



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR  
EL PERIODO ÚTIL DE FUNCIONAMIENTO EN MOTORES  
ESTACIONARIOS MONOCILÍNDRICOS A GASOLINA Y  
DIÉSEL QUE SON UTILIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE  
SANTO DOMINGO.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**VELÁSQUEZ MERO FREDDY LEONARDO**

**DIRECTOR:**

**Lcdo. REMBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ CRESPO, MSc**

**Santo Domingo, Diciembre 2021**

© Universidad UTE. 2021

Reservados todos los derechos de reproducción.

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719973008
APELLIDOS Y NOMBRES:	Velásquez Mero Freddy Leonardo
DIRECCIÓN:	Rosales 3era etapa, calle Alberto Coloma y Avenida Schumacher
EMAIL:	freddy_leonardo11@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022710402
TELÉFONO MOVIL:	0995288606

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Plan de mantenimiento preventivo para aumentar el periodo útil de funcionamiento en motores estacionarios monocilíndricos a gasolina y diésel que son utilizados en la Municipalidad de Santo Domingo.
AUTOR O AUTORES:	Freddy Leonardo Velásquez Mero
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	15 de diciembre 2021
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Lcdo. Remberto José Rodríguez Crespo, MSc
PROGRAMA	Pregrado <input type="checkbox"/> X Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>El mantenimiento es indispensable para la producción de empresas e instituciones, se define como un conjunto de técnicas y procedimientos que se aplican a un objeto que tiene un movimiento sea lineal o circular u oscilante, entre otros, con el fin de que este vuelva a su funcionamiento.</p> <p>En este trabajo de investigación se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para el Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de</p>

	<p>Santo Domingo, con la finalidad de alargar la vida útil de los motores estacionarios monocilíndricos a gasolina y diésel, para lo cual se empezó realizando un inventario de los motores que están en funcionamiento. Luego se recopiló información sobre el estado de los motores para proceder a hacer un análisis de criticidad, el cual dio como resultado tres motores críticos. A estos tres motores se les realizó un AMFE, con la finalidad de detectar las posibles averías y fallas. Como resultado se detectó que dos concretaras y una cortadora presentan averías graves como: rotura de muelle de encendido, rotura de cauchos, vibraciones excesivas, filtro de diésel roto, etc., generando fallos al momento de encender y en sus operaciones.</p> <p>Además, se diseñó un software y un manual de uso, para facilitar la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, ya que el personal no tiene conocimientos técnicos en el mantenimiento de dichos motores. El software ayudará a llevar un control de horas de trabajo y un orden de mantenimiento adecuado, el cual se guiará en el cronograma de mantenimiento anual.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>GAD Santo Domingo, Mantenimiento Industrial, Análisis de Criticidad, AMFE (Análisis Modos de Fallos y Efectos.)</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Maintenance is essential for to produce of companies and institutions, as it defines itself as a set of techniques and procedures that apply to an object that has a linear or circular or oscillating movement, and others, to return it to its functioning.</p> <p>In this research project, a preventative maintenance plan is designed for the</p>

	<p>Public Works Department of the Municipality of Santo Domingo to prolong the useful life of the stationary single-cylinder gasoline and diesel engines, for which we began by making an inventory of the motors in operation. Next, data was obtained on the condition of the motors to carry out a criticality analysis, which resulted in the identification of three critical engines. An FMEA was done on these three engines to detect possible breakdowns and failures. As a result, it was detected that two concrete mixers and one cutter had severe failures due to: broken ignition spring, broken rubber, excessive vibrations, broken filter, and many others, generating faults at the moment how of ignition and in their operations.</p> <p>In addition, a software and user manual was designed for the management of preventive maintenance, to facilitate the execution of the preventive maintenance plan, considering that workers do not have technical knowledge of the maintenance of these motors. The software will help to monitor work hours and a proper maintenance sequence, which leads to the annual maintenance schedule.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p><b>Keywords:</b> GAD Santo Domingo, Industrial, Criticality Analysis, FMEA (Failure Modes and Effects Analysis).</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:



VELÁSQUEZ MERO FREDDY LEONARDO

C.I. 1719973008

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VELÁSQUEZ MERO FREDDY LEONARDO**, CI 1719973008 autor/a del proyecto de titulación: **“Plan de mantenimiento preventivo para aumentar el periodo útil de funcionamiento en motores estacionarios monocilíndricos a gasolina y diésel que son utilizados en la Municipalidad de Santo Domingo”**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 15 de diciembre 2021

f: 

VELÁSQUEZ MERO FREDDY LEONARDO

C.I. 1719973008

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título: **“Plan de mantenimiento preventivo para aumentar el periodo útil de funcionamiento en motores estacionarios monocilíndricos a gasolina y diésel que son utilizados en la Municipalidad de Santo Domingo”**, para aspirar al título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** fue desarrollado por **VELÁSQUEZ MERO FREDDY LEONARDO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Lcdo. REMBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ CRESPO, MSc

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

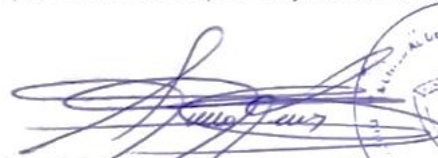
C.I. 1755051040



Santo Domingo, 14 de septiembre de 2021

Yo, ELVIS IVAN ESCUDERO MÉNDEZ con cedula de identidad 1712138988, Director de Obras Públicas de la Institución del GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO RUC: 1760004060001, estoy CONFORME con el trabajo realizado en la Institución denominado: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR EL PERIODO ÚTIL DE FUNCIONAMIENTO EN MOTORES ESTACIONARIOS MONOCILÍNDRICOS A GASOLINA Y DIÉSEL QUE SON UTILIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SANTO DOMINGO, elaborado por el señor FREDDY LEONARDO VELASQUEZ MERO, siendo de gran aporte para la Institución obteniendo excelentes resultados en su aplicación.

El interesado puede hacer uso de la presente cómo mas lo crea conveniente, sin más que acotar me despido muy atentamente,

  
ING. ELVIS IVAN ESCUDERO MÉNDEZ  
DIRECTOR DE OBRAS PÚBLICAS  
Telf.: 098 288 1441





## **DEDICATORIA**

En primer lugar este trabajo de investigación le dedico a Dios Padre, quien me ayudó desde un inicio cuando comencé este reto, en el cual me ayudó con la inteligencia, perseverancia y constancia para llegar hasta aquí y lograr mi sueño.

En segundo lugar honrando a mis queridos padres que siempre estuvieron apoyándome en todo momento hasta en mis caídas, ellos me ayudaron a levantarme, son la piedra angular de mi vida, a ellos va dedicado este logro que para mí es uno de los más importantes de mi vida. Queridos padres esto va dedicado para ustedes. Disfruten de este logro en mi vida queridos padres amados.

Y le dedico una parte de este logro a mi esposa que siempre estuvo ahí levantándome y apoyándome moralmente con sus energías siempre positivas, esta parte de mi vida va dedicado a ti y a nuestro hijo amado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios primero ante todo, quien hizo todo posible para que pueda cumplir una de mis metas cuando había momentos que se me ponía cuesta arriba, fue Él (Dios), quien actuó por mí, gracias Padre celestial y a tu Hijo amado Cristo Jesús, quienes me acompañaron desde que inicié este largo camino para llegar a la meta.

Agradecer eternamente a mis queridos padres por su apoyo incondicional sobre mí y su confianza puesta sobre mí, esto es lo que sembraron y ahora cosechan.

Agradecer profundamente a mi querida esposa que siempre me inculcó a seguir y no dejarme caer, gracias esposa de mi vida.

Agradecimientos a los docentes que forman partes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias quienes me instruyeron profesionalmente desde mi inicio de carrera, con sus conocimientos impartidos que nos ayudan como estudiantes y profesionales a crecer más. Y un especial agradecimiento al estimado Msc. Remberto Rodríguez por su disposición de ser Director de este proyecto de investigación.

Agradecimiento a la noble Institución del GAD Municipal de Santo Domingo (Departamento de Obras Públicas y a su Director Ing. Elvis Escudero, por permitirme trabajar en el desarrollo de mi proyecto técnico de investigación.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO.....	3
1.1.2	LAS GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO .....	4
1.1.2.1	Primera generación (1930 – 1950).....	4
1.1.2.2	Segunda generación del mantenimiento (1950 – 1980).....	4
1.1.2.3	Tercera generación del mantenimiento (1980- 2000) .....	4
1.1.2.4	Cuarta generación (1995 – 2002) .....	5
1.1.2.5	Terotecnologías o mantecnologías (2002 en adelante...).....	5
1.1.3	EL MANTENIMIENTO.....	5
1.1.4	LA MISIÓN DEL MANTENIMIENTO. ....	5
1.1.5	LOS OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	6
1.1.6	TIPOS DE MANTENIMIENTO MÁS UTILIZADOS.....	6
1.1.6.1	Mantenimiento preventivo .....	6
1.1.6.1.1	Ventajas del mantenimiento preventivo .....	6
1.1.6.1.2	Desventajas del mantenimiento preventivo.....	7
1.1.6.1.3	Aplicaciones del mantenimiento preventivo .....	7
1.1.6.2	Mantenimiento correctivo .....	7
1.1.6.2.1	Ventajas del mantenimiento correctivo .....	7
1.1.6.2.2	Desventajas del mantenimiento correctivo.....	7
1.1.6.2.3	Aplicaciones del mantenimiento correctivo .....	7
1.1.6.3	Mantenimiento preventivo predictivo o condicional .....	7
1.1.6.3.1	Ventajas del mantenimiento predictivo.....	7
1.1.6.3.2	Desventajas del mantenimiento predictivo .....	8
1.1.6.3.3	Aplicaciones del mantenimiento predictivo.....	8
1.1.6.4	El mantenimiento preventivo sistemático .....	9
1.1.6.4.1	Ventajas del mantenimiento sistemático .....	9
1.1.6.4.2	Desventajas del mantenimiento sistemático .....	9
1.1.6.4.3	Aplicaciones del mantenimiento sistemático .....	9
1.1.7	INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....	9
1.1.7.1	Fiabilidad.....	9
1.1.7.2	Tiempo promedio de reparación (MTTR) .....	9
1.1.7.3	Tiempo promedio entre fallas (MTBF).....	10

1.1.7.4	Disponibilidad.....	10
1.1.8	SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	10
1.1.8.1	Delimitación y señalización de áreas de trabajo que conlleven riesgos laborales. ....	10
1.1.8.2	Riesgos de enfermedades que puede ocasionar el mantenimiento.. ....	12
1.1.8.3	Riesgos de enfermedades por ruidos .....	12
1.1.8.4	Límites permisibles de exposición al ruido.....	12
1.1.8.5	Riesgos de enfermedades por vibraciones mano – brazo .....	13
1.1.8.6	RIESGO DE ENFERMEDADES POR TEMPERATURA.....	13
1.1.9	INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN PÚBLICA DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO.....	13
1.1.10	MISIÓN .....	13
1.1.11	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO .....	14
1.1.12	LAS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN.....	14
1.2	PROBLEMÁTICA .....	15
1.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.4	OBJETIVOS.....	16
1.4.1	OBJETIVO GENERAL .....	16
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	16
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
2.1	METODOLOGÍA .....	17
2.1.1	TIPO, NIVEL Y MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
2.1.2	TIPO Y METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO.....	17
2.1.3	ETAPAS DEL MANTENIMIENTO.....	18
2.1.3.1	Paso 1: Determinar objetivos .....	18
2.1.3.2	Paso 2: Establecer un presupuesto .....	18
2.1.3.3	Paso 3: Maquinaria y equipo a incluir en el plan de mantenimiento.. ....	24
2.1.3.4	Paso 4: Revisar los mantenimientos previos realizados .....	24
2.1.3.5	Paso 5: Consultar los manuales de equipos .....	24
2.1.3.6	Paso 6: Obligación legal .....	24
2.1.3.7	Paso 7: Designación de responsables .....	25
2.1.3.8	Paso 8: Elegir el tipo de mantenimiento.....	25

2.1.3.9	Paso 9: Ejecución de tareas del plan de mantenimiento.....	26
2.1.3.10	Paso 10: Revisión del plan de mantenimiento .....	26
2.1.4	CAPACITACIÓN PERSONAL.....	26
2.1.5	EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS Y MATERIAL .....	26
2.1.5.1	Equipos .....	26
2.1.5.2	Herramientas .....	26
2.1.5.3	Insumos .....	26
2.1.5.4	Materiales .....	27
2.1.5.5	Equipos de protección utilizados.....	27
2.1.6	CÁLCULO DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO Y DE PARADA O MANTENIMIENTO.....	27
2.1.6.1	Horas de mantenimiento de cada máquina o parada.....	27
2.1.6.2	Horas totales de funcionamiento de cada máquina .....	29
2.1.7	NIVELES DE EQUIPOS.....	32
2.1.8	CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	33
2.1.9	DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	34
2.1.10	DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	35
2.1.11	ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	37
2.1.11.1	Parámetros de análisis de criticidad según la norma iso 14224..	38
2.1.11.2	Criterios de evaluación de falla .....	38
2.1.11.3	Criterio de evaluación de consecuencia.....	38
2.1.11.4	Cálculo del índice de criticidad.....	40
2.1.11.5	Valores de criticidad.....	41
2.1.12	ANÁLISIS Y MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE).....	42
2.1.12.1	Criterios para amfe.....	42
2.1.12.2	Índice prioridad de riesgos .....	44
2.1.12.3	Valores de índice de prioridad de riesgos .....	44
2.1.13	DIAGRAMA DE ISHIKAWA O CAUSA Y EFECTO.....	46
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
3.1	RESULTADOS.....	47
3.1.1	INVENTARIO DE MÁQUINAS .....	47
3.1.2	DATOS DE TEMPERATURA REALIZADOS A LOS MOTORES CRÍTICOS.....	47
3.1.2.1	Temperatura de cortadora 1 .....	47
3.1.2.2	Temperatura de concretera 1.....	48

3.1.2.3	Temperatura de concretera 5.....	48
3.1.3	GRÁFICA DE PARETO .....	49
3.1.3.1	Gráfica de pareto cortadora 1 .....	49
3.1.3.2	Gráfica de pareto concretera 1 .....	50
3.1.3.3	Gráfica de pareto concretera 5 .....	50
3.1.3.4	Tabla de torque y potencia al motor de concretera 5.....	51
3.1.4	BASE DE DATOS .....	52
3.1.4.1	Modelo de relación – entidad.....	56
3.1.5	SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.....	57
3.1.6	MANUAL DE USO DEL SOFTWARE .....	61
3.1.6.1	Para ingresar al sistema .....	61
3.1.6.2	Menú de tareas .....	62
3.1.6.3	Formulario de personal y máquina.....	62
3.1.6.3.1	Ingreso de personal y máquina al sistema.....	62
3.1.6.3.2	Botón modificar un registro guardado .....	63
3.1.6.3.3	Botón cancelar .....	65
3.1.6.3.4	Botón eliminar registro .....	65
3.1.6.4	Formulario orden de mantenimiento .....	67
3.1.6.4.1	Botón eliminar una orden de mantenimiento.....	67
3.1.6.4.2	Botón cancelar una orden de mantenimiento.....	67
3.1.6.4.3	Botón modificar una orden de mantenimiento.....	67
3.1.6.4.4	Imprimir la orden de mantenimiento.....	68
3.1.6.5	Formulario orden de inspección.....	69
3.1.6.5.1	Nueva orden de inspección.....	69
3.1.6.5.2	Botón modificar una orden de inspección .....	71
3.1.6.5.3	Imprimir reporte inspección .....	71
3.1.6.5.4	Botón cancelar una orden de inspección .....	72
3.1.6.5.5	Botón eliminar una orden inspección .....	72
3.1.6.6	Formulario control de horas .....	73
3.1.6.6.1	Nueva hoja de control de horas .....	73
3.1.6.6.2	Botón modificar hoja de control de horas de funcionamiento.....	73
3.1.6.6.3	Botón eliminar una hoja de control de horas de funcionamiento.	74
3.1.6.6.4	Cancelar una hoja de control de funcionamiento. ....	74
3.1.6.6.5	Imprimir una hoja de control de funcionamiento.....	74
3.1.6.6.6	Explicación del formato de horas de funcionamiento. ....	75

<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	77
4.2	RECOMENDACIONES .....	77
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
<b>Tabla 1.</b> Límites permisibles según la conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales .....	12
<b>Tabla 2.</b> Recursos a utilizar en el mantenimiento de compactadoras.....	19
<b>Tabla 3.</b> Recursos a utilizar en el mantenimiento de concreteras a diésel	21
<b>Tabla 4.</b> Recursos a utilizar en el mantenimiento de concreteras a gasolina.....	22
<b>Tabla 5.</b> Recursos a utilizar en el mantenimiento de cortadoras .....	23
<b>Tabla 6.</b> Horas de paradas por mantenimiento de cada máquina hasta junio 2021 .....	28
<b>Tabla 7.</b> Horas de funcionamiento de cada máquina .....	30
<b>Tabla 8.</b> Codificación de cada máquina.....	33
<b>Tabla 9.</b> Criterio de frecuencia de fallas .....	38
<b>Tabla 10.</b> Criterio de impacto ambiental .....	39
<b>Tabla 11.</b> Criterio impacto operacional .....	39
<b>Tabla 12.</b> Costo de mantenimiento.....	39
<b>Tabla 13.</b> Criterio de seguridad .....	40
<b>Tabla 14.</b> Criterio daño a la población .....	40
<b>Tabla 15.</b> Valor de criticidad .....	41
<b>Tabla 16.</b> Matriz de criticidad.....	42
<b>Tabla 17.</b> Criterios de frecuencia.....	43
<b>Tabla 18.</b> Criterios de gravedad .....	43
<b>Tabla 19.</b> Criterios de detección .....	44
<b>Tabla 20.</b> Calificación de prioridad de riesgo.....	44
<b>Tabla 21.</b> Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE).....	45
<b>Tabla 22.</b> Temperatura de la aleta del motor cortadora 1 .....	47
<b>Tabla 23.</b> Temperatura de aleta del motor concretera 1.....	48
<b>Tabla 24.</b> Temperatura de aleta del motor concretera 5.....	48
<b>Tabla 25.</b> Resultado de torque y potencia del motor concretera 5. ....	52
<b>Tabla 26.</b> Valores de tabla coeficientes de gases residuales .....	88
<b>Tabla 27.</b> Características del termómetro infrarrojo WH550.....	192



# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Evolución histórica del mantenimiento.....	3
<b>Figura 2.</b> Tipos o modelos de mantenimiento .....	6
<b>Figura 3.</b> Diagrama P-F.....	8
<b>Figura 4.</b> Señales de prohibición en mantenimiento de motores.....	10
<b>Figura 5.</b> Señales de advertencia.....	11
<b>Figura 6.</b> Señales de equipos de seguridad personal .....	11
<b>Figura 7.</b> Señalización de seguridad .....	11
<b>Figura 8.</b> Estructura organizacional del gad municipal de santo domingo.....	14
<b>Figura 9.</b> Las seis grandes pérdidas de los equipos de producción.....	15
<b>Figura 10.</b> Descripción del proceso del plan de mantenimiento preventivo....	18
<b>Figura 11.</b> Niveles de equipos.....	32
<b>Figura 12.</b> Flujograma de criticidad .....	37
<b>Figura 13.</b> Diagrama ishikawa.....	46
<b>Figura 14.</b> Curva de temperatura de cortadora1 .....	49
<b>Figura 15.</b> Curva de temperatura de concretera 1 .....	50
<b>Figura 16.</b> Curva de temperatura de concretera 5 .....	51
<b>Figura 17.</b> Tablas de máquina.....	53
<b>Figura 18.</b> Tabla de inspección .....	54
<b>Figura 19.</b> Tabla de personal .....	54
<b>Figura 20.</b> Tabla orden de mantenimiento.....	55
<b>Figura 21.</b> Tabla de tarea .....	55
<b>Figura 22.</b> Tabla de control de horas .....	56
<b>Figura 23.</b> Base de datos entidad – relación .....	57
<b>Figura 24.</b> Interfaz de personal .....	58
<b>Figura 25.</b> Interfaz de máquina .....	59
<b>Figura 26.</b> Interfaz de orden de mantenimiento.....	59
<b>Figura 27.</b> Interfaz de inspección .....	60
<b>Figura 28.</b> Interfaz de control de horas.....	60
<b>Figura 29.</b> Ingreso al sistema .....	61
<b>Figura 30.</b> Menú principal.....	62
<b>Figura 31.</b> Formulario de ingreso de máquina.....	62
<b>Figura 32.</b> Registro guardado.....	63

<b>Figura 33.</b> Modificar máquina.....	63
<b>Figura 34.</b> Botón modificar .....	64
<b>Figura 35.</b> Botón guardar .....	64
<b>Figura 36.</b> Registro modificado .....	65
<b>Figura 37.</b> Selección de registro a eliminar .....	65
<b>Figura 38.</b> Botón eliminar registro .....	66
<b>Figura 39.</b> Registro eliminado .....	66
<b>Figura 40.</b> Crear nueva orden de mantenimiento.....	67
<b>Figura 41.</b> Búsqueda y selección de orden de mantenimiento.....	68
<b>Figura 42.</b> Impresión de registro .....	68
<b>Figura 43.</b> Impresión de una orden de mantenimiento.....	69
<b>Figura 44.</b> Ingreso de nombre de personas a formulario de inspección.....	70
<b>Figura 45.</b> Verificación de registro de inspección guardado.....	70
<b>Figura 46.</b> Registro de inspección guardado.....	71
<b>Figura 47.</b> Búsqueda de registro de inspección .....	71
<b>Figura 48.</b> Impresión de orden de inspección .....	72
<b>Figura 49.</b> Formulario de nueva hoja de control de horas .....	73
<b>Figura 50.</b> Modificar una hoja de control de horas de funcionamiento. ....	74
<b>Figura 51.</b> Impresión de una hoja de control de horas .....	75
<b>Figura 52.</b> Hoja de control de horas a imprimir .....	75
<b>Figura 53.</b> Formato de horas de control de funcionamiento .....	76
<b>Figura 54.</b> Ciclo termodinámico diésel. ....	84
<b>Figura 55.</b> Tabla de valores en la combustión de jóvac & máslov.....	90
<b>Figura 56.</b> Tabla de valores de los gases quemados.....	92
<b>Figura 57.</b> Simulación de aleta del motor concretera 5.....	98
<b>Figura 58.</b> Radio de un cilindro .....	103

# ÍNDICE DE ANEXOS

## PÁGINA

<b>ANEXO 1.</b> CÁLCULOS TERMODINÁMICOS AL MOTOR DE LA CONCRETERA 5.....	84
<b>ANEXO 2.</b> CÁLCULO DE TEMPERATURA DE ALETA DE MOTOR.....	97
<b>ANEXO 3.</b> TEMPERATURAS DE MOTORES.....	106
<b>ANEXO 4.</b> MEDICIONES Y SEGUIMIENTO A LOS MOTORES.....	109
<b>ANEXO 5.</b> PARTES INCOMPLETAS EN MOTORES ESTACIONARIOS ...	111
<b>ANEXO 6.</b> CARTA DE DEMANDA DE LA INSTITUCIÓN .....	112
<b>ANEXO 7.</b> HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO DE CADA MÁQUINA .....	113
<b>ANEXO 8.</b> LISTADO DE EQUIPOS POR NIVELES.....	116
<b>ANEXO 9.</b> MATRIZ DE CRITICIDAD.....	121
<b>ANEXO 10.</b> ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS.....	125
<b>ANEXO 11.</b> CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO AÑO 2021 .....	158
<b>ANEXO 12.</b> CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PIRÓMETRO INDUSTRIAL QUE SE UTILIZÓ.....	192

## RESUMEN

El mantenimiento es indispensable para la producción de empresas e instituciones, se define como un conjunto de técnicas y procedimientos que se aplican a un objeto que tiene un movimiento sea lineal o circular u oscilante, entre otros, con el fin de que este vuelva a su funcionamiento.

En este trabajo de investigación se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para el Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de Santo Domingo, con la finalidad de alargar la vida útil de los motores estacionarios monocilíndricos a gasolina y diésel, para lo cual se empezó realizando un inventario de los motores que están en funcionamiento. Luego se recopiló información sobre el estado de los motores para proceder a hacer un análisis de criticidad, el cual dio como resultado tres motores críticos. A estos tres motores se les realizó un AMFE, con la finalidad de detectar las posibles averías y fallas. Como resultado se detectó que dos concretaras y una cortadora presentan averías graves como: rotura de muelle de encendido, rotura de cauchos, vibraciones excesivas, filtro de diésel roto, etc., generando fallos al momento de encender y en sus operaciones.

Además, se diseñó un software y un manual de uso, para facilitar la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, ya que el personal no tiene conocimientos técnicos en el mantenimiento de dichos motores. El software ayudará a llevar un control de horas de trabajo y un orden de mantenimiento adecuado, el cual se guiará en el cronograma de mantenimiento anual.

**Palabras Clave:** GAD Santo Domingo, Industrial, Análisis de Criticidad, AMFE (Análisis Modos de Fallos y Efectos.)

## ABSTRACT

Maintenance is essential for to produce of companies and institutions, as it defines itself as a set of techniques and procedures that apply to an object that has a linear or circular or oscillating movement, and others, to return it to its functioning.

In this research project, a preventative maintenance plan is designed for the Public Works Department of the Municipality of Santo Domingo to prolong the useful life of the stationary single-cylinder gasoline and diesel engines, for which we began by making an inventory of the motors in operation. Next, data was obtained on the condition of the motors to carry out a criticality analysis, which resulted in the identification of three critical engines. An FMEA was done on these three engines to detect possible breakdowns and failures. As a result, it was detected that two concrete mixers and one cutter had severe failures due to: broken ignition spring, broken rubber, excessive vibrations, broken filter, and many others, generating faults at the moment how of ignition and in their operations.

In addition, a software and user manual was designed for the management of preventive maintenance, to facilitate the execution of the preventive maintenance plan, considering that workers do not have technical knowledge of the maintenance of these motors. The software will help to monitor work hours and a proper maintenance sequence, which leads to the annual maintenance schedule.

**Keywords:** GAD Santo Domingo, Industrial, Criticality Analysis, FMEA (Failure Modes and Effects Analysis).

# **1 INTRODUCCIÓN**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial surge por la necesidad de hacer perdurar los equipos o herramientas utilizados en la fabricación de productos el mayor tiempo posible. De 1914 a 1950 comenzó a regularizarse el mantenimiento como un área importante para mantener los equipos óptimos y se crean reglas de prevención. De 1950 a 1970, las empresas comienzan a implementar en su diseño el área o departamento de mantenimiento. Desde 1970 las empresas de producción implementan el mantenimiento productivo total, en el cual se unifican los trabajadores de mantenimiento y de producción para lograr una eficiencia alta en la elaboración de un producto de alta calidad o servicio. Los tipos de mantenimiento que existen actualmente y que son implementados en planes de mantenimiento son:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Preventivo Sistemático
- Mantenimiento Preventivo Predictivo

El mantenimiento preventivo nace al inicio de siglo XX (1910), con la empresa de Henry Ford en la Ford Motor Company, implementando el mantenimiento preventivo, ya que hasta ese entonces sólo se aplicaba mantenimiento correctivo, 20 años después es adoptado en Europa y 42 años después se implementó en Japón. Y a mediados del siglo XX las empresas comienzan a adoptar el mantenimiento preventivo en sus plantas de producción. (Medrano, 2017). La figura 1, muestra la evolución del mantenimiento preventivo.

Año	Descripción
1780	Mantenimiento correctivo
1798	Uso de partes intercambiables
1903	Producción industrial masiva
1910	Cuadrillas de mantenimiento correctivo
1914	Mantenimiento preventivo
1931	Control de calidad del producto manufacturado
1950	Control estadístico de calidad
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad
1971	Desarrollo del mantenimiento productivo total
1995	Desarrollo del proceso de las 5 S
2005	Surgimiento de la filosofía de conservación industrial

**Figura 1.** Evolución histórica del mantenimiento.

(Medrano, 2017).

### 1.1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO

La evolución histórica del siglo XX tuvo tres antecedentes generacionales importantes: la primera, la segunda y tercera generación que nunca tuvo una

frontera para distinguir de una generación a la otra, sólo se puede distinguir por la evolución de técnicas y organizaciones que se implementaron en esa época.

La industria que más evolucionó por delante del resto de industrias en aquella época fue la aeronáutica, en esta industria ya se comenzaron a desarrollar las tecnologías predictivas, dejando atrás a la industria naval y ferroviaria. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

Según (K.Schwab, 2016) afirma, ahora que vivimos en el siglo XXI estamos a las puertas de entrar a la cuarta revolución industrial relacionándolo con la inteligencia artificial, y tecnología cuántica. El mantenimiento surge desde la primera revolución industrial con las máquinas a vapor.

## **1.1.2 LAS GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO**

### **1.1.2.1 Primera generación (1930 – 1950)**

Según se menciona que en esta época sólo se reparaban las máquinas que se dañaban y se paraba la producción. Y el mantenimiento sólo se basaba en engrase, lubricación y limpiezas. Se realizaban cuidados físicos, pero aún en esta generación no se consideraba el mantenimiento preventivo (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

### **1.1.2.2 Segunda generación del mantenimiento (1950 – 1980)**

Se menciona que después de la segunda guerra mundial, del desarrollo de la industria de la aviación nace el concepto de mantenimiento preventivo, con el fin de que los equipos duren el máximo tiempo posible, optimizando los costos de mantenimiento lo más bajo posible (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

### **1.1.2.3 Tercera generación del mantenimiento (1980- 2000)**

Se implementan las normativas como la ISO 9000 (Calidad) y la ISO 14000 (Medio ambiente), también se integran el costo total del ciclo de vida de un equipo o máquina, quiere decir que se hace un presupuesto total de la máquina por el tiempo estimado de funcionamiento.

En esta generación se incluye diagnóstico de averías cuando ocurre un síntoma de falla y cuando es necesario se buscan nuevos diagnósticos más minuciosos de averías antes de que ocurra una falla. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011)



#### **1.1.2.4 Cuarta generación (1995 – 2002)**

Según se menciona en esta época surge dos métodos técnicos para diagnosticar fallas de equipos, pero muy distintos el uno del otro, surgen el mantenimiento centrado en fiabilidad, RCM (Reliability-Centered Maintenance) y el Mantenimiento productivo total, TPM (Total Productive Maintenance). No se puede utilizar los dos métodos en el mismo diagnóstico, pero si integrar partes necesarias como análisis de criticidad, entre otros aspectos. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011)

#### **1.1.2.5 Terotecnologías o mantecnologías (2002 en adelante...)**

Según el autor (Gutiérrez Mora, 2009), menciona que en 1970 los autores del desarrollo del concepto que revolucionaría la gestión y la operación de mantenimiento, los ingleses M.Husband y Dennis Parkes, la terotecnología involucra los costos de gestión de mantenimiento basados en los costos del ciclo de vida de un equipo o producto, en la que se integran todos los esfuerzos de la etapas de fabricación, producción, explotación, mantenimiento y operación integral de los equipos con el objetivo de obtener un excelente rendimiento de mantenimiento bajo un enfoque de costos.

“Los ingleses lo definen como la norma británica a mantenimiento como la combinación de todas las técnicas y actividades administrativas asociadas, que intentan retener y conservar el estado original de los equipos que fueron diseñados” (Gutiérrez Mora, 2009). Esto se refiere que para los ingleses el mantenimiento es una norma importante en la industria que afecta directamente a todo el sistema productivo, entonces buscan que el mantenimiento sea utilizado con todas las técnicas posibles y la administración para reducir pérdidas y conservar los equipos como nuevos.

### **1.1.3 EL MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es una serie de conocimientos técnicos, de administración y de gestión, que intervienen en un elemento o equipo con el fin de recuperar su estado de operación normal de funcionamiento y pueda alargarse su vida útil durante un período de tiempo. (José A, Gonzales, & León, 2017).

### **1.1.4 LA MISIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

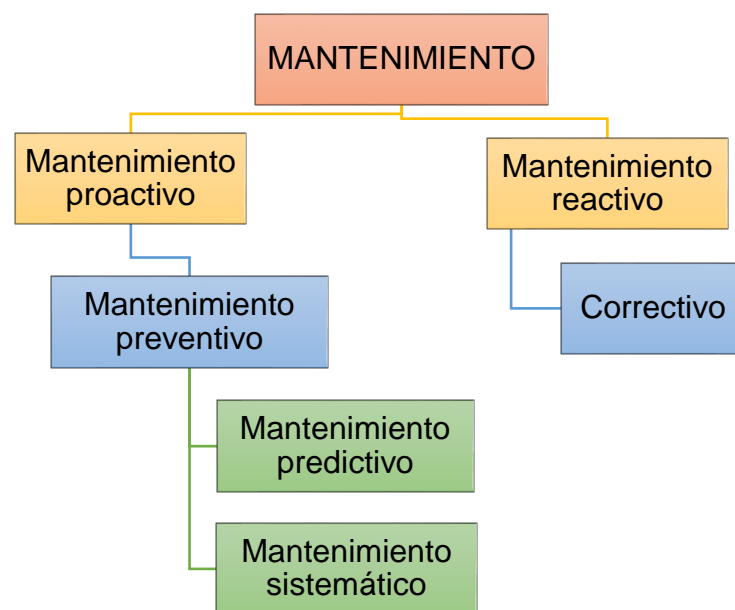
La misión del mantenimiento es integrar las técnicas de mantenimiento realizadas en las tres primeras generaciones del siglo XX, más las nuevas técnicas de mantenimiento como RCM y TPM consideradas como Mantecnologías, pero no se pueden unir conjuntamente como solución a los problemas, sólo se pueden integrar a un estudio de mantenimiento de un

equipo. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

### 1.1.5 LOS OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

- Entregar al cliente un producto o servicio de calidad que genere una fidelidad y confianza a la organización.
- Integrar un equipo de trabajo donde el mantenimiento y producción trabajen conjuntamente. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

Los modelos de mantenimiento están graficados en la figura 2.



**Figura 2.** Tipos o modelos de mantenimiento

(Palencia, 2012)

### 1.1.6 TIPOS DE MANTENIMIENTO MÁS UTILIZADOS

#### 1.1.6.1 Mantenimiento preventivo

“El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura con tendencia a prevenir fallas y paros imprevistos” (Palencia, 2012).

##### 1.1.6.1.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

- El área de trabajo si presta seguridad, se puede conocer mejor el estado físico de las máquinas.
- Elimina los tiempos muertos.

#### **1.1.6.1.2 Desventajas del mantenimiento preventivo**

- Si los resultados son ineficaces la implementación de este mantenimiento puede resultar más costosa.

#### **1.1.6.1.3 Aplicaciones del mantenimiento preventivo**

- Líneas de producción.
- Procesos continuos.

(José A, Gonzales, & León, 2017).

#### **1.1.6.2 Mantenimiento correctivo**

Tiene como objetivo la pronta recuperación de un equipo que está fuera de operación por causa de una falla, y este método sirve para corregir la falla devolviéndolo a su estado de funcionamiento, esto se da por el cambio de piezas averiadas por una nueva de la misma especificación técnica (Palencia, 2012).

##### **1.1.6.2.1 Ventajas del mantenimiento correctivo**

- El tiempo de operación en reparar una falla es rápida y menor tiempo.
- Si se cuenta con personal capacitado en mantenimiento, se evita de tener una estructura de mantenimiento.

##### **1.1.6.2.2 Desventajas del mantenimiento correctivo**

- Puede haber altas paradas de funcionamiento a la larga debido a su reparación leve y rápida.
- Gastos altos por mantenimiento rápido para no parar la producción.
- No hay un control de inspección rutinario de posibles averías y daños.

##### **1.1.6.2.3 Aplicaciones del mantenimiento correctivo**

- Líneas de producción.
- Motores a combustión y eléctricos.

(José A, Gonzales, & León, 2017).

#### **1.1.6.3 Mantenimiento preventivo predictivo o condicional**

Es un método en el que se interviene a la máquina, por medio de órdenes de trabajo antes de que exista un fallo potencial. Estas órdenes se generan por medio de seguimientos con equipos de medición.

##### **1.1.6.3.1 Ventajas del mantenimiento predictivo**

- Brinda un alto grado de confiabilidad y disponibilidad

- Se obtiene información en tiempo real de proceso de planta, estadística y diagnóstico predictivo de mantenimiento.
- Se reduce las paradas súbitas de las máquinas.

#### 1.1.6.3.2 Desventajas del mantenimiento predictivo

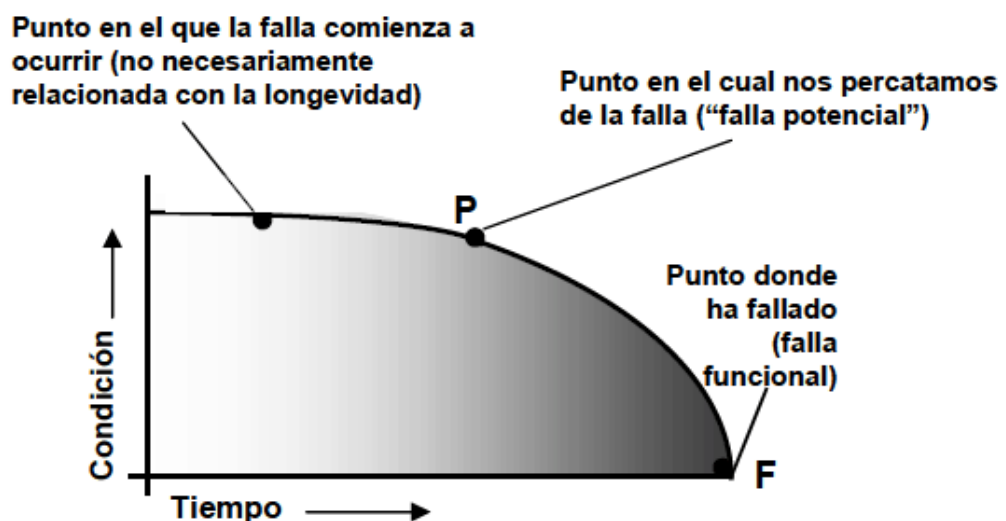
- Se necesita de equipos de medición y personal capacitado, que resulta una aplicación costosa.
- Costos en capacitación periódicas de personal de mantenimiento predictivo.

#### 1.1.6.3.3 Aplicaciones del mantenimiento predictivo

- Mediciones de ultrasonido a piezas metálicas
- Medición de vibración a motores.
- Tribología a motores.
- Medición de termografía a motores con temperatura de trabajo

(José A, Gonzales, & León, 2017).

La figura 3, es una curva que nos muestra los puntos de una falla potencial, antes de que ocurra una falla funcional. Una falla potencial es una falla identificable, la cual indica que una falla funcional está ocurriendo o está a punto de ocurrir.



Relación condición vs. tiempo

**Figura 3.** Diagrama P-F

(IntegraMARKETS, 2017)

#### **1.1.6.4 El mantenimiento preventivo sistemático**

Es un tipo de mantenimiento que tiene estructurada una planificación de intervenciones constantes, con variables definidas como horas de trabajo, frecuencia o kilometraje, entre otros. (FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

##### **1.1.6.4.1 Ventajas del mantenimiento sistemático**

- Realiza mantenimiento con base en un orden de indicadores como: horas de operaciones, kilómetros u horas de vuelo, etc.
- Crea una planificación ordenada de mantenimiento según las fichas técnicas del fabricante.

##### **1.1.6.4.2 Desventajas del mantenimiento sistemático**

- Necesita un cronograma de mantenimiento detallando actividades.
- Necesitas de registro de intervenciones por la forma como lleva el mantenimiento, para evitar pérdidas o accidentes para aplicar este método.

##### **1.1.6.4.3 Aplicaciones del mantenimiento sistemático**

- Se utiliza con la ayuda de un software para llevar un control de intervenciones.
- Aplica a todo tipo de máquina que consuma horas o kilometraje.

(FERNÁNDEZ, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, 2011).

### **1.1.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO**

#### **1.1.7.1 Fiabilidad**

Es la probabilidad de que un equipo o máquina funcione correctamente durante un período de tiempo determinado, cuantificando su fiabilidad y la vida útil de los equipos o máquinas, esto se puede determinar por la siguiente fórmula matemática. (Gómez & Tinoco, 2019).

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de aradas por Mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad [1]$$

#### **1.1.7.2 Tiempo promedio de reparación (MTTR)**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas de Para o de Reparacion}}{\text{Nº de fallas}} \quad [2]$$

(SPARROW, 2017).

### 1.1.7.3 Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de Operacion} - \text{Tiempo Total de Reparaciones}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}} = \frac{\text{Tiempo disponible de operacion}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} \quad [3]$$

(SPARROW, 2017).

### 1.1.7.4 Disponibilidad

Se definiría como el tiempo que la máquina o equipo estará en funcionamiento sin sufrir parada inesperada o mantenimiento programado para producir u operar, es el tiempo que puede operar sin problemas después de haber sido intervenido en mantenimiento.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad [4]$$

(SPARROW, 2017).

## 1.1.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL

Las personas que van a realizar los mantenimientos deben saber muy bien y tener conciencia sobre la importancia de la seguridad y los riesgos que existen al momento de realizar una actividad laboral, la seguridad industrial tiene como objetivo velar por la seguridad de las personas, porque las actividades profesionales se realicen sin producir daños o accidentes a los profesionales o trabajadores que intervienen o al medio ambiente (A. E. Palomino, 2015). El nivel de seguridad industrial que aplicará en estas actividades es la seguridad contra accidentes.

### 1.1.8.1 Delimitación y señalización de áreas de trabajo que conlleven riesgos laborales.

Señales que aplican en mantenimiento según la normativa INEN.

- Color Rojo

Señales de prohibición, como lo muestra la figura 4.



Prohibido fumar



Prohibido botar agua



Prohibido encender fuego

**Figura 4.** Señales de prohibición en mantenimiento de motores

(INEN, 2013).

- Color Amarillo

Señales de advertencia, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Señales de advertencia

(J. Arellano Díaz, 2013).

- Color Azul

Señales de obligación EPI (Equipos Protección Industrial), las cuales se pueden observar en la figura 6.

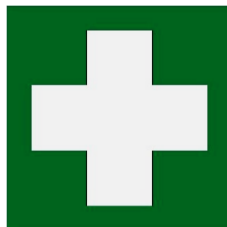


**Figura 6.** Señales de equipos de seguridad personal

(Nieves, 2011).

- Color Verde

En la figura 6, se observa una señalética de seguridad.



Primeros auxilios

**Figura 7.** Señalización de seguridad

(INEN, 2013)

### 1.1.8.2 Riesgos de enfermedades que puede ocasionar el mantenimiento

Son riesgos que se puede contraer con el tiempo como enfermedades profesionales como consecuencia de una incorrecta posición laboral, tiempo de exposición a condiciones de trabajo inadecuadas, entre otros.

### 1.1.8.3 Riesgos de enfermedades por ruidos

- Restricción auditiva para escuchar advertencias o indicaciones
- Alteraciones del equilibrio
- Cefalea o dolor de cabeza
- Efectos psicológicos: cambios en el comportamiento, irritabilidad, estrés, ansiedad, baja concentración
- Lentitud e impresión en tareas intelectuales
- Hipoacusia o sordera.

(M. Mancera, 2012).

### 1.1.8.4 Límites permisibles de exposición al ruido

El tiempo máximo permisible a exposición de ruido en motores de combustión interna es de 30 minutos a 97dB, en la tabla 1 se muestra el tiempo de exposición en decibeles.

**Tabla 1.** Límites permisibles según la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales

	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PRESIÓN SONORA DBA
Horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutos	30	97
	15	100
	7.5	103
	3.75	106
	1.88	109
	0.94	112

(M. Mancera, 2012)



#### **1.1.8.5 Riesgos de enfermedades por vibraciones Mano – brazo**

- Trastornos vasculares
- Trastornos de hueso y articulaciones
- Trastornos neurológicos.
- Trastornos musculares.

(M. Mancera, 2012)

#### **1.1.8.6 Riesgo de enfermedades por temperatura**

En mantenimiento se da por contacto directo o conducción de calor y convección.

En ambientes calientes (hipertermia).

- Trastornos psiconeuróticos
- Calambres
- Deficiencia circulatoria
- Deshidratación
- Pérdida de electrolitos
- Golpe de calor (hiperpirexia).
- Exposición visual a fuentes con temperatura radiante alta (Sol) puede ocasionar cataratas.

(M. Mancera, 2012).

#### **1.1.9 INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN PÚBLICA DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO**

El GAD de la Municipalidad de Santo Domingo, siendo una Institución Pública al servicio de la comunidad del sector urbano de la ciudad de Santo Domingo, localizada en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, en el cual posee a sus dependencias un campamento ubicado en la vía Quito y está formada por Direcciones como: Saneamiento Ambiental, Obras Públicas, Talleres, Bienes y Bodega, etc.

La Dirección de Obras Públicas, del GAD Municipal de Santo Domingo, es una de las direcciones que forman parte del GAD Municipal de Santo Domingo, esta noble Institución tiene las competencias de la construcción de la obra civil y el mantenimiento vial de la zona urbana del Cantón de Santo Domingo de los Colorados y también en casos especiales ejecuta obras de construcción en la zona rural de la provincia.

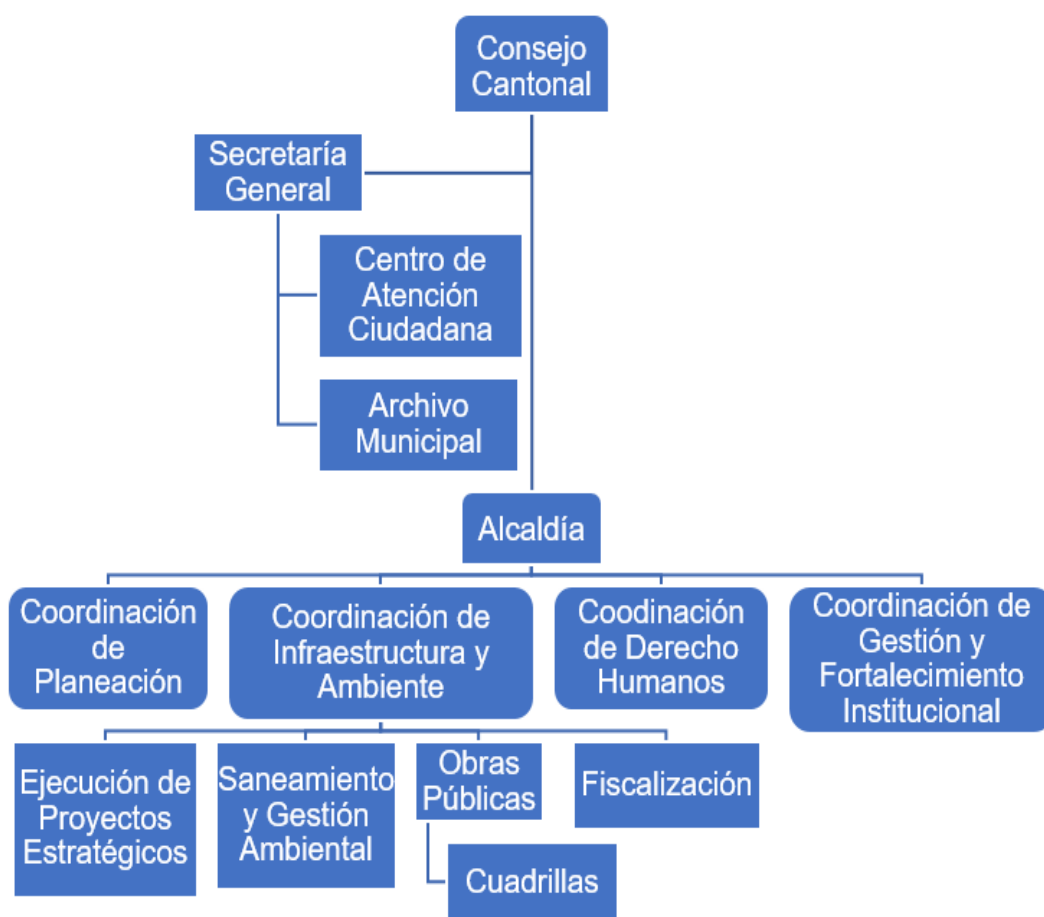
#### **1.1.10 MISIÓN**

Dirigir, coordinar, ejecutar y controlar las actividades operativas en materia de construcción, de infraestructura, mantenimiento vial y de la obra pública,

regulación y autorización para la explotación de áridos y pétreos, asegurando niveles técnicos y la mayor productividad en la utilización y explotación de los recursos y medios disponibles. (Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del GADMSD, 2021).

### 1.1.11 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO

En la figura 8 se muestra la estructura organizacional del GAD Municipal de Santo Domingo.

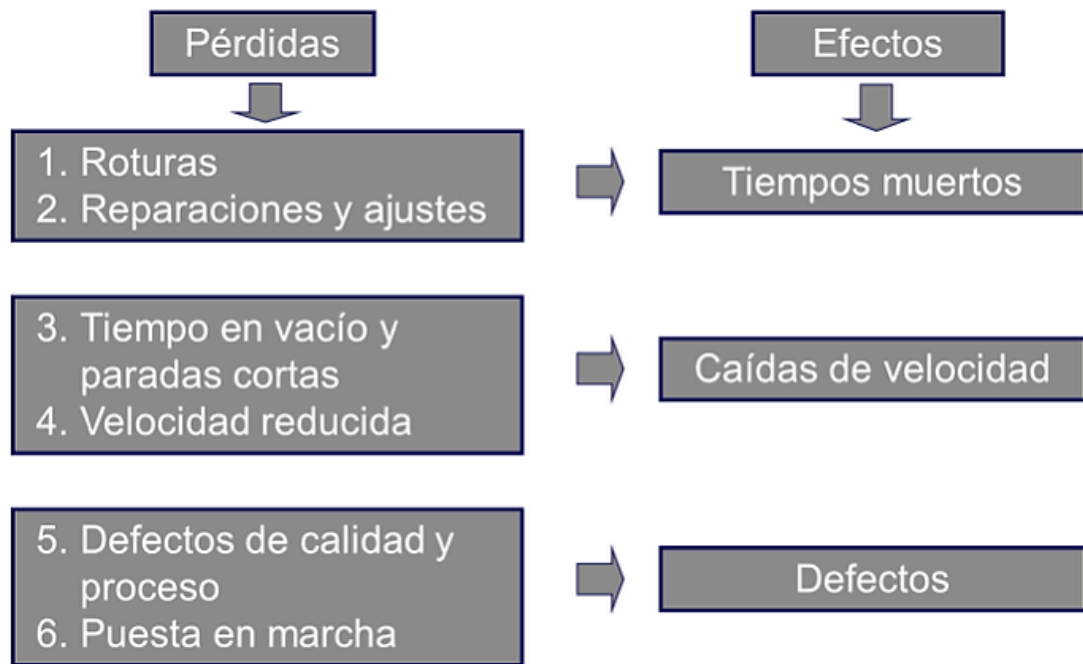


**Figura 8.** Estructura organizacional del GAD Municipal de Santo Domingo.

(Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del GADMSD, 2021).

### 1.1.12 LAS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN

Según el autor del libro (Arbós, 2012) son las seis grandes pérdidas de los equipos de producción, como está ilustrado en la figura 9, el en caso de esta investigación sólo se aplicaría las dos primeras definiciones, porque es lo que aplica en esta Institución, ya que no es una cadena de producción 24/24.



**Figura 9.** Las seis grandes pérdidas de los equipos de producción

(Arbós, 2012)

## 1.2 PROBLEMÁTICA

La Dirección de Obras Públicas que es parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Santo Domingo, es una entidad dedicada al mantenimiento vial de las calles urbanas del cantón, que entre otras cosas, se dedica a la construcción y mantenimiento de vías, aceras y bordillos. Esta Institución desde sus inicios de operación no contaba con un plan de mantenimiento, ni posee registros de mantenimiento. El personal operativo enviaba el motor a mantenimiento, cuando este ya no encendía y la máquina presentaba fallas y en ocasiones presentando desgastes agresivos, por las condiciones de trabajos a que son sometidas las máquinas y todo esto conlleva a una reparación.

## 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de Santo Domingo, no tiene un control y seguimiento de mantenimiento a los motores de combustión interna estacionarios utilizados en máquinas, que se utilizan para realizar obras civiles de construcción, lo que crea un problema de interrupciones y paradas inesperadas dentro de la producción planificada en el día, causando pérdidas altas en el avance de las obras, además de sufrir un desgaste prematuro que conlleva a disminuir su vida útil y rendimiento, lo que significa un aumento de los costos por reposición de maquinaria.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

DISEÑAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR EL PERIODO ÚTIL DE FUNCIONAMIENTO EN MOTORES ESTACIONARIOS MONOCILÍNDRICOS A GASOLINA Y DIÉSEL QUE SON UTILIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SANTO DOMINGO.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un inventario de los motores estacionarios utilizados en el departamento de Obras Públicas.
- Identificar las averías y fallos de los motores estacionarios por medio de un análisis de criticidad.
- Diseñar un software para gestión y control de mantenimiento preventivo.
- Hacer un manual para el manejo del software.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Santo Domingo de los Colorados es la ciudad con mayor tasa de crecimiento demográfico del país, es la cuarta ciudad más poblada del Ecuador, detrás de Guayaquil, Quito y Cuenca; razón por la cual las necesidades de construcción de infraestructura vial crecen de manera acelerada, para cubrir la demanda de la creciente construcción de cooperativas de vivienda y asentamientos poblacionales.

El Gobierno Nacional mediante las municipalidades está encargado de la atención de las obras de infraestructura urbana, en el caso de nuestra ciudad, la Municipalidad de Santo Domingo es la encargada de la construcción de aceras y bordillos, mantenimiento vial, etc. Para llevar a cabo la construcción de éstas obras y mejorar la productividad el Municipio utiliza maquinaria de motores estacionarios a combustión interna (concreteras y compactadoras, entre otras), pero la maquinaria no cuenta con un plan de mantenimiento que permita mejorar la productividad de los mismos y alargar su vida útil, además de ahorrar recursos por daños prematuros; por lo tanto en este trabajo de investigación se propone diseñar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de dichos motores, evitando paradas de trabajo imprevistas, alargando su vida útil y ahorro de gastos por mantenimiento correctivo.

## **2 METODOLOGÍA**

## **2.1 METODOLOGÍA**

### **2.1.1 TIPO, NIVEL Y MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Por el nivel del alcance de la investigación fue descriptivo, porque busca especificar propiedades y características de objetos y fenómenos para su posterior análisis. (Hernández, 2014) Mediante esta investigación se recopilará información de los motores tales como: horas de funcionamiento, horas de parada, fechas de ingreso, marca y modelo de los motores, seguimiento de variación de temperatura, etc., para poder conocer el estado de los motores y diseñar un plan de mantenimiento adecuado.

El tipo de investigación a utilizar es la cuantitativa, porque se requiere de dar valoraciones numéricas para la evaluación del estado de los motores estacionarios (Hernández, 2014).

Según la modalidad de investigación, se empleará la investigación aplicada, la cual busca aplicar los conocimientos para resolver problemas y el conocimiento que se adquiriera tiene beneficio casi inmediato (C., 2014).

### **2.1.2 TIPO Y METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO**

En esta investigación se aplicó la metodología de mantenimiento RCM (Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad de las máquinas), porque es un método más sencillo en su aplicación y a la vez brinda un alto grado de confiabilidad y se centra solamente en la búsqueda de fallas en las máquinas y su reparación oportuna con técnicas de mantenimiento, para que las máquinas estén en buen estado de funcionamiento y disponibles para operar en las distintas obras que ejecuta la Institución. Este método es el más utilizado en las industrias, incluso la industria de aviación fue la primera en utilizarla.

Mientras que el tipo de mantenimiento utilizado, es el preventivo sistemático y predictivo. Se aplicó el mantenimiento preventivo-sistemático, porque tiene paradas programadas de intervención por un programa o plan de mantenimiento, otras intervenciones pueden ocurrir cuando las condiciones lo ameriten para comprobar el estado de las máquinas o realizar otro tipo de mantenimiento no planificado en el cronograma, aunque esto no altera el plan de mantenimiento sistemático (Garrido S. G., 2010). En tanto, que el mantenimiento preventivo-predictivo, se lo aplicó porque en este tipo de mantenimiento se utilizan equipos de medición para detectar posibles fallas. Se realizó un seguimiento de fallas por medio de temperatura con la ayuda de un termómetro o pirómetro industrial, con estos valores obtenidos se realizó un promedio de temperatura, para hacer un cálculo a la aleta de un motor crítico y comparar la variación de temperatura del motor con la tomada del pirómetro y poder tener una estimación del desgaste que ha sufrido este motor

crítico (García, 2011). También se puede realizar este tipo de análisis con técnicas más sofisticadas como la termografía, ultrasonido o análisis de vibraciones y tribología. La utilización de estos equipos requiere de personal capacitado para su manejo e interpretación de resultados.

En el siguiente gráfico de la figura 10 se detalla el procedimiento para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

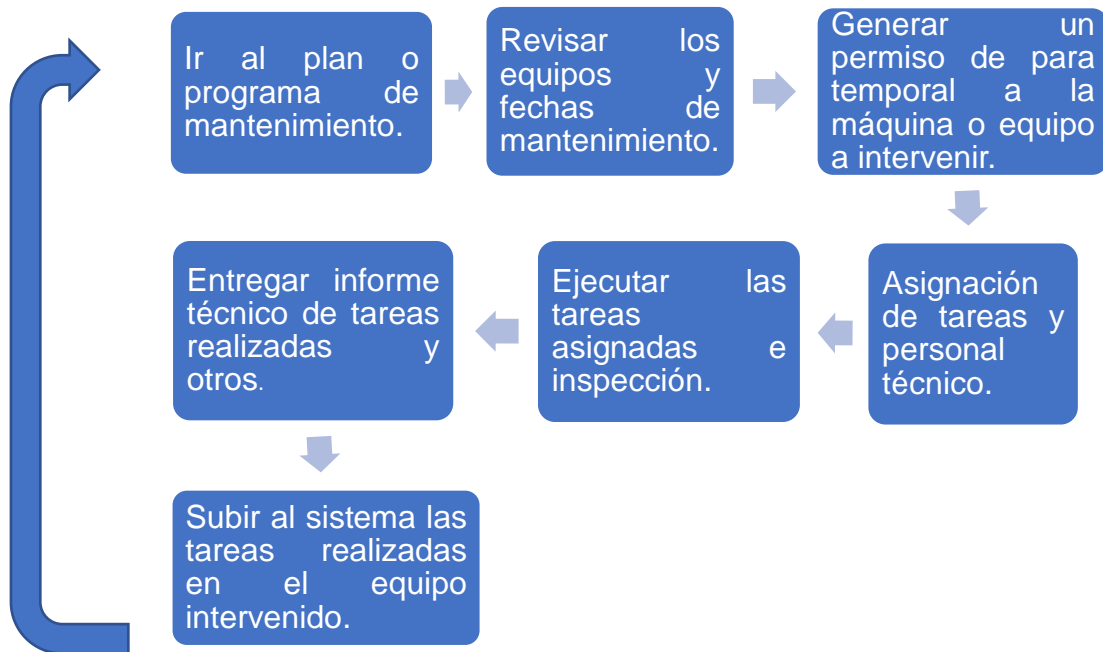


Figura 10. Descripción del proceso del plan de mantenimiento preventivo

### 2.1.3 ETAPAS DEL MANTENIMIENTO

En este proyecto se ha tomado como referencia las etapas del mantenimiento dadas por la empresa DATADEC, que están descritas en los siguientes pasos:

#### 2.1.3.1 Paso 1: Determinar objetivos

- Reducir el número de paradas por averías inesperadas en las máquinas.
- Evitar el desgaste acelerado de la maquinaria por averías.
- Reducir costos en mantenimiento correctivo.

#### 2.1.3.2 Paso 2: Establecer un presupuesto

En las tablas que se muestran a continuación se detallan los recursos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo de los motores estacionarios de este trabajo de investigación, en el cual se requiere de dos técnicos capacitados en mantenimiento de MCI.

En la tabla 2 se muestran las actividades de mantenimiento a realizar en las compactadoras y los recursos utilizados para su cumplimiento, especificando sus cantidades y características técnicas. Las siglas COM significan compactadoras.

**Tabla 2.** Recursos a utilizar en el mantenimiento de compactadoras

Actividad	herramientas	Equipo	Repuesto	Insumos y material	Tipo	Cantidad
Limpieza y engrasado	Soplete, brocha, espátula	Compresor		Grasa	Grasa de litio	<b>COM 1, 2, 3 y 4:</b> 30 g, <b>COM 5:</b> 15g, <b>COM 6 y7:</b> 10g.
				Gasolina	92 octanos	
Cambio de aceite del motor	Juego de llaves y dados, torquímetro			Aceite	<b>COM 1:</b> SAE 15w-40, <b>COM 2,3,4,6 y 7:</b> SAE 10W – 30, <b>COM 5:</b> SAE 15W-40 API CF4 - ACEA E2-B2	0.6 L
Cambio de bujía y ajuste	Dado de bujía 5/8 y 13/16 (15.8mm y 20.6mm), torquímetro		<b>COM 1:</b> CR5HSB (NGK); U16FSR-UB(DENSO), <b>COM 2,3 y 4:</b> BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso), <b>COM 6:</b> BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso), <b>COM 6,7:</b> BP4ES(NGK); W14EP-U(Denso)			1
Drenaje del sedimentos en el carburador	Juego de dados, desarmador (-) y (+), soplete	Compresor		Gasolina	92 octanos	1L
Limpiar el tanque de combustible	Juego de dados, desarmador (-) y (+), soplete	Compresor		Gasolina	92 octanos	1.5L

Continúa...



**Continuación...**

<b>Actividad</b>	<b>herramientas</b>	<b>Equipo</b>	<b>Repuesto</b>	<b>Insumos y material</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Revisar compresión de cilindro</b>	Dado de bujía	Compresímetro				1
<b>Revisar holgura de válvulas</b>	Galga, desarmador (-), juego de llaves y dados, torquímetro			Franela		1
<b>Comprobar continuidad en cables de bujía</b>	Juego de llaves y dados	Multímetro		Franela		1

En la tabla 3, se muestran los recursos necesarios para el mantenimiento preventivo de las concretas a diésel, que son las número 1, 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 3.** Recursos a utilizar en el mantenimiento de concretas a diésel

Actividad	Herramientas	Equipo	Repuesto	Insumos y material	Tipo	Cantidad
<b>Limpieza y engrasado</b>	Soplete, brocha, espátula	Compresor		Grasa	Grasa de litio	50 g
				Diésel		1L
<b>Cambio de aceite del motor</b>	Juego de dados, taquímetro			Aceite	SAE 15W - 40	1.65 L
<b>Cambiar filtro de aire</b>	Juego de llaves		Filtro de aire KM186F / KM186FA			
<b>Cambiar filtro de aceite</b>	Juego de llaves		Filtro de aceite 186F			
<b>Verificar holgura de válvulas</b>	Galga o calibrador			Franela		
<b>Limpieza de depósito de combustible</b>	Juego de dados, alicate	Compresor		Agua, detergente	detergente granos	40g

En la tabla 4, se muestran los recursos necesarios para el mantenimiento preventivo de las concretas a gasolina, que son los números 2,3 y 4.

**Tabla 4.** Recursos a utilizar en el mantenimiento de concretas a gasolina

Actividad	Herramientas	Equipo	Repuesto	Insumos y material	Tipo	Cantidad
<b>Limpieza y engrasado</b>	Soplete, brocha, espátula	Compresor		Grasa	Grasa de litio	50 g
				Gasolina	92 octanos	2L
<b>Cambio de aceite del motor</b>	Juego de dados, torquímetro			Aceite	SAE 5W - 30	1.1L
<b>Cambiar bujías</b>	Dado de bujía		código de compra 798615			1 unidad
<b>Cambiar de filtro de aire</b>	Juego de llaves		código 594216 papel; 591778 esponja			1 unidad
<b>Limpiar depósito de combustible</b>	Juego de llaves y dados	Compresor		Gasolina	92 octanos	2 L
<b>Comprobación de la corriente de chispa</b>	Desarmador, juego de dados	Multímetro		Franela		
	Galga, desarmador, juego de dados					
<b>Holgura de válvula</b>	Compresímetro, dado de bujía					
<b>Compresión de cilindro</b>						

En la Tabla 5 se muestran los recursos a emplear en el mantenimiento de dos cortadoras que son motor tipo gasolina.

**Tabla 5.** Recursos a utilizar en el mantenimiento de cortadoras

Actividad	Herramientas	Equipo	Repuesto	Insumos y material	Tipo	Cantidad
<b>Limpieza y engrasado</b>	Soplete, brocha, espátula	Compresor		Grasa	Grasa de litio	10 g
				Gasolina	92 octanos	2L
<b>Cambio de aceite del motor</b>	Juego de dados, torquímetro			Aceite	SAE 10W - 30	1.1L
<b>Cambio de bujía y ajuste</b>	Dado de bujía 5/8 y 13/16 (15.8mm y 20.6mm), torquímetro		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)			1
<b>Drenaje del sedimentos en el carburador</b>	Juego de dados, desarmador (-) y (+), soplete	Compresor		Gasolina	92 octanos	500 ml
<b>Limpiar el tanque de combustible</b>	Juego de dados, desarmador (-) y (+), soplete	Compresor		Gasolina	92 octanos	2 L
<b>Revisar holgura de válvulas</b>	Galga, desarmador (-), juego de llaves y dados, torquímetro			Franela		
<b>Revisar compresión de cilindros</b>	Dado de bujía	Compresímetro		Papel mecánico		1 m
<b>Comprobar continuidad en cables de bujía</b>	Juego de llaves y dados	Multímetro		Franela		

### **2.1.3.3 Paso 3: Maquinaria y equipo a incluir en el plan de mantenimiento**

El listado de maquinaria se realizó clasificando por niveles de jerarquía, como está definido en el numeral 2.1.7 (NIVELES DE EQUIPOS), el listado de los motores estacionarios se encuentra en el anexo 8.

### **2.1.3.4 Paso 4: Revisar los mantenimientos previos realizados**

La Institución no contaba con registros de mantenimiento en las máquinas, pero sí realizaban cierto tipo de mantenimiento, por lo general cuando la máquina presentaba daños visibles, por lo que se partió el cronograma de mantenimiento desde cero, tomando en cuenta un dato aproximado de sus horas de funcionamiento y el estado actual de los motores.

### **2.1.3.5 Paso 5: Consultar los manuales de equipos**

Para diseñar un plan de mantenimiento preventivo es necesario conocer las características de los motores, para poder llevar a cabo un buen mantenimiento según recomienda el fabricante de acuerdo con lo establecido en el manual.

### **2.1.3.6 Paso 6: Obligación legal**

La Normativa legal del acuerdo de Cartagena del **CAPÍTULO II POLÍTICA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Acuerdo internacional

#### **DECISIÓN 584. INSTRUMENTO ANDINO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

Art. 8.- Los Países Miembros desarrollarán las medidas necesarias destinadas a lograr que quienes diseñan, fabrican, importan, suministran o ceden máquinas, equipos, sustancias, productos o útiles de trabajo:

a) Velen porque las máquinas, equipos, sustancias, productos o útiles de trabajo no constituyan una fuente de peligro ni pongan en riesgo la seguridad y salud de los trabajadores;

b) Cumplan con proporcionar información y capacitación sobre la instalación, así como sobre la adecuada utilización y mantenimiento preventivo de la maquinaria y los equipos; el apropiado uso de sustancias, materiales, agentes y productos físicos, químicos o biológicos, a fin de prevenir los peligros inherentes a los mismos, y la información necesaria para monitorizar los riesgos;

c) Efectúen estudios e investigaciones o se mantengan al corriente de la evolución de los conocimientos científicos y técnicos necesarios para cumplir con lo establecido en los incisos a) y b) del presente artículo;

d) Traduzcan al idioma oficial y en un lenguaje sencillo y preciso, las instrucciones, manuales, avisos de peligro u otras medidas de precaución colocadas en los equipos y maquinarias, así como cualquier otra información vinculada a sus productos que permita reducir los riesgos laborales; y,

e) Velen porque las informaciones relativas a las máquinas, equipos, productos, sustancias o útiles de trabajo.

(Ministerio del Trabajo, 2004)

### **2.1.3.7 Paso 7: Designación de responsables**

Para que el plan de mantenimiento tenga éxito es necesario designar responsables, en esta investigación habrá una persona encargada de vigilar y controlar el programa de mantenimiento, y otra persona estará a cargo de las horas de funcionamiento de cada máquina que salga del complejo a realizar trabajos de servicios a la comunidad. El jefe de cada grupo de cuadrilla llevará consigo una hoja de control impresa, en donde anotará las horas de inicio y finalización de trabajo diarias y la entregará en bodega. La persona encargada del software registrará la información de todas las máquinas para tener un historial para ejecutar el cronograma de mantenimiento. Las personas que intervendrán en el mantenimiento preventivo serán trabajadores de cuadrilla, quienes tendrán capacitación sobre mantenimiento preventivo a motores estacionarios, y serán designados por la persona que controlará el plan de mantenimiento.

- Director de Obras Públicas: Ing. Elvis Escudero
- Responsable del plan de mantenimiento: Lic. Marilín Román
- Encargado de control de registros: Sr. Ariel Campoverde.
- Responsables de mantenimiento: personal de cuadrilla.

### **2.1.3.8 Paso 8: Elegir el tipo de mantenimiento**

En esta investigación se aplicó el mantenimiento preventivo, basado en el modelo de mantenimiento por confiabilidad de los equipos. Este tipo de mantenimiento se diseñó con respecto a las horas de funcionamiento de las máquinas, de acuerdo a un número de horas específico que debe cumplir para cada actividad de mantenimiento, para organizar dichas actividades se creó un cronograma para programar el mantenimiento preventivo. De acuerdo a este cronograma el personal podrá saber cuándo la máquina no estará disponible por paradas por mantenimiento.

### **2.1.3.9 Paso 9: Ejecución de tareas del plan de mantenimiento**

En esta etapa es hora de poner en marcha el plan de mantenimiento elegido, en el caso de esta investigación se eligió el plan de mantenimiento preventivo, para lo cual es necesario seguir el cronograma y será apoyado por un software para facilitar la gestión de órdenes de mantenimiento, inspección y tareas de mantenimiento, de acuerdo al plan de mantenimiento, realizado en función de las horas de mantenimiento, que determinan que tarea se debe realizar.

### **2.1.3.10 Paso 10: Revisión del plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento preventivo debe ser controlado y realizar ajustes si fuese necesario, en caso de que exista maquinaria que requiera de realizar alguna actividad extra a las planificadas en el cronograma.

## **2.1.4 CAPACITACIÓN PERSONAL**

Para que el mantenimiento preventivo sea eficiente se necesita capacitar al personal que intervendrá en el mantenimiento, instruirlos en la conciencia del trabajo que realizan respetando la seguridad y medio ambiente, para evitar sanciones penales y económicas por parte de los entes gubernamentales hacia la Institución y sin perjudicar a la ciudadanía, ya que es un trabajo que no tiene instalaciones de trabajo fijas, si no será intervenida en el mismo lugar donde permanece guardada la máquina o donde esté trabajando la máquina (Vázquez, 2014)

## **2.1.5 EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS Y MATERIAL**

Para el desarrollo de este trabajo investigativo se utilizó lo siguiente:

### **2.1.5.1 Equipos**

- Pirómetro industrial
- Computadora
- Cámara

### **2.1.5.2 Herramientas**

- Llave mixta hexagonal
- Racha de ½" DR. SAE MM
- Dados de ½" DR. SAE MM
- Alicates
- Desarmador estrella y plano

### **2.1.5.3 Insumos**

- Gasolina

- Diésel
- Grasa
- Desengrasante

#### **2.1.5.4 Materiales**

- Franela
- Cuerda

#### **2.1.5.5 Equipos de protección utilizados**

- Guantes dieléctricos
- Botas dieléctricas con punta de acero
- Mandil
- Tampones de oído
- Mascarilla

### **2.1.6 CÁLCULO DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO Y DE PARADA O MANTENIMIENTO**

#### **2.1.6.1 Horas de mantenimiento de cada máquina o parada**

Para el cálculo de horas de mantenimiento se tomó en cuenta sólo las horas que la máquina estuvo parada para mantenimiento.

Para compactadoras y cortadoras el promedio de tiempo en mantenimiento es de 3 horas una vez al mes y para concreteras son 8 horas al mes.

- Horas de paradas por mantenimiento a las máquinas

Compactadoras: 3 horas al mes por parada de mantenimiento.

Cortadoras: 3 horas al mes por parada de mantenimiento.

Concreteras: 8 horas al mes por parada de mantenimiento.

- Cálculo de horas de parada por mantenimiento

La siguiente fórmula se utilizó para el cálculo de las horas de parada por mantenimiento en compactadora, cortadora y concretera (Ecuación 5).

$$HP = HMes * meses \quad [5]$$

Donde:

HP: Número total de horas de parada de una máquina

HMes: Total de horas al mes

Meses: Número de meses hasta la actualidad



Las horas de paradas por mantenimiento de los motores estacionarios fueron calculadas con una aproximación según su tiempo de funcionamiento y el tiempo promedio de trabajo diario, los resultados se muestran en tabla 6:

**Tabla 6.** Horas de paradas por mantenimiento de cada máquina hasta junio 2021

Ítem	Código	Nombre	Horas totales de parada hasta Junio2021	Ítem	Código	Nombre	Horas totales de parada hasta Junio2021
1	04-03-04-00009	Compactadora 1	9	10	04-03-13-00011	Concretera 1	312
2	04-03-21-00006	Compactadora 2	30	11	04-03-14-00016	Concretera 2	88
3	04-03-21-00005	Compactadora 3	72	12	04-03-14-00015	Concretera 3	88
4	04-03-21-00004	Compactadora 4	24	13	04-03-14-00014	Concretera 4	88
5	04-03-04-00010	Compactadora 5	30	14	04-03-13-00013	Concretera 5	312
6	06-04-95-00001	Compactadora 6	9	15	04-03-13-00009	Concretera 6	312
7	06-04-95-00002	Compactadora 7	9	16	06-04-94-00002	Concretera 7	6
8	04-10-10-00002	Cortadora 1	117	17	06-04-94-00001	Concretera 8	6
9	04-10-10-00001	Cortadora 2	57				

### 2.1.6.2 Horas totales de funcionamiento de cada máquina

Para el cálculo de las horas de funcionamiento del motor se tomó como referencia los días laborales excepto feriados y fines de semana en el año. Para encontrar la cantidad total de días de la máquina que lleva operando, se partió desde el día que ingreso la máquina al campamento y se tomó como referencia las horas de trabajo diario de producción y las horas de mantenimiento en cada mes, cabe recalcar que se hizo un promedio de horas en base a lo que observaba en cada mantenimiento que realizaba a estas máquinas, porque el Municipio no cuenta con un registro de trabajo ni de mantenimiento para estos motores.

1 año = 52 semanas

1 año = 260 días laborales, sin feriados ni vacaciones.

1 mes laboral = 21.66 días laborales, sin feriados ni vacaciones.

- Fórmula: para calcular las horas de funcionamiento de cada máquina se utilizó la ecuación 6.

$$Hm = (DL * HD) - HPM \quad [6]$$

Donde:

Hm: Horas de mantenimiento hasta la actualidad

DL: Días exactos laborales hasta el día actual

HD: Número de trabajo de horas diarias

HPM: Horas de parada por mantenimiento hasta el día actual

Los resultados de los cálculos de las horas de funcionamiento de los motores estacionarios se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Horas de funcionamiento de cada máquina

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Horas totales de funcionamiento hasta el 2021</b>	<b>Fecha de funcionamiento</b>	<b>Horas de trabajo diarias</b>
04-03-04-00009	COMPACTADORA 1	186.98	10/03/2021	1
04-03-21-00006	COMPACTADORA 2	306.57	06/01/2020	1
04-03-21-00005	COMPACTADORA 3	693.14	06/01/2020	1
04-03-21-00004	COMPACTADORA 4	266.28	06/01/2020	1
04-03-04-00010	COMPACTADORA 5	174.98	01/03/2021	1
06-04-95-00001	COMPACTADORA 6	186.38	16/03/2021	1
06-04-95-00002	COMPACTADORA 7	186.98	16/03/2021	1
04-10-10-00002	CORTADORA 1	2345.25	05/03/2018	2.5
04-10-10-00001	CORTADORA 2	1272.05	02/12/2019	2.5
04-03-13-00011	CONCRETERA 1	2641.68	05/03/2018	3
04-03-14-00016	CONCRETERA 2	1001.78	24/07/2020	3
04-03-14-00015	CONCRETERA 3	1001.78	24/07/2020	3
04-03-14-00014	CONCRETERA 4	1001.78	24/07/2020	3
04-03-13-00013	CONCRETERA 5	2568.72	05/04/2018	3

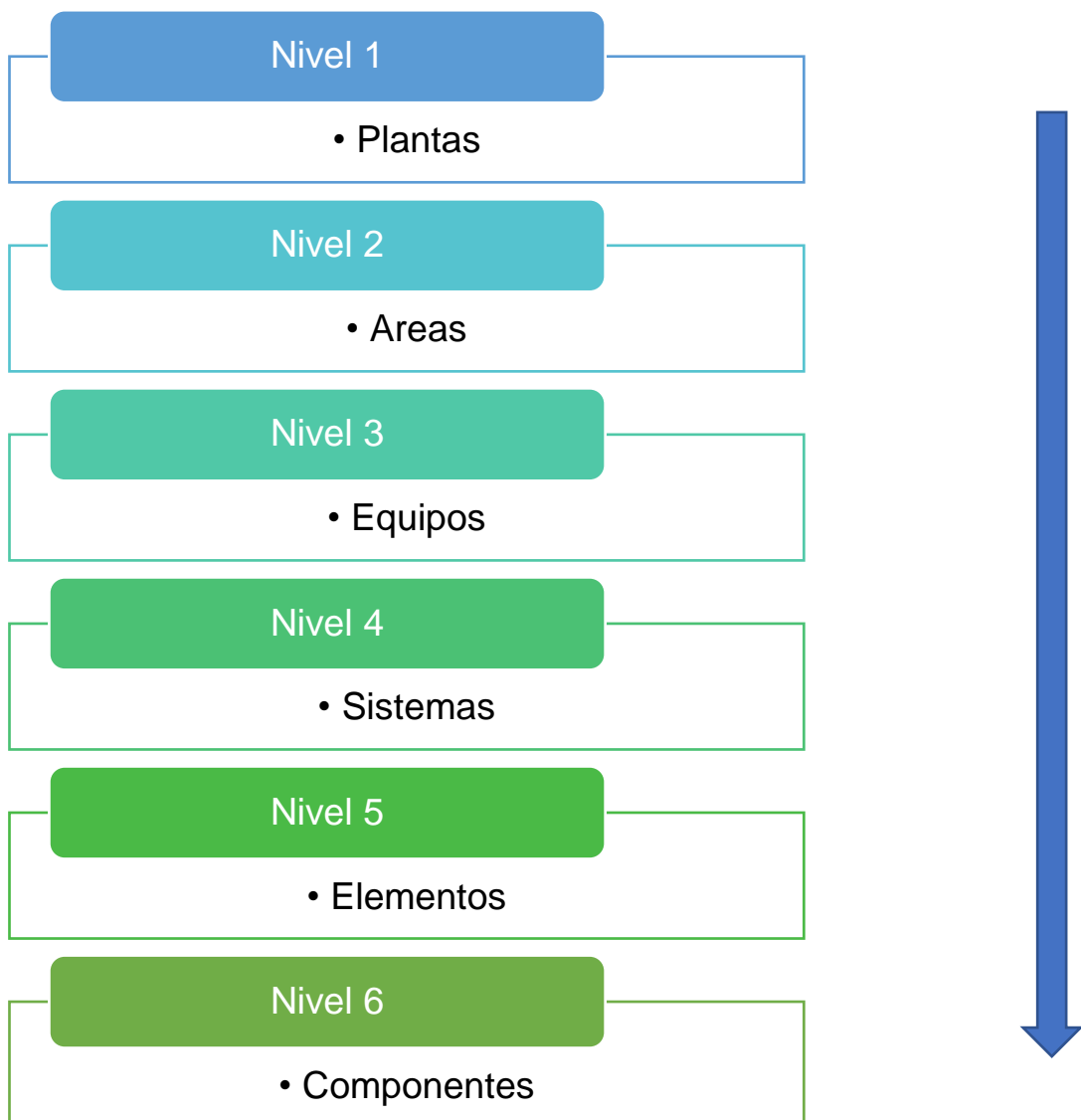
Continúa...

**Continuación...**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Horas totales de funcionamiento hasta el 2021</b>	<b>Fecha de funcionamiento</b>	<b>Horas de trabajo diarias</b>
04-03-13-00009	CONCRETERA 6	2568.72	05/04/2018	3
06-04-94-00002	CONCRETERA 7	513.96	16/03/2021	3
06-04-94-00001	CONCRETERA 8	513.96	16/03/2021	3

### 2.1.7 NIVELES DE EQUIPOS

En el siguiente diagrama de la figura 11, se explica jerárquicamente la organización de los niveles de equipos. El nivel 1 comprende el área física donde se encuentra el departamento (en este caso el Recinto Ferial), el nivel 2 son las áreas que constituyen internamente la planta (Obras Públicas), nivel 3 constan la maquinaria a realizar el mantenimiento, nivel 4 son los sistemas que tienen las máquinas para su funcionamiento (sistema de alimentación, sistema de enfriamiento, sistema de lubricación, etc.), nivel 5 está constituido por los elementos de cada sistema (en el caso del sistema de alimentación encontramos al depósito de combustible, carburador, filtro de combustible, etc.), nivel 6 son los componentes de cada elemento elementos.



**Figura 11.** Niveles de equipos

(Garrido S. G., 2010)

## 2.1.8 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Para la codificación de las máquinas que son utilizadas en el Departamento de Obras Públicas, no fue necesario asignarles un código, porque ya tienen asignado un Código Único interno de la Institución para la identificación de cada máquina. Este código es asignado por un software llamado OLYMPO desarrollado por Departamento de Tecnologías de la Información TICs del GAD Municipal. Es el Departamento de Bienes y Bodega ubicado en el campamento del Recinto Ferial, el encargado de asignarles este código a cada bien de la Institución. A continuación, la Tabla 8, muestra las máquinas con sus respectivos códigos.

**Tabla 8.** Codificación de cada máquina

<b>Código Municipal</b>	<b>Nombre de la máquina</b>
04-10-10-00002	CORTADORA 1
04-10-10-00001	CORTADORA 2
04-03-04-00009	COMPACTADORA 1
04-03-21-00006	COMPACTADORA 2
04-03-21-00005	COMPACTADORA 3
04-03-21-00004	COMPACTADORA 4
04-03-04-00010	COMPACTADORA 5
06-04-95-00001	COMPACTADORA 6
06-04-95-00002	COMPACTADORA 7
04-03-13-00011	CONCRETERA 1
04-03-14-00016	CONCRETERA 2
04-03-14-00015	CONCRETERA 3
04-03-14-00014	CONCRETERA 4
04-03-13-00013	CONCRETERA 5
04-03-13-00009	CONCRETERA 6
06-04-94-00002	CONCRETERA 7
06-04-94-00001	CONCRETERA 8

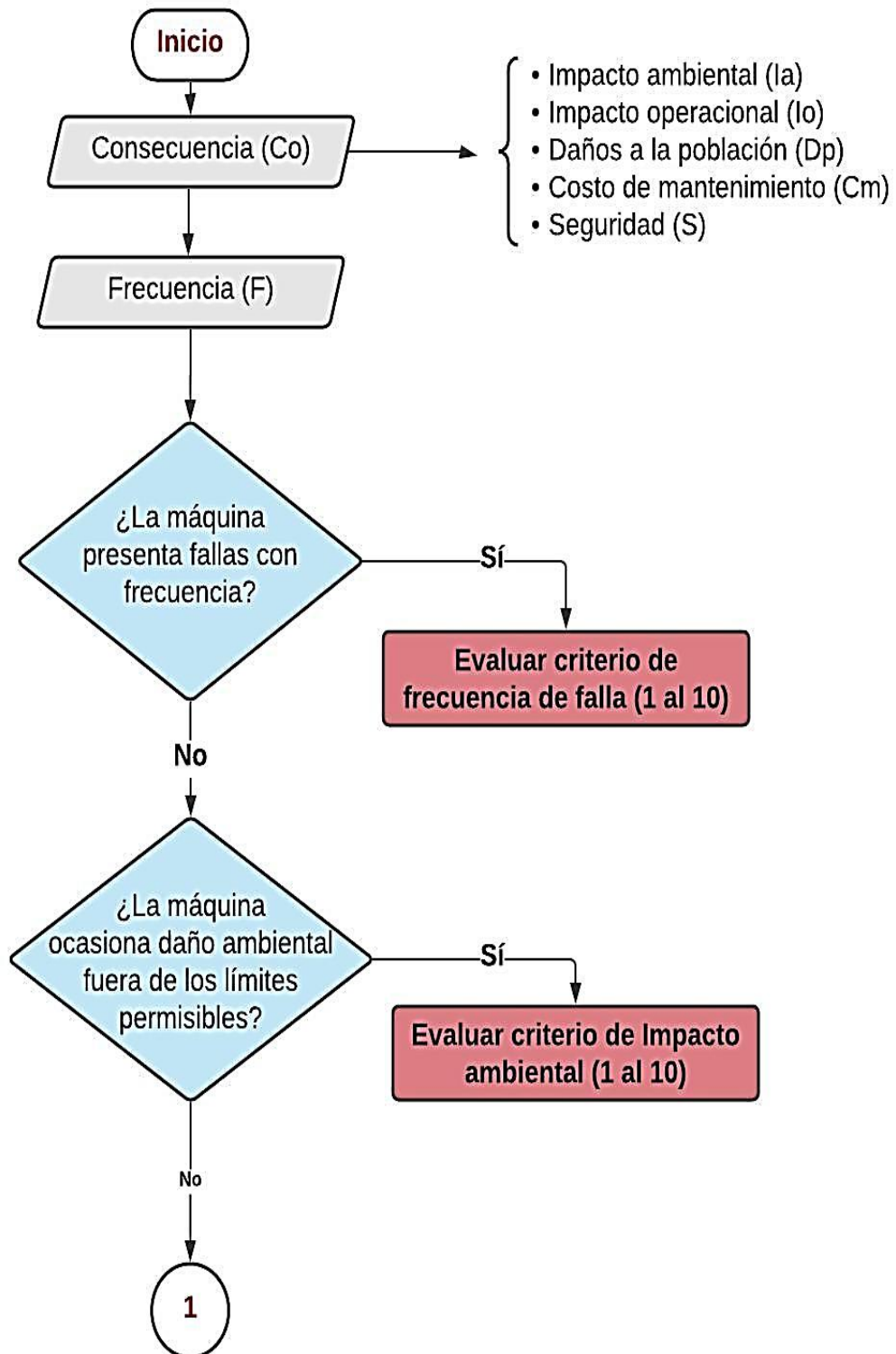
## 2.1.9 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El funcionamiento del diagrama de flujo de análisis de criticidad de la figura 12, se realizó con base en los criterios de criticidad que están dados por la norma ISO 14224, estos indicadores son quienes determinan el grado de criticidad de una máquina y sus valores están comprendidos de 1–10.

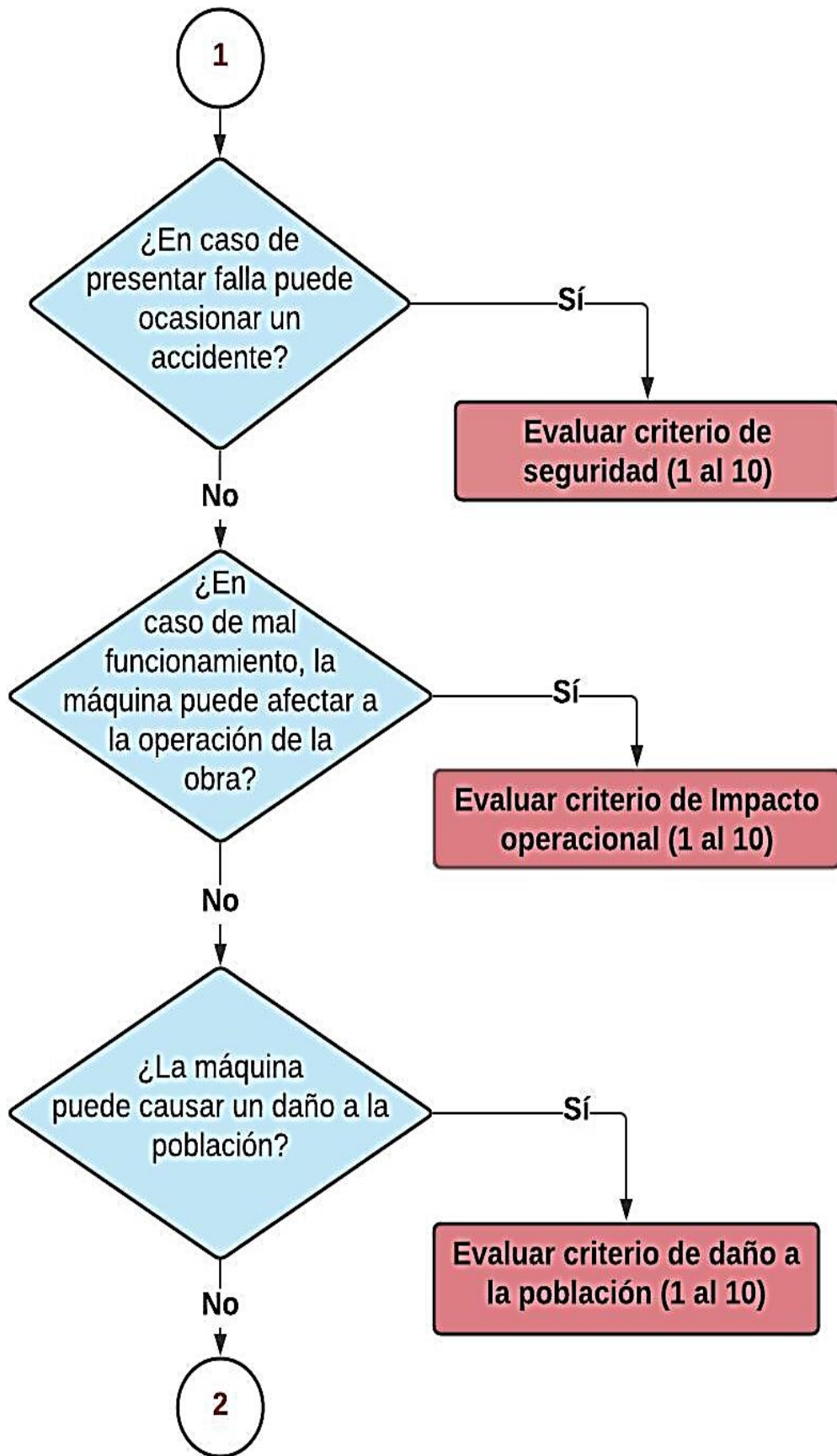
- Consecuencia: las consecuencias que se evalúan en un análisis de criticidad son: impacto ambiental, impacto operacional, daños a la población, seguridad, costos de mantenimiento.
- Frecuencia de falla: esta información se obtiene en el historial de mantenimiento.
- Frecuencia de falla: ¿La máquina presenta fallas con frecuencia? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, en caso de no presentar más problemas de consecuencia calcular el índice criticidad, caso contrario pasar a evaluar el siguiente parámetro.
- Impacto ambiental: ¿La máquina causa daño ambiental fuera de los límites permisibles? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, en caso de no presentar más problemas de consecuencia calcular el índice criticidad, caso contrario pasar a evaluar el siguiente parámetro.
- Seguridad de la máquina: ¿En caso de presentar una falla puede ocasionar un accidente? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, en caso de no presentar más problemas de consecuencia calcular el índice criticidad, caso contrario pasar a evaluar el siguiente parámetro.
- Impacto operacional: ¿En caso de mal funcionamiento, la máquina puede afectar la operación de la obra? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, en caso de no presentar más problemas de consecuencia calcular el índice criticidad, caso contrario pasar a evaluar el siguiente parámetro.
- Daño poblacional: ¿La máquina puede causar un daño a la población? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, en caso de no presentar más problemas de consecuencia calcular el índice criticidad, caso contrario pasar a evaluar el siguiente parámetro.

- Costo de mantenimiento: ¿Es alto el costo de mantenimiento preventivo de la máquina? Si la respuesta es “Sí”, realizar la evaluación con valores del 1 -10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto, calcular el índice criticidad.

### 2.1.10 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD







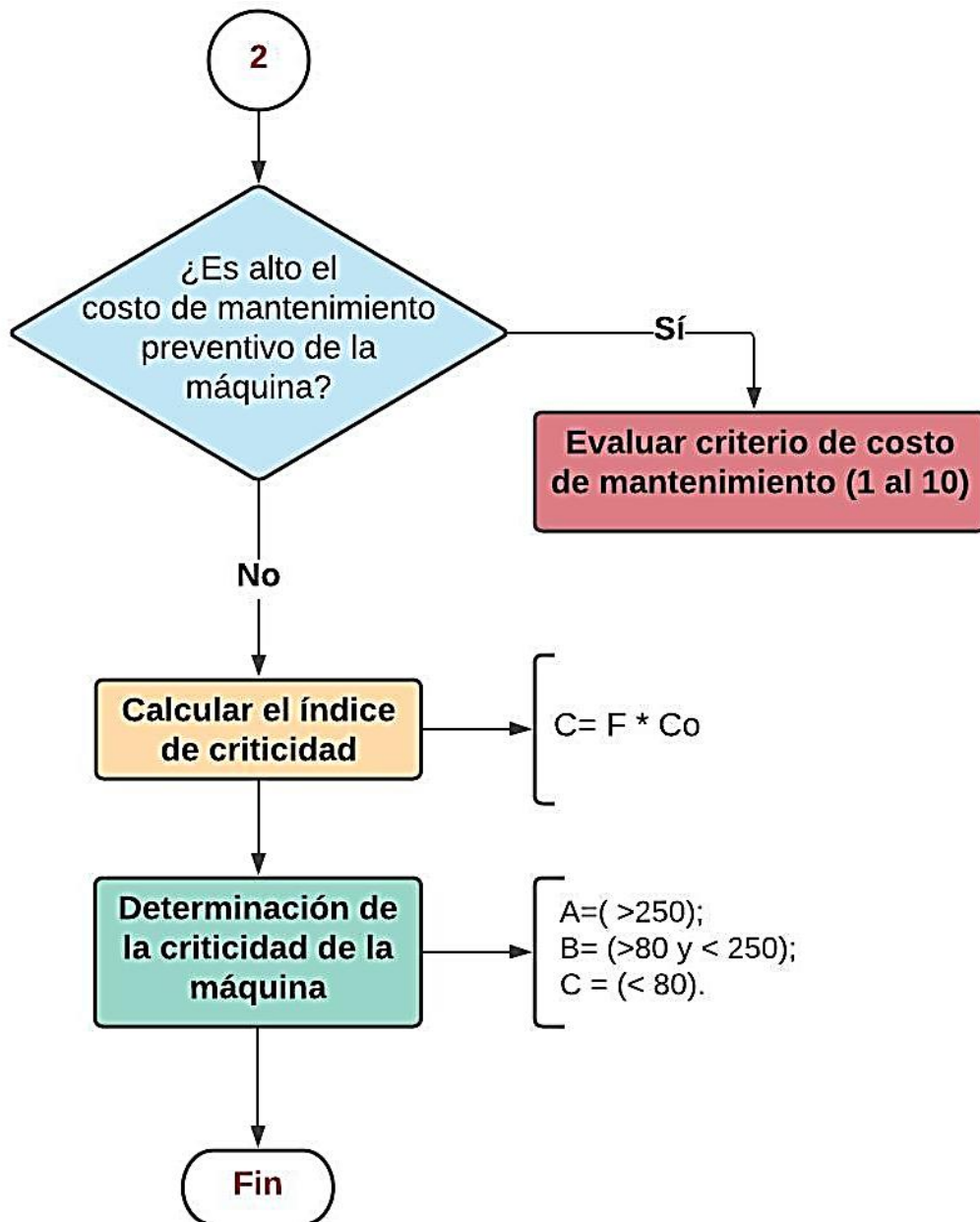


Figura 12. Flujograma de criticidad

### 2.1.11 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Este método técnico para aplicar a los equipos o maquinaria nos permitió jerarquizar a las máquinas críticas o con valor de índice de prioridad más alto de todos, y seleccionar a las máquinas más críticas para una nueva evaluación específica con el método Análisis Modos de Fallos y Efectos (AMFE) (Gómez Virgüez, 2019).

Análisis de criticidad según de la normativa ISO 14224

Con esta normativa se buscó el riesgo de fallas, se definió los límites y jerarquizó con calificación a las máquinas.

### 2.1.11.1 Parámetros de análisis de criticidad según la norma ISO 14224

- En el ámbito de la seguridad y medio ambiente, la calificación del análisis de criticidad se relaciona con la seguridad que brinde la máquina para evitar accidentes y su afectación al medio ambiente y población.
- En el caso de los parámetros operativos, hay que tomar en cuenta las condiciones operacionales de las máquinas como: sobrecarga, condiciones ambientales adversas (sol, lluvia, polvo), etc.

(NORMA INTERNACIONAL, 2016).

### 2.1.11.2 Criterios de evaluación de falla

Para evaluar las fallas en la maquinaria se usó el criterio de frecuencia de fallas (F), que se muestra en la tabla 9, los valores de evaluación están comprendidos del 1-10, siendo 1 el valor de criticidad más bajo y 10 el valor de criticidad más alto.

**Tabla 9.** Criterio de frecuencia de fallas

Tiempo	Calificación
Una diaria	10
Una mensual	8
Una trimestral	5
Una semestral	3
Una anual	1

(Gómez Virgüez, 2019)

### 2.1.11.3 Criterio de evaluación de consecuencia

Los criterios de evaluación consecuencia son:

- Impacto ambiental (ia): este criterio evalúa el impacto ambiental que genera la maquinaria según los parámetros descritos en la tabla 10, los valores de evaluación están comprendidos del 1-10, siendo 1 el valor de criticidad más bajo y 10 el valor de criticidad más alto.

**Tabla 10.** Criterio de impacto ambiental

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Calificación</b>
Alta contaminación	10
Contaminación continua	8
Contaminación discreta	5
Emisiones mínimas	1

(Gómez Virgüez, 2019)

- **Impacto operacional (Io):** el impacto operacional evalúa la capacidad operacional de la maquinaria, determinando su disponibilidad de operación. Se evalúa en un rango del 1-10, siendo el 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto de criticidad. En la tabla 11 se muestran los parámetros de evaluación.

**Tabla 11.** Criterio Impacto operacional

<b>Impacto</b>	<b>Calificación</b>
Paro total de producción	10
Paro de una línea de producción	8
Demora en producción (horas)	5
Leve demora en producción (minutos)	2
Sin retrasos importantes de producción	1

(Gómez Virgüez, 2019)

- **Costo de mantenimiento (Cm):** Este criterio de consecuencia evalúa el costo que lleva una intervención de mantenimiento de una máquina para su restauración, los parámetros de evaluación se muestran en la Tabla 12. Su calificación oscila del 1 al 10, siendo 10 el valor más alto y 1 el más bajo.

**Tabla 12.** Costo de mantenimiento

<b>Daño</b>	<b>Calificación</b>
Costo muy elevado	10
Costo elevado	8
Costo considerable	5
Costo menor	3
Costo insignificante	1

(Gómez Virgüez, 2019)

- Seguridad (S): aquí se evalúa la seguridad que la máquina brinde al trabajador. La Tabla 13 muestra los parámetros de evaluación. El 10 es el valor más grave y 1 el más leve.

**Tabla 13.** Criterio de seguridad

<b>Impacto</b>	<b>Calificación</b>
Mutilación	10
Atrapamiento	5
Lesiones considerables	3
Lesiones leves	1

(Gómez Virgüez, 2019)

- Daño a la población (Dp): en este aspecto se mide la gravedad de los daños a la población que puede causar la máquina. Los criterios de evaluación se muestran en la Tabla 14. El 10 es el valor más grave y 1 el valor más bajo.

**Tabla 14.** Criterio daño a la población

<b>Impacto</b>	<b>Calificación</b>
Muerte personas externas	10
Personas externas heridas	8
Evacuación de personal	3
No existen riesgos de personas externas	1

(Gómez Virgüez, 2019)

#### **2.1.11.4 Cálculo del índice de criticidad**

- Fórmula para hallar la criticidad de los equipos o maquinaria (Ecuación 7).

$$C = F * Co \quad [7]$$

Donde:

- C: Criticidad
- F: Frecuencia de fallo
- Co: Consecuencia de fallo

- Fórmula para hallar la consecuencia (Ecuación 8).

$$Co = Ia + Io + Dp + Cm + S \quad [8]$$

Donde:

Co: Consecuencia  
 Ia: Impacto Ambiental  
 Io: Impacto Operacional  
 Dp: Daño a la población  
 Cm: Costo de mantenimiento  
 S: Seguridad

### 2.1.11.5 Valores de criticidad

Los valores de criticidad nos permitieron determinar la criticidad de cada motor, clasificados en tres categorías como lo muestra la Tabla 15.

**Tabla 15.** Valor de criticidad

Rango de índice criticidad	CRITICIDAD	
< = 80	BAJA	C
DE > 80 Y < = 250	MEDIA	B
> A 250	ALTA	A

Los resultados del análisis de criticidad previamente calculado, según los literales antes mencionados se muestran en la Tabla 16, en la cual se determinaron tres equipos críticos.

**Tabla 16.** Matriz de criticidad

ÍTEM	CÓDIGO	NOMBRE	CRITICIDAD	INDICACIONES
1	04-10-10-00002	Cortadora 1	A	Realizar mantenimiento urgente
2	04-10-10-00001	Cortadora 2	B	Inspeccionar y controlar
3	04-03-04-00009	Compactadora 1	C	Máquina en condiciones operativa
4	04-03-21-00006	Compactadora 2	B	Inspeccionar y controlar
5	04-03-21-00005	Compactadora 3	B	Inspeccionar y controlar
6	04-03-21-00004	Compactadora 4	B	Inspeccionar y controlar
7	04-03-04-00010	Compactadora 5	C	Máquina en condiciones operativa
8	06-04-95-00001	Compactadora 6	B	Inspeccionar y controlar
9	06-04-95-00002	Compactadora 7	B	Inspeccionar y controlar
10	04-03-13-00011	Concretera 1	A	Realizar mantenimiento urgente
11	04-03-14-00016	Concretera 2	C	Máquina en condiciones operativa
12	04-03-14-00015	Concretera 3	C	Máquina en condiciones operativa
13	04-03-14-00014	Concretera 4	C	Máquina en condiciones operativa
14	04-03-13-00013	Concretera 5	A	Realizar mantenimiento urgente
15	04-03-13-00009	Concretera 6	B	Inspeccionar y controlar
16	06-04-94-00002	Concretera 7	C	Máquina en condiciones operativa
17	06-04-94-00001	Concretera 8	C	Máquina en condiciones operativa

### 2.1.12 ANÁLISIS Y MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Después de realizar el análisis de criticidad, se procedió a realizarle a cada equipo crítico el análisis de modos de fallos y efectos.

#### 2.1.12.1 Criterios para AMFE

Existen tres criterios para realizar el análisis de modo de fallo y efectos, con los que se determinó el índice de prioridad de riesgos.

- Criterios de frecuencia

Los criterios de frecuencia se evalúan con 10 la mayor frecuencia de fallos y 1 la menor frecuencia de fallos, como se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Criterios de frecuencia

<b>Frecuencia</b>	<b>Valor</b>
Una Diaria	10
Una Semanal	9
Una Mensual	7
Una Trimestral	5
Una Semestral	3
Una Anual	1

(Gómez Virgüez, 2019)

- Criterios de gravedad

En la Tabla 18, se muestra en cinco parámetros la gravedad de los fallos.

**Tabla 18.** Criterios de gravedad

<b>Gravedad</b>	<b>valor</b>
Insignificante	1
Moderado	3
Importante	5
Crítico	8
Catastrófico	10

(Gómez Virgüez, 2019)

- Criterios de detección

Según la facilidad de detección de los fallos, se evaluaron los motores con los valores que se muestran en la Tabla 19.



**Tabla 19.** Criterios de detección

<b>Detección</b>	<b>Valor</b>
Muy elevada	10
Elevada	8
Moderada	5
Escasa	3
Muy escasa	1

(Gómez Virgüez, 2019)

### 2.1.12.2 Índice prioridad de riesgos

Para calcular IPR se usó la siguiente expresión matemática (Ecuación 9):

$$IPR = G \times F \times D \quad [9]$$

Donde:

IPR: Índice de prioridad de riesgos

G: Gravedad de fallo

F: Frecuencia de fallo

D: Detección de fallo

Con el valor de I.P.R. se pudo obtener una respuesta más precisa y concreta del daño que puede estar ocurriendo o de un posible daño en cualquier punto de la máquina que se evaluó.

### 2.1.12.3 Valores de índice de prioridad de riesgos

La evaluación de los índices de prioridad de riesgos se clasifica en 3, tal como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Calificación de prioridad de riesgo

<b>Rango de IPR</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Observación</b>
De $\geq 1$ a $\leq 200$	Baja	No hay riesgo de daño
De $> 200$ a $\leq 500$	Media	Se debe hacer un inspección periódica
De $> 500$	Alta	Hay que intervenir los más pronto

El resumen del AMFE de los equipos críticos se muestra en la Tabla 21, el AMFE completo se encuentra en el ANEXO 10.

**Tabla 21.** Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE).

Ítem	Nombre	Elemento	Modo de fallo	IPR	Riesgo	Acciones correctiva
1	Cortadora 1	Filtro de depósito	Sin filtro	400	Media	Reemplazar por uno nuevo
		Filtro de Combustible	Sin filtro combustible	400	Media	Cierre la válvula del tanque y cambie el filtro de combustible cada 50 horas
		Lubricante	Lubricante Quemado	450	Media	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento
2	Concretera 1	Filtro de Depósito	Sin filtro	500	Alta	Cambiar
		Filtro de Aire	Sin filtro	900	Alta	Limpiar cada 50 horas o cambiar el filtro cada 100 horas
		Lubricante	Lubricante Quemado	450	Media	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento
		Caucho de bases	Rotura de cauchos	640	Alta	No posee esta cortadora cauchos
		Tubo Escape	Salida de smog color azul	800	Alta	Revisar la cámara de combustión y aplicar las correcciones necesarias
3	Concretera 5	Banda de transmisión	Eje de salida descentrado	800	Alta	Revisar la cámara de combustión y aplicar las correcciones necesarias
		Filtro de Depósito	Filtro roto	800	Alta	Cambiar
		Depósito	Vibra mucho el deposito	500	Alta	Limpiar y lavar el depósito de combustible cada 50 horas
		Filtro de Aire	Filtro sin tapa y roto la esponja	1000	Alta	Cambiar el filtro cada 100 horas y limpiar cada 50 horas o
		Lubricante	Lubricante quemado	800	Alta	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento
		Caucho de bases	sin cauchos base	500	Alta	No posee esta cortadora cauchos
		Tubo Escape	sin tubo de escape	1000	Alta	Poner un nuevo tubo de escape y limpiar cada 8 horas de trabajo
		Vibración	Vibraciones excesivas	640	Alta	Realizar un análisis de vibraciones para evitar fugas o agrietamientos internos del motor
Engrasado de los elementos móviles	Falta grasa	500	Alta	Engrasar en cada mantenimiento preventivo		

### 2.1.13 DIAGRAMA DE ISHIKAWA O CAUSA Y EFECTO

Se utilizó el diagrama de causa – efecto porque se buscó analizar más a fondo del porque las máquinas fueron descuidadas y se dañan tempranamente aparte de no realizarle correctamente el mantenimiento, como se muestra en la figura 13.

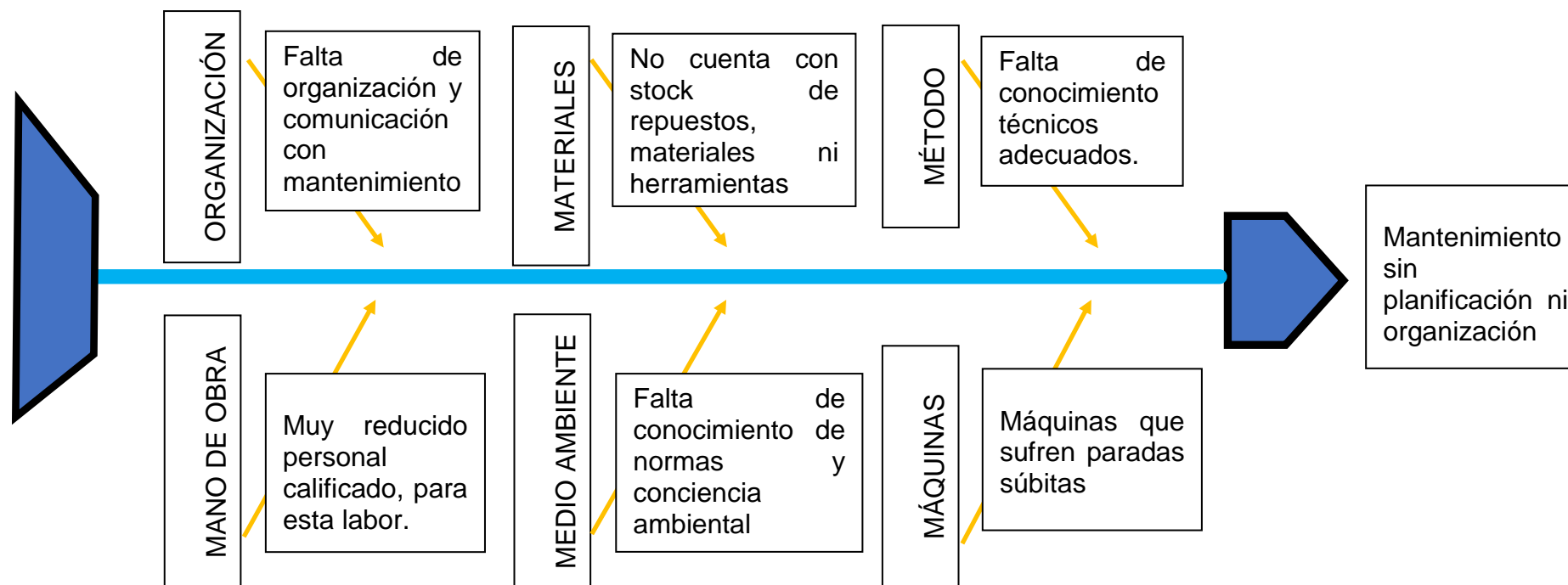


Figura 13. Diagrama Ishikawa

(L., 2014)

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 3.1 RESULTADOS

En esta sección se realizó un seguimiento de tipo mantenimiento predictivo, para poder demostrar el estado de los motores críticos, se tomó el motor de la concretera 5 para medirle por medio de un pirómetro las temperaturas de funcionamiento que alcanza, se utilizó un pie de rey de 0.05 de tolerancia, instrumento que se utilizó para tomar las medidas de las dimensiones de la aleta del motor de la concretera 5, y con estos datos recopilados se aplicó un cálculo real del motor con las dimensiones de la aleta para el enfriamiento de del cilindro. Se realizó el cálculo de temperatura de radio desde cualquier punto, a un radio de 30cm y se obtuvo una temperatura de 38.74°C, mientras que la temperatura promedio tomada con el pirómetro nos da un valor de 54.81°C, la variación de estas dos temperaturas nos indica que el motor ha incrementado 16.07°C. El calor que la aleta del motor disipa al ambiente es de 14.29 W, con una efectividad del 95%, mientras que el calor máximo que puede alcanzar es de 51.73 W. Las condiciones de transferencia de calor son de tipo laminar con una velocidad de aire de 1.804 m/s.

### 3.1.1 INVENTARIO DE MÁQUINAS

El inventario de las máquinas se lo realizó con base en parámetros recomendados por autores de libros expertos en planes de mantenimiento y se encuentra definido en la Tabla 8.

### 3.1.2 DATOS DE TEMPERATURA REALIZADOS A LOS MOTORES CRÍTICOS

A continuación se puede observar los resultados de las temperaturas obtenidas con el termómetro a los motores críticos.

#### 3.1.2.1 Temperatura de cortadora 1

En la Tabla 22 se muestran las variaciones y el promedio de temperatura tomados a la cortadora 1.

**Tabla 22.** Temperatura de la aleta del motor cortadora 1

CÓDIGO	04-10-10-00001	MODELO	6SF16-2
NOMBRE DE MÁQUINA	Cortadora 1	MARCA	INGCO
ESTADO DE CRITICIDAD	"A"	AMFE	1
Fecha	T. mínima °C	T. máxima °C	T. media °C
01-jun-21	78.9	106.7	92.8
09-jun-21	94.4	114.6	104.5
16-jun-21	92.9	117.1	105
28-jun-21	93	134.5	113.75
Temperatura promedio máxima °C			104.01

### 3.1.2.2 Temperatura de concretera 1

Los resultados de las mediciones de temperatura de la concretera 1 se muestran en la Tabla 23, valores que fueron tomados en diferentes fechas para poder detectar los cambios en los motores.

**Tabla 23.** Temperatura de aleta del motor concretera 1

<b>CÓDIGO</b>	<b>04-03-13-00011</b>	<b>MODELO</b>	<b>WE 186 FA/ FAE</b>
NOMBRE DE MÁQUINA	Concretera 1	MARCA	KAMA
ESTADO DE CRITICIDAD	“A”	AMFE	2
Fecha	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C
01-jun-21	49	52.1	50.55
09-jun-21	35.9	72.8	54.35
16-jun-21	34.4	90.3	62.35
28-jun-21	67.3	89.4	78.35
Temperatura promedio máxima °C			61.4

### 3.1.2.3 Temperatura de concretera 5

Otro motor crítico al que se le realizó seguimiento fue a la concretera 5, los resultados de temperatura se muestran en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Temperatura de aleta del motor concretera 5

<b>CÓDIGO</b>	<b>04-03-13-00013</b>	<b>MODELO</b>	<b>186FA</b>
NOMBRE DE MÁQUINA	Concretera 5	MARCA	KAMA
ESTADO DE CRITICIDAD	“A”	AMFE	3
Fecha	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Temperatura media °C
01-jun-21	39.4	65.9	52.65
09-jun-21	37.2	68.5	52.85
16-jun-21	49.3	59.9	54.6
28-jun-21	57.2	61.1	59.15
Temperatura promedio máxima °C			54.81

### 3.1.3 GRÁFICA DE PARETO

Su nombre tiene origen en el economista Wilfrido Pareto, se trata de un diagrama organizado de derecha a izquierda o de mayor a menor valor que permite clasificar los valores obtenidos para su respectivo análisis.

#### 3.1.3.1 Gráfica de Pareto cortadora 1

- Descripción del diagrama de Pareto Cortadora 1

El diagrama de la figura 14, nos indica que el 77.7% de las mediciones tomadas, superó los 100°C y el 22.3% no supera los 100°C, que corresponde a lo que descendió la temperatura del motor, como resultado la temperatura de este motor aumentó debido al desgaste existente en cilindro.

- Diagnóstico de resultado Cortadora 1

Las medidas tomadas determinaron que la temperatura de funcionamiento está por encima de lo normal, dando como resultado un exceso de temperatura que significa que hay desgaste por el rozamiento, quemado de lubricante de motor, vibraciones del pistón y desgastes de los anillos y camisa del cilindro, causado por no tener filtro de combustible, combustible sucio, filtro de aire sucio, carburador sucio, bujía sucia y quemada, etc.

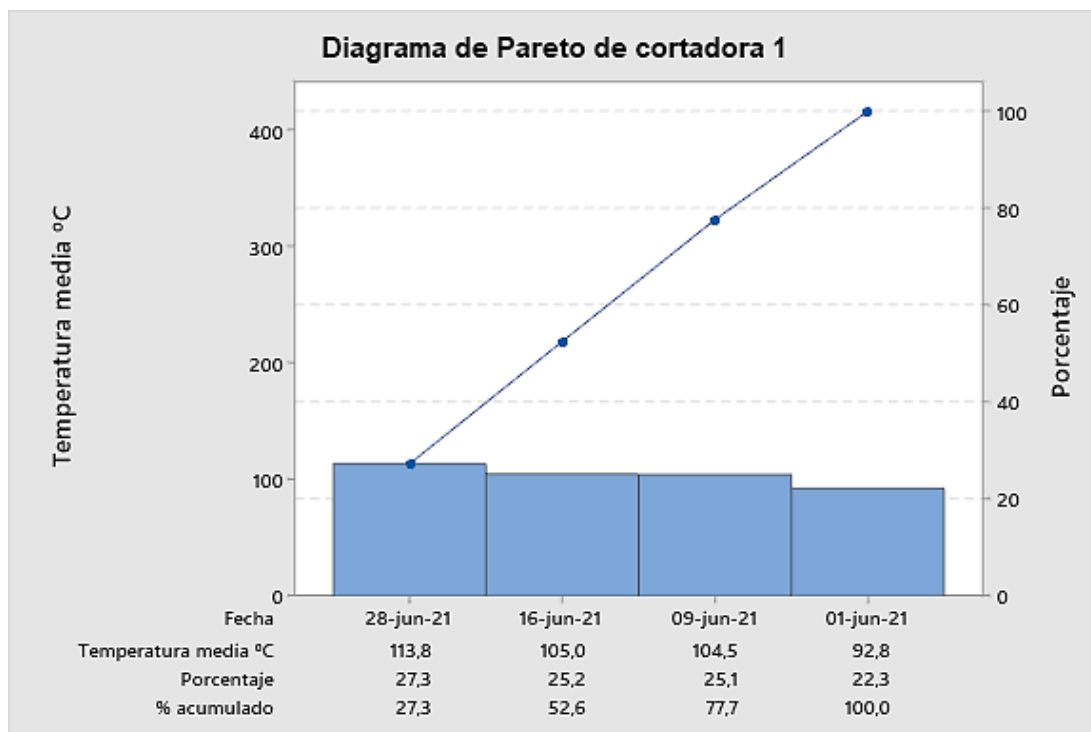


Figura 14. Curva de temperatura de cortadora1

### 3.1.3.2 Gráfica de Pareto concretera 1

- Descripción del diagrama de Pareto concretera 1

El diagrama de la figura 15, nos indica que el 79.4% de las mediciones tomadas superó los 50°C y el 20.6% se mantiene dentro de los 50°C, es la temperatura que ascendió, como resultado existe una elevación de temperatura en este motor, debido al desgaste que existe en el cilindro.

- Diagnóstico de resultado concretera 1

Presenta desgaste en el cilindro, quema rápida de lubricante de motor, anillos y camisas desgastadas, vibración del pistón o cascabeleo y quema de aceite en la cámara de combustión, causado por no tener filtro de combustible, combustible sucio, no tiene filtro de aire y falta de limpieza periódica a la máquina.

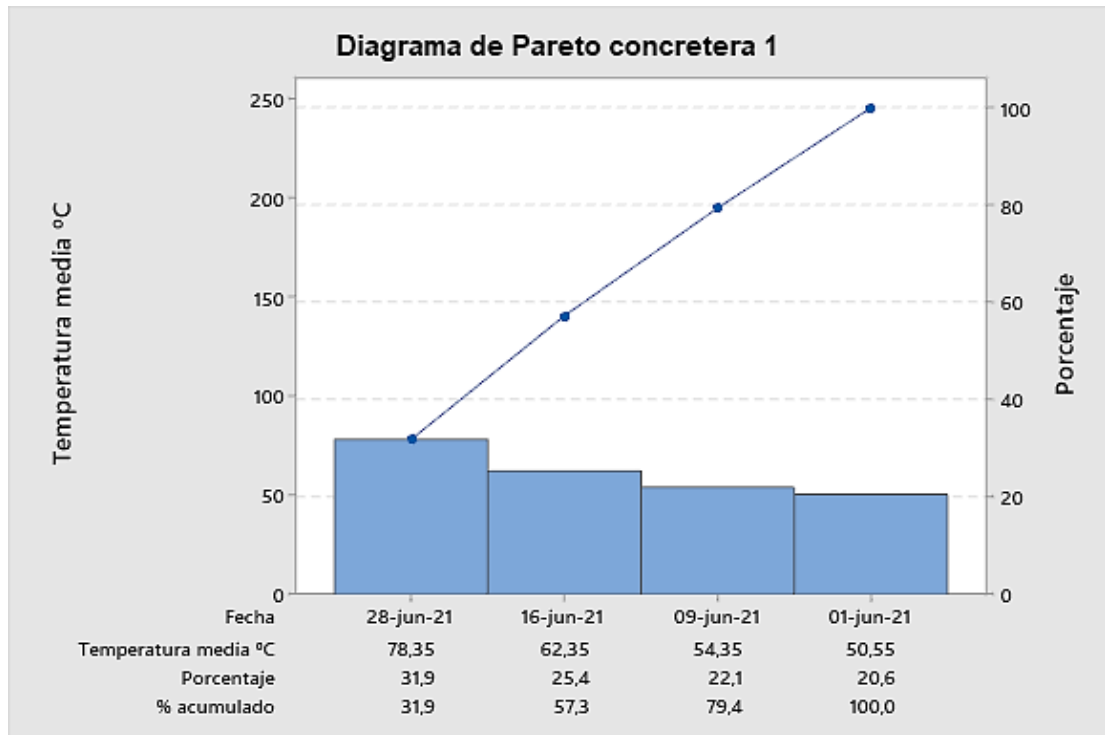


Figura 15. Curva de temperatura de concretera 1

### 3.1.3.3 Gráfica de Pareto concretera 5

- Descripción del diagrama de Pareto concretera 5

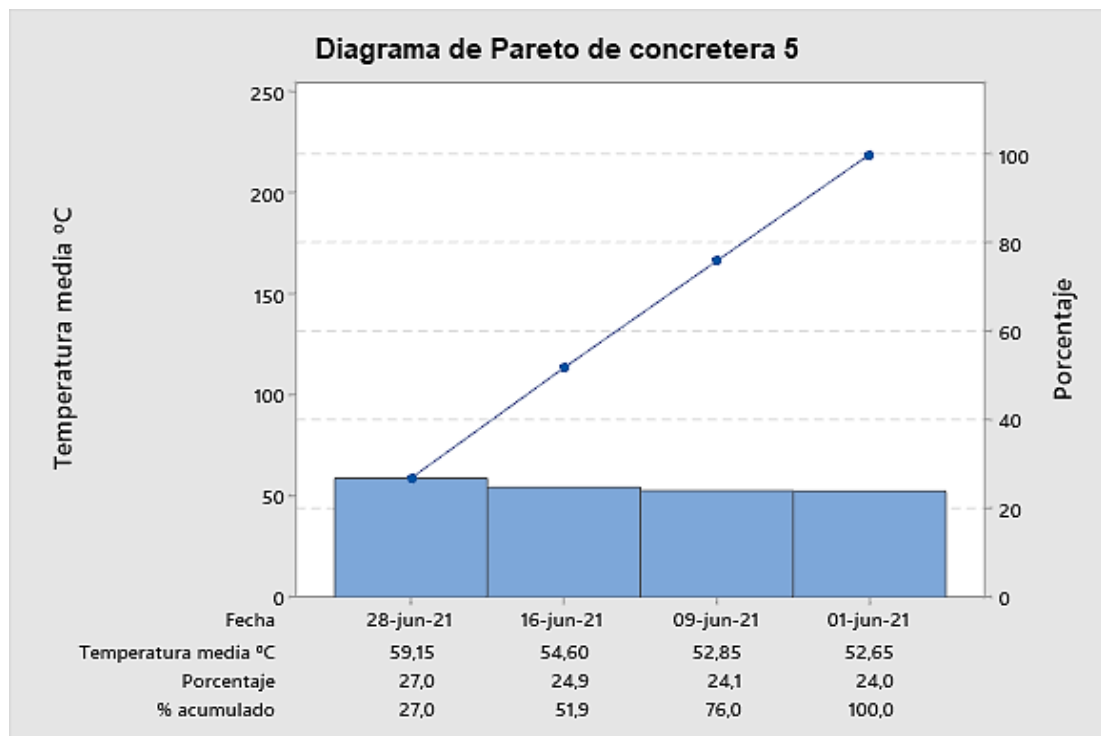
El diagrama de la figura 16, nos indica que el 100% de las mediciones tomadas, superó los 50°C, como resultado la temperatura de este motor



aumentó en la última medición tomada con respecto a los anteriores debido al desgaste existente en cilindro.

- Diagnóstico de concretera 5

Presenta desgaste en el cilindro, quema rápida de lubricante de motor, anillos y camisas desgastadas, vibración del pistón o cascabeleo, causado por el filtro de aire roto, sin filtro de combustible, combustible sucio, falta de limpieza periódica de la máquina y no tiene tubo de escape, etc.



**Figura 16.** Curva de temperatura de concretera 5

### 3.1.3.4 Tabla de torque y potencia al motor de concretera 5

El resultado de la tabla 25 indica la comparación entre los valores de potencia y torque dados por el fabricante con respecto a los valores reales obtenidos mediante cálculos, donde se puede observar la similitud que existe entre los dos grupos de valores.

**Tabla 25.** Resultado de torque y potencia del motor concretera 5.

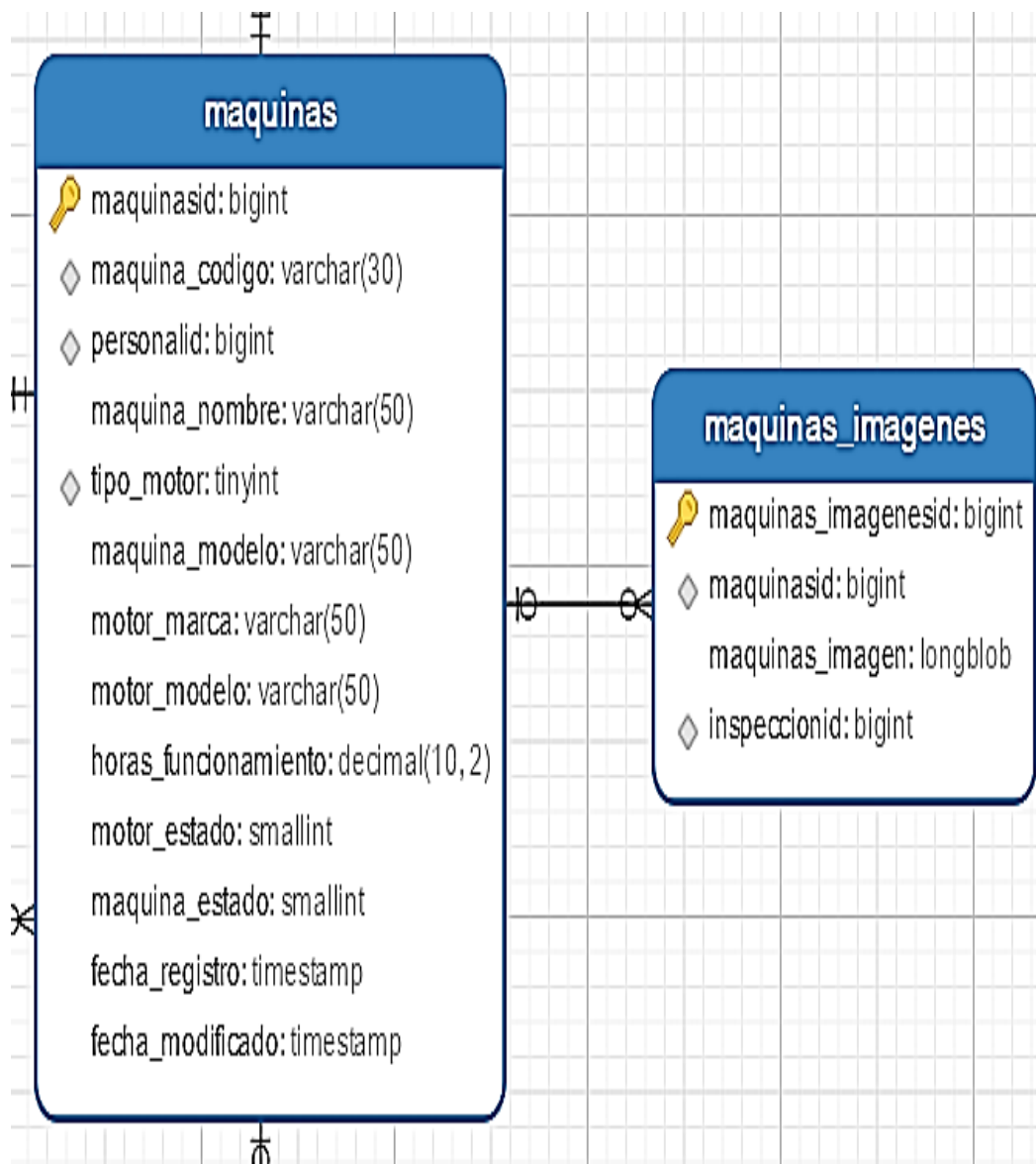
Regimen (Rpm)	ESPECIFICACIONES TECNICAS REALES		ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL FABRICANTE	
	Potencia	Torque	Potencia	Torque
	Kw	Nm	Kw	Nm
<b>3600</b>	9,03	23,96	8,95	24
<b>3200</b>	8,03	23,96	7,96	24
<b>3000</b>	7,53	23,96	7,46	24
<b>2880</b>	7,23	23,96	7,16	24
<b>2500</b>	6,27	23,96	6,22	24
<b>2000</b>	5,02	23,96	4,97	24
<b>1000</b>	2,51	23,96	2,49	24

### 3.1.4 BASE DE DATOS

La base de datos fue diseñada en el programa Navicat, según normativa ANSI/X3/SPARC (Comité de planificación y requerimiento). La arquitectura de la base de datos se divide en tres niveles que son: externo, conceptual o lógico e interno. La base de datos pertenece al nivel lógico según dicha Norma, porque representa la estructura y organización de los datos, sin preocuparse de su organización física ni las vías de acceso. La base de datos completa se muestra en la figura 23.

## Tablas relacionales de los datos

- Tablas de Máquina



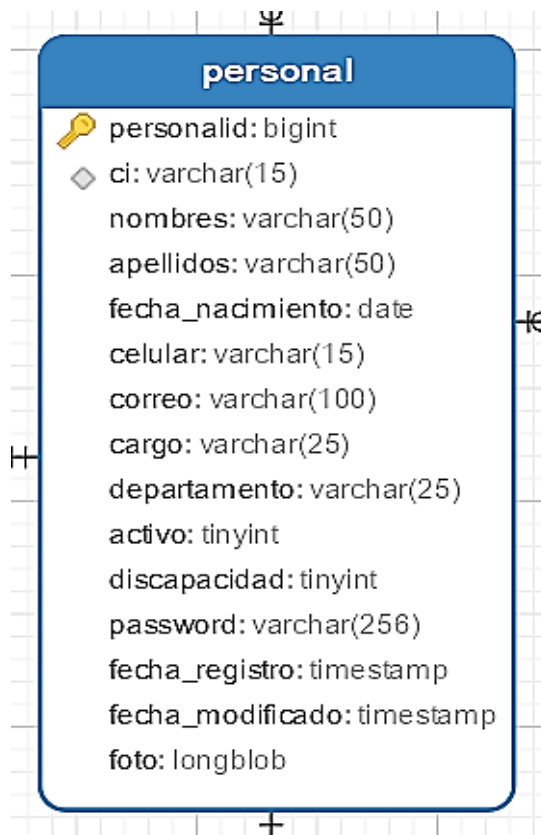
**Figura 17.** Tablas de máquina

- Inspección



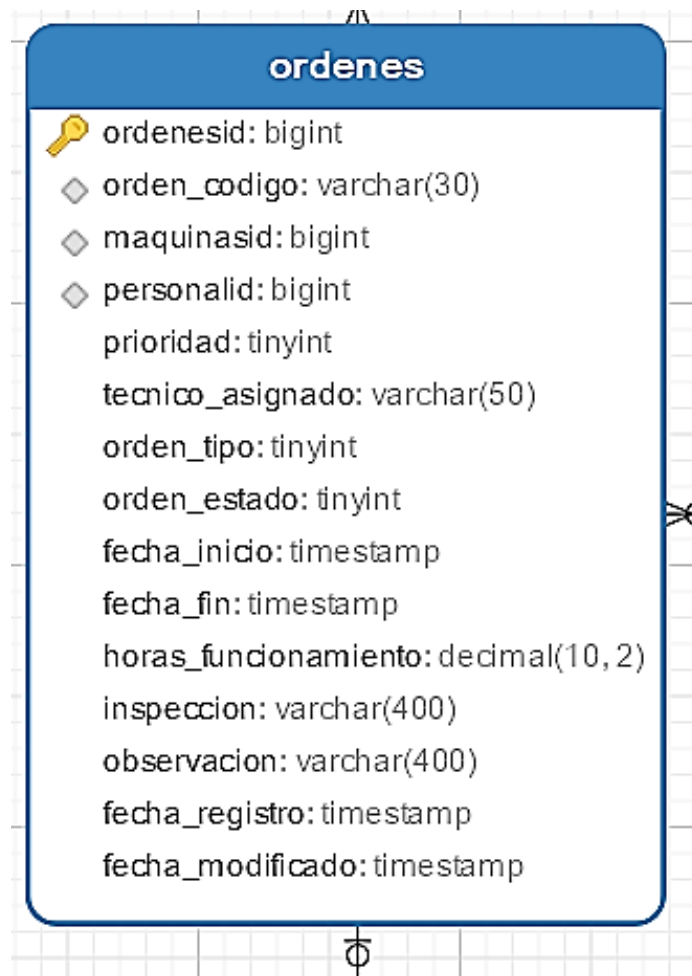
**Figura 18.** Tabla de inspección

- Tabla de personal



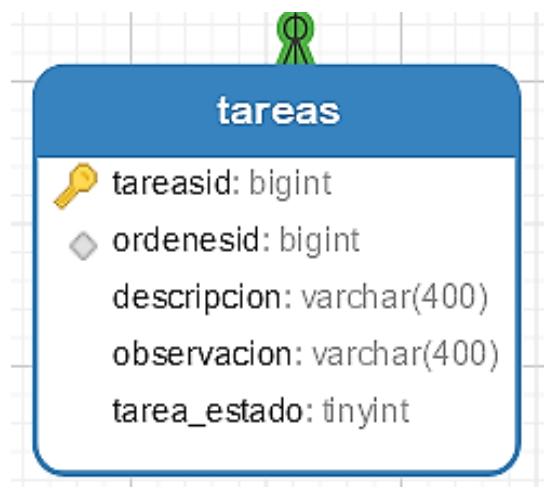
**Figura 19.** Tabla de personal

- Orden de mantenimiento



**Figura 20.** Tabla orden de mantenimiento

- Tabla de tareas



**Figura 21.** Tabla de tarea

- Tabla de control de horas

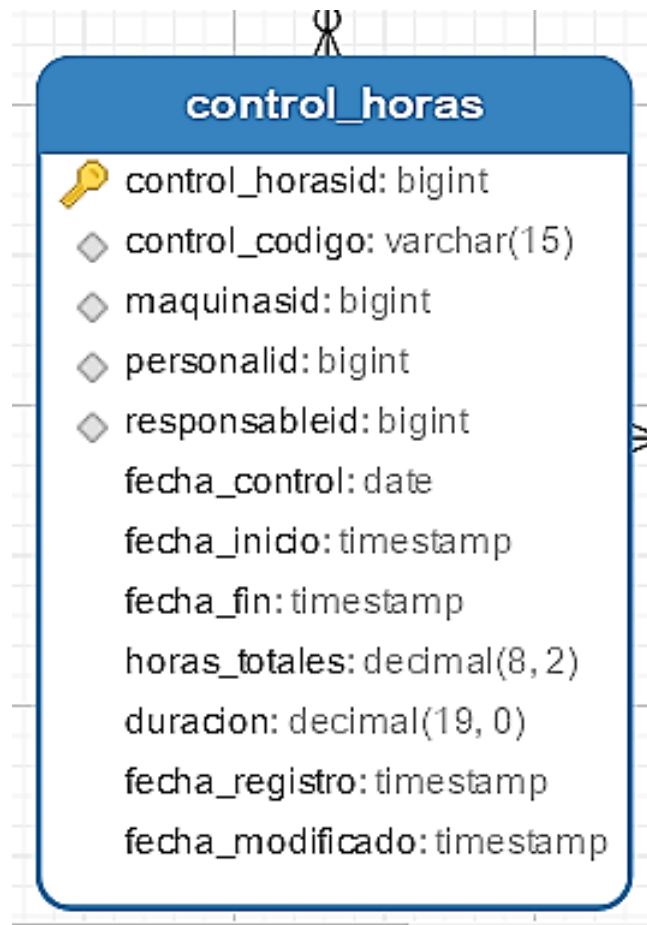


Figura 22. Tabla de control de horas

#### 3.1.4.1 Modelo de relación – entidad

La relación con la que se diseñó esta base de datos está estructurada de la forma de uno a mucho y de muchos a uno. En la figura 23 se muestra la estructura de la base de datos y sus relaciones.

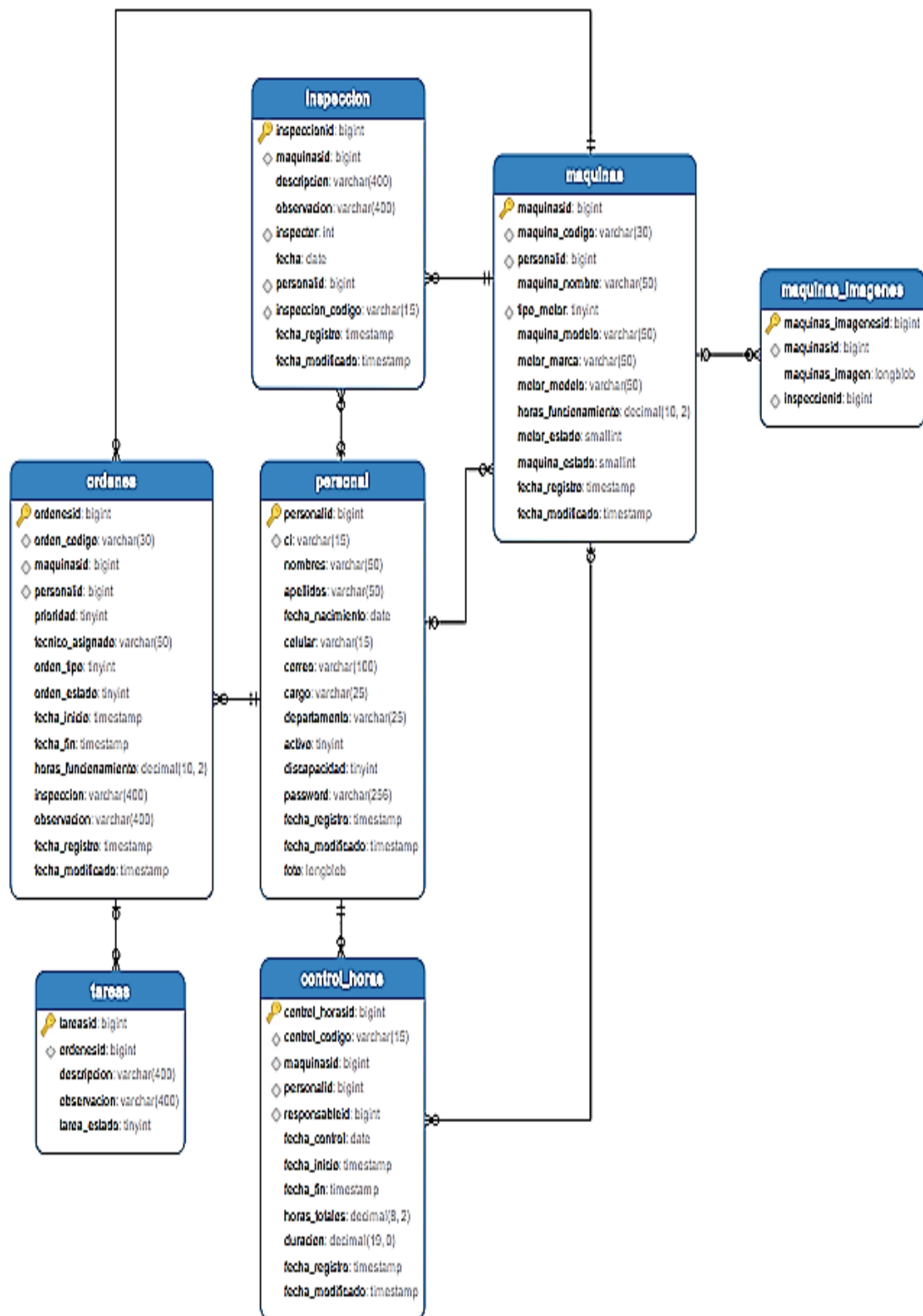


Figura 23. Base de datos entidad – relación

### 3.1.5 SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

El software de mantenimiento se lo diseñó en el programa Windev, que es una aplicación de origen francés que permite crear diseñar interfaces, el tipo de

lenguaje que se utiliza aquí es C, este programa a diferencia de otras aplicaciones que crean interfaces permite personalizar los formularios y es compatible con las aplicaciones de base de datos más usadas como MySQL o MariaDB, entre otros, etc. Este programa esta enlazado a la base de datos diseñada en Navicat Premium.

El programa está diseñado con la finalidad de llevar un control de horas de trabajo de las máquinas para facilitar la realización del plan de mantenimiento preventivo. El software consta de las siguientes interfaces:

- **Interfaz de personal.-** tiene como finalidad guardar datos personales de todo el personal involucrado en llevar a cabo el plan de mantenimiento, como se muestra en la figura 24.

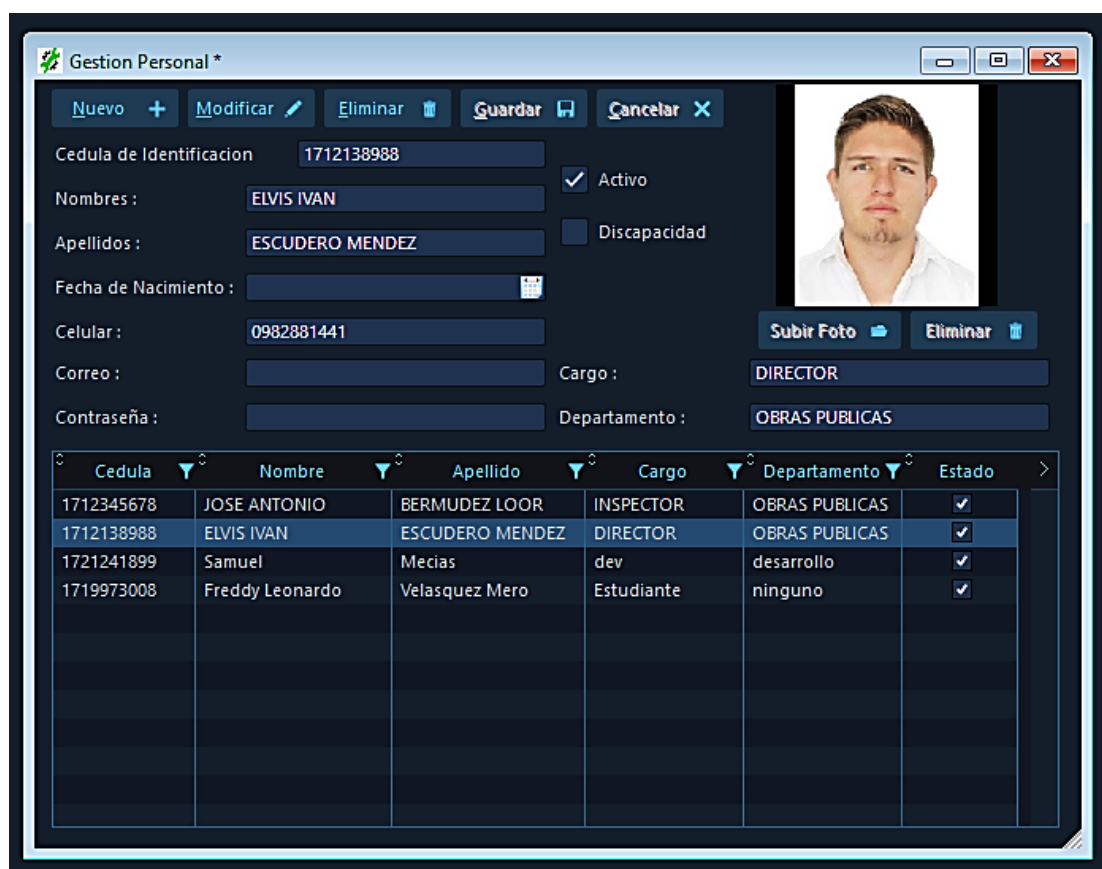


Figura 24. Interfaz de personal

- **Interfaz de máquina.-** en esta interfaz se guarda la información específica de cada máquina, como se muestra en la figura 25.



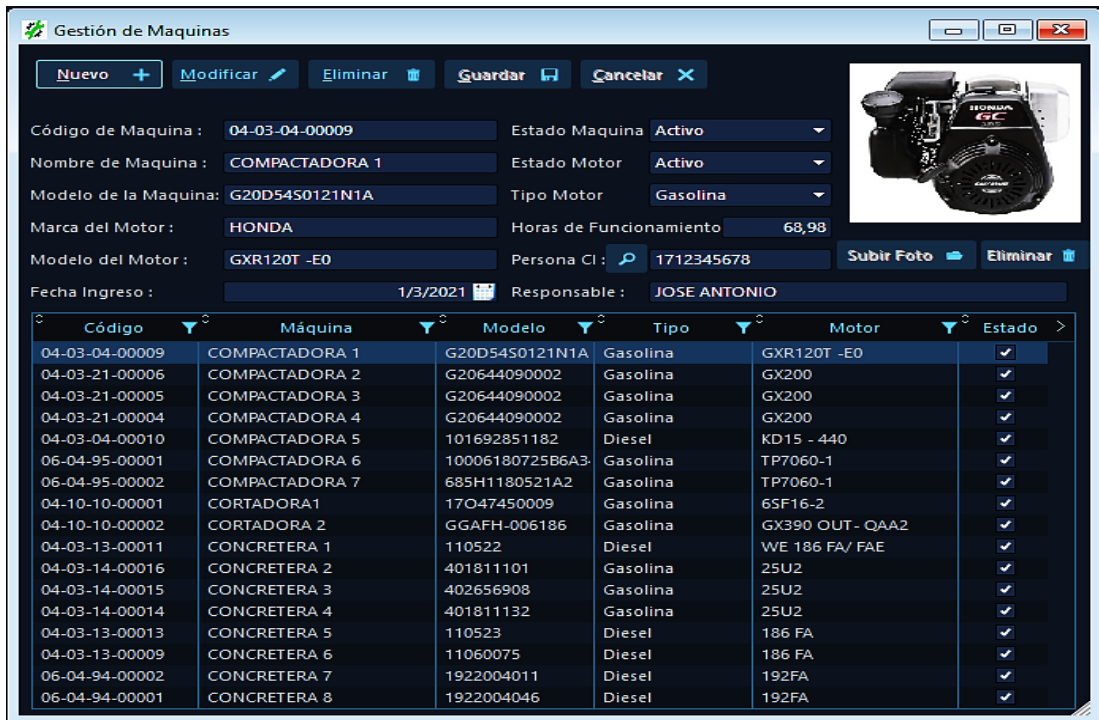


Figura 25. Interfaz de máquina

- **Interfaz de orden de mantenimiento.-** esta interfaz tiene por objetivo generar órdenes de mantenimiento para ejecutar el mantenimiento a las máquinas. La figura 26 muestra los detalles.

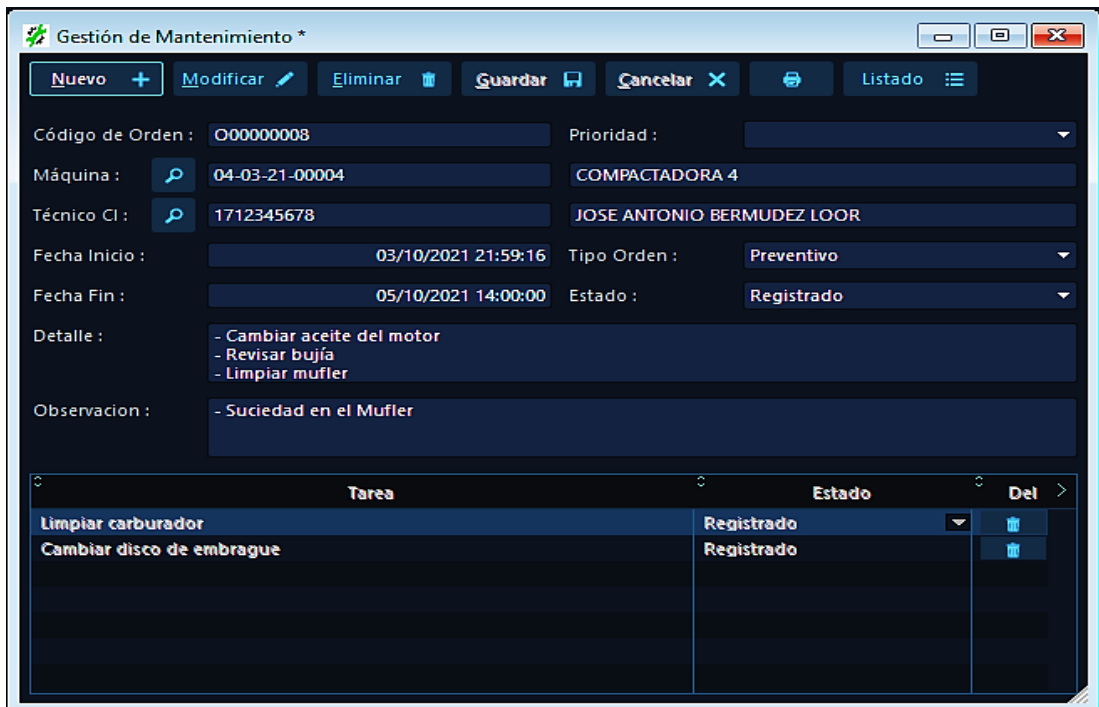


Figura 26. Interfaz de orden de mantenimiento

- **Interfaz de inspección.-** esta interfaz tiene como objetivo generar órdenes de inspección con la finalidad de hacer una revisión a los equipos que

presenten fallas inesperadas o verificar el estado de una máquina. En la figura 27 se puede observar su estructura.

The screenshot shows a software window titled "Gestión de Inspecciones". At the top, there is a toolbar with buttons for "Nuevo +", "Modificar", "Eliminar", "Guardar", "Cancelar", and "Listado". Below the toolbar, the form contains the following fields:

- Código Inspección: 100000009
- Fecha Inspección: 11/10/2021
- Máquina: 06-04-95-00001 (COMPACTADORA 6)
- Técnico: 1712345678 (JOSE ANTONIO)
- Jefe: 1719973008 (Freddy Leonardo)
- Inspección: Revisar el nivel el aceite del motor
- Observación: (empty text area)

At the bottom left, there are buttons for "Subir Foto" and "Eliminar".

Figura 27. Interfaz de inspección

- **Interfaz de control de horas.-** esta interfaz tiene como objetivo llevar un control de horas de trabajo de los motores, como lo indica la figura 28.

The screenshot shows a software window titled "Gestión de Control de Horas". At the top, there is a toolbar with buttons for "Nuevo +", "Modificar", "Eliminar", "Guardar", "Cancelar", and "Listado". Below the toolbar, the form contains the following fields:

- Código Control: C00000017
- Fecha Control: 8/11/2021
- Máquina: 04-03-04-00009 (COMPACTADORA 1)
- Responsable: 1794895853 (Ariel)
- Jefe: 1712138988 (ELVIS IVAN)
- Fecha Inicio: 8/11/2021 Hora 20:46
- Fecha Fin: 8/11/2021 Hora 22:46
- Duración: 2 h 0 m 0 s

Figura 28. Interfaz de control de horas

### 3.1.6 MANUAL DE USO DEL SOFTWARE

- Datos técnicos del software

El software de mantenimiento fue diseñado en Windev 25 un programa de origen Francés, que es compatible con las versiones de Windows 7, 8 y 10, de sistemas operativos de 32 bits y 64 bits. El peso del programa es de 76.4 MB, es de sencilla instalación incluso es ejecutable sin necesidad de instalar y además es portable.

- Descripción del software

El programa diseñado consta de 5 interfaces que son: personal, maquinaria, orden de mantenimiento, orden de inspección y horas de funcionamiento. Cada interfaz cumple una función distinta y única, está relacionado con la base de datos.

Para ingresar al sistema se debe tener una contraseña que se obtiene al momento de registrarse en el formulario de personal, es importante que una persona sepa manejarlo para que siempre sea el custodio del software y su clave de acceso sea protegida.

#### 3.1.6.1 Para ingresar al sistema

- Ingresar los datos personales en el formulario del personal y designar una contraseña a la persona que está autorizada para ingresar al software.
- Una vez registrado y con la contraseña asignada podrá ingresar tal como muestra la siguiente imagen de la figura 29.



Figura 29. Ingreso al sistema

### 3.1.6.2 Menú de tareas

Barra de tareas: en esta pantalla se puede observar todas las tareas que el software posee, dar clic en la tarea que se desee realizar (Figura 30).

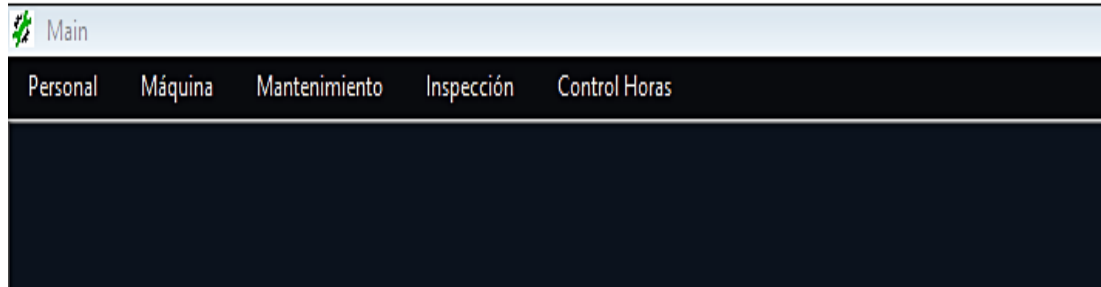
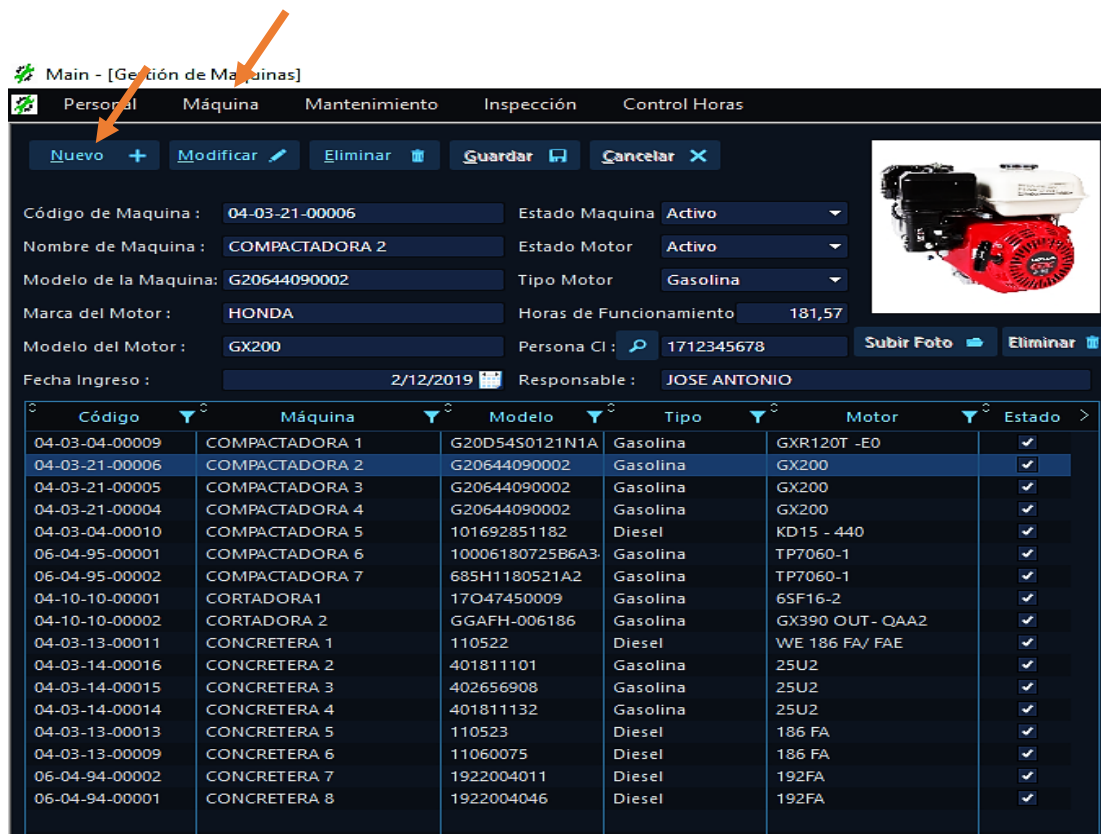


Figura 30. Menú principal

### 3.1.6.3 Formulario de personal y máquina

#### 3.1.6.3.1 Ingreso de personal y máquina al sistema

- Este procedimiento es igual para registro de personal y máquina. Dar clic en el botón nuevo para realizar un registro nuevo (Figura 31).



Código	Máquina	Modelo	Tipo	Motor	Estado
04-03-04-00009	COMPACTADORA 1	G20D54S0121N1A	Gasolina	GXR120T -E0	✓
04-03-21-00006	COMPACTADORA 2	G20644090002	Gasolina	GX200	✓
04-03-21-00005	COMPACTADORA 3	G20644090002	Gasolina	GX200	✓
04-03-21-00004	COMPACTADORA 4	G20644090002	Gasolina	GX200	✓
04-03-04-00010	COMPACTADORA 5	101692851182	Diesel	KD15 - 440	✓
06-04-95-00001	COMPACTADORA 6	10006180725B6A3	Gasolina	TP7060-1	✓
06-04-95-00002	COMPACTADORA 7	685H1180521A2	Gasolina	TP7060-1	✓
04-10-10-00001	CORTADORA1	17O47450009	Gasolina	6SF16-2	✓
04-10-10-00002	CORTADORA 2	GGAFH-006186	Gasolina	GX390 OUT- QAA2	✓
04-03-13-00011	CONCRETERA 1	110522	Diesel	WE 186 FA/ FAE	✓
04-03-14-00016	CONCRETERA 2	401811101	Gasolina	25U2	✓
04-03-14-00015	CONCRETERA 3	402656908	Gasolina	25U2	✓
04-03-14-00014	CONCRETERA 4	401811132	Gasolina	25U2	✓
04-03-13-00013	CONCRETERA 5	110523	Diesel	186 FA	✓
04-03-13-00009	CONCRETERA 6	11060075	Diesel	186 FA	✓
06-04-94-00002	CONCRETERA 7	1922004011	Diesel	192FA	✓
06-04-94-00001	CONCRETERA 8	1922004046	Diesel	192FA	✓

Figura 31. Formulario de ingreso de máquina

- Llenar los datos requeridos en cada formulario y dar clic en el botón guardar (Figura 32).



Figura 32. Registro guardado

### 3.1.6.3.2 Botón modificar un registro guardado

- Se tiene una lista de registros guardados en la base de datos, para modificar un registro se selecciona el registro que se quiere modificar y luego se da clic en el botón modificar. El registro seleccionado se habilita para modificar los campos requeridos (Figuras 33 y 34).

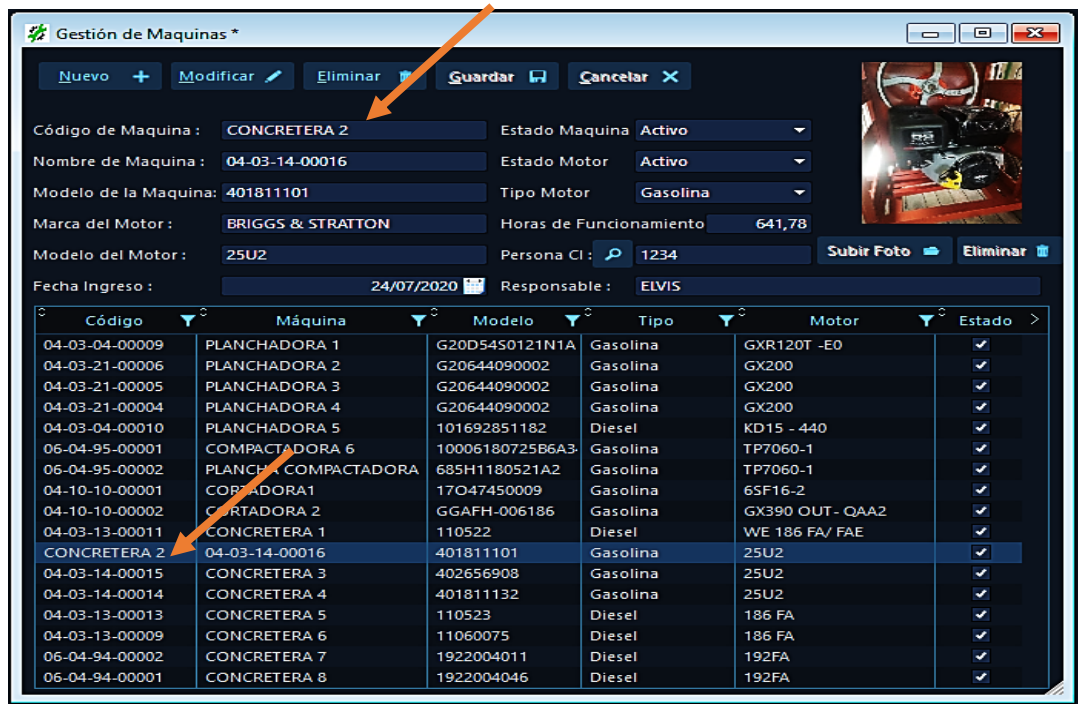


Figura 33. Modificar máquina



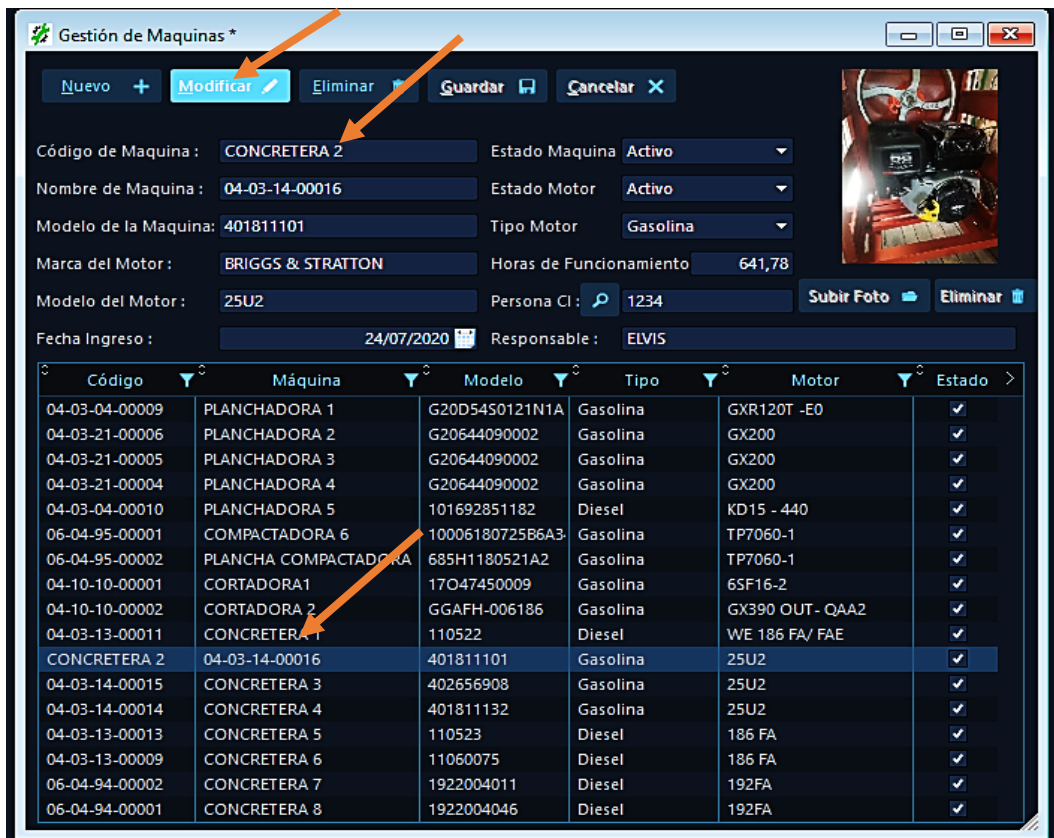


Figura 34. Botón modificar

- Una vez corregido se vuelve a dar clic en el botón guardar (Figura 35).

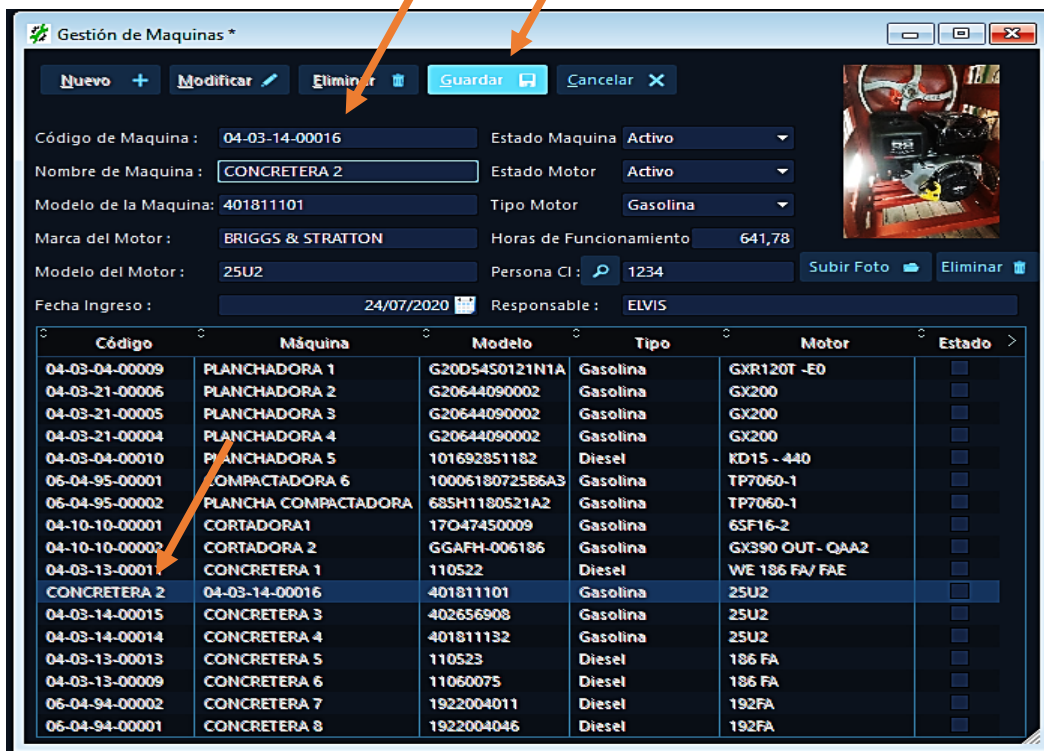


Figura 35. Botón guardar

- Dato corregido (Figura 36).

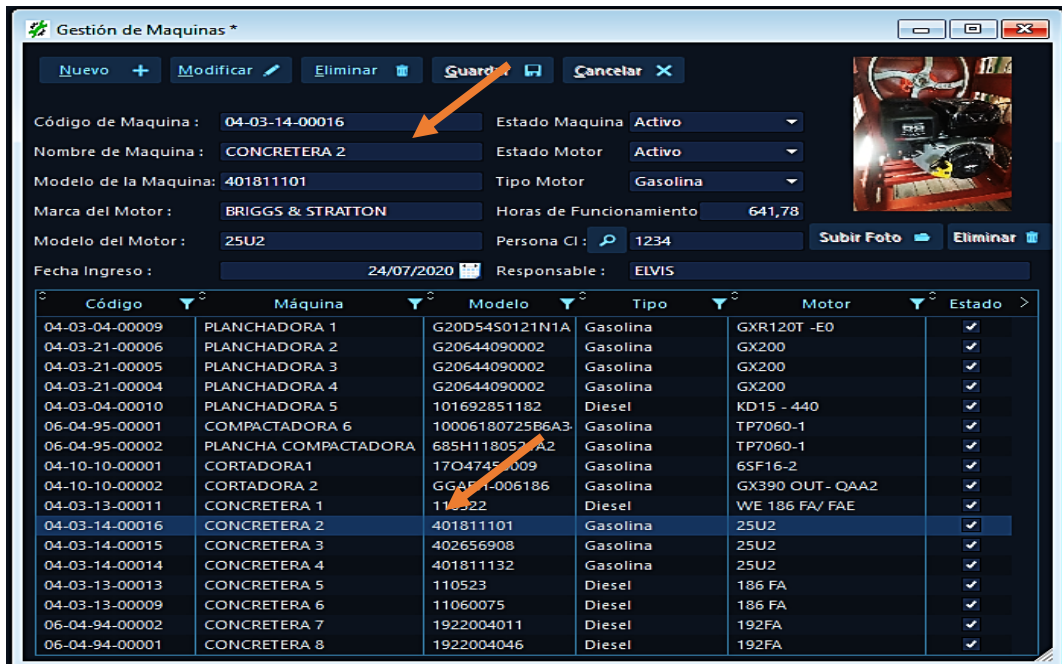


Figura 36. Registro modificado

### 3.1.6.3.3 Botón cancelar

Es simplemente cuando se está realizando un registro (nuevo), no guardado y decide no guardarlo se presiona cancelar y se borra automáticamente.

### 3.1.6.3.4 Botón eliminar registro

- Se selecciona el registro a eliminar con el puntero del ratón (Figura 37).

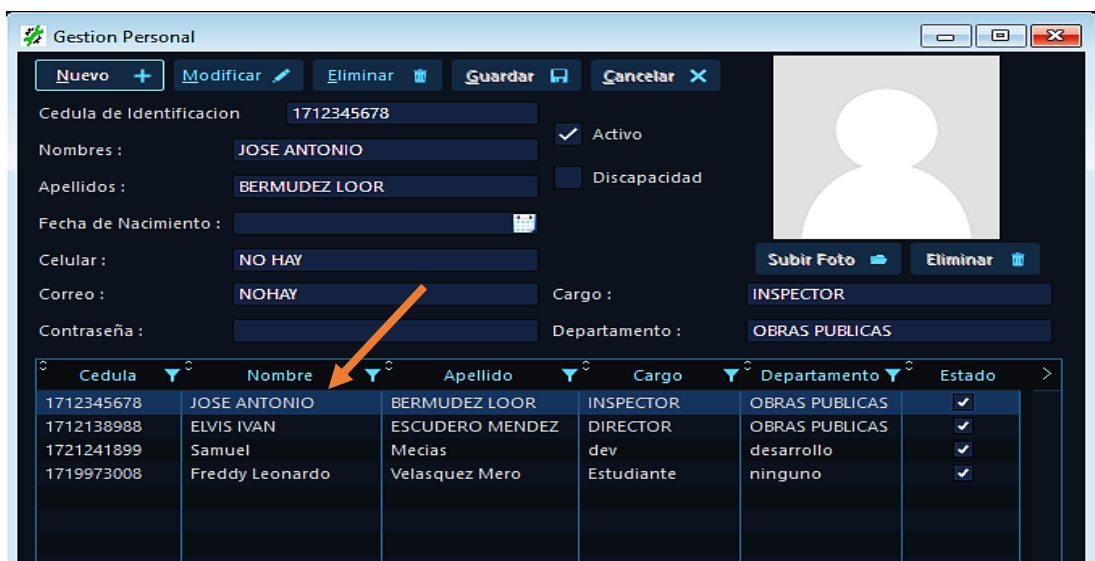


Figura 37. Selección de registro a eliminar

- Enseguida se presiona el botón eliminar y a continuación se elimina el registro automáticamente (Figura 38).

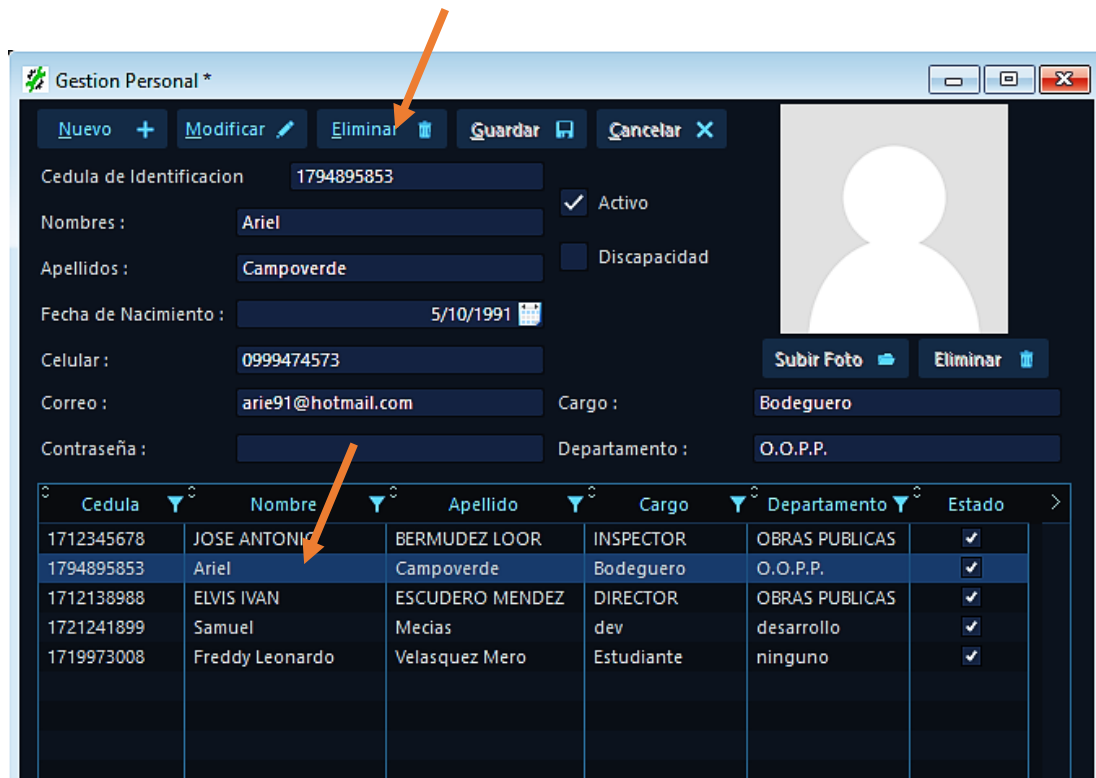


Figura 38. Botón eliminar registro

- Registro eliminado de la tabla de personal de la base de datos (Figura 39).

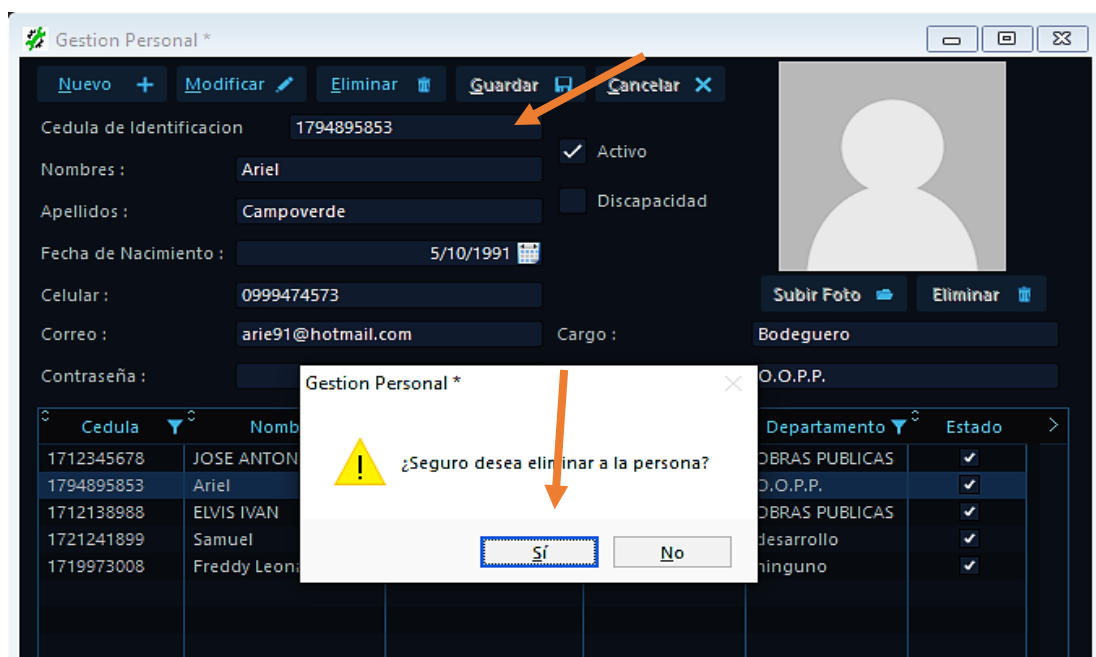


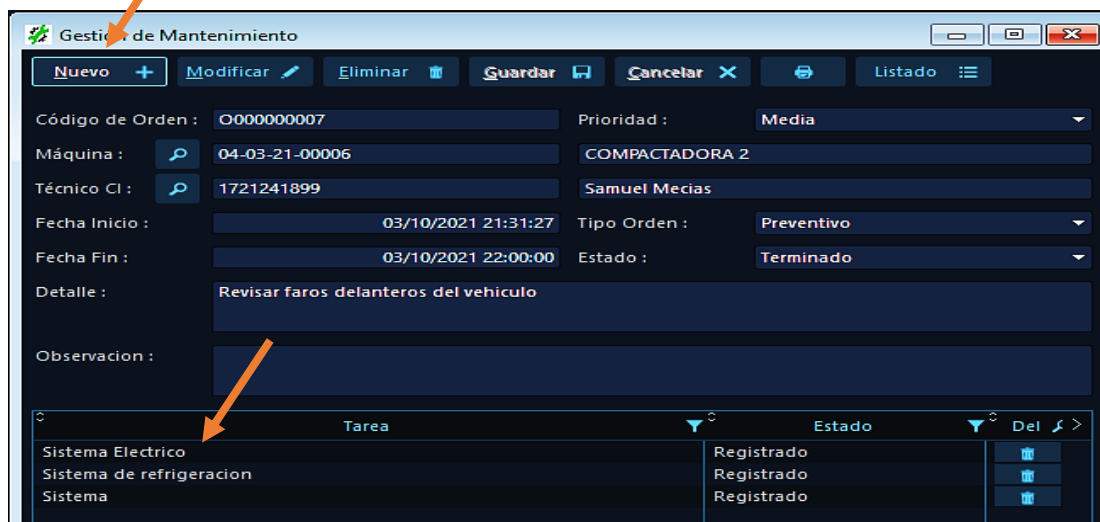
Figura 39. Registro eliminado



### 3.1.6.4 Formulario orden de mantenimiento

Nueva orden de mantenimiento

- Dar clic en el botón nuevo
- El código de la orden ya lo genera automáticamente el sistema y no es necesario llenar ese campo.
- Ingresar los datos que pide
- Para el caso de la maquinaria se pone el código de la máquina y el sistema localiza que máquina y ubica automáticamente el nombre al dar enter.
- Lo mismo para técnico poner la CI y el programa localiza los nombres del técnico.
- Asignar un nombre a la tarea que va realizar y esto se le escribe en la celda de la tabla inferior de formulario como indica la flecha (Figura 40).



The screenshot shows a web application window titled 'Gestión de Mantenimiento'. At the top, there are buttons for 'Nuevo +', 'Modificar', 'Eliminar', 'Guardar', 'Cancelar', and 'Listado'. The form contains the following data:

Código de Orden :	O00000007	Prioridad :	Media
Máquina :	04-03-21-00006	COMPACTADORA 2	
Técnico CI :	1721241899	Samuel Mecias	
Fecha Inicio :	03/10/2021 21:31:27	Tipo Orden :	Preventivo
Fecha Fin :	03/10/2021 22:00:00	Estado :	Terminado
Detalle :	Revisar faros delanteros del vehiculo		
Observacion :			

Below the form is a table with columns 'Tarea', 'Estado', and 'Del'. The table contains three rows:

Tarea	Estado	Del
Sistema Electrico	Registrado	[X]
Sistema de refrigeracion	Registrado	[X]
Sistema	Registrado	[X]

Two orange arrows point to the 'Nuevo +' button and the 'Detalle' field.

Figura 40. Crear nueva orden de mantenimiento

#### 3.1.6.4.1 Botón Eliminar una orden de mantenimiento

Para eliminar una orden seleccionar el registro de orden que desee con el puntero y dar clic en el botón eliminar.

#### 3.1.6.4.2 Botón cancelar una orden de mantenimiento

Para cancelar este botón sólo se habilita cuando se genera una nueva orden, si no la requiere se da clic en el botón cancelar y se cancela el registro nuevo y lo mismo para el botón modificar, se habilita el botón cancelar.

#### 3.1.6.4.3 Botón modificar una orden de mantenimiento

- Para modificar la orden primero se debe buscar el registro de orden en la tabla de listado, esto se encuentra dando clic en el botón listado ubicado en la parte superior derecha.

- Seleccionar el registro a modificar, dar doble clic en el registro y este se desplegará en la interfaz principal y seguido dar clic en el botón modificar y se modifica el dato que se desee aplicar.

#### 3.1.6.4.4 Imprimir la orden de mantenimiento

- Para imprimir la orden se debe ir al botón de listado y dar clic
- Buscar el registro que necesite imprimir (Figura 41).

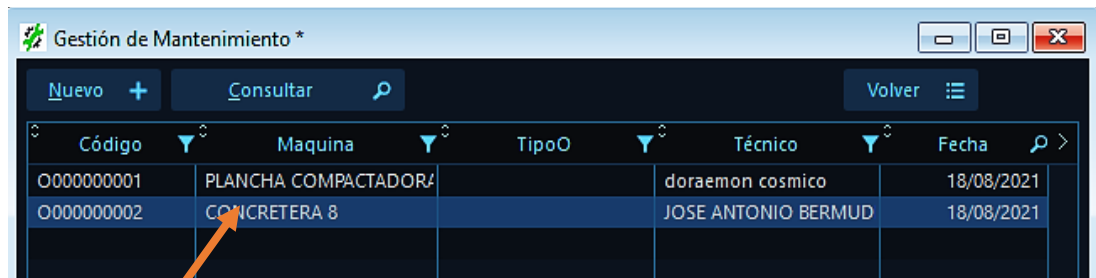


Figura 41. Búsqueda y selección de orden de mantenimiento

- Dar doble clic en el registro
- A continuación una vez desplegado a la interfaz principal dar clic en el ícono de impresión (Figura 42).

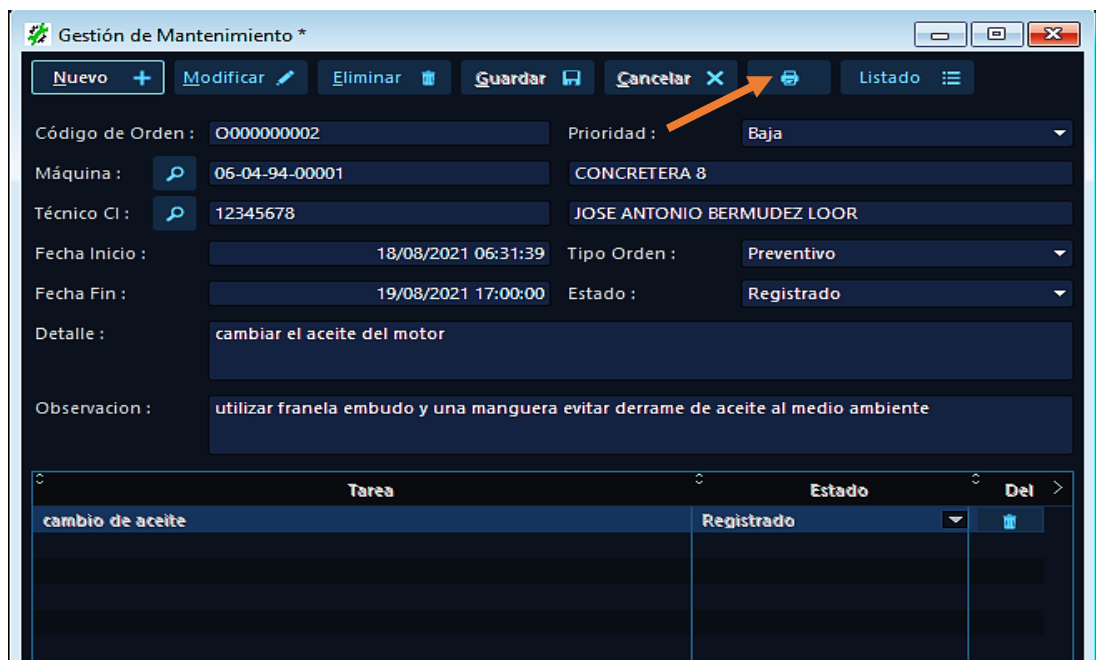


Figura 42. Impresión de registro

- A continuación se desplegará un reporte a imprimir verificar que los datos estén bien puestos y si no debe cancelar y modificar lo que está mal escrito. Y comenzar todo el proceso de impresión de nuevo (Figura 43).

	<b>GOBIERNO MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO</b> <b>OBRAS PUBLICAS</b> ORDEN DE MANTENIMIENTO		Hoja No 000000007
			Fecha 3/10/2021
<b>Máquina</b>			
Código	Nombre de la máquina	Tipo Motor	
04-03-21-00006	COMPACTADORA 2	Gasolina	
Modelo del motor	Horas de Funcionamiento	Custodia	
GX200	0	JOSE ANTONIO BERMUDEZ LOOR	
<b>Orden de Mantenimiento</b>			
Prioridad	Técnico Asignado	Tipo de Orden	
Media	JOSE ANTONIO BERMUDEZ LOOR	Preventiva	
Hora Inicio	03/10/2021 21:31:27	Hora Fin	03/10/2021 22:00:00
<b>Tareas a realizar</b>			
Sistema Electrico Sistema de refrigeracion Sistema			

<b>Observaciones</b>	
<b>Personas Responsables</b>	
Nombre del Técnico asignado	Nombre Jefe Inmediato
JOSE ANTONIO BERMUDEZ LOOR	Samuel Medias
Firma :	Firma :

**Figura 43.** Impresión de una orden de mantenimiento

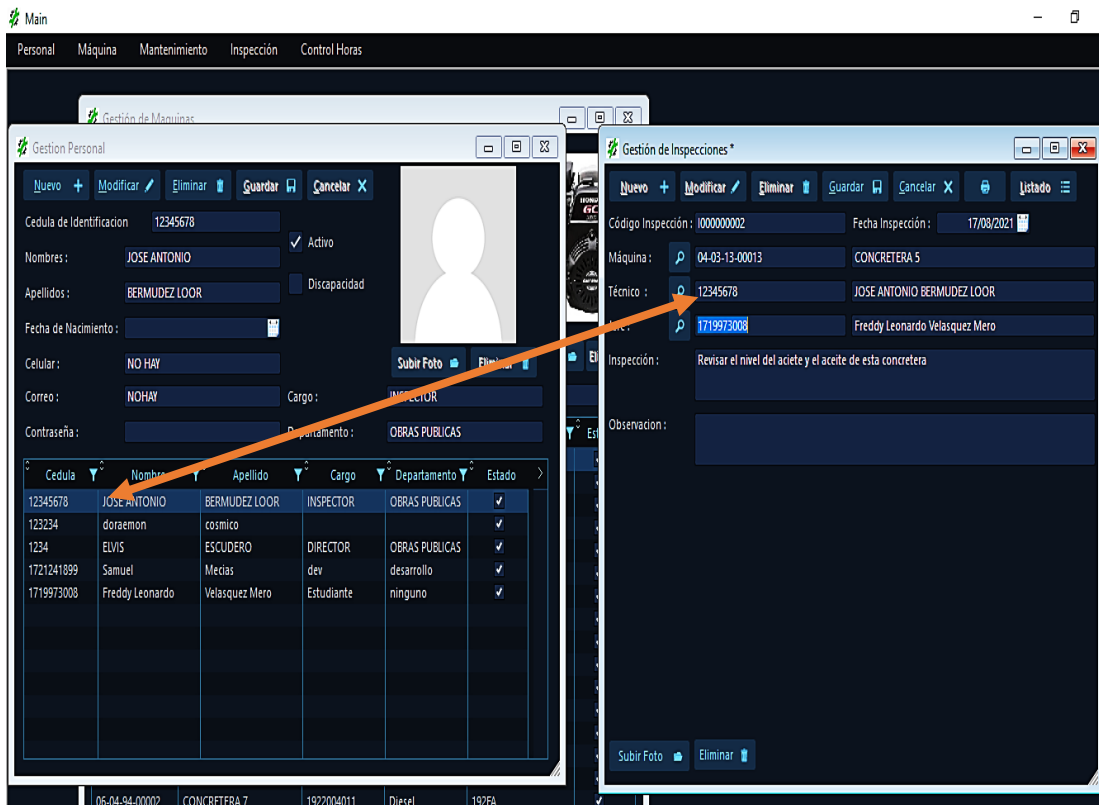
- Una vez confirmado los datos a imprimir se da clic en el icono de impresión ubicado en el margen superior izquierdo y se imprimirá el archivo.

### 3.1.6.5 Formulario orden de inspección

Esta interfaz tiene las siguientes alternativas: nueva orden, modificar, imprimir, eliminar y cancelar.

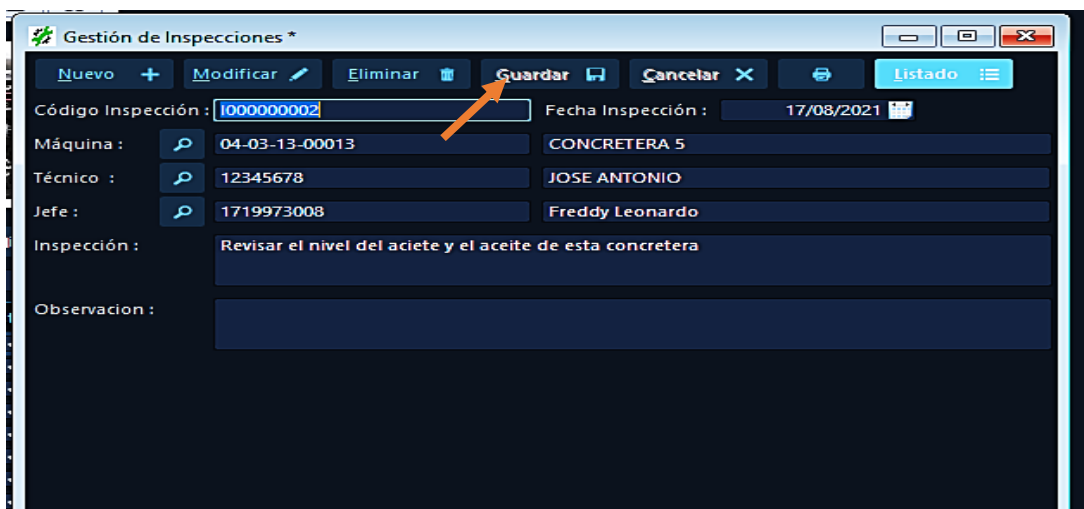
#### 3.1.6.5.1 Nueva orden de inspección

- Dar clic en el botón nuevo para crear una nueva orden de inspección.
- Al igual que la orden de mantenimiento se debe llenar los datos requeridos, con la diferencia que existe un campo más que es el jefe inmediato con la identidad CI, para que exista un responsable de la inspección (Figura 44).
- A continuación, luego de llenar los campos se da clic en guardar.



**Figura 44.** Ingreso de nombre de personas a formulario de inspección

- A continuación de esto se da clic en guardar y se guardará en la tabla de inspección de la base de datos
- Para la comprobación que se guardó esta información en la base de datos, revisamos en el botón de listado de órdenes de inspección y buscamos el registro guardado ( Figura 45).



**Figura 45.** Verificación de registro de inspección guardado

- Después de dar clic en listado aparecerá esta ventana
- A continuación se encuentra la orden de inspección (Figura 46).

Código	Fecha	Máquina	Tecnico
1000000002	17/08/2021	CONCRETERA 5	JOSE ANTONIO BERMUDEZ LO

Figura 46. Registro de inspección guardado

### 3.1.6.5.2 Botón modificar una orden de inspección


Es similar el proceso a la orden de mantenimiento se busca el registro a modificar. Esto se puede hacer dando clic en embudo en la tabla de listado de órdenes de inspección como indica la flecha (Figura 47).

Código	Fecha	Máquina	Tecnico
1000000002	17/08/2021	CONCRETERA 5	JOSE ANTONIO BERMUDEZ LO

Figura 47. Búsqueda de registro de inspección

### 3.1.6.5.3 Imprimir reporte inspección

- El proceso es similar al de la orden de mantenimiento.
- A continuación seleccionar el registro por medio de búsqueda en listado de inspección.
- A continuación dar doble clic y luego dar clic en el botón imprimir.
- A continuación luego verificar los datos que este correcto.
- A continuación luego dar clic en imprimir, como se muestra en la (figura 48).

	<b>GOBIERNO MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO</b> <b>OBRAS PUBLICAS</b>		Hoja No 1000000009
	<b>ORDEN DE INSPECCIÓN</b>		Fecha 11/10/2021
Máquina			
Código	Nombre de la máquina	Tipo Motor	
05-04-95-00001	COMPACTADORA 6	Gasolina	
Modelo del motor	Horas de Funcionamiento	Custodio	
1000618072586A342	66.98	JOSE ANTONIO BERMUDEZ LOOR	
Inspección			
Revisar el nivel el aceite del motor			
Observaciones			
Personas Responsables			
Nombre del Técnico asignado		Nombre Jefe Inmediato	
JOSE ANTONIO BERMUDEZ LOOR		Freddy Leonardo Velasquez Mero	
Firma :		Firma :	

**Figura 48.** Impresión de orden de inspección

#### 3.1.6.5.4 Botón cancelar una orden de inspección

Este botón sólo se habilita cuando se ingresa un nuevo registro o se modifica un registro para poderlo cancelar si no se requiere hacer ninguna de la anteriores acciones mencionadas.

#### 3.1.6.5.5 Botón eliminar una orden inspección

- Para eliminar un registro de inspección se debe seleccionar el registro desde la tabla de listado de inspección dando clic en el botón listado.
- A continuación se selecciona con el puntero el registro a eliminar

- Luego se da doble clic en el registro.
- A continuación se despliega la interfaz principal.
- Y por último se da clic en el botón eliminar.

### 3.1.6.6 Formulario control de horas

Para el formulario de control de horas existen varias opciones y son las siguientes: nueva hoja, modificar, eliminar, cancelar e imprimir.

#### 3.1.6.6.1 Nueva hoja de control de horas

- Para crear una nueva hoja de control de horas es similar los pasos a los formularios anteriores.
- A continuación se llena los campos requeridos con una sola diferencia de los anteriores registros, que en este hay que dejar en 0 las horas de funcionamiento (Figura 49), porque aún no empieza a trabajar la máquina. Si no que está siendo procesada para ser registrada que va ser utilizada para trabajar, esta orden luego debe ser impresa y al finalizar el día laboral entregar esta hoja de control de horas a la persona encargada del software.
- Después de ser llenados los datos se da clic en guardar registro.

Figura 49. Formulario de nueva hoja de control de horas

#### 3.1.6.6.2 Botón modificar hoja de control de horas de funcionamiento.

- Para modificar un registro guardado se debe buscar el registro dando clic en el botón listado donde se abrirá la interfaz de listado de registros guardados.
- A continuación se selecciona el registro a modificar.
- Después se da doble clic en el registro seleccionado.
- A continuación se desplegará la interfaz principal de control de horas.

- Finalmente se da clic en el botón modificar. (Figura 50).

**Figura 50.** Modificar una hoja de control de horas de funcionamiento.

### 3.1.6.6.3 Botón eliminar una hoja de control de horas de funcionamiento.

- Para eliminar una hoja de control de horas se selecciona el registro que se va eliminar en el listado de hojas de control de funcionamiento.
- A continuación se selecciona el registro que se requiere eliminar.
- Luego se da doble clic en el registro selecciona y se desplegará la interface principal.
- Para culminar se da clic en el botón modificar.

### 3.1.6.6.4 Cancelar una hoja de control de funcionamiento.

Este botón sólo se habilita para cuando se hace una nueva hoja de control de funcionamiento o modificación.

### 3.1.6.6.5 Imprimir una hoja de control de funcionamiento

- Se selecciona el registro a imprimir en el listado de hoja de control de funcionamiento dando clic en el botón listado.
- A continuación se selecciona el registro deseado.
- Después se da doble clic el registro seleccionado.
- A continuación se despliega la interfaz principal.
- Luego se da clic en el botón imprimir (Figura 51).
- Y se despliega una ventana de reporte a imprimir (Figura 52).
- A continuación se verifica los datos que estén correctos.
- Y por último se da clic en el ícono de impresora para imprimir (Figura 53).





**Figura 51.** Impresión de una hoja de control de horas

	<b>GOBIERNO MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO</b> <b>OBRAS PUBLICAS</b>		Hoja No C000000017
	<b>CONTROL DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO</b>		Fecha 8/11/2021
<b>Máquina</b>			
Código	Nombre de la máquina	Tipo Motor	
04-03-04-00009	COMPACTADORA 1	Gasolina	
<b>Horas de trabajo Realizadas</b>			
Hora de Inicio	Hora final	Horas totales Laboradas	
20211108204600000	20211108224600000	2	
<b>Personas Responsables</b>			
Nombre persona Responsable		Nombre Jefe Inmediato	
ELVIS IVAN ESCUDERO MENDEZ		ELVIS IVAN ESCUDERO MENDEZ	
Firma :		Firma :	

**Figura 52.** Hoja de control de horas a imprimir

### 3.1.6.6 Explicación del formato de horas de funcionamiento.

El formato está constituido en este orden, año, mes, día, horas. Siguiendo el ejemplo estaría compuesto de esta manera: 2021, 10, 18, 00:00 (Figura 54).

Hora de Inicio	Hora final	Horas totales Laboradas
20211108204600000	20211108224600000	2

Año, mes, día, hora inicio  
trabajo

Año, mes, día, hora final de  
trabajo

**Figura 53.** Formato de horas de control de funcionamiento

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 4.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo, el cual permitió alargar la vida útil de los motores estacionarios utilizados en el Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad de Santo Domingo, con la ayuda de un software de mantenimiento que facilita el control de horas de funcionamiento para llevar a cabo el cronograma de mantenimiento, además de guardar el historial de cada máquina.
- Se realizó un inventario de la maquinaria que está en funcionamiento, tomando la misma codificación dada por la Municipalidad.
- Se aplicó un análisis de criticidad a toda la maquinaria inventariada y se determinó que tres motores están en estado crítico “A”, cinco están en estado de advertencia “B” y nueve motores están en estado funcional óptimo “C”.
- Se diseñó un software de mantenimiento asistido por computadora que facilitará el control de horas de trabajo de cada máquina, que por medio de este tiempo permitirá saber cuándo se deberá intervenir una máquina para realizarle el mantenimiento preventivo respectivo.
- Se creó la base de datos con base en las reglas de normalización para evitar tener problemas al momento de funcionamiento con las interfaces conectadas a la base de datos. La base de datos está conectada relacionadamente con tablas entre sí.
- Se diseñó un manual de funcionamiento del software, como soporte de ayuda para los encargados del software.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un seguimiento y toma de datos a los motores en períodos de tiempo iguales (diariamente, semanalmente, etc.), para poder obtener una curva real del estado de las máquinas.
- Se recomienda recopilar la mayor cantidad de información posible de las máquinas, para poder realizar una estimación del estado de los motores y con esta información crear el plan de mantenimiento.
- Se recomienda diseñar el cronograma de mantenimiento con la ayuda de las fichas técnicas de las máquinas.

- Se recomienda guardar toda información del motor que se le realice, sea por mantenimiento o inspección, ya que estos documentos servirán como respaldo para así tener una referencia de antecedentes del motor, todo esto debe ser guardado en el formulario correspondiente del software.
- Para crear una base de datos se recomienda utilizar el programa Navicat o María DB ya que son programas que tienen un formato de programación más sencillo. Y al momento de hacer las relaciones, hacerlo de forma gráfica, para así evitar tener que programar por codificación.

## **5 BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- A. E. Palomino, & J. (2015). *Seguridad Industrial Puesta en Servicio, Mantenimiento e Inspección de Equipos e Instalaciones*. (F. EDITORIAL, Ed.) Madrid: (C) FUNDACIÓN CONFEMETAL. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=HOQmDQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- A. Gómez, & J. (2017). *LOS FUNDAMENTOS SOBRE LA GESTIÓN DE BASE DE DATOS* (Primera edición ed.). ALICANTE, ESPAÑA: Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=H0VBDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=fundamentos+de+base+de+datos&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fundamentos%20de%20base%20de%20datos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=H0VBDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=fundamentos+de+base+de+datos&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fundamentos%20de%20base%20de%20datos&f=false)
- Arbós, L. C. (2012). *GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS PRODUCTIVOS*. Madrid: Diaz de Santos. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=dz\\_nuBxHjQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=dz_nuBxHjQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false)
- Arias, A. (2014). *Bases de Datos con MySQL*. London: Createspace Independent Publishing Platform.
- C., M. &. (2014). *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS*. Madrid: UNED.
- ÇENGEL, Y. A. (2011). *"TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque practico"*. Mexico: Mc GRAW -HILL / INTERAMERICANA EDITOR.
- E., D. V. (2014). *La productividad en el Mantenimiento Industrial* (3a. edición ed.). México: Grupo Editorial Patria.
- FERNÁNDEZ, I. J. (2011). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado* (Vol. 4 Edicion). Madrid, España: FC Editorial.
- García, S. G. (2011). *La contratación del mantenimiento industrial. Procesos de externalización contratos y empresas de mantenimiento*. MADRID: Diaz de Santos. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=uHwbkryXvWAC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=mantenimiento&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=uHwbkryXvWAC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=mantenimiento&f=false)
- Garrido, S. G. (2010). *ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES*. Madrid: Diaz de Santos.

- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento* (1era edición ed.). (D. J. Castilla, Ed.) Madrid, Madrid, España: Díaz de Santos, S.A. Recuperado el 10 de Junio de 2021
- Gómez Virgüez, A. &. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA SECCIÓN DE MEZCLADO DE PLANTA DE CAUCHO DE LA EMPRESA ETERNA S.A. A PARTIR DE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO*. BOGOTÁ, COLOMBIA: PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA MECÁNICA. Recuperado el 10 de Junio de 2021
- Gonzales, B. M. (2013). *Prevención de riesgos profesionales y de seguridad en el montaje de instalaciones solares* (1era edición ed.). (S. Paraninfo, Ed.) España: Paraninfo, S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=7ah2AgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Gutiérrez Mora, . A. (2009). *MANTENIMIENTO planeación, ejecución y control* (2da edición ed.). México, Mexico: Alfaomega.
- Hernández, R. &. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6ta edición ed.). (M.-H. I. EDITORES, Ed.) México D.F., Mexico: McGRAW-HILL.
- INEN. (2013). *SÍMBOLOS GRÁFICOS COLORES DE SEGURIDAD Y SEÑALES DE SEGURIDAD*. QUITO, ECUADOR: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. Obtenido de <https://www.aguaquito.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/IN-3-NORMA-TECNICA-NTN-ENEN-ISO-3864-12013-S%C3%8DMBOLOS-GR%C3%81FICOS-COLORES-DE-SEGURIDAD-Y-SE%C3%91ALES-DE-SEGURIDAD.pdf>
- IntegraMARKETS. (2017). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Lima: Grupo America Factorial S.A.C.
- J. Arellano Díaz, &. R. (2013). *SALUD EN EL TRABAJO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL* (1era edición ed.). (Alfaomega, Ed.) México: Alfaomega. Obtenido de [https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzaced2lhpuxxt65mllhwiw5cyuqvtov57ccqu5zgs5xo55expiqcswi?filename=Javier%20Arellano%20D%C3%ADaz\\_%20Rafael%20Rodr%C3%ADguez%20Cabrera%20-%20Salud%20en%20el%20trabajo%20y%20seguridad%20industrial-Alfa%20omega%20%282013](https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzaced2lhpuxxt65mllhwiw5cyuqvtov57ccqu5zgs5xo55expiqcswi?filename=Javier%20Arellano%20D%C3%ADaz_%20Rafael%20Rodr%C3%ADguez%20Cabrera%20-%20Salud%20en%20el%20trabajo%20y%20seguridad%20industrial-Alfa%20omega%20%282013)
- J., Q. C. (2019). *"DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AIRE PARA UN CABEZOTE DE UN MOTOR MONO CILÍNDRICO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES LOCALES, POR EL MÉTODO DE VOLÚMENES FINITOS"*. (Vol. 1). RIOBAMBA: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE CHIMBORAZO. Recuperado el 2021 de 07 de 01



- JhonM., Y. A. (01 de 07 de 2021). *Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión*. Obtenido de Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5421/SOTOMAYOR\\_DENIS\\_SIMULACION\\_NUMERICA\\_INTERCAMBIADOR\\_CALOR\\_FLUJO\\_TRANSVERSAL\\_ALETEADO\\_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5421/SOTOMAYOR_DENIS_SIMULACION_NUMERICA_INTERCAMBIADOR_CALOR_FLUJO_TRANSVERSAL_ALETEADO_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- José A, M. M., Gonzales, V. L., & León, V. M. (2017). *Mantenimiento Técnicas y aplicaciones industriales*. Ciudad de México: PATRIA.
- K.Schwab. (2016). *La cuarta revolución industrial* (1era edición ed.). Mexico: DEBATE. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=BRonDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=mantenimiento+industrial&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjd8e7MqbzyAhV8GVkFHxoxoDE84wAIQ6AF6BAgHEA#v=onepage&q=mantenimiento%20industrial&f=false>
- L., L. Q. (2014). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO*. Santo Domingo: Universidad UTE.
- M. Mancera, & M. (2012). *Seguridad Higiene Industrial Gestión de riesgo* (1era edición ed.). (A. C. A., Ed.) Colombia: Alfaomega. Obtenido de [https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacecms5p5nkvzfeqii4cayg5z7dp47wrzzttxjnlcwWl2oernlpc6y?filename=Mario%20Mancera%20Fern%C3%A1ndez%20-%20Seguridad%20e%20higiene%20industrial%20\\_%20gesti%C3%B3n%20de%20riesgos-Alfa%20omega%20%282012%29.pdf](https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacecms5p5nkvzfeqii4cayg5z7dp47wrzzttxjnlcwWl2oernlpc6y?filename=Mario%20Mancera%20Fern%C3%A1ndez%20-%20Seguridad%20e%20higiene%20industrial%20_%20gesti%C3%B3n%20de%20riesgos-Alfa%20omega%20%282012%29.pdf)
- Martínez, C. &. (2014). *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS* (1era edición ed.). Madrid, Madrid, España: UNED. Recuperado el 2021 de 07 de 10, de [https://books.google.com.ec/books?id=iiTHAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=INVESTIGACION+DESCRIPTIVA+MARTINEZ&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=INVESTIGACION%20DESCRIPTIVA%20MARTINEZ&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=iiTHAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=INVESTIGACION+DESCRIPTIVA+MARTINEZ&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=INVESTIGACION%20DESCRIPTIVA%20MARTINEZ&f=false)
- Medrano, J. &. (2017). *Mantenimiento Técnicas y aplicaciones industriales*. Ciudad de México: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- MENA, L. (10 de 2018). *MATEMÁTICAS APLICADA A LOS SISTEMAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DIÉSEL - GASOLINA. MATEMÁTICAS APLICADA A LOS SISTEMAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DIÉSEL - GASOLINA*. Sangolquí, Pichincha, Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 16 de Junio de 2021, de <http://www.espe.edu.ec>

- Ministerio del Trabajo. (2004). *INSTRUMENTO ANDINO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO*. Cartagena: Gobierno de la Republica del Ecuador. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- Nieves, A. A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Málaga, Vertice, España: Vértice. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=M4dKOSxvbYEC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=M4dKOSxvbYEC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- NORMA INTERNACIONAL. (2016). *ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. Ginebra , Suiza: ISO. Obtenido de <https://es.slideshare.net/cstparkour/norma-iso14224-en-espaol>
- ORLANDO, Q. C. (2019). "DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AIRE PARA UN CABEZOTE DE UN MOTOR MONO CILÍNDRICO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES LOCALES POR EL METODO DE VOLÚMENES FINITOS". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE MECANICA. RIOBAMBA: CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ. Recuperado el 13 de JUNIO de 2021, de [https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok\\_es/pdf/2020/06\\_08/wrksoc1591592887.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=LB63ZNJ2Q66548XDC8M5%2F20210613%2F%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20210613T012723Z&X-Am](https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/pdf/2020/06_08/wrksoc1591592887.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=LB63ZNJ2Q66548XDC8M5%2F20210613%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20210613T012723Z&X-Am)
- Paguiatán, E. (12 de NOVIEMBRE de 2016). *Cálculo de MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Obtenido de slideshare: <https://www.slideshare.net/ingpaguiatiant2/clculo-de-motores-de-combustin-interna>
- Palencia, O. G. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial* (Primera edicion ed.). (A. G. M., Ed.) Bogotá, Bogotá, Colombia: eddiciones de la U. Recuperado el 10 de Junio de 2021
- PC SOFT. (24 de marzo de 2021). *AYUDA EN LINEA WINDEV, WEBDEV Y WINDEV MOBILE*. Obtenido de Tutorial de WEBDEV 26 - Índice de contenidos : <https://ayuda.windev.es/es-ES/?1410087510>
- SPARROW, J. O. (2017). S.A.C.", "AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS MAQUINARIAS DE LA EMPRESA ATLANTE METAL DRILL. TRUJILLO, PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2c%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

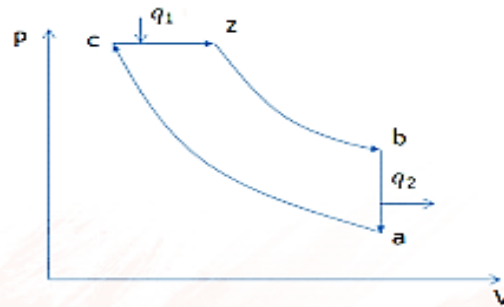
Vázquez, T. S. (2014). *Lo Secreto Del Mantenimiento Industrial*. Bloomington:  
Palibrio. Obtenido de  
<https://books.google.com.ec/books?id=Xu0ZBgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

## **6 ANEXOS**

# ANEXO 1.

## CÁLCULOS TERMODINÁMICOS AL MOTOR DE LA CONCRETERA 5

### CICLO DIESEL (Presión constante)



**Figura 4.** Ciclo teórico del motor a diésel

**Figura 54.** Ciclo termodinámico diésel.

(MENA, 2018)

Características y cálculos del motor diésel de la concretera 5 dados por el fabricante:

Diámetro del pistón: 86 mm (D)

Carrera del pistón: 72 mm (C)

Cilindrada: 418  $cm^3$

Potencia: 12 HP

Torque: 29 Nm

Masa total del motor: 48 Kg

Consumo de combustible: 286g/KWh

Relación Compresión: 20 ( $R_c = \epsilon$ )

#### **Volumen Unitario**

$$Vu = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot C}{4} = \frac{\pi \cdot (86 \text{ mm})^2 \cdot 72 \text{ mm}}{4} = 418233.94 \text{ mm}^3 = 418.23 \text{ cm}^3 \quad [9]$$

### **Volumen de Cámara Vcam = V2**

$$V_{cam} = \frac{V_u}{R_c - 1} = \frac{418,23 \text{ cm}^3}{20 - 1} = 22.01 \text{ cm}^3 \quad [10]$$

### **Volumen total del cilindro = Va**

$$V_a = V_1$$

$$V_a = V_u + V_c = 418.23 \text{ cm}^3 + 22.01 \text{ cm}^3 = 440.24 \text{ cm}^3 \quad [11]$$

Ciclo Termodinámico

Formación de la Mezcla:

Datos:

$$\alpha = 0.8 - 0.9 \text{ MG}$$

$$\alpha = 1.2 - 1.5 \text{ MD}$$

$\alpha$  = Coeficiente de exceso de aire

$l$  = masa real de aire en combustión de 1 kg de combustible.

$l_0$  = cantidad de masa teórica necesaria (kg)

### **FASE DE ADMISIÓN**

#### **Presión atmosférica (Po)**

Datos:

$$Z = \text{Altura de Santo Domingo} = 655 \text{ msnm}$$

(GAD Municipal de Santo Domingo, 2021)

$$P_{atm} = 101325 \left( \frac{288 - 0.0065 * Z}{288} \right)^{5.256} = \quad [12]$$

$$P_{atm} = 101325 \left( \frac{288 - 0.0065 * 655}{288} \right)^{5.256} = 93695.83 \text{ Pa}$$

$$P_{atm} = 93.695 \text{ Kpa.}$$

Densidad ambiente ( $\rho_0$ )

Datos:

$$P_{atm} = 93.696 \text{ Kpa}$$

$$R = 0.2870 \frac{\text{Kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} \quad [13]$$

$T_0 =$  temperatura ambiente de Santo Domingo =  $22.9^\circ\text{C} = 296.05^\circ\text{K}$

$$\rho_0 = \frac{P_{atm}}{R \cdot T_0} = \frac{93.695 \text{ Kpa}}{0.2870 \frac{\text{Kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} \cdot 296.05^\circ\text{K}} = 1.102 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0.000001102 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \quad [14]$$

### Presión al final de la admisión (Pa)

Sin sobre alimentación

$$P_a = (0.8) \cdot P_{atm}$$

$$P_a = (0.8) \cdot 93.696 \text{ Kpa} = 74.956 \text{ Kpa} \quad [15]$$

### Pérdidas de presión = $\Delta P_a$

$$P_o = P_s \quad [16]$$

$$P_a = P_s - \Delta P_a \quad [17]$$

$$\Delta P_a = P_o - P_a$$

$$\Delta p_a = 93.696 \text{ Kpa} - 74.956 \text{ Kpa}$$

$$\Delta p_a = 18.739 \text{ Kpa}$$

### Densidad del aire al final de la admisión ( $\rho_{ad}$ )

$$\rho_{ad} = \frac{P_a}{P_o} \cdot \rho_0 = \frac{74.956 \text{ Kpa}}{93.695 \text{ Kpa}} \cdot 0.000001102 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} = 0.0000008816 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \quad [18]$$

$$\rho_{ad} = 0.0000008816 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} = 0.8816 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

### Cantidad máxima en masa de aire teórica ( $G_0$ ):

$$V_a = \text{Volumen total del cilindro} = (440.24 \text{ cm}^3)$$

$$G_0 = V_a \rho_0 = 440.24 \text{ cm}^3 \cdot 0.000001102 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} = 0.0004851 \text{ Kg} \quad [19]$$

### Cantidad de masa teórica necesaria ( $l_0$ )

#### Composición del diésel

$$C = 0.87; H = 0.126; O_c = 0.004$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot C + 8 \cdot H - O_c \right) \quad [20]$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} * \left(\frac{8}{3} * 0.87 + 8 * (0.126) - 0.004\right)$$

$$l_0 = 14.45 \text{ Kg}$$

### Masa de la carga en admisión (G)

$$G = \rho_0 * V_a \frac{Pa}{\rho_0} = \quad [21]$$

$$G = 0.000001102 \frac{Kg}{cm^3} * 440.24 \text{ cm}^3 * \frac{74.956 \text{ Kpa}}{93.695 \text{ Kpa}} = 0.00038811 \text{ Kg}$$

### Temperatura de la masa de la carga (Ta)

$$\rho a = \frac{Pa}{RT_a} = \quad [22]$$

$$T_a = \frac{Pa}{\rho a * R} =$$

$$T_a = \frac{74.956 \text{ Kpa}}{0.8816 \frac{Kg}{m^3} * 0.2870 \frac{Kpa * m^3}{Kg * ^\circ K}} = 296.24 \text{ } ^\circ K$$

### Temperatura de la carga al finalizar el llenado (T'o')

$$T_0' = T_a + \Delta T(T_0 - T_a) = \quad [23]$$

$$T_0' = 296.24 \text{ } ^\circ K + (296.05 \text{ } ^\circ K - 296.24 \text{ } ^\circ K) =$$

$$T_0' = 296.05 \text{ } ^\circ K$$

### Diferencia de temperatura de la carga (ΔT).

$$\Delta T = T_0' - T_a = \quad [24]$$

$$\Delta T = 296.05 \text{ } ^\circ K - 296.24 \text{ } ^\circ K = -0.19 \text{ } ^\circ K$$

### Densidad de la carga al terminar la admisión (ρ)

$$\rho = \frac{Pa}{R * T_0'} = \frac{74.956 \text{ Kpa}}{0.2870 \frac{Kpa * m^3}{Kg * ^\circ K} * 296.05 \text{ } ^\circ K} = 0.8821 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\rho = 0.8821 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1 m^3}{1000000 \text{ cm}^3} * \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ Kg}} = 0.0008821 \frac{gr}{cm^3} = 0.0000008821 \frac{Kg}{cm^3}$$



## Temperatura al final de la admisión ( $T_{ad}$ )

Datos:

**Tabla 26.** Valores de tabla coeficientes de gases residuales

Coeficiente residuales	de gases	Tipo de motor	Valores	Valor de °K de escape Tr
$Y_{res}$		M.G.	0.06 a 0.10	900 a 1000°K
		M.D.	0.03 a 0.06	700 a 900°K
		2 tiempos	0.4	

(MENA, 2018)

$$T_{ad} = \frac{T_0 + \Delta T + Y_{res} Tr}{1 + Y_{res}} = \quad [25]$$

$$T_{ad} = \frac{296.05^\circ K + (-0.19^\circ K) + 0.03 * 700}{1 + 0.03} = 307.63^\circ K$$

## Disminución de la masa de carga debido a las resistencias hidráulicas. ( $\Delta G$ )

$$\Delta G = G_0 - G = 0.0004851 \text{ Kg} - 0.00038811 \text{ Kg} = 0.00009699 \text{ Kg} \quad [26]$$

## Cantidad de carga admitida ( $G'$ )

$$G' = \rho_0 * V_a \frac{Pa}{Po} * \frac{T_0}{T_0'} = \quad [27]$$

$$G' = 0.000001102 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} * 440.24 \text{ cm}^3 * \frac{74.956 \text{ Kpa}}{93.695 \text{ Kpa}} * \frac{296.05^\circ K}{296.05^\circ K} = 0.0003881 \text{ Kg}$$

## Coeficiente de llenado o Rendimiento volumétrico ( $\eta_v$ ).

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * \frac{Pa}{Po} * \frac{T_0}{T_{ad} (1 + \gamma_{res})} = \quad [28]$$

$$\eta_v = \frac{20}{20 - 1} * \frac{74.956 \text{ Kpa}}{93.695 \text{ Kpa}} * \frac{296.05^\circ K}{307.63^\circ K * (1 + 0.03)} = 0.786 \approx 79\%$$

## Cantidad real de carga fresca que entra al cilindro ( $G_1$ ).

$$\eta_v = \frac{G_1}{G_0} \quad [29]$$

$$G_1 = G_0 * \eta_v = 0.0004851 \text{ Kg} * 0.786 = 0.0003812 \text{ Kg}$$

## **FASE DE COMPRESIÓN (C)**

### **Presión al final de compresión (pc)**

$$n_1 = \approx 1.34$$

$$P_c = P_a * (\varepsilon)^{n_1} \quad [30]$$

$$P_c = 74.956 \text{Kpa} * (20)^{1.34}$$

$$P_c = 4151.32 \text{ Kpa}$$

### **Temperatura al final de la compresión (Tc)**

$$T_c = T_{ad} * (\varepsilon)^{n_1-1} \quad [31]$$

$$T_c = 307.63 \text{ }^\circ\text{K} * (20)^{1.34-1}$$

$$T_c = 851.88 \text{ }^\circ\text{K}$$

## **FASE DE COMBUSTIÓN (Z)**

### **Presión máxima del ciclo (Pz)**

$$P_z = P_c \quad [32]$$

$$P_z = 4151.32 \text{ Kpa} = 41.5132 \text{ bar}$$

### **Temperatura máxima del ciclo o temperatura de combustión (Tz)**

$$\lambda = \text{coeficiente adiabático} = 1.4$$

$$T_z = \lambda * T_c \quad [33]$$

$$T_z = 1.4 * 851.88 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_z = 1192.632 \text{ }^\circ\text{K}$$

### **Presión máxima real del ciclo (Pz1)**

$$P_{z1} = 0.85 (P_z) \quad [34]$$

$$P_{z1} = 0.85 (4151.32 \text{ Kpa})$$

$$P_{z1} = 3528.622 \text{ Kpa}$$

### **Grado de elevación de la presión ( $\lambda$ )**

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c} \quad [35]$$

$$\lambda = \frac{4151.32 \text{ Kpa}}{4151.32 \text{ Kpa}} = 1$$

### Grado de expansión previa ( $\rho$ )

$$\beta = 1.06 \text{ a } 1.08 \text{ M.G.}$$

$$\beta = 1.03 \text{ a } 1.06 \text{ M.D.}$$

$$\rho \lambda = \beta * \frac{T_z}{T_c} \quad [36]$$

$$\rho = \frac{\beta * \frac{T_z}{T_c}}{\lambda} = \frac{1.03 * \frac{1192.632 \text{ }^\circ\text{K}}{851.88 \text{ }^\circ\text{K}}}{1}$$

$$\rho = 1.442 \approx 1.4$$

### Volumen en el punto máximo ( $V_z$ )

$$P_c = P_z$$

$$\frac{T_c}{V_c} = \frac{T_z}{V_z} \quad [37]$$

$$V_z = \frac{T_z * V_c}{T_c} = \frac{1192.632 \text{ }^\circ\text{K} * 22.01 \text{ cm}^3}{851.88 \text{ }^\circ\text{K}}$$

$$V_z = 30.814 \text{ cm}^3$$

Tabla 1. Parámetros del proceso de combustión de los motores de automóvil						
Tipo del motor	$\alpha$	$\xi$	$T_z$ en $^\circ\text{K}$	$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$	$\rho = \frac{V_z}{V_c}$	$P_z$ en bar
Gasolina	0,8-0,9	0,85-0,95	2500-2700	3,0-4,0	1	25-50
Diésel	1,2-1,5	0,70-0,85	1900-2200	1,4-2,2	1,7-1,2	50-90
De gas	0,95-1,1	0,8-0,85	2200-2500	-	1	25-45

Fuente: (Jóvac & Máslov, 1973)

Figura 55. Tabla de valores en la combustión de Jóvac & Máslov.

(MENA, 2018)

## FASE DE EXPANSIÓN

### Presión al final de expansión

$n_2$  = Coeficiente Politrópico

$n_2$  = 1.23 a 1.30 M.G.

$n_2 = 1.18$  a  $1.28$  M.D.

$$V_a = V_b$$

$$P_b = P_z * \left(\frac{V_z}{V_b}\right)^{n_2} \quad [38]$$

$$P_b = 4151.32 \text{ Kpa} * \left(\frac{30.814 \text{ cm}^3}{440.24 \text{ cm}^3}\right)^{1.18}$$

$$P_b = 180.034 \text{ Kpa}$$

### Grado de expansión

$$\delta = \frac{V_b}{V_z} = \frac{440.24 \text{ cm}^3}{30.814 \text{ cm}^3} = 14.287 \quad [39]$$

### Temperatura al final de la expansión

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{827.06 \text{ }^\circ\text{K}}{14.287^{1.18-1}} = 512.445 \text{ }^\circ\text{K} \quad [40]$$

### FASE DE ESCAPE

#### Temperatura de los gases quemados

$$T_{ad} = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_{res} * T_r}{1 + \gamma_{res}} = \quad [41]$$

$$T_r = \frac{T_{ad} + T_a * \gamma_{res} - T_o - \Delta T}{\gamma_{res}} = \frac{307.63 \text{ }^\circ\text{K} + 307.63 \text{ }^\circ\text{K} * 0.03 - 296.05 \text{ }^\circ\text{K} - (-0.19 \text{ }^\circ\text{K})}{0.03}$$

$$T_r = 699.96 \text{ }^\circ\text{K}$$

#### Presión de los gases quemados (Pr)

Datos:

$$T_o = 296.05 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_r = 699.96 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = -19 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\varepsilon = 20:1$$

$$P_a = 74.956 \text{ Kpa}$$

$$Y_{res} = 0.03$$

$$Y_{res} = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} * \frac{Pr}{\varepsilon P_a - Pr} \quad [42]$$

$$Y_{res}(\varepsilon Pa - Pr) = \frac{(T_o + \Delta T) * Pr}{Tr}$$

$$(Y_{res} \varepsilon Pa) - (Y_{res} Pr) = \frac{T_o Pr + \Delta T Pr}{Tr}$$

$$Y_{res} \varepsilon Pa = \frac{T_o Pr + \Delta T Pr}{Tr} + \frac{Y_{res} Pr}{1}$$

$$Y_{res} \varepsilon Pa = \frac{T_o Pr + \Delta T Pr + Tr(Y_{res} Pr)}{Tr}$$

$$Y_{res} \varepsilon Pa Tr = T_o Pr + \Delta T Pr + Tr(Y_{res} Pr)$$

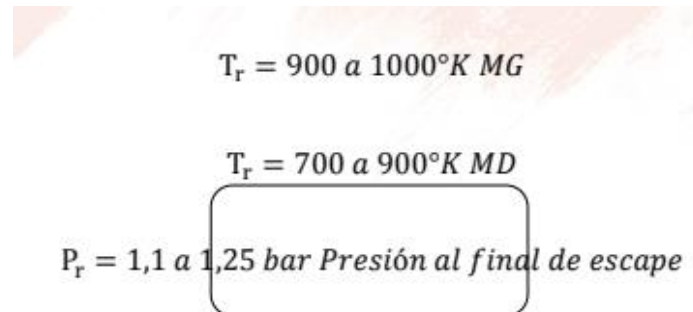
$$Y_{res} \varepsilon Pa Tr = T_o Pr + \Delta T Pr + Tr Y_{res} Pr$$

$$Y_{res} \varepsilon Pa Tr = Pr(T_o + \Delta T + Tr Y_{res})$$

$$Pr = \frac{Y_{res} * \varepsilon Pa * Tr}{(T_o + \Delta T + Tr Y_{res})}$$

$$Pr = \frac{0.03 * 20 * 74.956 \text{ Kpa} * 699.96^\circ \text{K}}{(296.05^\circ \text{K} + (-0.19^\circ \text{K}) + (699.96^\circ \text{K} * 0.03))}$$

$$Pr = 99.349 \text{ Kpa} = 0.99 \text{ bar}$$



**Figura 56.** Tabla de valores de los gases quemados  
(MENA, 2018)

### Calor Suministrado (Q1)

$$C_p: \text{ Calor específico a presión constante} = 1.005 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * ^\circ \text{K}}$$

$$C_v: \text{ Calor específico a volumen constante} = 0.718 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * ^\circ \text{K}}$$

$$Q_1 = C_p (T_z - T_c)$$

[43]

$$Q1 = 1.005 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K} * (1192.632 \text{ } ^\circ K - 851.88^\circ K)$$

$$Q1 = 340.752 \frac{KJ}{Kg} * \text{masa real de gases (G1)}$$

$$Q1 = 340.752 \frac{KJ}{Kg} * 0.0003812 \text{ Kg}$$

$$Q1 = 0.1298 \text{ Kj} = 129.8 \text{ J} = 129.8 \text{ W}$$

### Calor extraído (Q2)

$$Q2 = C_v (T_b - T_{ad}) \quad [44]$$

$$Q2 = 0.718 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K} (512.445^\circ K - 307.63^\circ K)$$

$$Q2 = 204.815 \frac{KJ}{Kg} * \text{masa real de gases (G1)}$$

$$Q2 = 204.815 \frac{KJ}{Kg} * 0.0003812 \text{ Kg}$$

$$Q2 = 0.0780 \text{ Kj} = 78.07 \text{ J} = 78.07 \text{ W}$$

### Trabajo útil del ciclo (Qc)

$$Q_c = q_1 - q_2 \quad [45]$$

$$Q_c = 129.8 \text{ W} - 78.07 \text{ W}$$

$$Q_c = 51.73 \text{ W}$$

### Eficiencia térmica ( $\eta_t$ )

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad [46]$$

$$\eta_t = 1 - \frac{78.07 \text{ W}}{129.8 \text{ W}} = 0.398 \approx 40\%$$

### Presión media del ciclo (Pmc)

$$P_{mc} = \frac{P_a * \varepsilon^k * k * (\rho - 1)}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \eta_t = \quad [47]$$

$$P_{mc} = \frac{74.956 \text{ Kpa} * 20^{1.4} * 1.4 * (1.442 - 1)}{(20 - 1)(1.4 - 1)} * 0.398 = 161.01 \text{ Kpa}$$

### Presión media indicada del motor

$$P_i = P_a * \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad [48]$$

$$P_i = 74,956 \text{ Kpa} * \frac{20^{1,34}}{20 - 1} \left[ 1 * (1.4 - 1) + \frac{1 * 1.4}{1.18 - 1} \left( 1 - \frac{1}{14,287^{1.18 - 1}} \right) - \frac{1}{1.34 - 1} \left( 1 - \frac{1}{20^{1.34 - 1}} \right) \right]$$

$$P_i = 323.281 \text{ Kpa} = 323281 \text{ Pa}$$

### Presión media del motor (pm)

$$P_m = 0.105 + 0.012 * v_m = (\text{Mpa}) \quad [49]$$

$$P_m = 0.105 + 0.012 * 8.64 \frac{m}{s}$$

$$P_m = 0,20868 \text{ MPa} = 208680 \text{ Pa}$$

### Velocidad media del pistón (Vm)

$$V_m = \frac{2 * s * n}{1000 * 60} = \quad [50]$$

$$V_m = \frac{2 * 72 * 3600}{1000 * 60} = 8,64 \frac{m}{s}$$

### Presión media efectiva del motor

$$P_e = p_i - p_m \quad [51]$$

$$P_e = 323281 \text{ Pa} - 208680 \text{ Pa}$$

$$P_e = 114601 \text{ Pa} = 114.601 \text{ Kpa}$$

### Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \quad [52]$$

$$\eta_m = \frac{114.601 \text{ Kpa}}{323.281 \text{ Kpa}} = 0.3544$$

$$\eta_m = 35\%$$

### Consumo específico indicado de combustible (Gi)

$$G_i = \frac{3600 * \eta_v * P_o}{P_i * \alpha * l_o} = \frac{3600 * 0,786 * 93,695 \text{ Kpa}}{323.281 \text{ Kpa} * 1,2 * 14,45 \text{ Kg}} = 47.294 \text{ g/Kwh} \quad [53]$$

### Consumo específico efectivo de combustible (Ge)

$$G_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{47.294 \text{ g/Kwh}}{0.3544} = 133.448 \text{ g/Kwh} \quad [54]$$

### Potencia indicada

$$N_i = \frac{2 \pi V h n_i}{10^3 \tau} =$$

$$N_i = \frac{2 * 323281 \text{ Pa} * 0,00041823 \text{ m}^3 * 376,99 \frac{\text{rad}}{\text{Seg.}} * 1}{1000 * 4} = 25.485 \text{ Kw} \quad [55]$$

### Potencia efectiva

$$N_e = \frac{2 p_e V h n_i}{10^3 \tau}$$

$$N_e = \frac{2 * 114601 \text{ Pa} * 0,00041823 \text{ m}^3 * 376,99 \frac{\text{rad}}{\text{Seg.}} * 1}{1000 * 4} = 9.034 \text{ Kw} \quad [56]$$

### Consumo de combustible (B)

Donde:

$Q_e$ : Calor útil del ciclo.

$Q_{in}^a$ : Poder calorífico del diésel

$$B = \frac{Q_e}{Q_{in}^a} = \quad [57]$$

$$B = \frac{51.73 \frac{\text{KJ}}{\text{Seg}}}{42500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 0.00121 \frac{\text{Kg}}{\text{Seg.}}$$

### Rendimiento indicado ( $\eta_i$ )

Poder calorífico del Diésel

$$Q_{in}^a = 42.7 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \text{ Motores diésel} = 42500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \quad [58]$$

$$Q_{in}^a = 46.0 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \text{ Motores gasolina}$$

$$\eta_i = \frac{N_i}{B * Q_{in}^a} =$$

$$\eta_i = \frac{25.485 \text{ Kw}}{0.00121 \frac{\text{Kg}}{\text{Seg}} * 42500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} = 0,4955 \approx 50\% \quad [59]$$

### Rendimiento efectivo ( $\eta_e$ )

$$\eta_e = \eta_i * \eta_m \quad [60]$$

$$\eta_e = 0.145 * 0.795 = 0.115 \approx 12 \%$$



### Gasto específico efectivo de combustible (be)

$$be = \frac{B * 3600}{Ne} = \frac{0.00121 \frac{Kg}{Seg} * 3600}{9.034 Kw} = 0,4821 \frac{Kg}{Kwh} \quad [61]$$

### Torque efectivo

$$Ne = 9.034 Kw$$

$$w = 3600 \frac{Rpm}{min} = 376.99 \frac{rad}{Seg.}$$

$$T = \frac{Ne}{Rpm(rad/seg)} \quad [62]$$

$$T = \frac{9.034 Kw}{376.99 \frac{rad}{Seg.}} * 1000 = 23.96 Nm$$

$$1 kgm = 9.8067 Nm$$

$$1 Kw = 1 \frac{KJ}{Seg}$$

$$1 Kw = 1.34102 HP$$

(MENA, 2018)

## ANEXO 2.

### CÁLCULO DE TEMPERATURA DE ALETA DE MOTOR

DATOS DE LA ALETA

**Altura entre aletas grandes= 7.20mm**

**Altura entre aleta pequeñas= 6.60mm**

**Media de altura entre aletas= 6.9 mm = 0.0069 m**

**Profundidad de aleta grande= 27.60mm**

**Profundidad de aleta pequeña= 22.00 mm**

**Media de profundidad de aletas= 24.8mm 0.0248m**

**Diámetro de aletas grandes= 137.90 mm**

**Diámetro de aleta pequeña= 137.45 mm**

**Media de diámetros de aletas cilíndricas= 137.675 mm =0.13765 m**

**Radio= R =0.0688m**

**Diámetro de la base entre la aleta y la pared sin aleta= 102.66mm = 0.10266 m**

**Altura del cilindro= 83.6 = 0.0836 m**

**Longitud de la aleta=  $L = \pi * D$  [63]**

$$L = \pi * 137.675 \text{ mm}$$

$$L = 432.51 \text{ mm} = 0.4325 \text{ m}$$

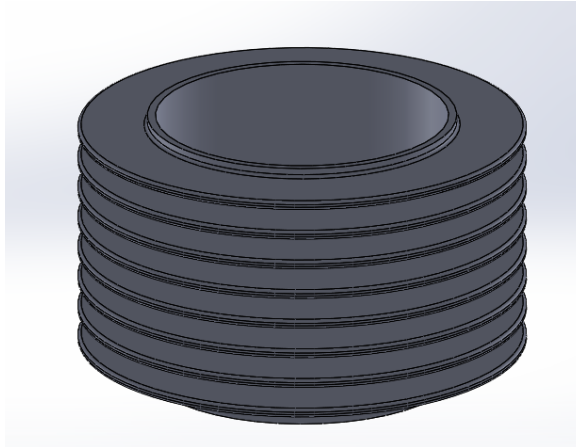
**Altura de la aleta (t)= 2.80mm = 0.0028m**

**Área superficial**

$$A_s = \pi * D * L \quad [64]$$

$$A_s = \pi * 0,13765 \text{ m} * 0,4325$$

$$A_s = 0.1870 \text{ m}$$



**Figura 57.** Simulación de aleta del motor concretera 5

### Área de sección transversal de la aleta

$$A_c = \frac{\pi * D^2}{4} \quad [65]$$

$$A_c = \frac{\pi * (0.13765 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_c = 0.01488 \text{ m}^2$$

### Perímetro de la aleta

$$\rho = \frac{A_{aleta}}{L_c} \quad [66]$$

$$\rho = \frac{0.02042 \text{ m}^2}{0.4339 \text{ m}}$$

$$\rho = 0.04706 \text{ m}$$

### Radio para aletas de cilindro

$$r_{2c} = r_2 + \frac{t}{2} \quad [67]$$

$$r_{2c} = 0.0688 \text{ m} + \frac{0.0028 \text{ m}}{2}$$

$$r_{2c} = 0.0702 \text{ m}$$

### Área total de la aleta

$$A_{aleta} = 2 * \pi (r_{2c})^2 - (r_1)^2 \quad [68]$$

$$A_{aleta} = 2 * \pi (0.0702 \text{ m})^2 - (0.10266 \text{ m})^2$$

$$A_{aleta} = 0.02042 \text{ m}^2$$

### **Coeficiente de convección**

q = Calor útil generado del ciclo del motor = 51.73 w

$$h = \frac{q/A}{T_{superficie} - T_{fluido}} \quad [69]$$

$$h = \frac{\frac{51.73 \text{ w}}{0.02042 \text{ m}^2}}{328.02^\circ \text{ K} - 296.05^\circ \text{ K}}$$

$$h = 79.23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ \text{K}}$$

### **Calor de la aleta**

$$Q_{aleta} = \sqrt{h * p * k * A_c} * (T_1 - T_2) \quad [70]$$

$$Q_{aleta} = \sqrt{79.23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ \text{K}} * 0.04706 \text{ m} * 42.3 \frac{\text{W}}{\text{m} \text{ }^\circ \text{K}} * 0.01488 \text{ m}^2} * (328.03^\circ \text{ K} - 296.05^\circ \text{ K})$$

$$Q_{aleta} = 48.99 \text{ W}$$

### **Calor de aleta máxima**

$$Q_{aleta \text{ max.}} = h * A_{aleta} * (T_1 - T_2) \quad [71]$$

$$Q_{aleta \text{ max.}} = 79.23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ \text{K}} * 0.02042 \text{ m}^2 * (328.03^\circ \text{ K} - 296.05^\circ \text{ K})$$

$$Q_{aleta \text{ max.}} = 51.73 \text{ w}$$

### **Rendimiento de la aleta**

$$\eta_{aleta} = \frac{Q_{aleta}}{Q_{aleta \text{ max.}}} \quad [72]$$

$$\eta_{aleta} = \frac{48.99 \text{ w}}{51.73 \text{ W}}$$

$$\eta_{aleta} = 0.9470 = 95\%$$

### **Efectividad de la aleta**

$Q_{\text{sin aleta}}$  = calor útil generado del ciclo del motor

$$\epsilon = \frac{Q_{aleta}}{Q_{\text{sin aleta}}} \quad [73]$$

$$\epsilon = \frac{48.99 \text{ W}}{51.73 \text{ W}}$$

$$\epsilon = 0.947 = 95\%$$

### Longitud corregida

$$L_c = L + \frac{t}{2} \quad [74]$$

$$L_c = 0.4325 \text{ m} + \frac{0.0028 \text{ m}}{2}$$

$$L_c = 0.4339 \text{ m}$$

### Cálculo del calor por conducción de la aleta a $T_s=54.88^\circ\text{C}$ y $T_{amb.}=22.9^\circ\text{C}$

$$Q_{conducción} = -k * A_c * \left(\frac{T_2 - T_1}{L_c}\right) \quad [75]$$

$$Q_{conducción} = -(42.3 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}) * 0.01488 \text{ m}^2 * \left(\frac{328.03^\circ\text{K} - 296.05^\circ\text{K}}{0.4339 \text{ m}}\right)$$

$$Q_{conducción} = -46.39 \text{ W}$$

### Cálculo de calor por convección flujo turbulento de la aleta a $T_s=54.88^\circ\text{C}$ y $T_{amb.} = 22.9^\circ\text{C}$

$$Q_{convección} = hc * A_s * (T_s - T_{amb.}) \quad [76]$$

$$Q_{convección} = 101.48 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} * 0.1870 \text{ m} * (328.03^\circ\text{K} - 296.05^\circ\text{K})$$

$$Q_{convección} = 606.8 \text{ W}$$

### Cálculo del calor generado

$$Q_{generado} = Q_{conducción} + Q_{convección} \quad [77]$$

$$Q_{generado} = -46.39 \text{ W} + 606.8 \text{ W}$$

$$Q_{generado} = 506.41 \text{ W}$$

### Número adimensional Rayleigh

$$Ra = \frac{g * \frac{1}{T_f} * (T_s - T_{amb.}) * L_c^3}{\nu^2} * Pr \quad [78]$$

$$Ra = \frac{9.81 * \frac{1}{15.99^\circ\text{C}} * (54.88^\circ\text{C} - 22.9^\circ\text{C}) * (0.4339 \text{ m})^3}{(1.54268 \times 10^{-5})^2} * (0.730146)$$

$$Ra = 4917291626$$

### Número adimensional de Nusselt por convección

$$Nu = \left( 0.825 + \frac{0.378 * Ra^{\frac{1}{6}}}{(1 + (\frac{0.492}{Pr})^{\frac{8}{16}})^{\frac{8}{27}}} \right)^2 \quad [79]$$

$$Nu = \left( 0.825 + \frac{0.378 * (4917291626)^{\frac{1}{6}}}{(1 + (\frac{0.492}{0.730146})^{\frac{8}{16}})^{\frac{8}{27}}} \right)^2$$

$$Nu = (13.91925916)^2$$

$$Nu = 193.745$$

### Número de Reynolds

$$Nu = 0.037 * Re^{0.8} * Pr^{\frac{1}{3}} \quad [80]$$

$$Re^{0.8} = \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}}$$

Descomponiendo el exponente

$$0.8 = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$$

Ley de exponente

$$a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[n]{a^m}$$

$$Re^{\frac{4}{5}} = \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}}$$

$$\sqrt[5]{Re^4} = \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}}$$

$$(\sqrt[5]{Re^4})^5 = \left( \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}} \right)^5$$

$$Re^4 = \left( \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}} \right)^5$$

$$\sqrt[4]{Re^4} = \sqrt[4]{\left( \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}} \right)^5}$$

$$Re = \sqrt[4]{\left( \frac{Nu}{0.037 * Pr^{\frac{1}{3}}} \right)^5}$$

$$Re = \sqrt[4]{\left(\frac{193.745}{0.037 * (0.730146)^{\frac{1}{3}}}\right)^5}$$

$$Re = 50780.68 < 500000$$

R = Estas aletas tienen flujo de aire laminar

### Velocidad de aire

$$V = \frac{Re * \mu}{\rho * L_c} \quad [81]$$

$$V = \frac{50780.68 * 1.8389 \times 10^{-5} \frac{Kg}{m \cdot seg}}{1.1924 \frac{Kg}{m^3} * 0.4339 \text{ m}}$$

$$V = 1.804 \frac{m}{seg}$$

### Temperatura media pelicular forzada

$$T_f = \frac{T_s - T_{amb.}}{2} \quad [82]$$

$$T_f = \frac{54.88^\circ C - 22.9^\circ C}{2}$$

$$T_f = 15.99^\circ C$$

### Coefficiente de ambiente convectivo (hc)

$$hc = \frac{Nu * k}{L_c} \quad [83]$$

$$hc = \frac{193.745 * 0.0227286 \frac{W}{m \cdot K}}{0.4339 \text{ m}}$$

$$hc = 101.48 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

### Temperatura desde cualquier punto r = radio

Propiedad del acero AISI 4140

Conductividad térmica del acero

$$k = 42.7 \frac{W}{m \cdot K}$$

Radio de medición

$$r = 0.30 \text{ m}$$

Factor geométrico adimensional

$$m = \sqrt{\frac{hc * p}{k * Ac}} \quad [84]$$

**Cálculo para aleta muy larga de cualquier punto de radio (Tr)**

$$\frac{Tr - T_{\infty}}{Tb - T_{\infty}} = e^{-xm} \quad [85]$$

Despejando Tr

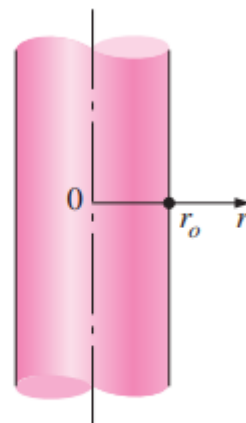
$$Tr = (e^{-r \sqrt{\frac{hc * p}{k * Ac}}}) (Tb - T_{\infty}) + T_{\infty}$$

$$Tr = (e^{-0.30 \sqrt{\frac{101.48 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 0.04706 \text{ m}}{42.7 \frac{W}{m \cdot K} * 0.02042 \text{ m}^2}}}) (328.03^{\circ}K - 296.05^{\circ}K) + (296.05^{\circ}K)$$

$$Tr = 311.897^{\circ}K$$

$$Tr = 38.74^{\circ}C$$

(ÇENGEL, 2011)



$\theta(r, t) = \theta_{cil}(r, t)$   
**Cilindro infinito**

**Figura 58.** Radio de un cilindro

(ÇENGEL, 2011)

Interpolación de valores obtenidos de tabla a 1 atm de presión

**Fórmula de Interpolación**



$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1)$$

[86]

### **Para la densidad del aire**

Temperatura °C

$$X_1 = 20 \text{ °C}$$

$$X = 22.9 \text{ °C}$$

$$X_2 = 25 \text{ °C}$$

Densidad ( $\frac{Kg}{m^3}$ )

$$Y_1 = 1.204$$

$$Y = 1.1924$$

$$Y_2 = 1.184$$

### **Para la viscosidad ( $\mu$ ) del aire**

Temperatura °C

$$X_1 = 20 \text{ °C}$$

$$X = 22.9 \text{ °C}$$

$$X_2 = 25 \text{ °C}$$

Viscosidad ( $\frac{Kg}{m * Seg.}$ )

$$Y_1 = 1.825 \times 10^{-5}$$

$$Y = 1.8389 \times 10^{-5}$$

$$Y_2 = 1.849 \times 10^{-5}$$

### **Viscosidad cinemática del aire**

Temperatura °C

$$X_1 = 20 \text{ °C}$$

$$X = 22.9 \text{ °C}$$

$$X_2 = 25 \text{ °C}$$

**Viscosidad cinemática del aire  $\nu$  ( $\frac{m^2}{Seg}$ )**

$$Y1 = 1.516 \times 10^{-5}$$

$$Y = 1.54268 \times 10^{-5}$$

$$Y2 = 1.562 \times 10^{-5}$$

## ANEXO 3.

### TEMPERATURAS DE MOTORES

Temperatura de la cortadora1



# Temperatura de la concretera1



Temperatura de la concretera 5



**ANEXO 4.**  
**MEDICIONES Y SEGUIMIENTO A LOS MOTORES**







## ANEXO 5.

### PARTES INCOMPLETAS EN MOTORES ESTACIONARIOS





## ANEXO 6.

### CARTA DE DEMANDA DE LA INSTITUCIÓN

Santo Domingo a 05 de abril del 2021

Estimado,  
ING. JONATHAN JIMÉNEZ  
COORDINADOR DE CARRERA  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Por medio de la presente, me dirijo a usted y a la comisión de investigación de la Carrera de INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, para comunicarle el interés investigativo que tenemos en nuestra Institución GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE SANTO DOMINGO (DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS), que tiene la competencia del MANTENIMIENTO VIAL DE LAS CALLES URBANAS DEL CANTÓN QUE ENTRE OTRAS COSAS, se dedica a la CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VIAS ACERAS Y BORDILLOS, con relación a la investigación titulada, PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES ESTACIONARIOS A GASOLINA Y DIESEL DEL DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS, para nuestra Institución es de vital importancia que este tema de investigación sea desarrollado por un estudiante de la Carrera que usted dirige. En función de tal necesidad, queremos establecer los compromisos de la Institución para el desarrollo de la investigación:

1. Información de la institución
2. Autorización de entrada a la institución
3. Recopilación de datos en la institución
4. Instrumentos
5. Equipos
6. Insumos
7. Recursos informáticos

Por la atención que se digne dar a la presente, anticipo mi agradecimiento.

Cordialmente,

  
ING. ELVIS ESCUDERO M.  
172138988-8  
DIRECTOR DE OBRAS PÚBLICAS



## ANEXO 7.

### HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO DE CADA MÁQUINA

Código	Nombre	Fecha de ingreso	Horas de parada 2018	Horas de paradas 2019	Horas de paradas 2020	Horas de parada hasta Junio 2021	Horas totales de parada hasta Junio2021
04-03-04-00009	Compactadora 1	10/03/2021	0	0	0	9	9
04-03-21-00006	Compactadora 2	06/01/2020	0	0	30	0	30
04-03-21-00005	Compactadora 3	06/01/2020	0	0	36	36	72
04-03-21-00004	Compactadora 4	06/01/2020	0	0	24	0	24
04-03-04-00010	Compactadora 5	01/03/2021	0	0	0	30	30
06-04-95-00001	Compactadora 6	16/03/2021	0	0	0	9	9

Continúa...

**Continuación...**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha de ingreso</b>	<b>Horas de parada 2018</b>	<b>Horas de paradas 2019</b>	<b>Horas de paradas 2020</b>	<b>Horas de paradas hasta Junio 2021</b>	<b>Horas totales de parada hasta Junio 2021</b>
06-04-95-00002	Compactadora 7	16/03/2021	0	0	0	9	9
04-10-10-00002	Cortadora 1	05/03/2018	27	36	36	18	117
04-10-10-00001	Cortadora 2	02/12/2019	0	3	36	18	57
04-03-13-00011	Concretera 1	05/03/2018	72	96	96	48	312
04-03-14-00016	Concretera 2	24/07/2020	0	0	40	48	88
04-03-14-00015	Concretera 3	24/07/2020	0	0	40	48	88
04-03-14-00014	Concretera 4	24/07/2020	0	0	40	48	88
04-03-13-00009	Concretera 6	05/04/2018	72	96	96	48	312

**Continúa...**

**Continuación...**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha de ingreso</b>	<b>Horas de parada 2018</b>	<b>Horas de paradas 2019</b>	<b>Horas de paradas 2020</b>	<b>Horas de paradas hasta Junio 2021</b>	<b>Horas totales de parada hasta Junio 2021</b>
<b>06-04-94-00002</b>	Concretera 7	16/04/2021	0	0	0	6	6
<b>06-04-94-00001</b>	Concretera 8	16/04/2021	0	0	0	6	6

## ANEXO 8.

### LISTADO DE EQUIPOS POR NIVELES

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
PLANTA	ÁREA	EQUIPO	SISTEMAS
			Sistemas de alimentación
			Sistemas de enfriamiento
		Cortadora 1 Motor gasolina, INGCO 6SF16-2	Sistemas de lubricación
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución
			Sistemas de alimentación
			Sistemas de enfriamiento
		Cortadora 2 Motor gasolina HONDA GX390	Sistemas de lubricación
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución
Departamento de Obras Públicas	Mantenimiento vial		Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
		Compactadora 1 Motor gasolina HONDA GXR 120 T	Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
		Compactadora 2 Motor gasolina HONDA GX 200	Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución

Continúa...

**Continuación...**

<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>
PLANTA	ÁREA	EQUIPO	SISTEMAS
Departamento de Obras Públicas	Mantenimiento vial	Compactadora 3 Motor gasolina HONDA GX 200	Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
		Compactadora 4 Motor gasolina HONDA GX 200	Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
		Compactadora 5 Motor gasolina KHOLER KD15 - 440	Sistema de encendido
			Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
Compactadora 6 Motor gasolina TOTAL TP7060-1	Sistema de lubricación		
	Sistema de encendido		
	Sistema de distribución		
	Sistema de alimentación		

**Continúa...**

**Continuación...**

<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>
PLANTA	ÁREA	EQUIPO	SISTEMAS
		Compactadora 7 Motor gasolina TOTAL TP7060-1	Sistema de alimentación Sistema de enfriamiento Sistema de lubricación Sistema de encendido Sistema de distribución
		Concretera 1 Motor diésel WE 186 FA / FAE GENERICICO	Sistema de alimentación Sistema de enfriamiento Sistema de lubricación Sistema de encendido Sistema de distribución
Departamento de Obras Públicas	Mantenimiento vial	Concretera 2 Motor gasolina BRIGGS & STRATTON 25U2	Sistema de alimentación Sistema de enfriamiento Sistema de lubricación Sistema de encendido Sistema de distribución
		Concretera 2 Motor gasolina BRIGGS & STRATTON 25U2	Sistema de alimentación Sistema de enfriamiento Sistema de lubricación Sistema de encendido Sistema de distribución

**Continúa...**

**Continuación...**

<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>
PLANTA	ÁREA	EQUIPO	SISTEMAS
Departamento de Obras Públicas	Mantenimiento vial	Concreteira 3 motor gasolina BRIGGS & STRATTON 25U2	Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
		Concreteira 4 motor gasolina BRIGGS & STRATTON 25U2	Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
		Concreteira 4 motor gasolina BRIGGS & STRATTON 25U2	Sistema de encendido
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
Concreteira 5 motor diésel, KAMA 186 FA GENERICO	Sistema de encendido		
	Sistema de alimentación		
	Sistema de enfriamiento		
	Sistema de lubricación		
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución

**Continúa...**



## Continuación...

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
PLANTA	ÁREA	EQUIPO	SISTEMAS
Departamento de Obras Públicas	Mantenimiento vial	Concretera 6 Motor diésel KAMA 186 FA	Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
		Concretera 7 Motor diésel KORCHITECH 192FA	Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
		Concretera 8 Motor diésel KORCHITECH 192FA	Sistema de encendido
			Sistema de distribución
			Sistema de alimentación
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de lubricación
			Sistema de encendido
			Sistema de distribución

## ANEXO 9.

### MATRIZ DE CRITICIDAD

Equipo		Frecuencia			Consecuencia			Criticidad		Observación	
No	Código	Nombre	Frecuencia de fallas (F)	Impacto ambiental (Ia)	Seguridad (S)	Impacto operacional (Io)	Daños a la población (Dp)	Costo de mantenimiento (Cm)	Índice de criticidad	Criticidad	Indicaciones
1	04-10-10-00002	Cortadora 1	10	8	1	10	3	5	270	A	<b>Realizar mantenimiento urgente</b>
2	04-10-10-00001	Cortadora 2	8	5	1	8	3	5	176	B	<b>Inspeccionar y controlar</b>
3	04-03-04-00009	Compactadora 1	1	1	1	1	1	1	5	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>
4	04-03-21-00006	Compactadora 2	5	1	5	5	1	5	85	B	<b>Inspeccionar y controlar</b>

Continúa...

**Continuación...**

Equipo		Frecuencia		Consecuencia				Criticidad		Observación	
Nº	Código	Nombre	Frecuencia de fallas (F)	Impacto ambiental (Ia)	Seguridad (S)	Impacto operacional (Io)	Daños a la población (Dp)	Costo de mantenimiento (Cm)	Índice de criticidad	Criticidad	Indicaciones
5	04-03-21-00005	Compactadora 3	5	1	5	5	1	5	85	B	<b>Inspeccionar y controlar</b>
6	04-03-21-00004	Compactadora 4	5	1	5	5	1	5	85	B	<b>Inspeccionar y controlar</b>
7	04-03-04-00010	Compactadora 5	1	1	1	1	1	1	5	C	<b>Máquina en condiciones operativas</b>
8	06-04-95-00001	Compactadora 6	3	1	1	8	3	5	54	B	<b>Máquina en condiciones operativas</b>
9	06-04-95-00002	Compactadora 7	3	1	1	5	3	5	45	B	<b>Máquina en condiciones operativas</b>

**Continúa...**

Continuación...

Equipo		Frecuencia			Consecuencia			Criticidad		Observación	
Nº	Código	Nombre	Frecuencia de fallas (F)	Impacto ambiental (Ia)	Seguridad (S)	Impacto operacional (Io)	Daños a la población (Dp)	Costo de mantenimiento (Cm)	Índice de criticidad	Criticidad	Indicaciones
10	04-03-13-00011	Concrete ra 1	10	5	3	10	3	5	260	A	<b>Realizar mantenimiento urgente</b>
11	04-03-14-00016	Concrete ra 2	3	5	1	10	1	5	66	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>
12	04-03-14-00015	Concrete ra 3	3	5	1	10	1	5	66	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>
13	04-03-14-00014	Concrete ra 4	3	5	1	10	1	5	66	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>
14	04-03-13-00013	Concrete ra 5	10	8	5	10	3	8	340	A	<b>Realizar mantenimiento urgente</b>
15	04-03-13-00009	Concrete ra 6	8	5	3	10	1	8	216	B	<b>Inspeccionar y controlar</b>

Continúa...

Continuación...

Equipo		Frecuencia			Consecuencia				Criticidad		Observación
Nº	Código	Nombre	Frecuencia de fallas (F)	Impacto ambiental (Ia)	Seguridad (S)	Impacto operacional (Io)	Daños a la población (Dp)	Costo de mantenimiento (Cm)	Índice de criticidad	Criticidad	Indicaciones
16	06-04-94-00002	Concrete ra 7	5	1	1	2	1	1	30	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>
17	06-04-94-00001	Concrete ra 8	5	1	1	2	1	1	30	C	<b>Máquina en condiciones operativa</b>

## ANEXO 10. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS

Matriz AMFE cortadora 1

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración			Acción Correctiva	
								Frecuencia	Gravedad	Detección		IPR
1	Sistema alimentación	Filtro de depósito	Filtrar el Combustible al depósito	Sin filtro	Combustible sucio	Taponamiento del depósito	Inspección Visual	10	5	8	400	Reemplazar por uno nuevo
		Depósito	Almacenar combustible	Depósito sucio	falta de combustible al motor	Debilitamiento del motor y se apaga	Ninguna	5	5	5	125	Limpiar y lavar el depósito de combustible cada 50 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001	Nombre de máquina	de Cortadora 1				Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema alimentación	Válvula de paso	Impedir el paso de combustible	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	1	1	Después de usar la máquina cerrar la válvula y abrirla cuando se vaya a trabajar

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001	Nombre de máquina	de Cortadora 1				Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema alimentación	Filtro de Combustible	Filtrar el combustible e impurezas al motor	Sin filtro combustible	Suciedad del carburador	Carburador sucio	Ninguna	10	5	8	400	Cierre la válvula del tanque y cambie el filtro de combustible cada 50 horas
		Filtro de Aire	Filtrar el flujo de aire de impurezas al motor	Suciedad en el filtro	Obstrucción del paso de aire al motor	Debilitamiento del motor y se apaga	Ninguna	9	5	5	225	Limpiar cada 50 horas o cambiar el filtro cada 100 horas

Continúa...



**Continuación...**

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2		Marca	INGCO	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema alimentación	Carburador	Suministrar combustible al cilindro del motor	Carburador sucio	Suciedad del combustible	Carburador tapado	Ninguna	7	5	5	175	Inspeccionar y limpiar cada 25 horas de trabajo
2	Sistema de enfriamiento	Aletas del bloque motor	Disipar el calor o energía por	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	10	10	Inspeccionar y limpiar diario

**Continúa...**

Continuación...

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2		Marca	INGCO	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
3	Sistema de Lubricación	Lubricante	Proteger las piezas móviles por medio de una película de aceite	Lubricante	Pérdida de propiedades del aceite por la temperatura del motor	Lubricante no cumple su función	Inspección Visual	9	5	10	450	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento
4	Sistema encendido	Campana	Generar el arranque del motor	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	1	5	10	50	Inspeccionar y limpiar cada 25 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001	Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO			
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema encendido	Bujía	Generar el salto de chispa en el cilindro	Bujía sucia y quemada	Cumplió sus horas de funcionamiento	No permite encender el motor	Inspección Visual	9	5	8	360	Cambiar cada 100 Horas de trabajo y calibrar la bujía a 0.76mm = 0.030in
		cable de bujía	Conductor de corriente	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	1	5	5	25	Realizar pruebas de continuidad de inspeccionar cada 25 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2		Marca	INGCO	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema encendido	Bobina	Generar tensión de voltaje	No genera el campo magnético	Por holgura con el magneto o suciedad	No genera la chispa la bujía	Ninguna	1	5	3	15	Revisar inspeccionar cada 500 horas y si estado dañado cambiar

Continúa...

**Continuación...**

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema encendido	Volante	Generar campo magnético	No genera el campo magnético	Por partículas expuestas en el aire	No genera la chispa la bujía	Ninguna	1	3	3	9	Revisar e inspeccionar cada 50 horas y revisar el juego axial bobina-volante
5	Medios ambientales	Caucho de bases	No posee cauchos de base	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	8	8	64	No posee esta cortadora cauchos

**Continúa...**

Continuación...

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2		Marca	INGCO	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Tubo Escape	Expulsar los gases quemados al medio ambiente del cilindro	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	1	5	5	25	Inspeccionar y limpiar cada 8 horas de trabajo o diario si está dañado reemplazar

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2		Marca	INGCO	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Vibración	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	1	10	10	Realizar un análisis de vibraciones para evitar fugas o agrietamientos internos del motor
		Banda de transmisión	Banda de transmisión a la cortadora	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	5	10	50	Cambiar cada 2 años de uso

Continúa...

Continuación...

Código	04-10-10-00001		Nombre de máquina	de Cortadora 1			Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Engrasado de los elementos móviles	Engrasar partes móviles	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	1	1	1	1	Engrasar cada 80 horas
6	Sistema de distribución	Válvula Admisión	Permitir el ingreso de mezcla al cilindro	Holgura de la válvula alta	Uso constante	Funcionamiento Irregular	Ninguna	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.05 mm y calibrar si es necesario

Continúa...



Continuación...

Código	04-10-10-00001	Nombre de máquina	de Cortadora 1	Modelo	6SF16-2	Marca	INGCO					
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración			Acción Correctiva	
								Frecuencia	Gravedad	Detección		IPR
6	Sistema de distribución	Válvula Escape	Permitir la salida de gases quemados del cilindro	Holgura de válvula alta	Uso constante	Funcionamiento Irregular	Ninguna	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.10 mm y calibrar si es necesario

Matriz AMFE para Concretera 1

Código	04-03-13-00011	Nombre de máquina	de Concretera 1					Modelo	WE 186 FA/ FAE	Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema Alimentación	Filtro de Depósito	Filtrar el Combustible al depósito	Sin filtro	Combustible sucio	Taponamiento del depósito	Inspección Visual	10	5	10	500	Cambiar
		Depósito	Almacenar combustible	Depósito sucio	Falta de combustible al motor	Debilitamiento del motor y se apaga	Ninguna	7	5	8	280	Limpiar y lavar el depósito de combustible cada 50 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema Alimentación	Válvula de paso	Impedir el paso de combustible	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	1	1	1	Después de usar la máquina cerrar la válvula y abrirla cuando se vaya a trabajar
		Inyector	Pulverizar el combustible al cilindro	Riesgo de taponamiento	Combustible sucio	No suministra combustible al cilindro	Ninguno	1	1	1	1	Inspeccionar y si es de cambiar se cambia cada 2 años

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema Alimentación	Filtro de Aire	Filtrar el flujo de aire de impurezas al motor	Sin filtro	Suciedad al motor	Ralladuras del cilindro	Ninguna	9	10	10	900	Limpiar cada 50 horas o cambiar el filtro cada 100 horas
2	Sistema de Enfriamiento	Aletas del bloque motor	Disipar el calor o energía por	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	1	10	10	Inspeccionar y limpiar diario

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
3	Sistema de Lubricación	Lubricante	Proteger las piezas móviles por medio de una película de aceite	Lubricante que maduro	Pérdida de propiedades del aceite por la temperatura del motor	Lubricante no cumple su función	Inspección Visual	9	5	10	450	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento
4	Sistema de encendido	Campana	Generar el arranque del motor manualmente	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	1	5	10	50	Inspeccionar y limpiar cada 25 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema de encendido	Accesorios de aceleración	Generar el encendido constante del motor	Rotura de muelle	Cumplió sus horas de funcionamiento	No permite encender el motor	Inspección Visual	10	3	10	300	Cambiar cada 100 Horas de trabajo y calibrar la bujía a 0.76mm = 0.030in
		Perilla de encendido	Mantener el encendido del motor por ajuste	No hay perno de sujeción	Ninguno	Ninguno	Inspección Visual	10	5	10	500	Poner nuevo el kits de encendido

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE	Marca	KAMA		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema de encendido	Volante	Generar movimiento al cigüeñal para el arranque por compresión	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	5	5	25	Revisar e inspeccionar cada 50 horas y revisar el juego axial bobina-volante
5	Medios ambientales	Caucho de bases	Absorber vibraciones del motor	Rotura de cauchos	Vibraciones y desgates	Golpeteo del motor con la base de la máquina	Inspección Visual	10	8	8	640	No posee esta cortadora cauchos

Continúa...

**Continuación...**

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Tubo Escape	Expulsar los gases quemados al medio ambiente del cilindro	Salida de humo color azul	Quemando aceite en la cámara	Desgaste en el cilindro y anillos	Inspección visual	10	8	10	800	Revisar la cámara de combustión y aplicar las correcciones necesarias

**Continúa...**



Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Vibración	Ninguna	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	1	1	10	10	Realizar un análisis de vibraciones para evitar fugas o agrietamientos internos del motor

Continúa...

**Continuación...**

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Banda de transmisión	Transmitir el movimiento del giro al piñón	Eje de salida descentrado	Eje descentrado o rodamiento defectuoso	Rotura del eje	Ninguna	10	10	10	1000	Cambiar cuanto antes el rodamiento y montar de nuevo el cigüeñal.

**Continúa...**

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1				Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva	
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR		
5	Medios ambientales	Engrasado de los elementos móviles	Proteger del desgaste acelerado en los apoyos con rozamientos en contacto	Vibraciones	Fugas	Desgastes de contacto con el piñón- corona	Inspección visual	9	8	10	720	Engrasar	

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00011		Nombre de máquina	de Concretera 1			Modelo	WE 186 FA/ FAE		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
6	Sistema de distribución	Válvula Admisión	Permitir el ingreso de mezcla al cilindro	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.05 mm
		Válvula Escape	Permitir la salida de gases quemados del cilindro	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.10 mm

Matriz AMFE para concrete 5

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5				Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva	
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR		
1	Sistema Alimentación	Filtro de Depósito	Filtrar el Combustible al depósito	Filtro roto	Combustible sucio	Taponamiento del depósito inyector	Ninguno	10	8	10	800	Cambiar	
		Depósito	Almacenar combustible	Vibrar mucho el depósito	Sin caucho de base	Rotura depósito	del	Ninguno	10	5	10	500	Limpiar y lavar el depósito de combustible cada 50 horas

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
1	Sistema Alimentación	Válvula de paso	Impedir el paso de combustible	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	10	10	Después de usar la máquina cerrar la válvula y abrirla cuando se vaya a trabajar

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5		Modelo	186 F E		Marca	KAMA			
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva	
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR		
1	Sistema Alimentación	Filtro de Aire	Filtrar el flujo de aire de impurezas al motor	Filtro sin tapa y roto la esponja	Mal uso	Alto riesgo de ralladura del cilindro por suciedades de aire	Ninguno	10	10	10	100	Limpiar cada 50 horas o cambiar el filtro cada 100 horas	
		Inyector	Pulverizar el combustible al cilindro	Riesgo de tapo namiento	Combustible sucio	No suministra combustible al cilindro	Ninguno	1	5	3	15	Inspeccionar y si es de cambiar se cambia cada 2 años	

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
2	Sistema de enfriamiento	Aletas del bloque motor	Disipar el calor o energía por convección	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	10	10	Inspeccionar y limpiar diario
3	Sistema de Lubricación	Lubricante	Proteger las piezas móviles por medio de una película de aceite	Lubricante que madura	Altas temperaturas de funcionamiento	Pérdida de propiedades de aceite	Ninguno	10	8	10	800	Cambiar cada 25 horas de funcionamiento

Continúa...



Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo (consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema de encendido	Campana	Generar el arranque del motor manualmente	Sin tapa de arranque	Cuerda rota	Dificultad para arrancar el motor	Ninguno	10	1	10	100	Inspeccionar y limpiar cada 25 horas
		Accesorios de aceleración	Generar el encendido constante del motor	Muy sucio	Combustible regado	Corrosión de piezas	Ninguno	10	3	8	240	Cambiar cada 100 Horas de trabajo y calibrar la bujía a 0.76mm = 0.030in

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
4	Sistema de encendido	Perilla de encendido	Mantener el encendido del motor por ajuste	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	10	10	Realizar pruebas de continuidad inspeccionar cada 25 horas
		Volante	Generar movimiento al cigüeñal para el arranque por compresión	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	5	5	Revisar e inspeccionar cada 50 horas y revisar el juego axial bobina-volante

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5		Modelo	186 F E		Marca	KAMA		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Caucho de bases	Absorber vibraciones del motor	Sin cauchos base	Vibraciones y mal uso	Golpeteo motor	del Ninguno	10	5	10	500	No posee esta cortadora cauchos
		Tubo Escape	Expulsar los gases quemados al medio ambiente del cilindro	Sin tubo de escape	Rotura	Smog excesivo y gases contaminantes	Ninguno	10	10	10	100	Inspeccionar y limpiar cada 8 horas de trabajo o diario si está dañado reemplazar

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Vibración	Ninguna	Vibraciones excesivas	No tiene caucho de base	Golpeteo del motor	Ninguno	10	8	8	640	Realizar un análisis de vibraciones para evitar fugas o agrietamientos internos del motor
		Banda de transmisión	Transmitir el movimiento del giro al piñón	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	1	1	10	10	Cambiar cada año

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5		Modelo	186 F E		Marca	KAMA		
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
5	Medios ambientales	Engrasado de los elementos móviles	Proteger del desgaste acelerado en los apoyos con rozamientos en contacto	Falta grasa	No engrasan la máquina	Desgaste de piezas	Ninguno	10	5	10	500	Engrasar en cada mantenimiento preventivo

Continúa...

Continuación...

Código	04-03-13-00013		Nombre de máquina	de Concretera 5			Modelo	186 F E		Marca	KAMA	
Ítem	Sistema	Elemento	Función	Modo de fallo	Causa del fallo	Efecto del fallo(consecuencia)	Control	Valoración				Acción Correctiva
								Frecuencia	Gravedad	Detección	IPR	
6	Sistema de distribución	Válvula Admisión	Permitir el ingreso de mezcla al cilindro	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.05 mm
		Válvula Escape	Permitir la salida de gases quemados del cilindro	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	3	5	3	45	Revisar si esta calibrado a 0.10 mm

## ANEXO 11.

### CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO AÑO 2021

COMPACTADORA 1			MES				JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
					DÍAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65	
04-03-04-00009	Cada uso	66.98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire							L	F						
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor			C	A										
	Cada 100 horas		(0.6 – 0.7)mm; (0.024 – 0.028)in	Revisar y ajustar la bujía								R	B					
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape								L	P					
	Cada 100 horas		Limpia el tanque y filtro de combustible									L	T					
	Cada 200 horas		Filtro de aire espuma, filtro de aire papel GC01	Reemplazar el filtro de aire														
	Cada 200 horas		CR5HSB (NGK); U16FSR-UB(DENSO)	Reemplazar la bujía														
	Cada 200 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralentí														
	Cada 200 horas		Admisión 0.15mm;Escape 0.20 mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape en frío														
	Cada 300 horas			Limpia la cámara de combustión														
	Cada 2 años			Verificar si es necesario cambiar el tubo de combustible														

COMPACTADORA 1				MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130	
04-03-04-00009	Cada uso	66.98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpiar filtro de aire y entrada de aire				L	F									
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor							C	A						
	Cada 100 horas		(0.6 – 0.7)mm; (0.024 – 0.028)in	Revisar y ajustar la bujía														
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	Limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape														
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible														
	Cada 200 horas		Filtro de aire espuma, filtro de aire papel GC01	Reemplazar el filtro de aire														
	Cada 200 horas		CR5HSB (NGK); U16FSR-UB(DENSO)	Reemplazar la bujía														
	Cada 200 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralentí														
	Cada 200 horas		Admisión 0.15mm;Escape 0.20 mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape en frío														
	Cada 300 horas			Limpiar la cámara de combustión														
	Cada 2 años			Verificar si es necesario cambiar el tubo de combustible														



COMPACTADORA 2			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65					
04-03-21-00006	Cada uso	186.57		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire			LF										
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor											C	A	
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm	Revisar y ajustar la bujía			R	B									
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible			LT										
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape			LP										
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire													
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía													
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralenti													
	Cada 300 horas		Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape													
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión													
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible													

COMPACTADORA 2			MES			OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130		
04-03-21-00006	Cada uso	186.57		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire	L	F											L	F	
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor															
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm	Revisar y ajustar la bujía														R	B
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible														L	T
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape														L	P
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire														C	F
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía														C	B
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralentí														R	V
	Cada 300 horas		Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape														R	V
Cada 500 horas		Limpia la cámara de combustión																	
Cada 2 años		Cambiar el tubo de combustible																	

COMPACTADORA 3			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
					DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65	
04-03-04-00005	Cada uso	573.14		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire						L	F							
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor														
	Cada 100 horas		(0.6 – 0.7)mm; (0.024 – 0.028)in	Revisar y ajustar la bujía						R	B							
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible						L	T							
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape						L	P							
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire						C	F							
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía						C	B							
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralenti						R	V	R						
	Cada 300 horas		Admisión 0.15mm;Escape 0.20 mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape						R	V							
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión	L	C												
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible	C	T												

COMPACTADORA 3			MES			OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130	
04-03-04-00005	Cada uso	573.14		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire			L	F										
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor	C	A												
	Cada 100 horas		(0.6 – 0.7)mm; (0.024 – 0.028)in	Revisar y ajustar la bujía														
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible														
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Llimpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape														
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire														
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía														
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralentí														
	Cada 300 horas		Admisión 0.15mm;Escape 0.20 mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape														
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión														
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible														

COMPACTADORA 4			MES			JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
					DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65		
04-03-04-00004	Cada uso	146.28		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia Filtro de Aire y entrada de aire	L	F											L	F	
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor				C	A										
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm	Revisar y ajustar la bujía														R	B
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible														L	T
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape														L	P
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía															
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralentí															
	Cada 300 horas		Admisión. 0.15mm; Escape 0.20mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape															
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión															
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible															

COMPACTADORA 4			MES			OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130	
04-03-04-00004	Cada uso	146.28		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire											L	F		
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor									C	A				
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm	Revisar y ajustar la bujía														
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible														
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape														
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire														
	Cada 300 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía														
	Cada 300 horas		1400 rpm +200 -150	Comprobar velocidad de ralenti														
	Cada 300 horas		Admisión. 0.15mm; Escape 0.20mm	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape														
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión														
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible														

COMPACTADORA 5				MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
					DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65	
04-03-04-00010	Cada uso	54.98		Revisión y limpieza de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 200 horas		SAE 15W-40 API CF4 - ACEA E2-B2	Cambio del aceite del motor														
	Cada 250 horas		Filtro de aire original	Cambiar el filtro de aire														
	Cada 400 horas			Limpiar el depósito de combustible														
	Cada 400 horas			limpiar las aletas de refrigeración														
	Cada 400 horas			Limpiar filtro de aire														
	Cada 400 horas		Filtro de aceite original	Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 400 horas		Filtro de combustible original	Cambiar filtro de combustible														
	Cada 400 horas			Revisar, verificar y limpiar el inyector														

COMPACTADORA 5			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130	
04-03-04-00010	Cada uso	54.98		Revisión y limpieza de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 200 horas		SAE 15W-40 API CF4 - ACEA E2-B2	Cambio del aceite del motor														
	Cada 250 horas		Filtro de aire original	Cambiar el filtro de aire														
	Cada 400 horas			Limpiar el depósito de combustible														
	Cada 400 horas			Limpiar las aletas de refrigeración														
	Cada 400 horas			Limpiar filtro de aire														
	Cada 400 horas		Filtro de aceite original	Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 400 horas		Filtro de combustible original	Cambiar filtro de combustible														
	Cada 400 horas			Revisar, verificar y limpiar el inyector														



COMPACTADORA 6			MES			JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
					DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65		
06-04-95-00001	Cada uso	66.98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire							L F								
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor	C A														
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía				R B											
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible				L T											
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape				L P											
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 300 horas		BP4ES(NGK); W14EP-U(Denso)	Reemplazar la bujía															
	Cada 300 horas		1500 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralenti															
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+- 0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape															
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión															
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible															

COMPACTADORA 6			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130		
06-04-95-00001	Cada uso	66.98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire						L	F								
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor						C	A								
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía													R	B	
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible													L	T	
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape													L	P	
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 300 horas		BP4ES(NGK); W14EP-U(Denso)	Reemplazar la bujía															
	Cada 300 horas		1500 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralenti															
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape															
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión															
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible															

COMPACTADORA 7			MES			JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
					DIAS	5	11	16	22	27	32	38	43	49	54	59	65	
06-04-95-00002	Cada uso	66.98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpia filtro de aire y entrada de aire							L F							
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor	C A													
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía				R B										
	Cada 100 horas			Limpia el tanque y filtro de combustible				L T										
	Cada 100 horas		Limpia carburador (spray)	Limpia la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape				L P										
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire														
	Cada 300 horas		BP4ES(NGK); W14EP-U(Denso)	Reemplazar la bujía														
	Cada 300 horas		1500 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralentí														
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape														
	Cada 500 horas			Limpia la cámara de combustión														
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible														

COMPACTADORA 7			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
					DIAS	70	76	81	86	92	97	103	108	113	119	124	130		
06-04-95-00002	Cada uso	66,98		Revisión, limpieza y engrasado de toda la máquina después de cada uso	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas o dos semanas			Limpiar Filtro de Aire y entrada de aire						L	F								
	Cada 80 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor						C	A								
	Cada 100 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía													R	B	
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible													L	T	
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	Limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y hollín del parachispas en el escape													L	P	
	Cada 300 horas		GC02 CODIGO PARA MOTOR	Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 300 horas		BP4ES(NGK); W14EP-U(Denso)	Reemplazar la bujía															
	Cada 300 horas		1500 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralenti															
	Cada 300 horas		(Admi. 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape															
	Cada 500 horas			Limpiar la cámara de combustión															
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible															

CONCRETERA 1			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
04-03-13-0001 1	Diario	2281. 68		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor	C			C		C		C		C		C		C
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite	L							L						
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible	L							L						
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														
	Cada 500 horas		0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape														
	Cada 1000 horas			Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas														
	Cada 1000 horas			Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro														

CONCRETERA 1			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	
04-03-13-00011	Diario	2281.68		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor		C		C		C		C		C		C		C
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite		L						L						
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible		L						L						
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite					C									
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire					C									
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible					R									
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible					C									
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape					R								
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas													
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro													

CONCRETERA 2			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS				HORAS									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
04-03-13-00016	Diario	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 60 horas		SAE 5W -30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C				C				C					
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía				R							R			
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro				L							L			
	Cada 100 horas		(0.13-0.18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape				R							R			
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).											C			
	Cada 260 horas		Código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire											C			
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene											C			

CONCRETERA 2			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36		
04-03-13-00016	Diario	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 60 horas		SAE 5W -30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C				C					C					
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía							R								
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro							L								
	Cada 100 horas		(0.13-0,18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape							R								
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).															
	Cada 260 horas		Código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire															
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene															



CONCRETERA 3			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS				HORAS									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180		
04-03-13-00015	Cada 8 horas	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas		SAE 5W -30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C				C					C				
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía					R								R	
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro					L								L	
	Cada 100 horas		(0.13-0.18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape					R								R	
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).											C			
	Cada 260 horas		Código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire											C			
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene											C			

CONCRETERA 3			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36		
04-03-13-00015	Cada 8 horas	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas		SAE 5W - 30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C				C					C					
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía							R								
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro							L								
	Cada 100 horas		(0.13-0,18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape							R								
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).															
	Cada 260 horas		Código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire															
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene															

CONCRETERA 4			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180		
04-03-13-00014	Cada 8 horas	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas		SAE 5W -30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C				C					C				
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía					R								R	
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro					L								L	
	Cada 100 horas		(0.13-0.18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape					R								R	
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).												C		
	Cada 260 horas		Código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire												C		
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene												C		

CONCRETERA 4			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36		
04-03-13-00014	Cada 8 horas	641.78		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor (filtro aire y escape).	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas		SAE 5W -30 sintético	Cambiar el aceite del motor	C					C					C				
	Cada 100 horas		0.031in – 0.8mm	Revisar y comprobar holgura de bujía							R								
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible Y Filtro							L								
	Cada 100 horas		(0.13-0,18)mm-(0.005-0.007)in admisión y escape	Revisar y comprobar holgura válvulas admisión y escape							R								
	Cada 260 horas		Código de compra 798615	Cambiar bujías ajuste (31 Nm; 274 lb-in).															
	Cada 260 horas		código 594216 papel; 591778 esponja	Cambiar filtro de aire															
	Cada 260 horas			Cambiar filtro de combustible si tiene															

CONCRETERA 5			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
04-03-13-00013	Cada uso	2208.72		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor		C		C		C		C		C		C		C
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite							L	F	A					
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible							L	T						
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														
	Cada 500 horas		0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape														
	Cada 1000 horas			Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas														
	Cada 1000 horas			Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro														

CONCRETERA 5			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	
04-03-13-00013	Cada uso	2208.72		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor	C					C			C			C		
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite	L								L					
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible	L								L					
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite									C					
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire									C					
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible									R					
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible									C					
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape								R					
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas													
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro													

CONCRETERA 6			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
04-03-13-0009	Cada uso	2208.72		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor		C		C		C		C		C		C		C
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite								L						
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible								L						
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														
	Cada 500 horas		0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape														
	Cada 1000 horas			Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas														
	Cada 1000 horas			Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro														

CONCRETERA 6			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	
04-03-13-0009	Cada uso	2208.72		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 25 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor	C		C		C		C		C		C		C	
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite	L								L					
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible	L								L					
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite									C					
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire									C					
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible									R					
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible									C					
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape								R					
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas													
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro													



CONCRETERA 7			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
04-03-13-0002	Cada uso	153.96		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 80 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor		C					C						C	
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite					L								L	
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible					L								L	
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														
	Cada 500 horas		0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape														
	Cada 1000 horas			Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas														
	Cada 1000 horas			Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro														

CONCRETERA 7			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	
04-03-13-0002	Cada uso	153.96		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 80 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor					CA					CA				
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite						LFA								LFA
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible						LT								LT
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite													CF	
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire													CF	
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible													RB	
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible													CF	
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape												RV	
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas													
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro													

CONCRETERA 8			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					HORAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
04-03-13-0001	Cada uso	153.96		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 80 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor		C					C						C	
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite					L								L	
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible					L								L	
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape													
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas													
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro													

CONCRETERA 8			MES				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
					HORAS	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36		
04-03-13-0001	Cada uso	153.96		Revisar ajustes de pernos, aceite y limpieza del motor		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 80 horas		SAE 15W-40	Cambiar el aceite del motor					CA						CA				
	Cada 100 horas			Limpiar el filtro de aceite							LFA								
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque de combustible							LT								
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aceite														CF	
	Cada 500 horas			Cambiar el filtro de aire														CF	
	Cada 500 horas			Comprobar la bomba de inyección del combustible														RBI	
	Cada 500 horas			Limpiar y cambiar el filtro de combustible														CF	
	Cada 500 horas			0.10 – 0.15 mm	Verificar y comprobar la holgura de la válvula de admisión y escape														RV
	Cada 1000 horas				Cambiar la válvula de admisión y escape y rectificar el asiento de las válvulas														
	Cada 1000 horas				Reemplazar el aro del pistón y encamisar el cilindro														

CORTADORA 1			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					HORAS	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0		
04-10-10-00001	Diario	2045.25		Revisión , limpieza y engrasado de toda la máquina	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas			Limpiar filtro de aire	L F					L F					L F				
	Cada 60 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor					C A						C A				
	Cada 80 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía				R B								R B			
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible					L T									L T	
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y el hollín del parachispas del deflector de escape					L P										L P
	Cada 250 horas			Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 250 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía															
	Cada 300 horas		1400 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralentí						R V R									
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape						R V									
	Cada 500 horas			Limpiar la cámara de combustión															
Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible	C T															

CORTADORA 1			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
					HORAS	16	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28	30			
04-10-10-00001	Diario	2045.25		Revisión , limpieza y engrasado de toda la máquina		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L			
	Cada 50 horas			Limpiar filtro de aire	L	F				L	F			L	F					
	Cada 60 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor			C	A					C	A				C	A	
	Cada 80 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía							R	B							R	B
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible										L	T					
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y el hollín del parachispas del deflector de escape											L	P				
	Cada 250 horas			Reemplazar el filtro de aire						C	F									
	Cada 250 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar bujía						C	B									
	Cada 300 horas		1400 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralentí																
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape																
	Cada 500 horas			Limpiar la cámara de combustión																
	Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible																

CORTADORA 2			MES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE						
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
					HORAS	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0		
04-10-10-00002	Diario	2045.25		Revisión , limpieza y engrasado de toda la máquina	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
	Cada 50 horas			Limpiar filtro de aire		L F					L F				L F				
	Cada 60 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor	C A							C A							
	Cada 80 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía		R B										R B			
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible		L T										L T			
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	Limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y el hollín del parachispas del deflector de escape		L P										L P			
	Cada 250 horas			Reemplazar el filtro de aire															
	Cada 250 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar bujía															
	Cada 300 horas		1400 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralentí															
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape															
	Cada 500 horas			Limpiar la cámara de combustión		L C													
Cada 2 años		Cambiar el tubo de combustible																	

CORTADORA 2			MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
CÓDIGO	FRECUENCIA	Horas totales Junio 2021	RECOMENDACIÓN DE REPUESTO	ACTIVIDAD	SEMANAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
					HORAS	16	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28	30	
04-10-10-00002	Diario	2045.25		Revisión , limpieza y engrasado de toda la máquina		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
	Cada 50 horas			Limpiar Filtro de Aire			L	F			L	F				L	F	
	Cada 60 horas		SAE 10W -30	Cambio de aceite del motor		C	A						C	A				
	Cada 80 horas		0.70 – 0.80 mm; (0.028 – 0.031) in	Revisar y ajustar la bujía								R	B					
	Cada 100 horas			Limpiar el tanque y filtro de combustible								L	T					
	Cada 100 horas		Limpiar carburador (spray)	Limpiar la tapa de sedimentos ubicado en el carburador y el hollín del parachispas del deflector de escape								L	P					
	Cada 250 horas			Reemplazar el filtro de aire								C	F					
	Cada 250 horas		BPR6ES(NGK); W20EPR-U(Denso)	Reemplazar la bujía								C	B					
	Cada 300 horas		1400 rpm +-150	Comprobar velocidad de ralentí								R	V	R				
	Cada 300 horas		(Admisión 0.15mm; Escape 0.20mm)+-0.02	Revisar la holgura de las válvulas admisión y escape								R	V					
	Cada 500 horas			Limpiar la cámara de combustión														
Cada 2 años			Cambiar el tubo de combustible					C	T									



## ANEXO 12.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PIRÓMETRO INDUSTRIAL QUE SE UTILIZÓ

En la Tabla 26 se muestran las características técnicas del pirómetro que se utilizó en esta investigación.

**Tabla 27.** Características del termómetro infrarrojo WH550

Ficha técnica de termómetro Infrarrojo WH550	
Resolución	0.1°C o 0.1°F
Repetitividad	1% de lectura o 1°C
Tiempo de respuesta	500 ms, 95% respuesta
Respuesta espectral	8 -14 $\mu m$
Emisividad	0.95 por defecto
Distancia al punto de tamaño	12:1
Temperatura de funcionamiento	0 $\approx$ 40°C (32 – 104°F)
Humedad de funcionamiento	10 $\approx$ 95% RH
Potencia	9V 6F22 battery
Temperatura de almacenamiento	-20 $\approx$ 60°C (-4 $\approx$ 140°F)
Peso	147.5 gr.
Dimensión	165 x 110 x 50 mm

Ficha técnica del termómetro

Link del Urkund

<https://secure.urkund.com/view/110626801-291895-108575>