.00	\$ 925.00	\$ 8,925.00	3	\$ 3,000.00	\$ 3,003.00	\$ 6,003.00
Cavitación hidráulico en la pluma	8	\$ 8,000.00	\$ 22,310.00	\$ 30,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Presión baja en la pluma	16	\$ 16,000.00	\$ 20,670.00	\$ 36,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
Mangueras rotas del brazo	8	\$ 8,000.00	\$ 2,060.00	\$ 10,060.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Kit de Anillo gastados del brazo	16	\$ 16,000.00	\$ 6,310.00	\$ 22,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Acoples rotos del brazo	8	\$ 8,000.00	\$ 925.00	\$ 8,925.00	3	\$ 3,000.00	\$ 3,003.00	\$ 6,003.00
Cavitación hidráulico en el brazo	8	\$ 8,000.00	\$ 22,310.00	\$ 30,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Presión baja en el brazo	16	\$ 16,000.00	\$ 20,670.00	\$ 36,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
Mangueras rotas del cucharón	8	\$ 8,000.00	\$ 2,060.00	\$ 10,060.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Kit de Anillo gastados del cucharón	16	\$ 16,000.00	\$ 6,310.00	\$ 22,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Acoples rotos del cucharón	8	\$ 8,000.00	\$ 925.00	\$ 8,925.00	3	\$ 3,000.00	\$ 3,003.00	\$ 6,003.00
Cavitación hidráulico en el cucharón	8	\$ 8,000.00	\$ 22,310.00	\$ 30,310.00	6	\$ 6,000.00	\$ 6,006.00	\$ 12,006.00
Presión bajo en el cucharón	16	\$ 16,000.00	\$ 20,670.00	\$ 36,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
Manguera de giro dañada	8	\$ 8,000.00	\$ 2,060.00	\$ 10,060.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Motor de giro dañado	16	\$ 16,000.00	\$ 22,850.00	\$ 38,850.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
Tornamesa de giro dañado	24	\$ 24,000.00	\$ 15,000.00	\$ 39,000.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
Presión de giro bajo	12	\$ 12,000.00	\$ 20,670.00	\$ 32,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
Mangueras de traslación rota	8	\$ 8,000.00	\$ 2,060.00	\$ 10,060.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Motor de traslación dañada	16	\$ 16,000.00	\$ 22,830.00	\$ 38,830.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
Mando final dañado	18	\$ 18,000.00	\$ 18,125.00	\$ 36,125.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
Presión de traslación bajo	12	\$ 12,000.00	\$ 20,670.00	\$ 32,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
válvulas piloto dañado	6	\$ 6,000.00	\$ 9,632.00	\$ 15,632.00	2	\$ 2,000.00	\$ 2,002.00	\$ 4,002.00
Bomba piloto dañado	16	\$ 16,000.00	\$ 20,670.00	\$ 36,670.00	8	\$ 8,000.00	\$ 8,008.00	\$ 16,008.00
Sensor de control dañado	6	\$ 6,000.00	\$ 2,640.00	\$ 8,640.00	2	\$ 2,000.00	\$ 2,002.00	\$ 4,002.00
válvulas dañadas	8	\$ 8,000.00	\$ 9,807.00	\$ 17,807.00	3	\$ 3,000.00	\$ 3,003.00	\$ 6,003.00
Cañería de retorno obstruida	12	\$ 12,000.00	\$ 4,480.00	\$ 16,480.00	7	\$ 7,000.00	\$ 7,007.00	\$ 14,007.00
Filtro de retorno dañado	4	\$ 4,000.00	\$ 1,040.00	\$ 5,040.00	2	\$ 2,000.00	\$ 2,002.00	\$ 4,002.00
Ventilador dañado	16	\$ 16,000.00	\$ 3,920.00	\$ 19,920.00	4	\$ 4,000.00	\$ 4,004.00	\$ 8,004.00
Radiador dañado	12	\$ 12,000.00	\$ 10,700.00	\$ 22,700.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
Sensor de temperatura dañado	8	\$ 8,000.00	\$ 2,140.00	\$ 10,140.00	5	\$ 5,000.00	\$ 5,005.00	\$ 10,005.00
<b>COST. TOTAL POR MANTENIMIENTO NO PLANIF.</b>				<b>\$ 346,119.00</b>				<b>\$ 163,163.00</b>
							<b>COSTO TOTAL POR MANTENIMIENTO RCM</b>	<b>\$ 182,956.00</b>

Tabla 28: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014- 2015, referencia tabla: 26 - (2015) [FUENTE: Propia]

3.9. Diseño Estadístico para la Prueba de Hipótesis.

3.9.1. Plan de Mantenimiento Preventivo – Excavadora Hidráulica PC350LC-8.

	Pre	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	Duración	Personas
	PM 250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	Minutos		
<b>MANTENIMINETO PREVENTIVO</b>											
Inspeccionar rozamiento de manguera	E	E	E	E	E	E	E	E	E	20	1
Inspeccionar el estado de las baterías y conexiones	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Inspeccionar/ajustar correa del alternador y compresor refrigerante	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Inspeccionar correcto funcionamiento del aire acondicionado	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Inspeccionar el chasis contintes penetrantes	E	E	E	E	E	E	E	E	E	60	2
Inspeccionar puntos de articulación brazo, pluma, cucharón - lianas	E	E	E	E	E	E	E	E	E	15	2
Inspeccionar la cabina ROPS y pernos de soporte	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Inspeccionar fusibles y re lay del sistema eléctrico				E					E	15	1
Inspeccionar/tubricar la suspecion del asiento de operador				E					E	10	1
Inspeccionar lámparas de desplazamiento/baliza giratoria	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Inspeccionar templado de la cadena	E	E	E	E	E	E	E	E	E	20	1
Inspeccionar limpiaparabrisas cabina	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Inspeccionar cinturón de seguridad del operador	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Inspeccionar desgastes uñas y pernos del cucharón	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Inspeccionar fugas de aceite hidráulico, cilindros, tanque , bomba	E	E	E	E	E	E	E	E	E	15	1
Comprobar el nivel de aceite de motor	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Comprobar el nivel de aceite hidráulico	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Comprobar el nivel de refrigerante	E	E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Comprobar agua de limpia parabrisas	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Comprobar grasa del sistema de lubricación automático		E		E		E		E	E	10	1
Comprobar contenido de botella de éter	E	E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Comprobar emisión de contaminación CO2				E					E	15	1
Comprobar el nivel de contaminación del aceite hidráulico	E	E	E	E	E	E	E	E	E	15	1

Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo – excavadora hidráulico (2015) [FUENTE: Senati]

	Pre	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	Duración	Personas
	PM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	Minutos	
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>											
Limpieza del interior de la cabina		E	E	E	E	E	E	E	E	20	1
Limpia el radiador aftercooler y condensador de aire		E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Limpia cámara y pantalla monitor		E	E	E	E	E	E	E	E	5	1
Drenar del separador de agua del filtro primario de combustible		E	E	E	E	E	E	E	E	10	1
Engrosar puntos de articulación		E	E	E	E	E	E	E	E	20	1
Filtro de aceite de motor		C	C	C	C	C	C	C	C	30	1
Filtro primario de combustible		C	C	C	C	C	C	C	C	45	1
Filtro secundario de combustible		C	C	C	C	C	C	C	C	45	1
Filtro de aceite hidráulico			C		C		C		C	45	1
Filtro de retorno de aceite hidráulico			C		C		C		C	45	1
Filtro de aire primario		C	C	C	C	C	C	C	C	20	1
Filtro de aire secundario			C		C		C		C	25	1
Aceite de motor					C				C	60	1
Aceite Hidráulico					C				C	120	1
Refrigerante									C	60	1
Respiradero de tanque de combustible			C		C		C		C	30	1
Respiradero del motor			C		C		C		C	30	1
Prueba de presión hidráulica en la bomba principal		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1
Prueba de presión de giro		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1
Prueba de presión de transmisión		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1
Prueba de presión de levante de pluma hidráulica		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1
Prueba de presión de apertura y cierre de cucharón hidráulico		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1
Prueba de presión en el preso hidráulico		E	E	E	E	E	E	E	E	40	1

**Tabla 30:** Plan de mantenimiento preventivo – excavadora hidráulica (2015) [FUENTE: Senati]

## **CAPÍTULO IV**

# **EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1. Análisis de la Disponibilidad Antes y Después del RCM.

TAREA	POGRAMA DE MANTENIMIETOS CRÍTICOS AÑO 2013-2014																													
	NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL									
	02/11/2013	09/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	02/12/2013	09/12/2013	15/12/2013	22/12/2013	29/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	15/01/2014	22/01/2014	29/01/2014	02/02/2014	09/02/2014	15/02/2014	22/02/2014	29/02/2014	02/03/2014	09/03/2014	15/03/2014	22/03/2014	29/03/2014	02/04/2014	09/04/2014	15/04/2014	22/04/2014	29/04/2014
Mangueras rotas de la pluma	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados de la pluma																														
Acoples rotos en la pluma	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en la pluma			C					C										C												
Presión baja en la pluma																														
Mangueras rotas del brazo	i	i	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del brazo																														
Acoples rotos del brazo	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en el brazo			C					C										C												
Presión baja en el brazo																														
Mangueras rotas del cucharon	i	i	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del cucharon																														
Acoples rotos del cucharon	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en el cucharon			C					C										C												
Presión bajo en el cucharon																														
Manguera de giro dañada	i	i	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de giro dañado																														
Tornamesa de giro dañado																														
Presión de giro bajo																														
Mangueras de traslación rota	i	i	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de traslación dañada																														
Mando final dañado																														
Presión de traslación bajo																														
Válvulas piloto dañado							C											C												
Bomba piloto dañado																														
Sensor de control dañado								C																						
Válvulas dañadas							C											C												
Cañería de retorno obstruida	i	i	i	i	i	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Filtro de retorno dañado																														
Ventilador dañado							C																							
Radiador dañado																														
Sensor de temperatura dañado		C																C												

Tabla 31: Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2013- 2014 [FUENTE: Propia]

TAREA	POGRAMA DE MANTENIMIETOS CRÍTICOS AÑO 2014																													
	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE									
	02/11/2013	09/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	02/12/2013	09/12/2013	15/12/2013	22/12/2013	29/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	15/01/2014	22/01/2014	29/01/2014	02/02/2014	09/02/2014	15/02/2014	22/02/2014	29/02/2014	02/03/2014	09/03/2014	15/03/2014	22/03/2014	29/03/2014	02/04/2014	09/04/2014	15/04/2014	22/04/2014	29/04/2014
Mangueras rotas de la pluma	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados de la pluma																														
Acoples rotos en la pluma	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en la pluma							C																							
Presión baja en la pluma																														
Mangueras rotas del brazo	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del brazo																														
Acoples rotos del brazo	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en el brazo							C																							
Presión baja en el brazo																														
Mangueras rotas del cucharon	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del cucharon																														
Acoples rotos del cucharon	i	C	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Cavitación hidráulico en el cucharon			C																											
Precio bajo en el cucharon																														
Manguera de giro dañada	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de giro dañado																														
Tornamesa de giro dañado																														
presión de giro bajo																														
Mangueras de traslación rota	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de traslación dañada																														
Mando final dañado																														
presión de traslación bajo																														
Válvulas piloto dañado																														
Bomba piloto dañado																														
Sensor de control dañado																														
Válvulas dañadas																														
Cañería de retorno obstruida	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Filtro de retorno dañado																														
Ventilador dañado																														
Radiador dañado																														
Sensor de temperatura dañado																														

Tabla 32: Programa de mantenimiento crítico Abril a Octubre del 2014 [FUENTE: Propia]

TAREA	POGRAMA DE MANTENIMIETOS CRÍTICOS AÑO 2014-2015																													
	NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL									
	02/11/2013	09/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	02/12/2013	09/12/2013	15/12/2013	22/12/2013	29/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	15/01/2014	22/01/2014	29/01/2014	02/02/2014	09/02/2014	15/02/2014	22/02/2014	29/02/2014	02/03/2014	09/03/2014	15/03/2014	22/03/2014	29/03/2014	02/04/2014	09/04/2014	15/04/2014	22/04/2014	29/04/2014
Mangueras rotas de la pluma	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados de la pluma	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
C+B4:AE35																														
cavitación hidráulico en la pluma																														
presión baja en la pluma																														
Mangueras rotas del brazo	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del brazo	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Acoples rotos del brazo	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
cavitación hidráulico en el brazo																														
presión baja en el brazo																														
Mangueras rotas del cucharon	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Kit de Anillo gastados del cucharon	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Acoples rotos del cucharon	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
cavitación hidráulico en el cucharon																														
Presión bajo en el cucharon																														
Manguera de giro dañada	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de giro dañado																														
Tornamesa de giro dañado																														
Presión de giro bajo																														
Mangueras de traslación rota	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Motor de traslación dañada																														
Mando final dañado																														
Presión de traslación bajo																														
válvulas piloto dañado																														
Bomba piloto dañado																														
Sensor de control dañado																														
válvulas dañadas																														
cañería de retorno obstruida	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
filtro de retorno dañado																														
Ventilador dañado																														
Radiador dañado																														
sensor de temperatura dañado																														

Tabla: 33 Programa de mantenimiento crítico Noviembre a Abril del 2014-2015 [FUENTE: Propia]

4.2. Tabla Lógico de Decisiones.

El implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad se hace posible estructurar un árbol lógico de decisiones involucrando todo trabajador del gobierno regional de Puno. Reduciendo las perdidas en productividad (Tablas: 31-33) hasta en 45 % y mejorando al 95% en (Tabla: 34).

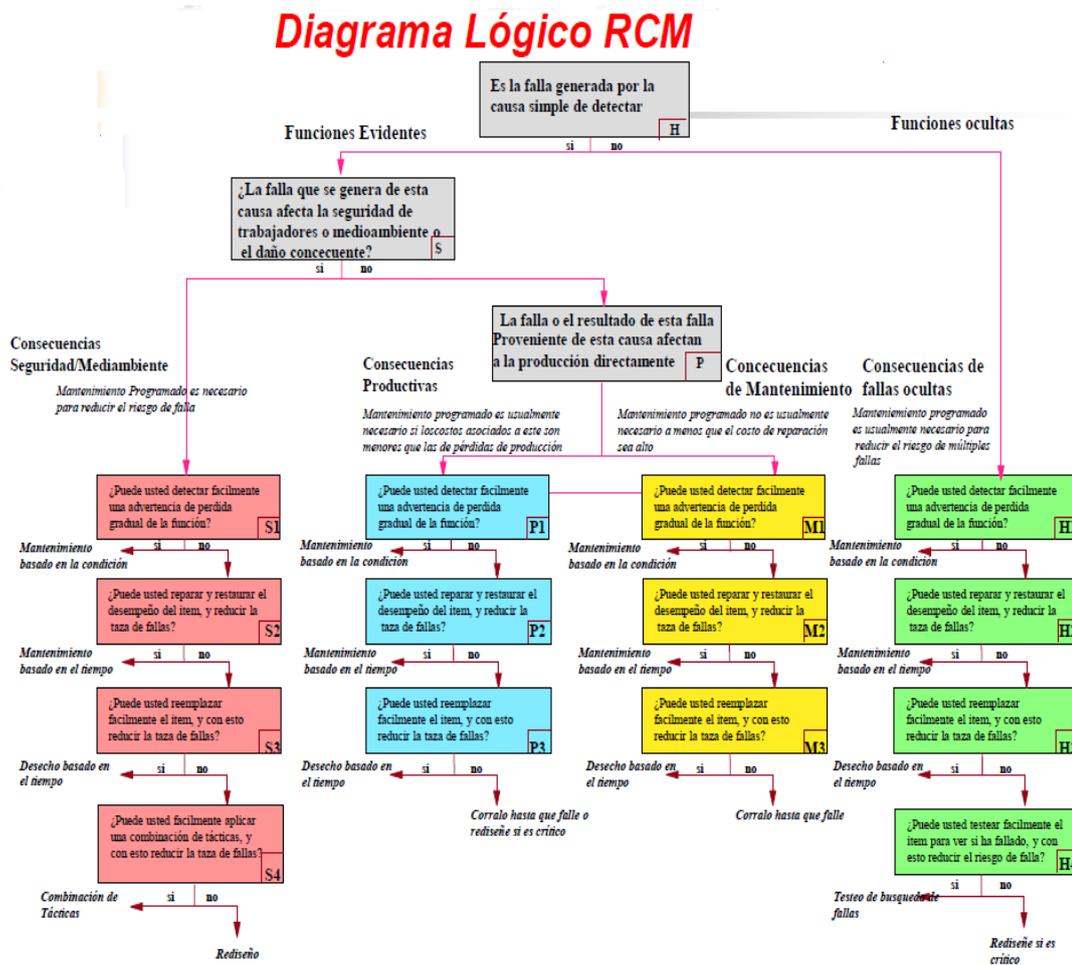
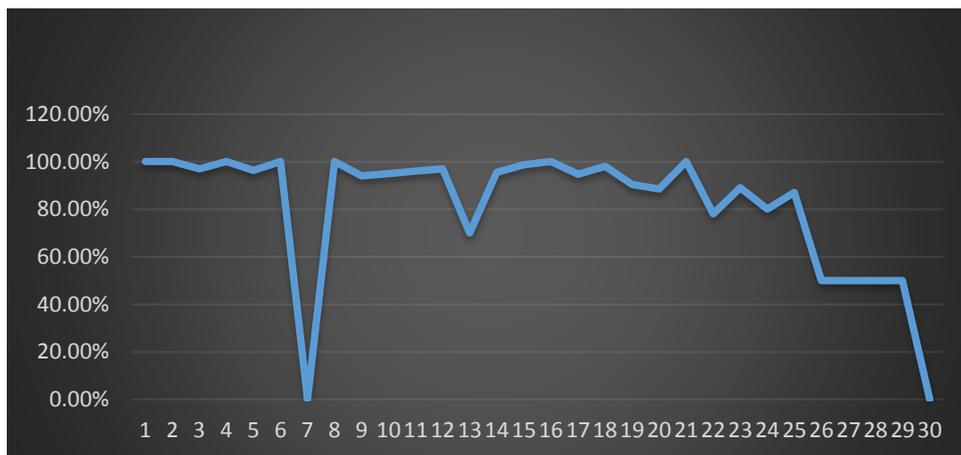


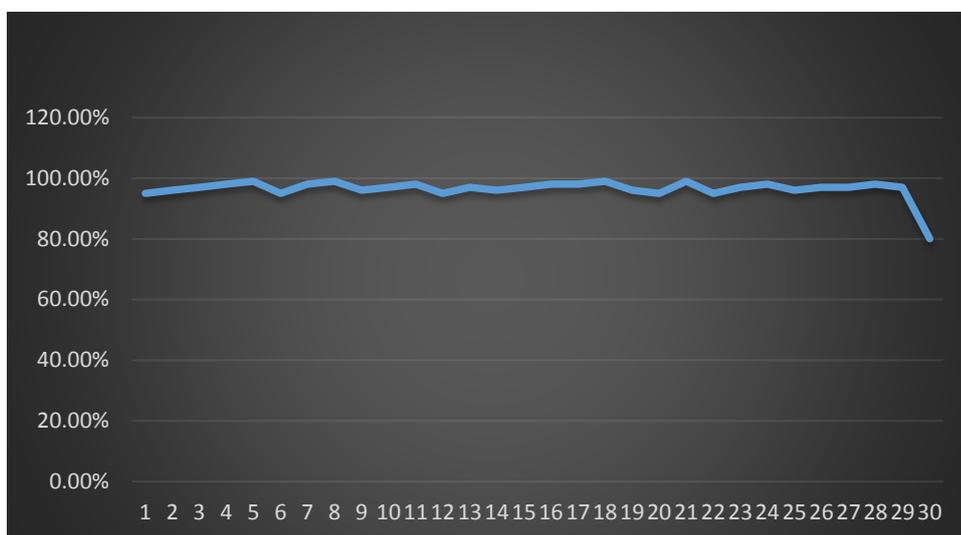
Gráfico 14: Árbol lógico de decisiones (2015) [FUENTE: Tecsup]

**4.3. Problemas Encontrados y Solucionados.**

El (grafico: 19) se muestra las constantes paradas de equipos por mantenimiento el cual originaba una pérdida de 45 % equivalente a S/ 182956.00 los cuales demuestra en las (tablas: 31-33); El grafico 20 se visualiza el mejoramiento al 95% eliminando la parada inesperada de la máquina, obteniendo la continua trabajo del equipo llegando a ahorrar 182956 por tres meses.



**Gráfico 15:** Antes del RCM, referencia tabla: 31- 32 (2015) [FUENTE: Komtrax]



**Gráfico 16:** Después del RCM referencia tabla: 33 - 34, (2015) [FUENTE: Komtrax]



## CONCLUSIONES

**Primero.-** Mediante el diseño e implementación del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistemas hidráulicos de la excavadora PC-350 LC-8 se concluye que incrementar 73 a 95% en confiabilidad disponibilidad y reduce los costos por mantenimiento. En S/.182,956.00 en un periodo de tres meses.

**Segundo.-** Se eliminó los mantenimientos no planificados por presiones y mantenimientos incorrectos del aceite, combustible y temperatura en el circuito hidráulico de la excavadora hidráulica PC 350 LC-8 identificando los componentes más críticos.

**Tercero.-** Al analizar el mejor tipo de mantenimiento, con los nuevos costos por mantenimiento estratégicos se logra ahorra y obtener un nuevo tipo de mantenimiento RCM anulando los mantenimientos preventivos y correctivos.

**Cuarto.-** Al involucrar todo los colaboradores del gobierno regional de Puno, se realiza un árbol de decisiones y responsabilidades donde el trabajo deja de ser un problema y se convierte en una tarea, y nace el mantenimiento estratégico RCM.

**Quinto.-** del 73% de eficiencia y confiabilidad de la unidad se llega a obtener el 95% de eficiencia y confiabilidad reduciendo los costos en un 15% por mantenimiento en periodo de tres meses.

**Sexto.-** Se realiza un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para dos años, alargando la vida de los componentes hasta en un 50% generando confiabilidad eficiencia en cada uno de los componentes primordiales.

**Séptimo.-** se encuentra los componentes críticos de cada uno de los sistemas identificando cada componente y donde deja de ser un problema y se convierte en una tarea.

## RECOMENDACIONES

**Primero.-** Para implementar y elaborar un procedimiento de RCM se debe realizar un seguimiento de cada tarea paso a paso para que se pueda fabricar equipos con las observaciones hechas para el clima en el Perú.

**Segundo.-** Se debe implementar formato propio para cada empresa y elaborar la viabilidad técnica.

**Tercero.-** Nuestro procedimiento debe estar enfocados a la seguridad y medio ambiente técnica.

**Cuarto.-** Para cada procedimiento es necesario realizar un análisis de riesgos ya que podríamos mejorar la seguridad del trabajador.

**Quinto.-** Siempre nuestros cálculos para la sustentación de la implementación del RCM debe ser conservador (poner en el peor caso)

**Sexto.-** Se requiere datos tomados de la misma empresa y datos del mismo lugar donde se realice el RCM.

**Séptimo.-** El facilitador debe tener amplia experiencia y conocimiento de los equipos de la empresa, y debe capacitarte en una entidad competente, ya que el RCM es un tipo de mantenimiento nuevo.

**Octavo.-** Debe de involucrar todo personal de campo, taller, oficina y administración en tiempo real aplicando el sistema Komtrax. Que trabaja con sistema de posicionamiento global (GPS).

**Noveno.-** Ejecutar arboles lógico, en toda las área de trabajo, con el fin de da tareas, responsabilidad y funciones aplicando el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Suárez, D. (1999) “Guía Teórico – Práctica y Análisis Estadístico de Falla”, Puerto La Cruz, Venezuela.
2. Suárez, D. (2001) “Guía Teórico – Práctica y Análisis Estadístico de Falla”, Puerto La Cruz, Venezuela.
3. Zambrano S, Leal S. (2005) “Fundamentos básicos de mantenimiento”. Feunet. San Cristóbal. Táchira. Venezuela.
4. Juan C. Benavides (2009) “Manual Interactivo de Mantenimiento y Pruebas Hidráulicas”. Latacunga.
5. Edgar E. Pérez (2010) “Diseño de Un Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad”.
6. Tecsup “mantenimiento centrado en confiabilidad metodología RCM y optimización” (2010)  
Manual virtual disponible en internet en:  
<https://drive.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqaHdOVVdRZm1aMFk/view>  
(Fecha de acceso el 15 de Julio del 2015).
7. UNE-20812. 1995 técnicas de análisis de fiabilidad de los sistemas. procedimiento de análisis de los modos de fallos y sus efectos (ANFE).
8. Sexto, L.F. (2014) (primera edición) manteamiento centrado en confiabilidad (RCM). Materia de estudio en maestría de gestión de mantenimiento (consultas: 15 de Diciembre 2015).
9. Fiabilidad, por Joel A. Nachlas,(1995) ; Editorial ISDEFE, ISBN: 84-89338-07-8,

10. KOMTRAX “Sistema Komatsu” disponible en internet en:

[<http://www.Komtrax.com>] (fecha de ingreso 24 Marzo del 2015).

11. Senatí especialización “Gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad”

Cursos virtuales disponibles en internet en:

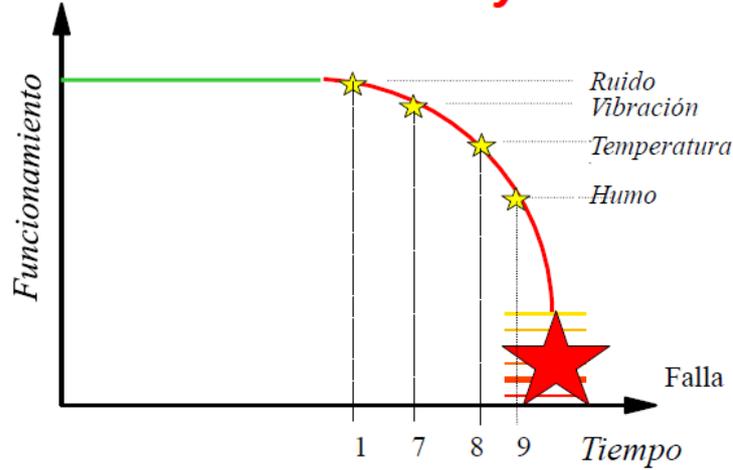
[http://virtual.senati.edu.pe/promo/espe\\_gestion\\_mantenimiento.php](http://virtual.senati.edu.pe/promo/espe_gestion_mantenimiento.php) (fecha de acceso el 15 de Julio del 2015).



**ANEXO**

Anexo: 1  
Variable tiempo y operación

**Efecto de Fallas y Consecuencias**



Efecto y Consecuencias	
Disminuye presión de aceite generando un sistema hidráulico más lento por alrededor de 2 semanas.	
Pérdida gradual de la fuerza de levante hasta la incapacidad total	
En la cadena de eventos, primero se genera un ruido en la bomba por 6 días, sube la vibración y aumenta la Temperatura en los días 7 y 8, el día 9 empieza a salir humo, 5 hrs. después se pierde totalmente la capacidad funcional afectando el resto de los sistemas dependientes. Tiempo de reparación = 6 horas Pérdida productiva 88 Baldadas.....350 baldadas diarias.	

Anexo: 2  
Horas de trabajo – Horas de funcionamiento

Última fecha de comunicación	Elemento	Suma Total	2014										2015			
			05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04		
7.2 18/05/2015 11:00:48	Consumo de gasoil[L]	13140	320	1104	609	2000	2410	307	2000	2100	0	0	0	1100		
	Altitud diaria / más elevada (m)	4440	3964	3964	4243	4212	4212	4212	4229	4212	4363	4363	4363	4440		
	Horas de trabajo[H]	835.0	-	105.0	123.0	151.0	28.0	115.0	137.0	156.0	0.0	0.0	0.0	20.0		
	Horas de trabajo reales[H]	520.5	-	-	84.5	111.0	16.6	81.6	96.5	116.1	0.0	0.0	0.0	14.0		
1.4 18/05/2015 11:27:06	Consumo de gasoil[L]	16160	3198	1670	1882	2688	390	1572	2043	2484	0	0	0	229		
	Altitud diaria / más elevada (m)	4582	4143	4143	4008	4143	4243	4212	4212	4212	4363	4363	4363	4582		
	Horas de trabajo[H]	1395.0	161.0	128.0	121.0	136.0	128.0	112.0	105.0	157.0	66.0	93.0	43.0	85.0		
	Horas de trabajo reales[H]	914.8	119.1	106.6	82.8	99.4	86.5	74.2	63.9	69.5	48.0	64.1	31.5	68.7		
3.5 18/05/2015 03:50:06	Consumo de gasoil[L]	28944	3254	3312	2432	3027	2814	2477	2163	2407	1643	2020	966	2424		
	Altitud diaria / más elevada (m)	4143	3975	3975	4008	4143	4143	4143	3996	3996	4013	4050	3923	2771		
	Horas de trabajo[H]	1042.0	136.0	168.0	125.0	101.0	120.0	109.0	103.0	35.0	4.0	47.0	31.0	63.0		
	Horas de trabajo reales[H]	685.4	94.6	107.5	84.6	57.3	67.8	68.2	66.8	24.5	2.8	34.3	23.6	53.0		

Anexo: 3  
Inventario de Maquinas - Komtrax

ARRIBA Máquina de flota Ajuste Menú de gestión Término de sesión

Jesus Torres Carrizales

**Lista de estado de trabajo**

Parámetros De Búsqueda

Mes de funcionamiento: [ 05/2014->04/2015 ]

Estado de trabajo diario Estado de trabajo mensual

---

ARRIBA Máquina de flota Ajuste Menú de gestión Término de sesión

Jesus Torres Carrizales

**Seguridad**

Parámetros De Búsqueda

Aviso de área Estado de área

Página 1 / 2 1 / 13 - 10 / 13 Descargar Editar Diseño

Modelo	Tipo	Nº De Serie	Horómetro (H)	Última fecha de comunicación	Rango de máquina 1	Rango de máquina 2	Rango de máquina 3
D65EX	16	81050	908.2	31/01/2014 15:16:53			
D65EX	16	81109	2404.0	18/05/2015 07:59:12			
D65EX	16	81189	2497.0	18/05/2015 06:42:46			
D65EX	16	81222	2223.6	18/05/2015 01:42:37			
GD555	5	55285	2012.1	18/05/2015 11:09:49			
GD555	5	55310	2139.7	18/05/2015 03:25:53			
GD555	5	55324	2909.2	18/05/2015 07:30:25			
GD555	5	55325	3297.2	18/05/2015 11:00:48			
PC350LC	8	A10664	4384.4	18/05/2015 11:27:08			
PC350LC	8	A10729	2686.5	18/05/2015 03:50:06			

Anexo: 4  
Control de mantenimiento preventivo Komtrax

Información De La Máquina - Internet Explorer

https://www.komtrax.komatsu.co.jp/kic/www/Detail/DetailFrame.aspx

Inicio Sesión Usuario: Jesus Torres Carrizales

Precaución/Mantenimiento Periódico (Sustituir)

Jesus Torres Carrizales

**Modelo** PC350LC **Tipo** 8 **Nº De Serie** A10664

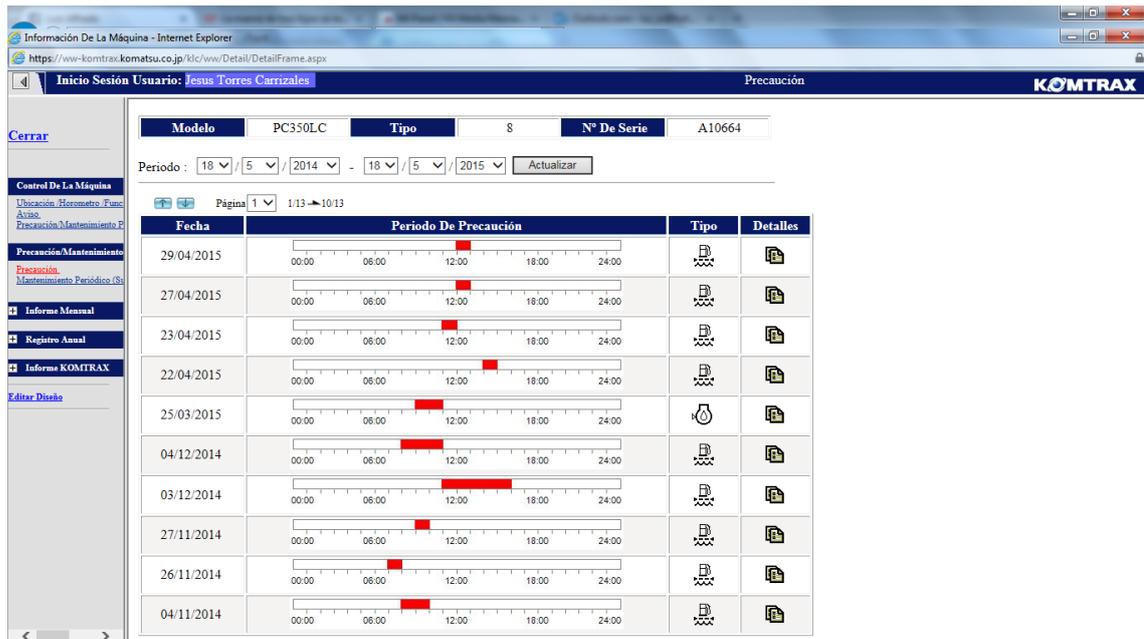
18 / 5 / 2015 Actualizar

**Precaución** Detalles

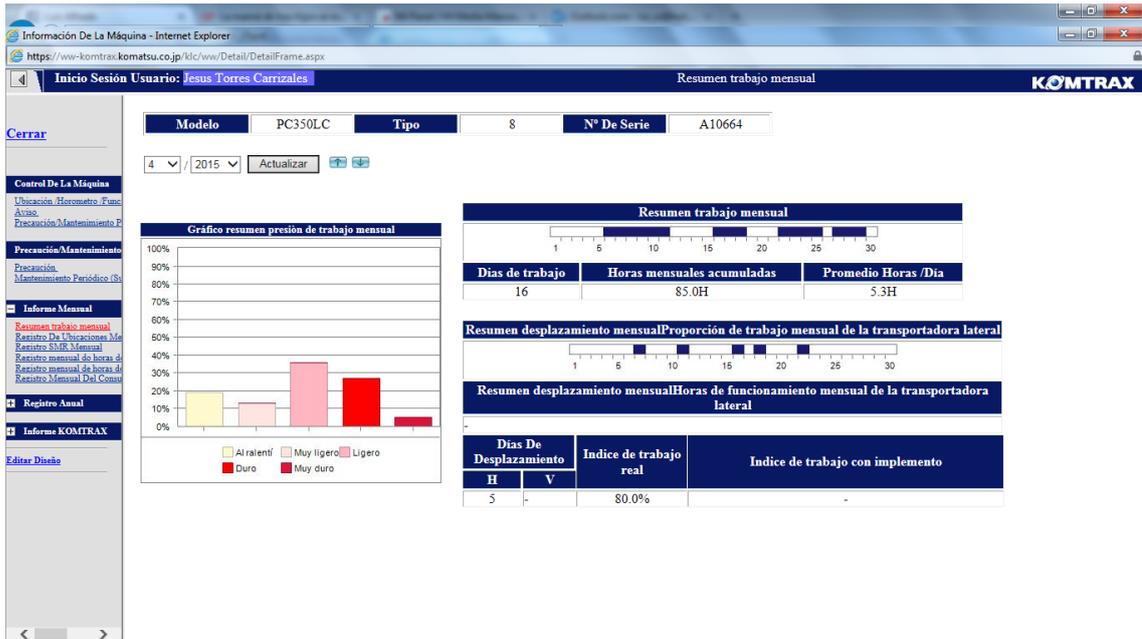
Periodo De Precaución	Tipo	Fecha
00:00 06:00 12:00 18:00 24:00		29/04/2015

**Información Sobre Mantenimiento (Sustitución)** [Ultimo SMR : 4384.4 H (18/05/2015)] Detalles

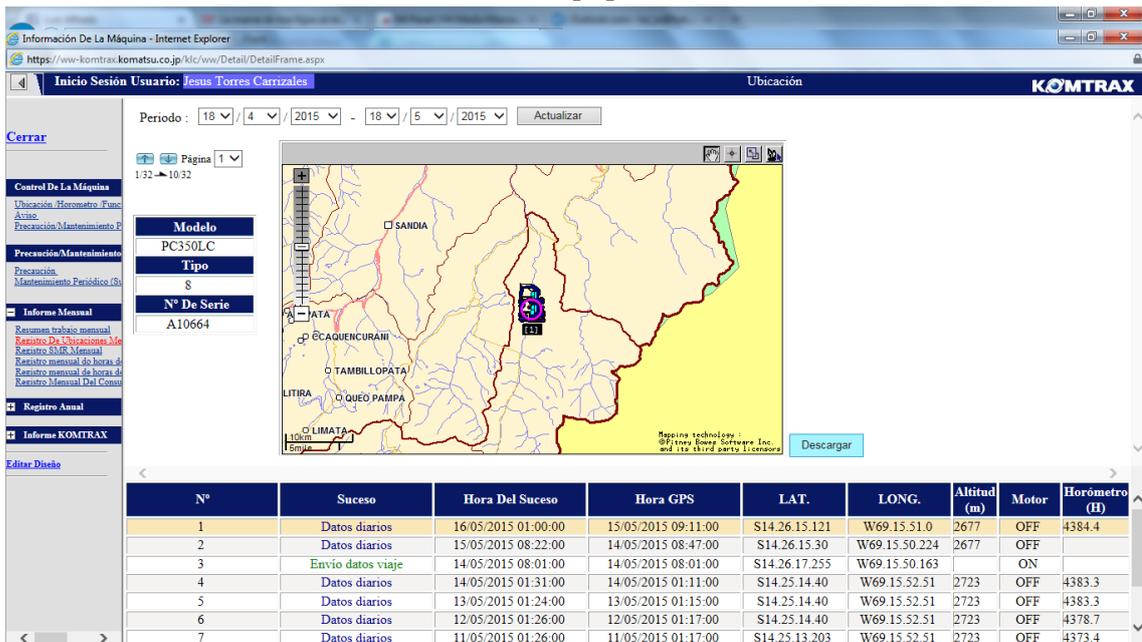
Parte	Horas	Fecha	Horas	Horas
Grupo Del Aceite Del Motor	500 H	25/03/2015	4247.7 H	113.2 H
Filtro Del Combustible	1000 H	25/03/2015	4247.7 H	113.2 H
Filtro Del Aceite Hidráulico	1000 H	03/09/2014	3565.7 H	181.2 H
Respiradero Del Depósito Hidráulico	500 H	24/10/2014	3770.0 H	-114.5 H
Resistor Anti-Corrosión	1000 H	05/09/2014	3571.3 H	186.8 H
Aceite De La Caja Del Amortiguador	1000 H	14/06/2014	3241.7 H	-143.5 H
Aceite De La Caja De La Transmisión Final	2000 H	21/12/2013	2445.3 H	60.9 H
Aceite De La Caja De La Maquinaria de giro	1000 H	24/10/2014	3770.0 H	385.5 H
Aceite Hidráulico	5000 H	21/12/2013	2445.3 H	3060.9 H
Prefiltro de combustible	500 H	25/03/2015	4247.7 H	113.2 H



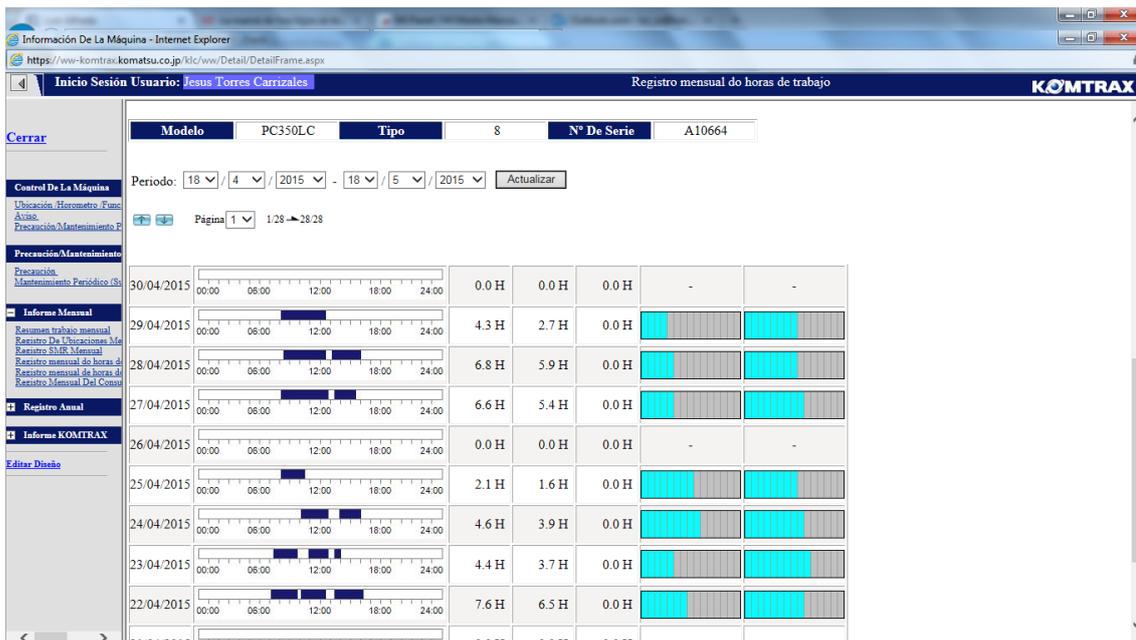
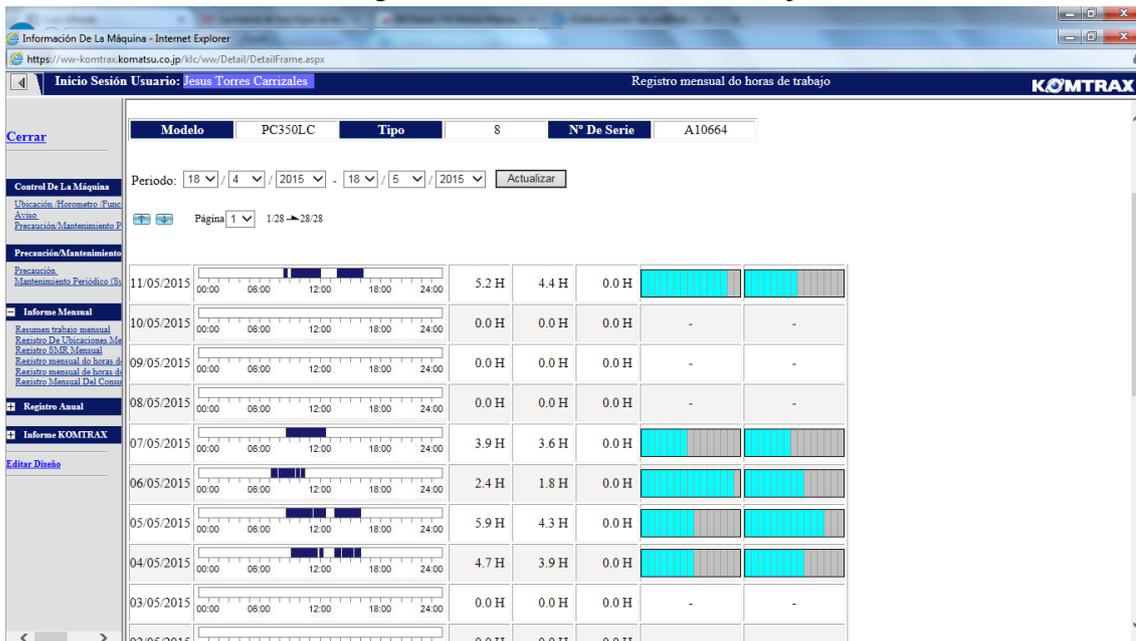
Elemento	Intervalo De Sustitución	Fecha De Sustitución	SMR En El Momento Del Intercambio.	Horas Para El Elemento
Aceite Del Motor	500 H	25/03/2015	4247.7 H	136.7 H
Filtro Del Aceite Del Motor	500 H	25/03/2015	4247.7 H	136.7 H
Filtro Del Combustible	1000 H	25/03/2015	4247.7 H	136.7 H
Prefiltro de combustible	500 H	25/03/2015	4247.7 H	136.7 H
Aceite Del Motor	500 H	11/12/2014	3974.2 H	273.4 H
Filtro Del Aceite Del Motor	500 H	11/12/2014	3974.2 H	273.4 H
Filtro Del Combustible	1000 H	11/12/2014	3974.2 H	273.4 H
Prefiltro de combustible	500 H	11/12/2014	3974.2 H	273.4 H
Aceite De La Caja De La Maquinaria de giro	1000 H	24/10/2014	3770.0 H	614.4 H
Aceite Del Motor	500 H	24/10/2014	3770.0 H	204.2 H
Filtro Del Aceite Del Motor	500 H	24/10/2014	3770.0 H	204.2 H
Filtro Del Combustible	1000 H	24/10/2014	3770.0 H	204.2 H
Respiradero Del Depósito Hidráulico	500 H	24/10/2014	3770.0 H	614.4 H
Prefiltro de combustible	500 H	24/10/2014	3770.0 H	204.2 H
Resistor Anti-Corrosión	1000 H	05/09/2014	3571.3 H	813.1 H
Filtro Del Aceite Hidráulico	1000 H	03/09/2014	3565.7 H	818.7 H
Filtro Del Combustible	1000 H	16/08/2014	3502.9 H	267.1 H
Prefiltro de combustible	500 H	16/08/2014	3502.9 H	267.1 H
Aceite Del Motor	500 H	16/08/2014	3502.9 H	267.1 H
Filtro Del Aceite Del Motor	500 H	16/08/2014	3502.9 H	267.1 H

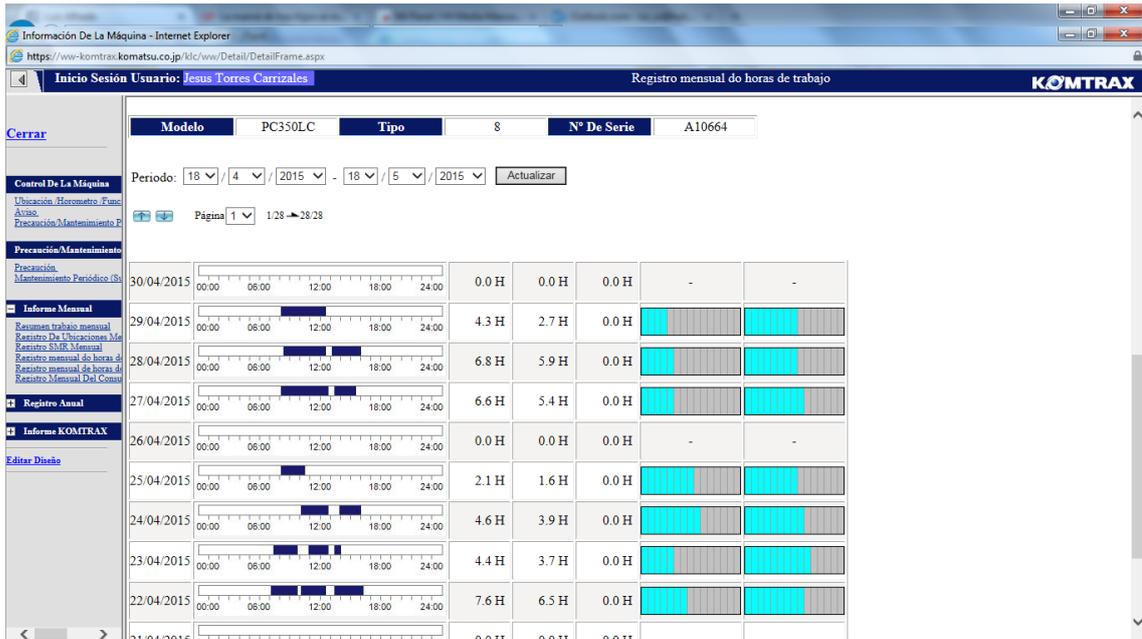


Anexo: 5  
Ubicación de equipo - Komtrax

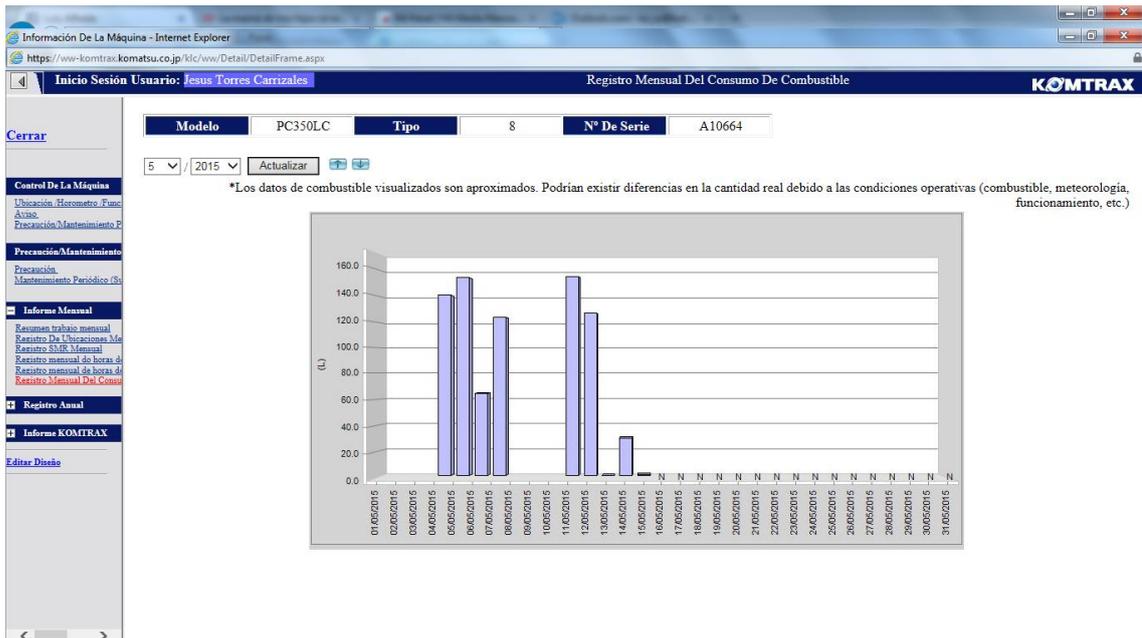


Anexo: 6  
Registro mensual de horas de trabajo

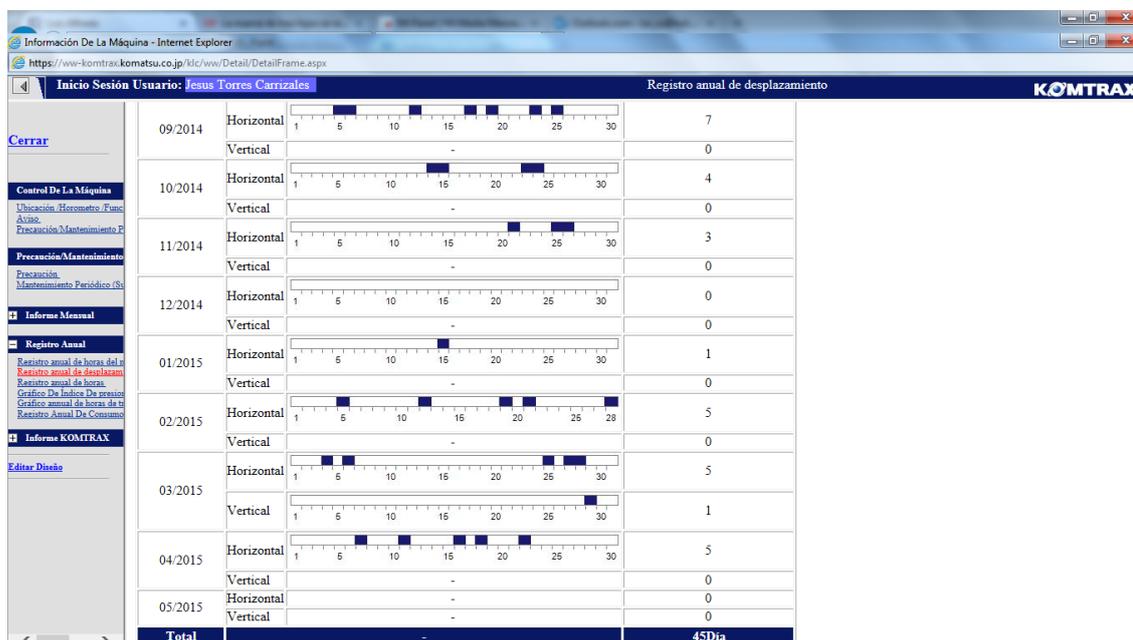
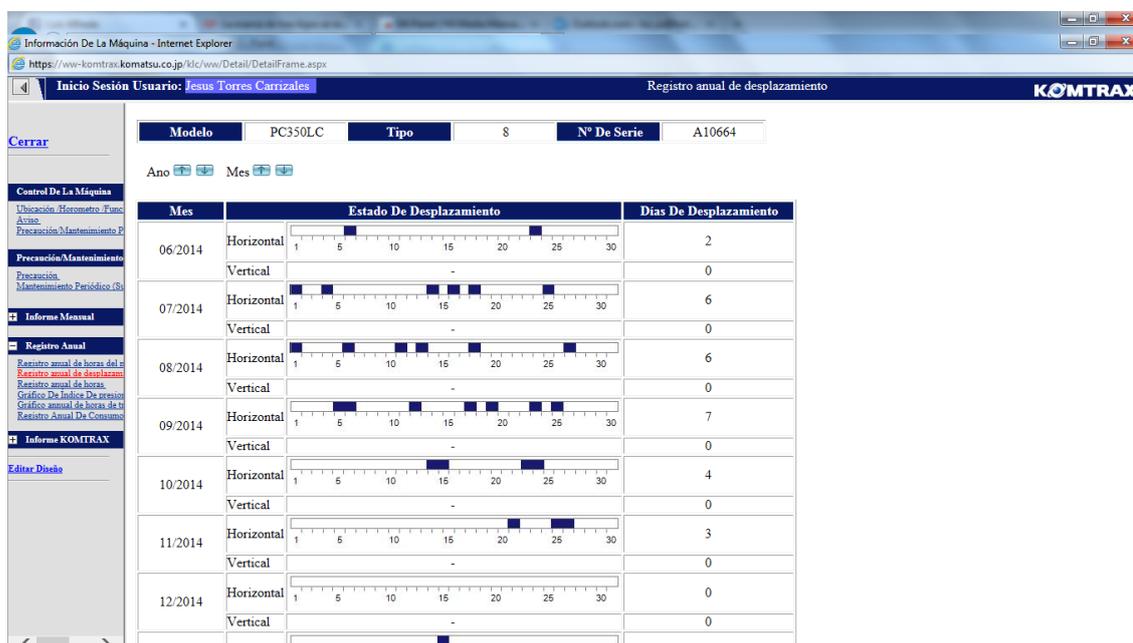




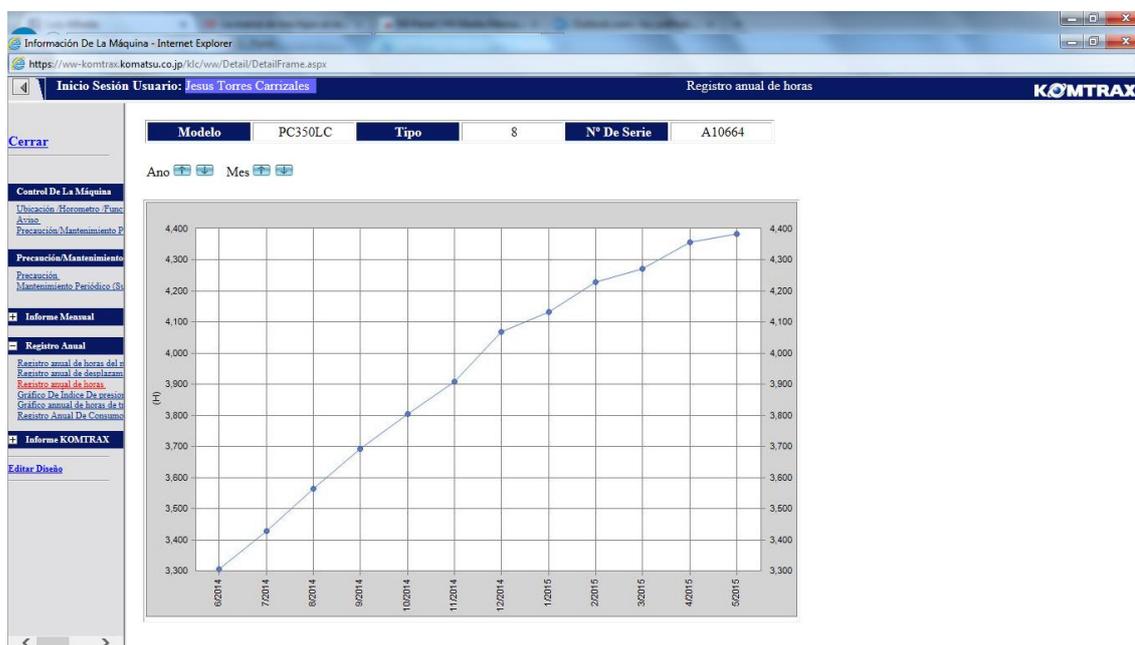
Anexo: 7  
Registro mensual de consumo de combustible



Anexo: 8  
Registro anual de desplazamiento



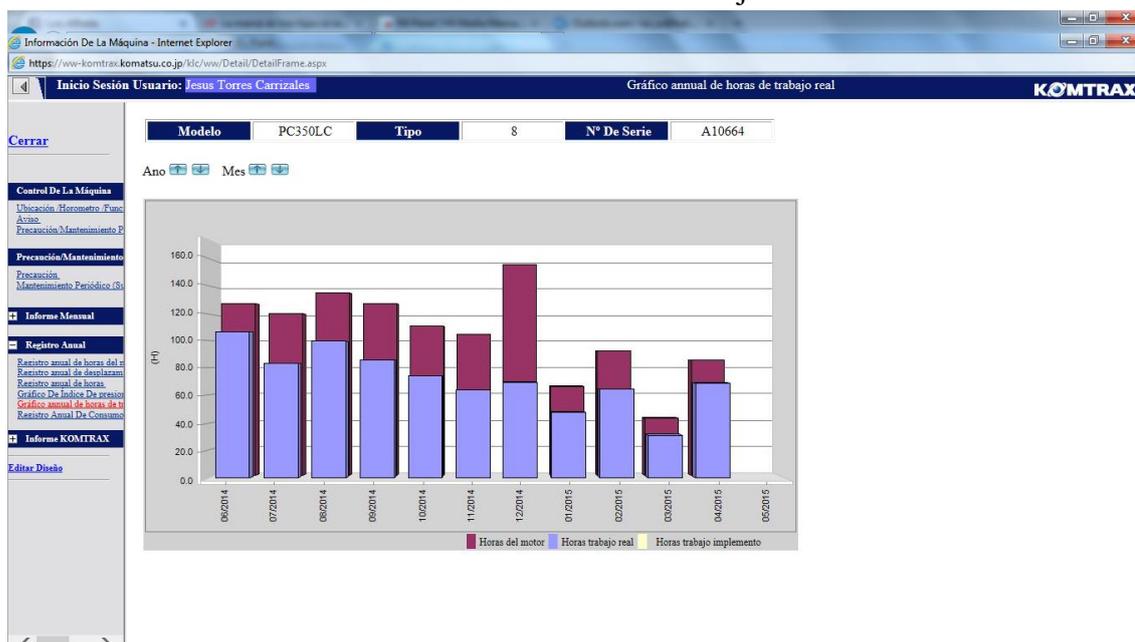
Anexo: 9  
Registro anual de horas de trabajo



Anexo: 10  
Gráfico de índice de presión



Anexo: 11  
Gráfico anual de horas de trabajo real



Anexo: 12  
Informe detallado de funcionamiento mensual

Modelo-Tipo	PC350LC - 8	
Nombre Del Cliente	Gobierno Reg. Puno	
Fecha De Entrega	18/11/2011	
N° De Serie	A10664	
Último SMR	4384.4 H	
N° De Control		
N° de máquina cliente		

\*Nombre Del Cliente:  Letter, 8 1/2 x 11 inch ▾  
 \*Fecha De Salida: 18 ▾ / 5 ▾ / 2015 ▾  
 \*Periodo Del Informe: 19 ▾ / 4 ▾ / 2015 ▾ - 18 ▾ / 5 ▾ / 2015 ▾

Información De Contacto Del Personal Del Servicio Al Cliente  
 Nombre De La Empresa:   
 Nombre:   
 Dirección De Contacto: