



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA,  
PESADA Y DE COSECHA, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE  
REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS, S.A.)**

**Luis Armando Aquino Policarpio**

Asesorado por el Ma. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA,  
PESADA Y DE COSECHA, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE  
REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS, S.A.)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ARMANDO AQUINO POLICARPIO**

ASESORADO POR EL MA. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

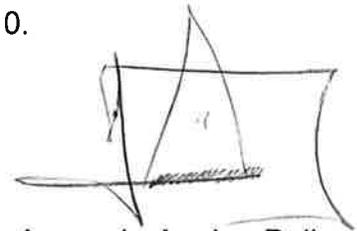
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA,  
PESADA Y DE COSECHA, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE  
REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS, S.A.)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de mayo de 2010.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Luis Armando Aquino Policarpio



Guatemala, 02 de agosto de 2011.  
REF.EPS.DOC.966.08.11.

Ingeniera  
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

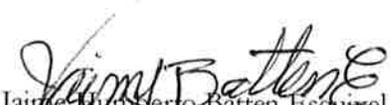
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Luis Armando Aquino Policarpio**, Carné No. **200313082** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, PESADA Y DE COSECHA Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS) S.A."**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
**Asesor-Supervisor de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 02 de agosto de 2011.  
REF.EPS.D.653.08.11

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, PESADA Y DE COSECHA Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS) S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Luis Armando Aquino Policarpio** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Helena Sarmiento Zecena de Serrano

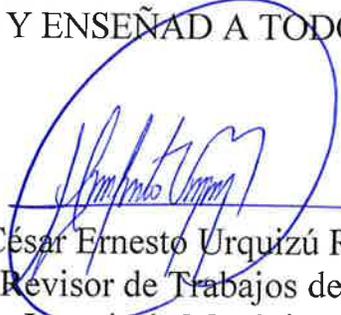


NISZ/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRICOLA, PESADA Y DE COSECHA Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN DEL INGENIO TULULA (INDUSTRIAS LICORERAS) S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Luis Armando Aquino Policarpio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.062.012

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, PESADA Y DE COSECHA, Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS, S.A.)**, presentado por el estudiante universitario **Luis Armando Aquino Policarpio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
**Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, abril de 2012.

/mgp



DTG. 175 .2012.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, PESASA Y DE CONSECHA Y PLAN DE CONTINGENCIA DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN DEL INGENIO TULULÁ (INDUSTRIAS LICORERAS, S. A.)**, presentado por el estudiante universitario **Luis Armando Aquino Policarpio**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 24 de abril de 2012.

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la oportunidad de vivir y tener unos padres inigualables.
- Mi mamá** Patricia de Aquino, por dedicar su vida a cuidarme y brindarme su apoyo incondicional en los momentos en los que más la necesité.
- Mi papá** Joel Aquino, porque siempre creyó en mí, porque siempre he visto el ejemplo a seguir.
- Mis hermanos** Con cariño, a mi hermana Andrea y con verdadero agradecimiento a mi hermano Joel, por estar en los momentos difíciles de la vida.
- Mis familiares** A mis abuelos, pero en especial a mi abuela Antonia Marín, por haberme criado como a su hijo, por brindarme todo su amor.
- Mis amigos** Gracias por su apoyo y cariño.  
María Josefina, por haberla conocido y brindarme su apoyo siempre. Luis Godoy, por habernos acompañado siempre en las buenas, en las malas y en las clases más difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Ingenio Tzulá</b>	Por la oportunidad que he tenido de realizar mi trabajo de graduación en dicha empresa.
<b>Personal del Ingenio</b>	Por brindarme su apoyo.
<b>Asesor</b>	Ingeniero Jaime Mazariegos, por creer en mí, y brindarme su apoyo cuando lo necesité.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme una educación que me permitirá desarrollarme en mi vida profesional.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme un techo educacional que me permitió ampliar mis conocimientos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	1
1. Identificación de la empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica.....	2
1.1.2. Visión.....	4
1.1.3. Visión.....	4
1.1.4. Valores.....	4
1.1.5. Estructura organizacional.....	5
1.1.6. Ubicación.....	6
1.1.7. Organigrama.....	7
2. AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL.....	9
2.1. Diagnóstico del departamento de reparación agrícola.....	9
2.1.1. Análisis causa y efecto.....	9
2.1.2. Inventario de maquinaria para análisis.....	13
2.1.3. Recolectar información de los mecánicos.....	21
2.1.4. Información general del departamento de reparación.....	24
2.1.5. Procedimientos que se utilizan para la revisión de motores.....	28

	2.1.5.1.	Toma de compresiones.....	28
	2.1.5.2.	Verificación de presión de aceite.....	30
2.1.6.		Bajo rendimiento del motor por mal control.....	31
	2.1.6.1.	Toma de compresiones sin programación.....	31
	2.1.6.2.	Seguimiento inadecuado del proceso.....	33
	2.1.6.3.	Eficiencia actual de los motores diesel.....	34
2.1.7.		Trabajo que realiza la maquinaria en el campo.....	35
	2.1.7.1.	Potencia necesaria para realizar el trabajo.....	35
	2.1.7.2.	Condiciones de exposición de la maquinaria.....	36
	2.1.7.3.	Tiempo promedio de trabajo por máquina.....	39
	2.1.7.4.	Condiciones del campo de trabajo.....	40
2.1.8.		Costos de reparaciones.....	43
	2.1.8.1.	Costo de reparación en compresiones muy bajas.....	43
	2.1.8.2.	Costo por hora de máquina parada.....	45
2.2.		Propuesta.....	47
	2.2.1.	Recolección de información de los motores a revisar.....	47

2.2.2.	Análisis de la información.....	50
2.2.3.	Toma de temperaturas del motor.....	51
2.2.3.1.	Hojas de registro para control de temperaturas.....	51
2.2.3.2.	Análisis de temperaturas tomadas.....	53
2.2.4.	Toma de compresiones de motor.....	54
2.2.4.1.	Hojas de registro para control de compresiones.....	55
2.2.4.2.	Análisis de compresiones.....	57
2.2.5.	Presión de aceite.....	58
2.2.5.1.	Revisión de presiones de aceite.....	60
2.2.5.2.	Tipo de lubricante usado.....	61
2.2.6.	Realizar gráficos de control.....	61
2.2.6.1.	Gráficos de control para temperaturas.....	61
2.2.6.2.	Determinación de límites de control para temperaturas.....	63
2.2.6.3.	Establecer la temperatura media de la máquina.....	65
2.2.6.4.	Gráficos de control para compresiones.....	66
2.2.6.5.	Compresiones aceptables de motor.....	67
2.2.7.	Eficiencia de motor diesel.....	68
2.2.7.1.	Determinación de la eficiencia por máquina.....	68
2.2.7.2.	Establecer los parámetros en	

	que es aceptable la eficiencia...	80
2.2.8.	Registros y control.....	80
2.2.8.1.	Registros por cada máquina....	81
2.2.8.2.	Ingresar datos a sistema de OT.....	81
3.	PLAN DE CONTINGENCIAS DEL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN AGRÍCOLA.....	83
3.1.	Plan de contingencia para desastre naturales.....	83
3.1.1.	Objetivo principal del plan.....	85
3.1.2.	Propósito del plan de contingencia.....	85
3.2.	Procedimientos.....	86
3.2.1.	Procedimientos de evacuación.....	97
3.3.	Sistemas de alerta.....	100
3.3.1.	Criterios de activación.....	102
3.3.2.	Tipos de alerta.....	102
3.3.3.	Niveles de alerta.....	103
3.4.	Pasos para la elaboración de un plan de contingencia...	103
3.4.1.	Identificación de riesgos.....	108
3.4.1.1.	Lugares inseguros.....	109
3.4.1.2.	Rutas de evacuación.....	109
3.4.1.3.	Riesgos potenciales.....	111
3.5.	Ejecución del plan de evacuación.....	117
4.	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL SOBRE REDIMIENTO DE MOTORES Y PLAN DE CONTINGENCIAS.....	121
4.1.	Programación de capacitaciones.....	121
4.1.1.	Capacitación sobre hojas de registros.....	121

4.1.2.	Medición de temperaturas.....	123
4.1.3.	Trabajo en equipo.....	123
4.1.4.	Plan de contingencia.....	124
4.1.5.	Rendimientos de motores diesel.....	127
4.2.	Mejora continúa.....	127
4.2.1.	Mejoras en el proceso de revisión de maquinaria.....	127
4.2.2.	Ambiente seguro.....	128
4.3.	Resultados.....	128
4.3.1.	Revisión teórica.....	128
4.3.2.	Revisión práctica.....	130
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
ANEXOS.....		137



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Ubicación Ingenio Tululá.....	6
2. Organigrama Ingenio Tululá.....	7
3. Fotos de maquinaria en el campo.....	11
4. Análisis de causa y efecto.....	12
5. Foto de cosechadora de cosechadora de caña.....	19
6. Condiciones del campo.....	20
7. Partes de un tractor manual de partes.....	21
8. Hoja de evaluación de técnicos.....	22
9. Plano en planta del departamento de reparación.....	25
10. Galera de reparación agrícola.....	25
11. Fotos de taller agrícola.....	26
12. Plano en planta de taller.....	27
13. Fotos de motor diesel.....	29
14. Fotos de manual de partes de tractor.....	36
15. Condiciones extremas de campo.....	37
16. Foto de filtro con demasiado polvo.....	41
17. Foto de tractor con contaminación con polvo.....	41
18. Tractor y cosechadora en campo.....	42
19. Tractor y cosechadora trabajando en campo.....	42
20. Fotos de manual y partes de tractor.....	49
21. Hoja de rutinas de revisión de temperaturas.....	52
22. Gráfico de temperaturas de motor alzadora 6.....	54
23. Hoja de revisión de compresiones de motor.....	56
24. Bomba de presión de aceite.....	59

25. Gráfico de límites de límites de control.....	65
26. Límites de control de compresiones.....	67
27. Diagrama P-V.....	69
28. Límites de control de alzada 6.....	71
29. Compresiones de motor.....	72
30. Diagrama P-V .....	75
31. Logotipo Ingenio Tululá.....	87
32. Normas de seguridad.....	96
33. Señalización para el punto de reunión.....	100
34. Plano de sistema de alerta.....	101
35. Organigrama del plan de contingencia.....	103
36. Identificación de riesgos.....	108
37. Salidas de emergencia.....	110
38. Señalización de salidas de emergencia.....	110
39. Rutas de evacuación.....	125
40. Prueba teórica.....	129

## TABLAS

I. Tiempos estimados de mantenimiento preventivo.....	12
II. Cantidad de maquinaria para análisis.....	13
III. Inventario de activo.....	14
IV. Máquinas de muestreo.....	17
V. Conocimiento de mecánicos sobre el área agrícola.....	23
VI. Compresiones de motor.....	29
VII. Problemas comunes de presión de aceite.....	30
VIII. Toma de compresiones sin programación.....	32
IX. Datos alzada, eficiencia actual de motores diesel.....	33
X. Eficiencia actual.....	34
XI. Temperaturas ambiente.....	38

XII.	Problemas mala operación de la maquinaria.....	39
XIII.	Tiempo promedio de trabajo por máquina.....	40
XIV.	Costo de reparación de motor diesel.....	44
XV.	Toneladas cosechadas por máquina.....	45
XVI.	Relación tonelada de caña-quintal de azúcar.....	46
XVII.	Maquinaria a muestrear.....	48
XVIII.	Datos técnicos de maquinaria agrícola.....	50
XIX.	Temperaturas de motor.....	53
XX.	Rango de compresiones de motor.....	57
XXI.	Compresiones de motor.....	58
XXII.	Presiones normales de motor.....	60
XXIII.	Temperaturas de motor alzadora 6.....	62
XXIV.	Rangos de desviación.....	63
XXV.	Datos límite de gráfica.....	64
XXVI.	Límites de control y media.....	66
XXVII.	Compresiones aceptables de motor.....	68
XXVIII.	Promedio y rangos de temperatura.....	70
XXIX.	Compresiones de motor.....	72
XXX.	Análisis de aceite alzadora 6.....	74
XXXI.	Nuevas compresiones de alzadora 6.....	77
XXXII.	Toneladas cosechadas por máquina.....	79
XXXIII.	Ingreso de datos al sistema.....	81
XXXIV.	Manual de procedimientos.....	87
XXXV.	Manual de procedimientos para ocasiones de emergencia.....	97
XXXVI.	Priorización de riesgos.....	112
XXXVII.	Rango e interpretación.....	113
XXXVIII.	Ponderación del grado de repercusión.....	114
XXXIX.	Orden de repercusión de los riesgos.....	114
XL.	Identificación de factores de riesgo.....	115

XLI. Cuadro de programación de capacitaciones.....	121
XLII. Control de temperatura.....	122

## GLOSARIO

<b>Análisis de aceite</b>	Es un muestreo de laboratorio que se hace con el aceite cada cierto tiempo, para determinar las condiciones de operación de un motor.
<b>Alce de caña</b>	Proceso de recolectar caña del suelo ya cortada y depositarla en las jaulas de transporte, por medio de una máquina llamada alzadora.
<b>Compresión de motor</b>	Es la presión que ejerce el pistón sobre la culata, para generar la combustión.
<b>Horas horómetro</b>	Es una medición que se hace directamente al motor y que señala la cantidad de trabajo realizado.
<b>Murphy</b>	Es un sistema de protección que se conecta al sistema de apagado del tractor y al indicador de temperatura, el cual hace que la máquina se apague inmediatamente si se pasa de una temperatura normal de trabajo.

**Preparación de suelos**

Es el trabajo que se le realiza a los suelos con implementos agrícolas, para que se pueda sembrar caña nueva.

**Señalización**

Son las indicaciones que se colocan para indicar cualquier acontecimiento.

**TMT**

Área de Taller, Maquinaria y Transportes Ingenio Tulumá S.A

**Zafra**

Tiempo de cosecha de la caña de azúcar, dura alrededor de cuatro a cinco meses.

## RESUMEN

El ingenio Tululá es parte de la corporación de Industrias Licoreras de Guatemala. Este ingenio tiene como proyección aumentar de manera considerable, la eficiencia y el tiempo máquina en el campo de trabajo. Con esta necesidad, se ha diseñado un proceso donde la maquinaria agrícola pueda aumentar la eficiencia de sus motores. En el trabajo realizado se podrá apreciar que estas máquinas se someten a condiciones extremas de trabajo y que se debe seguir un lineamiento de revisión y reparación.

Estos análisis son:

Análisis de temperatura

Análisis de compresiones

Análisis de presiones de aceite

Análisis de aceite

Estos análisis representan la base para aumentar la eficiencia de la máquina. Con los resultados de estos análisis, se determinará si el motor está trabajando bajo condiciones normales de operación. Los resultados de compresión se utilizan para verificar si la relación de compresión no está siendo afectada y si la eficiencia se mantiene en un nivel aceptable. Este resultado es comparado con los demás, para determinar si es necesaria una revisión interna de motor, para hacer correcciones que permitan de nuevo aumentar la eficiencia.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Mejorar la eficiencia de los motores diesel de la maquinaria agrícola, pesada y de cosecha del Ingenio Tululá (Industrias Licoreras).

### **Específicos**

1. Determinar las temperaturas medias que debe trabajar un motor diesel.
2. Reducir los costos de reparación de la maquinaria agrícola, reduciendo tiempos en reparación, para aumentar la vida útil de las partes del motor.
3. Desarrollar el plan de contingencia, ya que es necesario en el área de reparación agrícola de TMT.
4. Aumentar la disponibilidad de la maquinaria agrícola y de cosecha.
5. Involucrar a todo el personal y dar a conocer la importancia que tiene el cuidado del motor diesel, a través de capacitaciones constantes.



## INTRODUCCIÓN

La mejora en el rendimiento de la maquinaria que corta y transporta la materia prima (caña de azúcar) al Ingenio Tululá (Industria Licoreras, S.A.) es de suma importancia, debido a que el crecimiento de volumen necesitado de caña en los molinos es bastante considerable.

Los tiempos en que se necesita caña han disminuido, de tal forma que, los equipos y maquinaria están trabajando mayor cantidad de tiempo con condiciones de trabajo cada día con exigencia mayor.

Se pretende con este trabajo de graduación, establecer un parámetro para el mejor aprovechamiento de la maquinaria, sin que ésta sufra daños en el motor. Se analizarán componentes de los motores a través de diversas pruebas que permitan conocer y diagnosticar el estado de cada motor para sacarle el mejor rendimiento. Este rendimiento se enfoca en las horas horómetros de la maquinaria y al costo por operación del tractor. Se hace notar que el rendimiento se evalúa bajo ciertos parámetros de horas trabajadas, descontando las horas paradas por máquina en mantenimiento y reparación. Además, se establecerá un plan de contingencia que permita tener un mejor control sobre la seguridad industrial dentro de las instalaciones de reparación y mantenimiento.

Con todo esto, se pretende tener mayor disponibilidad de la maquinaria dentro del ingenio y por consiguiente, mejorar las actividades de campo en la cosecha.



# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

## 1.1. Identificación de la empresa

Ingenio Tululá (Industria Licoreras, S.A.) es una empresa parte de la gran familia licorera. Este ingenio es parte de una corporación industrial. En esta corporación, el objetivo principal es la producción de alcohol. Esta empresa está dividida en cinco departamentos:

Departamento de campo: es el encargado de planificar la preparación de suelos, sembrar y cosechar la caña de azúcar.

Departamento de taller, maquinaria y transportes: es el encargado de tener la disposición de maquinaria, reparación de esta y el transporte de la caña hacia el ingenio.

Departamento de fábrica: éste se encarga de transformar la materia prima (caña de azúcar) en un producto terminado (azúcar).

Departamento de recursos humanos: realizan las funciones de contratación, pagos, capacitaciones y cualquier otra actividad donde esté involucrado el recurso humano de la empresa.

Departamento de informática: mantiene al ingenio con los programas necesarios para operar. Además da el soporte técnico que se requiere para el buen uso de estos programas.

Prácticamente estos cinco departamentos controlan toda la operación del ingenio. Estos trabajan de forma conjunta para hacer más eficiente la producción del azúcar.

### **1.1.1. Reseña histórica**

Tululá quiere decir en idioma k'iche' "Lugar de zapotes", fue fundado por Antonio Bouscayrol, en 1904. Las instalaciones del ingenio se iniciaron con una galera pequeña, en donde se tenían la olla de cocimiento y las centrifugadoras que se operaban a mano. El transporte de caña se realizaba con bueyes y yuntas. Este transporte requería de bastante trabajo humano, para llevar la caña hasta su destino. Este ingenio empezó con pocas hectáreas de siembra de azúcar dentro de la Finca Tululá, que fue la primera finca propiedad del ingenio. Al principio, el azúcar se produjo de forma artesanal.

La fábrica se empezó a construir industrialmente en los años 70 y 80 cuando empezó el auge de este producto y se tenía acceso a nuevas tecnologías. Se empezó a construir calderas nuevas con contratistas para hacer más eficiente la producción de caña. Se colocaron ollas de cocimiento más grandes y se empezaron a utilizar las centrifugadoras que es donde realmente se extrae el azúcar de la caña. También en las demás áreas se utilizó nuevas máquinas y otros procesos de recolección de caña.

En el área de transportes se empezó a utilizar en los años 80 los camiones de carga. Estos hacían un tiempo más rápido de traslado de caña y por consiguiente más eficiencia en el ingenio. La maquinaria que se utilizaba en el campo empezó a cambiar, los tractores pequeños empezaron a funcionar y la rapidez de preparación de suelos era más notoria. En los años 90, las alzadoras de caña le vinieron a dar paso a una mayor rapidez del alzado de

caña. Estas máquinas son capaces de llenar una jaula de transporte de caña, en cuestión de cinco minutos con alrededor de 25 toneladas de caña.

Su forma y diseño permitían levantar cerca de una tonelada de caña, por cada puño de esta que tomaba. Esta tecnología vino a producir un aumento en la eficiencia de caña cosechada. La caña no duraba mucho tiempo tirada en el suelo para ser recogida.

Por último, en los años 90, el ingenio adquirió por primera vez, la tecnología de punta, al comprar una cosechadora de caña, máquina capaz de cortar y cargar en el mismo tiempo la caña sin la necesidad que se tuviera que cortar previamente ésta. Este adelanto produjo un rendimiento exagerado para el ingenio, siendo en 1997 cuando se produjo el primer millón de quintales de azúcar. En el año 2001, se inició el proyecto de cogeneración. En el 2005, Industrias Licoreras adquirió la empresa y se hicieron las siguientes remodelaciones a éste:

- Departamento de fábrica  
En este departamento se realizaron cambios en las calderas, se construyó con mayor capacidad de presión y eficiencia. Se remodeló las líneas de operación y se cambió el sistema de centrifugado análogo por un digital.
- Departamento de campo  
Se volvió a sembrar en todos los terrenos del ingenio de caña nueva, se compraron 5 tractores nuevos y se contrató más ingenieros, para encargarse de la situación del campo.
- Departamento de TMT  
Se construyeron nuevas instalaciones para dividir el departamento en secciones. Se compró equipo nuevo y se realizó un programa de seguimiento a las órdenes de trabajo.

Los cambios realizados durante estos últimos cinco años, son las que hacen del ingenio Tulumá, el ingenio más eficiente de Guatemala con un 95% de eficiencia. El ingenio es producto de la estrategia corporativa de integración vertical, que asegura el aprovisionamiento de la materia prima, y que en años anteriores se compraba a terceras empresas; además de la reducción de costos, al ser nuestros propios productores de la materia prima.

Actualmente, la empresa en conjunto con Industrias Licoreras de Guatemala, se dedica a producir los licores añejos más finos del mundo.

### **1.1.2. Visión**

Ser la organización líder en la elaboración y comercialización de los más finos rones añejos y otros productos, para el mundo que disfruta de la excelencia.

### **1.1.3. Misión**

Satisfacemos los gustos más exigentes alrededor del mundo, con los rones añejos y otros productos de la más alta calidad y excelencia, innovando constantemente con un equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, con responsabilidad social.

### **1.1.4. Valores**

La empresa como una corporación cuenta con los siguientes valores:

- Integridad y confiabilidad.

Este es uno de los valores principales dentro de la organización, ya que ser íntegro y confiable en cada uno de nuestros actos de trabajo es garantizar a la empresa un buen desempeño.

- **Responsabilidad**  
Cada uno de los colaboradores debe actuar con responsabilidad en todo momento.
- **Respeto**  
No se tolera a personas irrespetuosas dentro de la empresa.
- **Actitud positiva**  
En este departamento siempre se mira y se trabaja con optimismo.
- **Trabajo en equipo**  
El trabajo en equipo ayuda a mejorar cualquier actividad que se realice.
- **Compromiso con la excelencia**  
Se hace el trabajo comprometiéndose a alcanzar la excelencia en el mismo.
- **Innovación y creatividad**  
En este departamento se trata de incentivar a las personas para que ayuden a crear e innovar para la realización de un buen trabajo. Cuando se crea algo nuevo dentro de la empresa, se recompensa con incentivos de distinta índole.

#### **1.1.5. Estructura organizacional**

La estructura organizacional de la empresa es con base a escalas de puestos de trabajo. Esta estructura organizacional se sectoriza en departamentos que conforman distintas actividades con un mismo fin. Esta estructura es definida de la siguiente forma:

- **Directores generales**

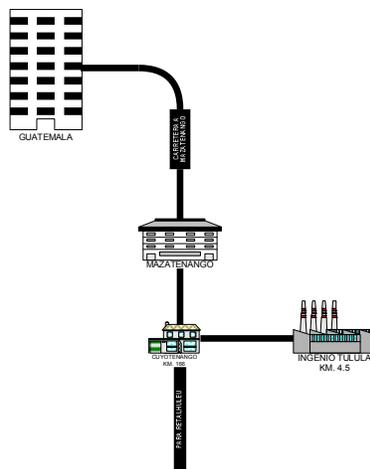
- Directores regionales
- Gerentes de departamento
- Jefes de departamento
- Supervisores de área

Tener esta información puntualiza que el tipo de organización existente en esta empresa es funcional.

### 1.1.6. Ubicación

El Ingenio Tullulá está ubicado en la zona costera, en el departamento de Retalhuleu, municipio de San Andrés Villaseca. Esta zona es la propicia para la siembra y cosecha de la caña de azúcar. La ubicación exacta es km 4.5 carretera La Máquina jurisdicción de Retalhuleu. Véase figura 1.

Figura 1. Ubicación Ingenio Tullulá

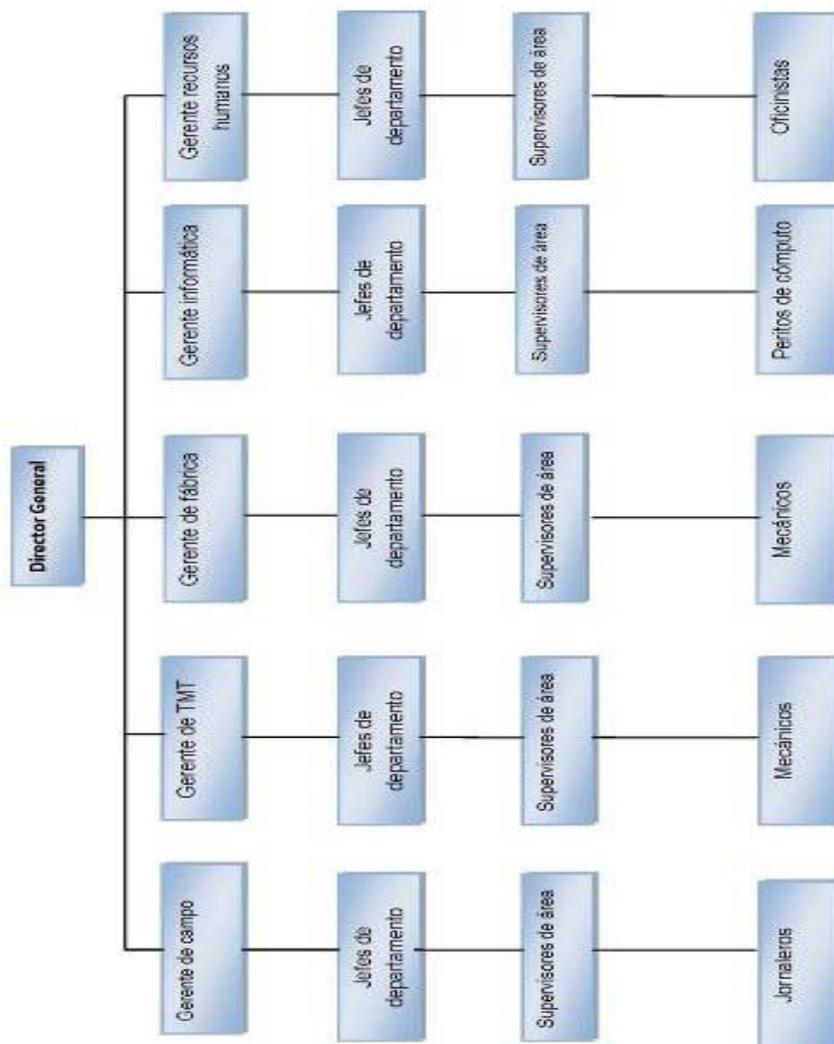


Fuente: elaboración propia.

### 1.1.7. Organigrama

El organigrama de la empresa está hecho con base al área de reparación de taller. Este organigrama contempla desde director general hasta la última persona que labora en esta empresa. Véase figura 2.

Figura 2. Organigrama Ingenio Tululá



Fuente: Ingenio Tululá.

Los datos que se presentan de los puestos de trabajo son de forma general:

- Director general: es la persona encargada de dirigir a toda la organización a nivel ingenio.
- Gerentes de área: son las personas encargadas de organizar cada una de las áreas, de las cuales consta el ingenio; área industrial, área TMT, área de recursos humanos, área de informática y área de campo. Estas unidades en conjunto realizan las actividades necesarias para que el ingenio funcione adecuadamente.
- Jefes del departamento: realizan la tarea de planificar y llevar nuevos proyectos para un mejor control de las actividades del ingenio.
- Supervisores de área: ayudan a planificar conjuntamente con los jefes de departamento los nuevos proyectos que pueden llevarse a cabo.
- Mecánicos de área: realizan todas las actividades técnicas dentro de cada uno de los departamentos.
- Peritos en computación: realizan las actividades relacionadas con los sistemas de operación de la empresa.

## **2. AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DIESEL**

### **2.1. Diagnóstico del departamento de reparación agrícola**

Para conocer directamente el problema que se tiene, es necesario hacer un análisis del departamento, donde se realiza la mejora. Este análisis se presenta a continuación en el inciso 2.1.1.

#### **2.1.1. Análisis causa y efecto**

Los métodos utilizados fueron la investigación de campo, los informes reales del funcionamiento de la maquinaria y la cantidad de fallas por máquina durante un tiempo relativamente considerado.

Las causas primarias que ayudan a tener bajo rendimiento de la maquinaria son:

Tiempo de mantenimiento: este tiempo se sacó de varias mediciones que se realizaron dentro del taller de reparación y en el campo de trabajo. A continuación denotó la tabla donde se indica los tiempos reales de un mantenimiento y por consiguiente, un mantenimiento inadecuado. Véase tabla I.

Tabla I. **Tiempos estimados de mantenimiento preventivo**

Activo	Máquina	Tipo de Mantto.	Lugar de trabajo	Tiempo Mantto. (min)	Trabajo que no se hizo en el mantenimiento
2835	Tractor 7420	Rutina Semanal	Taller agrícola	35	No se corrigieron fugas pequeñas de diesel.
2833	Tractor 7420	Rutina Semanal	Taller agrícola	90	Se revisó toda la máquina.
7	Alzadora	Rutina Semanal	Campo de trabajo	50	No purgó la trampa de agua del sistema diesel
8	Alzadora	Rutina Semanal	Campo de trabajo	60	No purgó la trampa de agua del sistema diesel
123	Cargador	Rutina Semanal	Taller agrícola	93	Se revisó toda la máquina
122	Cargador	Rutina Semanal	Taller agrícola	25	El cargador salió de emergencia y no se revisó niveles de aceite.

Fuente: elaboración propia.

Se nota que un mantenimiento rápido de la maquinaria incurre en un mal mantenimiento de éstas. Mientras se hizo la medición, se notó que algunas cosas quedaban pendientes, debido a que las máquinas son indispensables para algunas labores y pararlo significa detener el flujo. Aunque en este caso no se tomó en cuenta las pérdidas que se generaron por no haber atendido esta falla a tiempo. Estas máquinas según la tabla y las mediciones deben de tener un mantenimiento alrededor de 90 minutos, para corregir posibles fallas que se tengan en la máquina.

Con relación al tipo de maquinaria, se investigó los tipos de tractores que se utilizan en su mayoría ya tienen varios años de trabajo. Estos datos se obtuvieron de los informes y fichas técnicas de los manuales. Las condiciones son por demás intensas y críticas como se muestran en la figura 3.

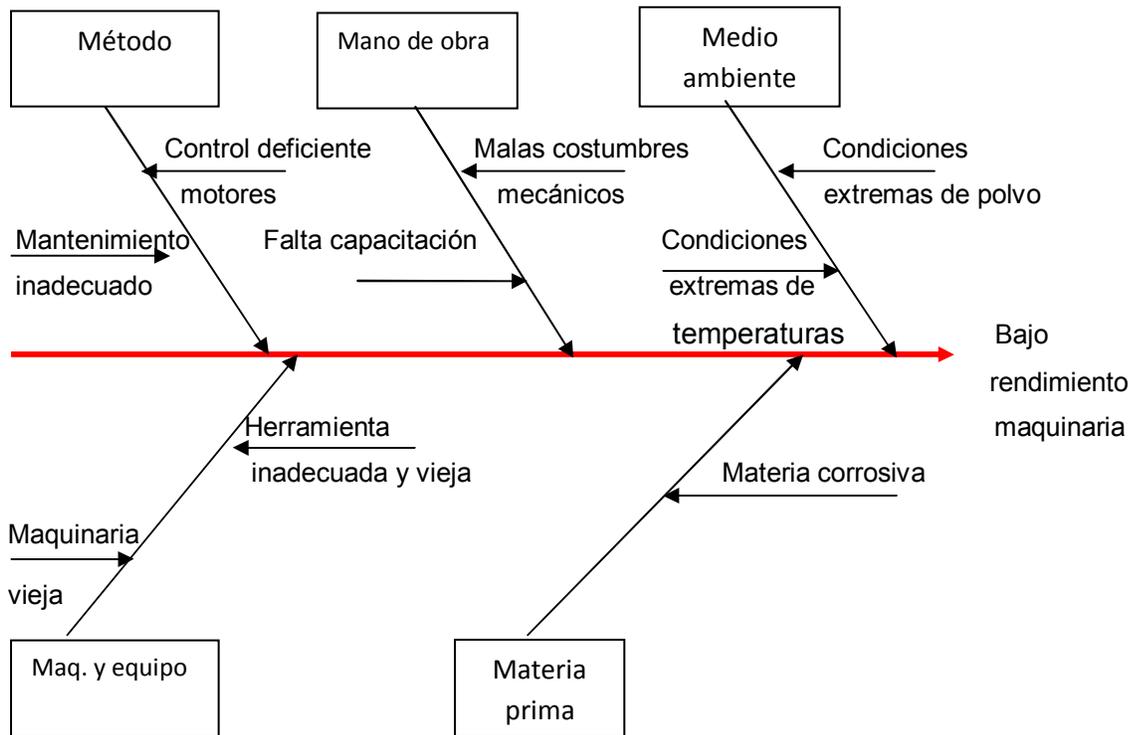
Figura 3. **Fotos de maquinaria en el campo**



Fuente: Ingenio Tululá.

La herramienta en muchos casos no es la adecuada para revisar y hacer la reparación a la maquinaria. Hace falta mucha cultura de utilización de la herramienta adecuada para un trabajo específico. Se utiliza mucho el cangrejo en lugar de utilizar la llave adecuada, el mal uso del martillo y además cuando se tiene la herramienta adecuada no la saben usar. El resultado del análisis es un diagrama causa-efecto, se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Análisis de causa y efecto**



Fuente: elaboración propia.

Con este análisis es posible notar que los cinco factores tienen relación con el bajo rendimiento de la maquinaria. El control ineficiente de los motores existe por la falta de programación de mantenimiento y por la poca capacitación de la mano de obra, a esto se le suma que la maquinaria y equipo ya son viejos, las condiciones de ambiente no son las óptimas y la materia prima que se extrae es corrosiva como resultado un bajo rendimiento de la maquinaria.

### 2.1.2. Inventario de maquinaria para análisis

En el ingenio existe una gran cantidad de maquinaria, la cual ayuda a obtener los resultados necesarios para una buena producción de azúcar. Esta maquinaria es la siguiente:

Tabla II. Cantidad de maquinaria para análisis

TIPO DE MÁQUINA	CANTIDAD	USO
TRACTORES	58	Trabajo en campo de preparación, siembra y cosecha de caña.
MAQ. PESADA	8	Trabajos varios de caminos y carga de bagazo.
ALZADORAS	7	Alzado de caña en equipos de arrastre
COSECHADORAS	3	Cosecha mecanizada de caña.

Fuente: Ingenio Tululá.

La tabla II indica que se tiene una gran cantidad de maquinaria. Aunque no toda esta maquinaria realmente mantiene el nivel de producción de azúcar del ingenio. El 25% de esta cantidad de maquinaria es de la que realmente depende el ingenio, para mantener su producción estable. El inventario general de esta maquinaria se presenta en la tabla III.

Tabla III. Inventario de activos

ACTIVO	INC	MARCA	ESTILO	AÑO	TIPO	Hrs/diarias
10	1	Vanguard	SP-1600		Alzadora	16
11	2	Vanguard	SP-1600		Alzadora	17
5	3	Vanguard	SP-1900		Alzadora	18
6	4	Vanguard	SP-1900		Alzadora	15
7	5	Vanguard	SP-1900		Alzadora	16
8	6	Vanguard	3504	1998	Alzadora	20
1984	7	Vanguard	3504	1998	Alzadora	20
2095	8	Case Austoft	7700	1998	Cosechadora	20
2337	9	Case Austoft	7700	2000	Cosechadora	20
121	1	Caterpillar	930		Cargador frontal	14
122	2	Caterpillar	966C	1977	Cargador frontal	16
123	3	Caterpillar	966C	1977	Cargador frontal	16
2090	4	Jhon Deere	644H	1990	Cargador frontal	16
345	5	P&H			Grúa	3
346	6	AMERICAN				3
347	7	JHONS				2
2357	8	Jhon Deere	670CH	1994	Motoniveladora	16
484	9	Caterpillar	416B		Retroexcavadora	10
531	10	Caterpillar	D6H		Tractor de banda Manipulador de	14
3044	11	JLG	G12-55A	2006	Carga	13
2706	12	Jhon Deere	410G	2005	Retroexcavadora	12
543	1	Jhon Deere	2650D	1990	Tractor	4
544	2	Jhon Deere	2650D	1990	Tractor	5
545	3	Jhon Deere	2650	1990	Tractor	8
546	4	Jhon Deere	2650D	1990	Tractor	10
547	5	Jhon Deere	2650D	1990	Tractor	5
548	6	Jhon Deere	2650	1990	Tractor	6
549	7	Jhon Deere	2650	1990	Tractor	7
550	8	Jhon Deere	2650	1990	Tractor	6
551	9	Jhon Deere	2750D	1988	Tractor	8

Continuación de la tabla III.

552	10	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	9
553	11	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	5
554	12	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	6
555	13	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	4
556	14	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	5
557	15	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	6
558	16	Jhon Deere	2755D	1993	Tractor	6
559	17	Jhon Deere	2755	1993	Tractor	5
562	18	Jhon Deere	2850D	1990	Tractor	6
563	19	Jhon Deere	2850D	1990	Tractor	7
564	20	Jhon Deere	3050	1991	Tractor	5
565	21	Jhon Deere	3050	1991	Tractor	5
566	22	Jhon Deere	3350	1993	Tractor	5
567	23	Jhon Deere	3350	1994	Tractor	5
571	24	Jhon Deere	4455		Tractor	6
572	25	Jhon Deere	4640		Tractor	6
576	26	Jhon Deere	6400	1998	Tractor	14
577	27	Jhon Deere	6400	1998	Tractor	14
578	28	Jhon Deere	6400	1998	Tractor	10
579	29	Jhon Deere	6400	1998	Tractor	9
580	30	Jhon Deere	6410	1998	Tractor	9
581	31	Jhon Deere	6410	1998	Tractor	9
582	32	Jhon Deere	6410	1998	Tractor	8
584	33	Jhon Deere	7810	1998	Tractor	14
585	34	Jhon Deere	7810	1998	Tractor	14
586	35	Jhon Deere	7810	1998	Tractor	14
587	36	Jhon Deere	7810	1998	Tractor	14
588	37	Jhon Deere	7810	1998	Tractor	14
589	38	Jhon Deere	8400	1998	Tractor	14
590	39	Case	8950	1999	Tractor	15
2173	40	Jhon Deere	6610	2001	Tractor	14
2174	41	Jhon Deere	6610	2001	Tractor	14
2269	42	Jhon Deere	6810	2001	Tractor	15
2270	43	Jhon Deere	6810	2001	Tractor	15
2831	44	Jhon Deere	7420	2006	Tractor	16

Continuación de la tabla III.

2832	45	Jhon Deere	7420	2006	Tractor	16
2833	46	Jhon Deere	7420	2006	Tractor	18
2835	47	Jhon Deere	7420	2006	Tractor	19
3001	48	Case	8920	2000	Tractor	15
3002	49	Case	8920	2000	Tractor	14
3003	50	Case	C-80	0	Tractor	11
3108	51	Jhon Deere	7930	2007	Tractor	19
3109	52	Jhon Deere	7930	2007	Tractor	18

Fuente: Ingenio Tululá.

Para elegir el tipo de maquinaria que se utilizaría se tomaron en cuenta las siguientes condiciones:

- Motor de seis cilindros  
Esta condición es necesaria, ya que no se puede comparar un motor con menor número de cilindros para no tener variaciones en las muestras.
- Maquinaria que trabajará arriba de 15 horas diarias  
Con esta condición se escogió según el inventario de la tabla III, la maquinaria que trabaja por encima de 15 horas diarias, debido a la exigencia que se tiene por esta condición.
- Modelos recientes  
Se trató de utilizar modelos por arriba de 1998, por lo que los activos por debajo de esta condición no aplican para la muestra, debido a que sus motores ya han trabajado demasiado tiempo y su vida útil ya está muy por debajo de lo necesario para realizar pruebas.

- Maquinaria trabaja directamente en cosecha y mecanización del suelo. La maquinaria que se tomó en cuenta es la que está involucrada directamente en la cosecha y mecanización de los suelos. La razón por la que solo se escogió maquinaria que trabaja en este tipo de trabajo, se debe a que es la que más exigencia mantiene. Véase tabla IV.

Tabla IV. **Máquinas de muestreo**

MÁQUINA	MARCA	SERIE	USO
COSECHADORA	CASE	A7700	Cosecha mecanizada de caña
COSECHADORA	CASE	A7700	Cosecha mecanizada de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Cosecha mecanizada de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Cosecha mecanizada de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Trabajos varios en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Trabajos varios en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7930	Transporte de jaulas en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7930	Transporte de jaulas en campo
TRACTOR	CASE	8950	Preparación de suelos

Fuente: Ingenio Tululá.

Cosechadora A7700: esta es una máquina de corte de caña mecanizado, y tiene una capacidad de corte de 1000 toneladas diarias. Posee un motor 330 CV y pueden trabajar a una velocidad de hasta 12 Km por hora, con un rendimiento de 70 toneladas /hora, dependiendo de las condiciones del cultivo.

El sistema de extracción hace que la caña de azúcar pase por dos puntos de limpieza antes de llegar al transbordo. La primera es realizada en el pie del elevador y la otra antes de salir de la máquina. El elevador cuenta con un giro de 170 grados con accionamiento hidráulico, a través del comando deflector de ajuste de carga. Por medio de los tornillos sin fin acondiciona la caña para poderla pasar por la caja picadora y esta a su vez, al transportador que la lleva a un punto elevado donde se deposita en las jaulas de transporte.

Estas máquinas generan el 30% de la cosecha diaria de todo el ingenio, por lo que un problema en su eficiencia es crítico. Estas máquinas debido a la cantidad de trabajo sufren de calentamiento y desgaste continuo, siendo crítica su lubricación continua. Un mal manejo de su mantenimiento puede incurrir en problemas serios en la producción de azúcar. Cuando una máquina de estas utiliza un porcentaje mayor de combustible por hora, su consumo de aceite se eleva, existe un problema y hay que resolverlo inmediatamente. La deficiencia de esta máquina radica en que un pequeño problema puede causar grandes pérdidas a la empresa.

A continuación se muestra en la figura 5 una fotografía que indica cómo son estas máquinas.

Figura 5. Foto de cosechadora de caña



Fuente: Ingenio Tuluá.

Alzadoras: estas máquinas están desarrolladas para levantar grandes cantidades de caña del suelo. Es una máquina totalmente hidráulica, tiene una parte llamada pluma que es la que sostiene el implemento de carga de caña.

Esta máquina tiene un diseño único adaptado a las condiciones necesarias de cosecha de caña.

El motor lo tiene en la parte de atrás, todo el sistema es accionado por medios hidráulicos.

La deficiencia de estas máquinas radica en que hay varias de éstas que están por debajo de sus capacidades y están teniendo problemas de consumo de combustible y aceite. Una de estas consume 15% más de combustible y cerca de ½ litro de aceite diarios, pero no se tiene un control adecuado de éstas

como para diagnosticar a detalle esta situación, documentarlo y tomar acciones para detener el problema.

Tractores: estos son vehículos autopropulsados que se usan para arrastrar o empujar remolques ásperos u otra maquinaria o cargas pesadas. Los tractores en el ingenio se utilizan para la agricultura específicamente.

Esta maquinaria tiene su deficiencia en el consumo de aceite/hora. No se puede permitir que un grupo de máquinas tenga un 5% de consumo de aceite. Esta maquinaria que es mayoría tiene altos índices de consumo de aceite, lo que quiere decir es que se desperdicia aceite en nivelaciones que solo sirven para mantener el motor trabajando, pero no a su máximo rendimiento.

Figura 6. **Condiciones del campo**



Fuente: Ingenio Tululá.

La figura 7 muestra el esquema de un tractor con sus partes extraído de un manual electrónico Jonh Deere.

Figura 7. **Partes de un tractor manual de partes**



Fuente: Ingenio Tululá.

### **2.1.3. Recolectar de los mecánicos**

En este caso, se tomó como consideración el recurso humano existente dentro de las áreas de trabajo. El recurso humano para el área de reparación es el siguiente:

- Mecánicos de alzadoras
- Mecánicos de cosechadora
- Mecánicos de tractores

Haciendo una investigación sobre los conocimientos de los mecánicos, se realizó una evaluación de personal que contempló varios aspectos:

- Nivel de escolaridad
- Capacitaciones
- Experiencia como mecánicos
- Experiencia en otro tipo de trabajo

Esta información se recabó con cada uno de los mecánicos, para saber qué conocimientos tiene cada uno de ellos actualmente.

La información es revisada y evaluada conforme a la persona a quien se le hizo este análisis. Cada persona que está dentro de esta evaluación debe de trabajar directamente en el área de reparación agrícola. Esta evaluación pretende hacer un análisis de los puestos de trabajo para determinar si se está capacitado para llevar un control exacto de la maquinaria que tienen bajo su cargo. Se realizó un formato de investigación. Véase figura 8.

Figura 8. Hoja de evaluación de técnicos

**HOJA DE EVALUACIÓN DE TÉCNICOS**

Código

Taller de maquinaria agrícola y automotriz

Sección de trabajo \_\_\_\_\_ Fecha de realización \_\_\_\_\_

Tipo de evaluación \_\_\_\_\_ Jefe de sección \_\_\_\_\_

Puesto de trabajo \_\_\_\_\_ Nombre del técnico \_\_\_\_\_

---

Edad \_\_\_\_\_ Capacitaciones

Nivel de estudio

Diversificado	
Básico	
Primaria	

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_ 8. \_\_\_\_\_

Carrera \_\_\_\_\_ Experiencia en el puesto AÑOS \_\_\_\_\_

Otro puesto relacionado AÑOS \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

Nombre y firma del supervisor \_\_\_\_\_

Fuente: Recursos Humanos Ingenio Tululá.

Tabla V. **Conocimiento de mecánicos área agrícola**

NOMBRE	PUESTO DE TRABAJO	Escolaridad	Capacitaciones	Experiencia
Luis Lopez	Mecánico cosechadora	Bachiller	Hidráulica básica	12 años
			Mecánica diesel	
			Motores hidráulicos	
			Mangueras hidráulicas	
Carlos Martínez	Mecánico cosechadora	Bachiller	Hidráulica básica	8 años
			Mantenimiento motores diesel	
			Mangueras hidráulicas	
Enrique Buen Día	Mecánico de alzadora	3ro básico	Hidráulica básica	8 años
			Mantenimiento de motores diesel	
			Reparación de motor diesel	
			Bombas hidráulicas	
Carlos Quiñonez	Mecánico de alzadora	3ro básico	Hidráulica básica	8 años
			Motores diesel	
			Reparación de motor diesel	
Marlo Urrutia	Mecánico de tractores	Bachiller	Reparación de motor Diesel	9 años
			Mantenimiento de motores diesel	
			Mantenimiento de motores diesel	
			Mangueras hidráulicas	
Renato Lopez	Mecánico de tractores	Bachiller	Reparación de motor diesel	9 años
			Mantenimiento de motores diesel	
			Mantenimiento de motores diesel	

Fuente: elaboración propia.

La tabla V muestra parte de los resultados obtenidos en la investigación del personal humano dentro del departamento de reparación agrícola. Esta investigación denota que la mayoría de mecánicos en este puesto de trabajo tiene bastante experiencia en la reparación de motores diesel, ya que ninguno baja de los ocho años.

Las capacitaciones que tienen son relativamente adecuadas para el trabajo que desempeñan aunque les hace falta conocimiento sobre cómo proteger motores de desgastes y análisis de compresiones. Además la escolaridad, es en algunos casos baja y se tiene que reforzar los estudios de cada una de estas personas, para lograr un mejor rendimiento de la maquinaria, en este caso de los motores diesel.

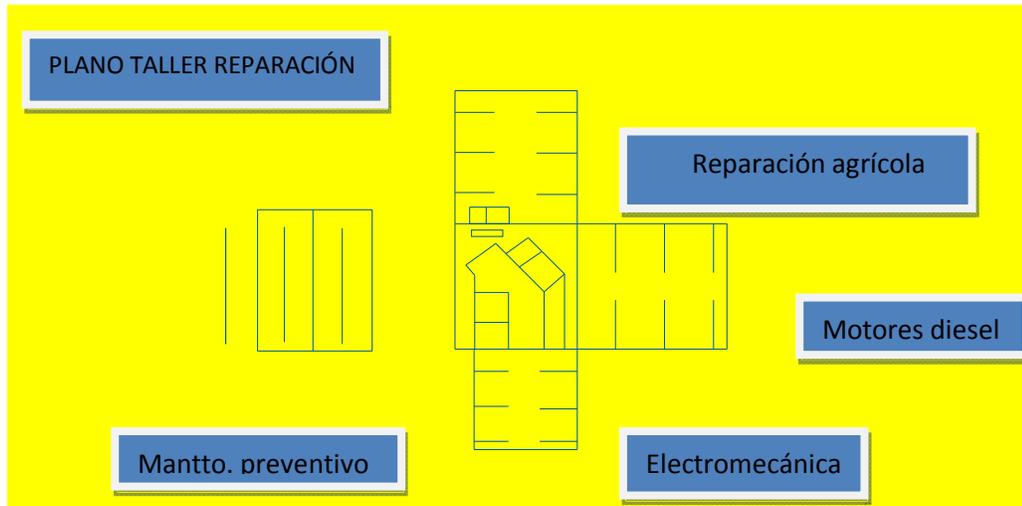
#### **2.1.4. Información general del departamento de reparación**

El taller de reparación es todo un departamento donde se organiza y divide cada trabajo que debe realizarse a la maquinaria. Estas secciones son las siguientes:

- Mantenimiento preventivo
- Reparación agrícola
- Reparación mecánica automotriz
- Implementos agrícolas

Estos cuatro grupos conforman el taller de reparación, pero para efectos de este trabajo sólo se incluyen directamente a mantenimiento preventivo y reparación agrícola.

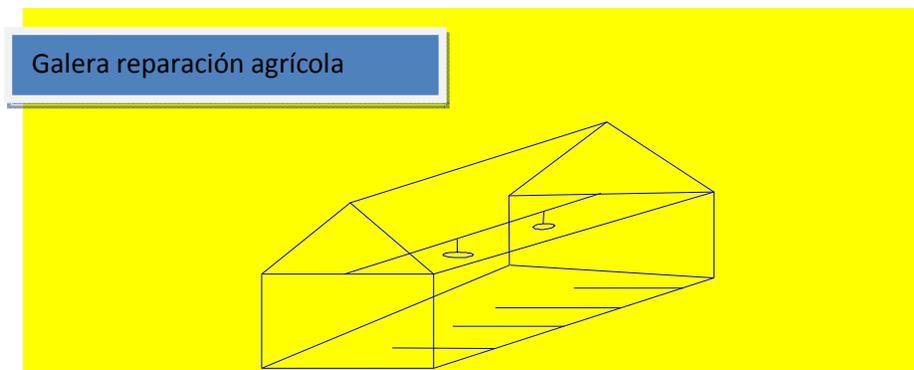
Figura 9. **Plano en planta de taller de reparación agrícola**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la figura 10 la sección más detallada del área de reparación agrícola.

Figura 10. **Galera de reparación agrícola**



Fuente: elaboración propia.

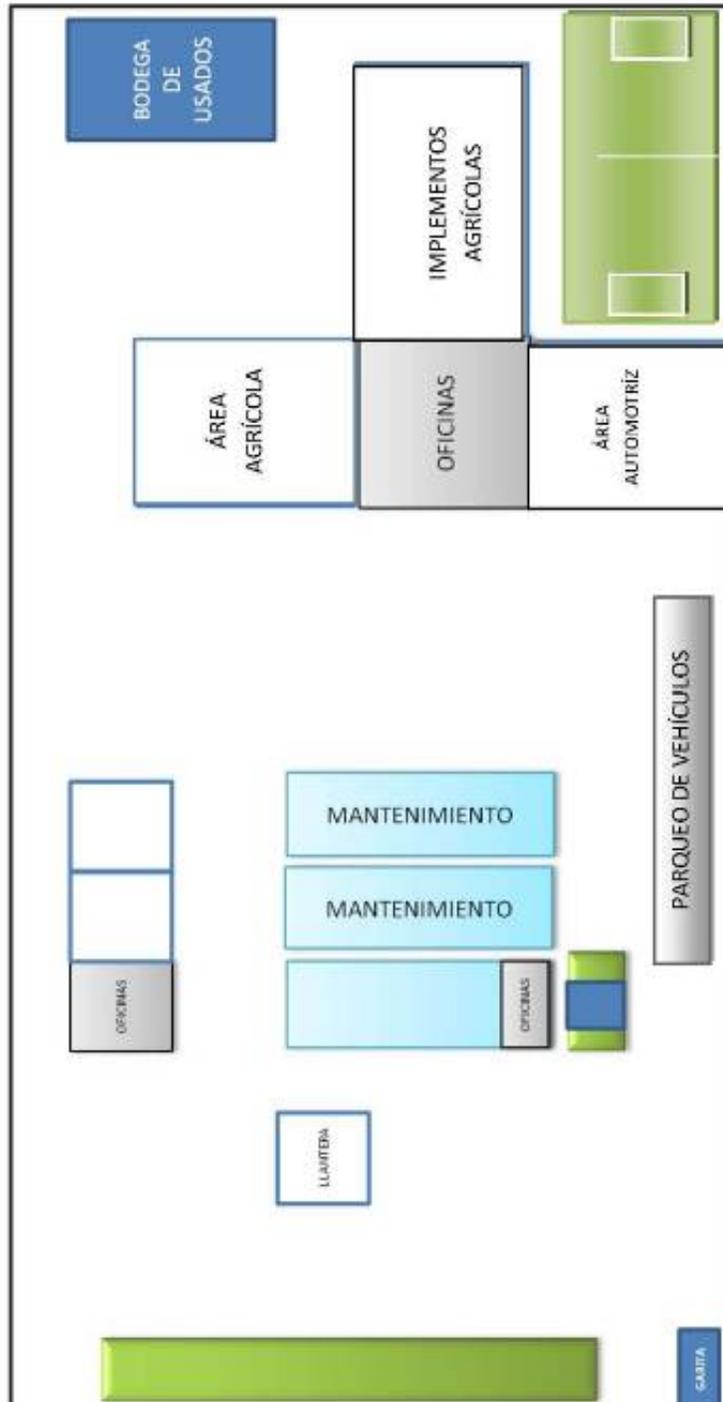
Esta es una galera de media agua, con entrada en todo el contorno. Se tiene un sistema de iluminación natural y artificial. El artificial es por medio de lámparas de alta capacidad de lúmenes. Es una zona inadecuada para la revisión de los motores, ya que hay condiciones desfavorables de polvo y humedad. Aunque cuando se tiene que revisar un motor al detalle se desmonta y se ingresa a un área especial de aislamiento contra el polvo, aire, y otros contaminantes que puedan afectar la revisión adecuada de estas máquinas. A continuación se muestra en la figura 11 una fotografía, y en la figura 12 un plano detallado del área de reparación.

Figura 11. **Fotos área agrícola**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Plano en planta de taller



Fuente: elaboración propia.

### **2.1.5. Procedimientos que se utilizan para la revisión de motores**

Los motores diesel son expuestos a varios procedimientos de revisión, con el fin de mantenerlo en óptimas condiciones. Los procedimientos que se utilizan son los siguientes:

- Toma de compresiones
- Verificación de presión de aceite
- Verificación de la eficiencia de la maquinaria

#### **2.1.5.1. Toma de compresiones**

El taller de reparación realiza tomas de compresiones cada cierto tiempo, aunque estas mediciones no se hacen con un formato establecido ni detallado. Solo se realizan las mediciones y se ingresan a un archivo Excel donde hacen ciertos reportes de la maquinaria. Este se hace de la siguiente manera:

- Se llega el motor a la temperatura normal de trabajo.
- Se quitan las bujillas.
- Se coloca el manómetro en el orificio donde estaba la bujilla.
- Se acciona el motor de arranque con el acelerador a fondo por un buen tiempo.
- Se anotan las lecturas tomadas en el manómetro.

Este procedimiento lo hacen los mecánicos para determinar cuál es la presión con que se está trabajando y no hay pérdidas por fugas en las válvulas o desgastes del cilindro.

A continuación se muestra en la tabla VI el seguimiento en Excel, que en estos momentos se tienen en revisión de las compresiones.

Tabla VI. **Compresiones de motor**

ACTIVO	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4	CILINDRO 5	CILINDRO 6
5	290	320	300	310	350	360
6	290	300	300	320	290	310
7	330	300	320	340	320	300
8	300	320	310	330	350	300
11	290	300	310	350	320	310

Fuente: Ingenio Tululá.

Esto es lo único que se tiene para el análisis de compresiones, no se les da seguimiento y algunas máquinas solo se revisan cuando definitivamente están consumiendo más combustible o están teniendo problemas serios en la reparación. Se verifica que estas anotaciones y mediciones solo sirven para tener un registro y no un control sobre los motores diesel. En la figura 13 se muestra la fotografía de un motor.

Figura 13. **Foto de motor diesel**



Fuente: Ingenio Tululá.

Las compresiones de los motores se toman cuando la maquinaria está en reparación. El problema es que no se le da un seguimiento adecuado a estas mediciones. Cada año se toman y se olvidan durante seis meses. En estas condiciones es mejor no hacer la revisión.

### 2.1.5.2. Verificación de presión de aceite

La presión de aceite es una característica del motor que debe estar siempre controlada, ya que por medio de ésta se lubrica todo el motor. En el caso del departamento de reparación agrícola, el procedimiento de verificación es el siguiente:

- Se enciende el motor
- Se espera que el motor llegue a su temperatura norma de trabajo
- Se verifica en el tablero lo que marca el indicador de presión
- Se anota en una hoja normal la lectura
- Se analiza la presión y se avisa si está muy baja. Lo malo de este procedimiento es que se toman las lecturas en una hoja inadecuada y no se le da seguimiento a la información.

Tabla VII. **Problemas comunes de presión de aceite**

OT	ACTIVO	PROBLEMA
0000X	589	La presión de aceite no se mantiene estable
0000y	590	El indicador de presión marca muy baja la presión de aceite
0000w	587	El indicador de presión marca alta la presión de aceite
0000v	586	No tiene presión de aceite según el indicador

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla se obtuvo de datos que se establecen cuando una orden de trabajo se genera por reparación o revisión, denota falta de seguimiento de los problemas que se general en el transcurso de la revisión.

### **2.1.6. Bajo rendimiento del motor por mal control**

Cuando no se tiene un control específico de un motor diesel su rendimiento disminuye significativamente, aumentando los costos de operación y también los de reparación. En el departamento de reparación sólo se lleva un seguimiento poco eficaz, para garantizar el buen rendimiento del motor diesel. A continuación se muestra que algunas características que afectan directamente al rendimiento de éste, son tomadas de manera incorrecta y en tiempos no establecido.

#### **2.1.6.1. Toma de compresiones sin programación**

Es importante notar que las compresiones de motor se deben de tomar de manera detallada y con una programación específica. En este departamento si se hacen estas mediciones aunque sin un formato establecido pero con la condicionante que no llevan una programación de fechas para realizarse estas mediciones, esto genera un problema de continuidad en la búsqueda del mejor rendimiento de la maquinaria. A continuación se muestra una tabla obtenida de un archivo general del departamento, donde no se tiene una programación adecuada para la revisión de las compresiones de motor.

Tabla VIII. **Toma de compresiones sin programación**

	2009	2009	2009	2009	2009	2009
<b>CILINDRO</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>1984</b>	<b>11</b>	<b>05</b>	<b>8</b>
<b>No. 1</b>	380	260	340	320	320	320
<b>No. 2</b>	<b>380</b>	<b>240</b>	<b>380</b>	<b>360</b>	<b>320</b>	<b>340</b>
<b>No. 3</b>	380	240	300	340	360	320
<b>No. 4</b>	<b>380</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>360</b>	<b>360</b>	<b>320</b>
<b>No. 5</b>	<b>400</b>	240	370	420	340	330
<b>No. 6</b>	<b>400</b>	<b>240</b>	<b>340</b>	<b>340</b>	<b>320</b>	<b>330</b>

Fuente: Ingenio Tululá.

Estas compresiones fueron tomadas durante el 2009, no se le dio seguimiento a estos análisis de los motores y por consiguiente, se siguió igual el siguiente año, ya que no detallaron los posibles problemas de la maquinaria. Estas mediciones no fueron comparadas con otros análisis como por ejemplo:

- Análisis de aceite
- Análisis de temperaturas directas a los cilindros
- Consumo de combustible

Como no se le dio seguimiento adecuado a estos datos, se demuestra que una de las alzadoras que estaba con problemas de compresión ha tenido una subida constante de combustible, según la siguiente tabla IX.

Tabla IX. **Datos alzada, eficiencia actual de motores diesel**

CÓDIGO 12101 ALZADORA DE CAÑA V-3504						
FECHA CONSUMO	COMBUSTIBLE	ORDEN CO.	HORÓMETRO	GALONES	HRS TRABA.	EFICIENCIA gal/hora
FECHA 1	DIESEL	TULULA-ALCE DE CAÑA		72.5		
FECHA2	DIESEL	TULULA-ALCE DE CAÑA		38.7	9.5	4.07368421
FECHA3	DIESEL	TULULÁ-ALCE DE CAÑA		19.2	5.5	3.49090909
FECHA4	DIESEL	TULULÁ-ALCE DE CAÑA		33.8	10.1	3.34653465
FECHA5	DIESEL	TULULÁ-ALCE DE CAÑA		43.7	12.5	3.496

Fuente: Ingenio Tululá.

### 2.1.6.2. Seguimiento inadecuado del proceso

El seguimiento en todo proceso de revisión es necesario para lograr los resultados esperados. En el caso de la revisión de motores, no se da un seguimiento adecuado al proceso de revisión por las siguientes causas:

- No se está comprometido con el rendimiento de los motores
- No se tienen formatos adecuados para la revisión de estas características
- Gran cantidad de maquinaria
- No se tiene la capacidad para análisis de datos

Con esto se puede justificar que los motores no tienen un cuidado especial, por lo tanto, no se les da mucha importancia a los procedimientos de revisión.

### 2.1.6.3. Eficiencia actual de los motores diesel

Hay varias formas de establecer el rendimiento de los motores, la única que hasta el momento se maneja por parte del departamento es el consumo combustible/hora del motor. Véase tabla IX. Esta eficiencia sólo se tomó de los datos establecidos durante la investigación de la maquinaria y su estado actual.

Este rendimiento no se establece técnicamente sino que de forma operativa, incluso no llega a ser eficiencia ya que la eficiencia es adimensional. A continuación en la tabla X, se muestra un cuadro de seguimiento de consumo de combustible.

Tabla X. Eficiencia actual

Código: 12101		ALZADORA DE CAÑA V-3504			( Ing. Luis Ramiro Lopez )			Activo: 8	
Fecha Consumo	Comb.	Ord. CO / CC.	Horometro	R. Electrô	Fecha Requisicion	Galones	Hrs Trab	Efic	Gls/Hrs
20/03/2011 14:24:29	Diesel	Tulula - Alce de caña	1,997.70	45474	20/03/2011 06:51:15	72.500			
22/03/2011 17:12:10	Diesel	Tulula - Alce de caña	2,007.20	45725	22/03/2011 07:14:42	38.700	9.5		4.07
22/03/2011 07:12:55	Diesel	Tulula - Alce de caña	2,012.70	46148	22/03/2011 07:07:13	19.200	5.5		3.49
24/03/2011 00:34:17	Diesel	Tulula - Alce de caña	2,022.80	46162	23/03/2011 17:36:00	33.800	10.1		3.35
24/03/2011 20:05:19	Diesel	Tulula - Alce de caña	2,035.30	46391	24/03/2011 16:44:37	43.700	12.5		3.50
<b>Promedio:</b>									<b>3.60</b>
Código: 12102		ALZADORA DE CAÑA V-3504			( Ing. Luis Ramiro Lopez )			Activo: 1984	
Fecha Consumo	Comb.	Ord. CO / CC.	Horometro	R. Electrô	Fecha Requisicion	Galones	Hrs Trab	Efic	Gls/Hrs
22/03/2011 17:11:19	Diesel	Tulula - Alce de caña	5,489.00	45730	22/03/2011 07:14:42	30.600			
22/03/2011 07:08:25	Diesel	Tulula - Alce de caña	5,495.40	46153	22/03/2011 07:07:14	19.400	6.4		3.03
22/03/2011 07:09:44	Diesel	Tulula - Alce de caña	5,503.50	46155	22/03/2011 07:07:14	21.400	8.1		2.64
24/03/2011 00:34:54	Diesel	Tulula - Alce de caña	5,512.00	46163	23/03/2011 17:36:00	26.800	8.5		3.15
24/03/2011 20:10:59	Diesel	Tulula - Alce de caña	5,524.70	46392	24/03/2011 16:44:38	35.100	12.7		2.76
<b>Promedio:</b>									<b>2.90</b>

Fuente: Ingenio Tululá.

Como pueden notar en esta tabla, la eficiencia se basa en el consumo de combustible, para obtener la verdadera eficiencia se debe ir al manual técnico de la máquina para determinar el consumo de combustible y así poder hacer la relación que nos daría al final el rendimiento de este consumo. Por consiguiente, se está tomando de una manera no adecuada la eficiencia por máquina. Solo se obtienen los promedios de consumo diario. Además no se toman en cuenta la pérdida de trabajo, por una mala compresión y temperaturas no adecuadas de operación.

### **2.1.7. Trabajo que realiza la maquinaria en el campo**

El trabajo que se realiza en campo demanda que la maquinaria este en buenas condiciones y que tenga la potencia necesaria para los distintos trabajos que se realizan.

#### **2.1.7.1. Potencia necesaria para realizar el trabajo**

La potencia para realizar un trabajo está ligada al trabajo que se necesita realizar. Esta potencia determina el nivel de trabajo que se le puede dar a la máquina.

La potencia de una máquina está dada de fábrica por lo que solo se debe tomar de la ficha técnica de cada una de estas máquinas. A continuación se muestra una foto tomada del manual PDF electrónico de un motor John Deere, donde se muestra la potencia del motor. Véase figura 14.

Figura 14. Foto manual de partes de tractor

POTENCIA NOMINAL EN DINAMOMETRO DE MOTORES PARA OEM								
MODELO DE MOTOR	Código de opción de bomba de inyección	Bomba de inyección original (n piezas)	Sustituída por bomba de inyección (n piezas)	Ajuste del gobernador	Velocidad Nominal(RP M)a carga puesta	Ralenti lento (Rpm)	Ralenti rápido sin carga (Rpm)	Potencia Nominal kw (Hp)
4045DF120	16NR	RE504403		NORMAL	2500	650	2000	63(85)
	16M8	RE564464		NORMAL	2500	650	2000	63(85)
4045DF150	1601	RE61649	RE87567	NORMAL	2500	650	2000	60(80)
	1602	RE57567		NORMAL	2500	650	2000	60(80)
	1603	RE50809		NORMAL	2500	650	2000	63(85)
	1603	RE63666	RE67668	3-546	1800	1160	1800	5331
	1603	RE67668	RE506070	3-546	1800	1160	1800	5331
	1603	RE506070	RE500132	3-546	1800	1160	1800	5331
	1603	RE506132		3-546	1800	1160	1800	5331
1663	1603	RE71089	RE500948	NORMAL	2500	1000	2000	6080
	1603	RE500949		NORMAL	2500	1000	2000	6080
	1663	RE63559	RE50764	NORMAL	2500	650	2000	6080
	1663	RE502754		NORMAL	2500	650	2000	6080
	1671	RE60085	RE60500	3-546	1800	1400	1870	5371
	1671	RE63500	RE505139	3-546	1800	1400	1870	5371
	1673	RE606139		3-546	1800	1400	1870	5371

Fuente: elaboración propia, basada en información del Ingenio Tuluá.

Estas son las diferentes potencias que se tienen para un motor con distintos tipos de bombas de inyección, velocidad nominal y ajustes de gobernador. Por supuesto, estas componentes se utilizan según se requiera el trabajo en el campo de la máquina.

### 2.1.7.2. Condiciones de exposición de la maquinaria

Las condiciones de exposición de los motores o de la máquina son los siguientes:

Condiciones extremas de trabajo: las condiciones en donde se trabaja en el campo son verdaderamente extremas, el polvo, la humedad, temperatura y la sobrecarga de trabajo hacen que la maquinaria trabaje a su máxima capacidad.

Figura 15. **Condiciones extremas de campo**



Fuente: Ingenio Tululá.

Temperaturas muy altas: las temperaturas ambiente a las que se somete la maquinaria agrícola en el campo son bastante considerables, el radiador y los sistemas de refrigeración en oportunidades no son capaces de mantener una temperatura normal de trabajo del agua, debido a que no tienen suficiente aire frío para hacerlo. Como muestra de las temperaturas alcanzadas en el campo se hizo un análisis rápido de las temperaturas que se mantienen durante las horas de trabajo de la maquinaria.

Estas temperaturas según tabla XI no bajan de 37° C. La temperatura es extrema con estas condiciones de temperatura hay riesgos muy grandes de sobrecalentamiento de los motores. Y no se tiene un control específico de estos cambios de temperatura.

Tabla XI. **Temperaturas ambiente**

	T oC SECCCIÓN 14	T oC SECCCIÓN 20	T oC SECCCIÓN 24	T oC SECCCIÓN 1
FECHA 1	37	38	36	41
FECHA 2	39	42	41	40
FECHA 3	38	41	40	39
FECHA 4	37	39	40	41

Fuente: elaboración propia.

Mala operación de la maquinaria: este es un mal demasiado variable que depende única y exclusivamente del operador. Si el operador no está capacitado para trabajar la máquina bajo los requerimientos necesarios, ésta no funcionará adecuadamente y se dañaran partes vitales del motor. Cuando un operador no sabe manejar la maquinaria suceden los siguientes problemas:

- Se acelera demasiado el motor sin necesidad alguna
- No se está atento a las señales de alerta del tractor
- No se revisa continuamente los niveles

Estos errores de operación ayudan a disminuir la vida útil del motor. En la siguiente tabla se muestra los diferentes problemas que se han tenido por mala operación de una máquina. Véase tabla XII. Se puede notar que muchos de estos son por sobrecargar de trabajo sin necesidad la máquina.

Tabla XII. **Problemas mala operación de maquinaria**

ACTIVO	OPERADOR	TIPO DE PROBLEMA	TRABAJO REALIZADO
11201	Carlos Chum	La máquina esta calentado demasiado	Limpieza radiador, bajar a las revoluciones de trabajo.
580	Mario Genibal	El motor se apago solo	Revisión del Murphy, radiador y posibles daños del motor
588	Carlos Yuc	El Murphy se está activando cada rato	Revisión del Murphy, bajar la revoluciones de trabajo
585	Aníbal Yat	Ruido por el empaque de culata	Cambio de empaque, revisión de motor

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.3. **Tiempo promedio de trabajo por máquina**

El tiempo promedio de trabajo se obtiene de la cantidad de horas trabajadas en una cierta cantidad de días dividido dentro de esa cantidad de días.

Se hace saber que este promedio varía dependiendo del tiempo de trabajo por máquina en el campo. En zafra la maquinaria trabaja entre 15 y 20 horas diarias y en reparación este disminuye entre 5 y 6.

Con excepción de la maquinaria que está en preparación de suelos que mantiene la tendencia entre quince y veinte horas diarias.

En la tabla XIII se muestra los diferentes tiempos de trabajo de la maquinaria, haciendo la aclaración que no son horas reloj sino horas horómetro directamente medidas por el trabajo del motor.

Tabla XIII. **Tiempo promedio de trabajo por máquina**

ACTIVO	FECHA1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA4	PROMEDIO
ALZADORA8	17	18	15	14	16
ALZADORA1984	18	19	17	16	17.5
ALZADORA 7	15	16	14	15	15
ALZADORA 6	16	15	14	12	14.25
TRACTOR 2832	17	16	18	16	16.75
TRACTOR 2835	16	15	17	18	16.5
COSECHADORA 11101	18	19	19	20	19
COSECHADORA 11103	18	20	20	19	19.25

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla demuestra correctamente que la maquinaria oscila entre quince y veinte horas de trabajo en distintas labores de campo. Este es un problema bastante crítico, ya que la maquinaria es sometida a tiempos excesivos de trabajo.

#### **2.1.7.4. Condiciones del campo de trabajo**

Las condiciones en el campo son las siguientes:

Polvo demasiado alto: el polvo es una condición con la cual la maquinaria debe luchar a diario, los filtros se saturan y puede ocurrir en algún momento el taponamiento del sistema de admisión. Esta condición es una de las más críticas que tiene que afrontar la máquina.

Para saber si un componente está siendo obstruido en el sistema de admisión, se colocan restrictores de aire, los cuales marcan las condiciones de restricción del aire a la cámara de combustión. Este instrumento ayuda a

disminuir las veces en que se sopletea un filtro de aire. A continuación se muestran fotos de filtros saturados de polvo. Véase figuras 16 y 17.

Figura 16. **Foto filtro con demasiado polvo**



Fuente: Ingenio Tululá.

Figura 17. **Foto de tractor con contaminación de polvo**



Fuente: Ingenio Tululá.

La maquinaria está a la intemperie: la maquinaria trabaja siempre a la intemperie, bajo el sol, agua y humedad. El mantenimiento siempre se realiza al aire libre en el campo. Estas condiciones definitivamente afectan el funcionamiento adecuado de la maquinaria. Se muestran fotos donde se notan las condiciones adversas que tiene que soportar la maquinaria y en donde no

se tienen los cuidados necesarios para que la máquina soporte estas condiciones. Véase figura 18.

Figura 18. **Tractor y cosechadora en campo**



Fuente: Ingenio Tululá.

En esta fotografía se puede notar que los tractores trabajan en condiciones bastante difíciles. Aquí un tractor remolca un autovolteo que a su vez, es llenado por una cosechadora de caña.

Figura 19. **Tractor y cosechador trabajando en campo**



Fuente: Ingenio Tululá.

## **2.1.8. Costos de reparaciones**

Los costos de reparación varían dependiendo del tipo de motor y de los daños ocasionados por mala operación o por un descuido de mantenimiento.

### **2.1.8.1. Costo de reparación en compresiones muy bajas**

Con los costos de una reparación para compresiones muy bajas, se debe analizar los siguientes componentes:

- Camisa: se debe verificar si hay algún desgaste o alguna señal de cavitación, por lo que debe examinarse debidamente. Si una camisa no se revisa adecuadamente, se corre el riesgo de que se quiebre dentro del motor.
- Pistones: se debe observar si no están rallados y que no existan grietas en éste. Si se deja una grieta en un pistón, éste se puede partir dentro de la camisa.
- Anillos: deben de mantener la relación de compresión, si ya no ajustan bien tendrán que reemplazarse. Debido a que estos conservan la energía que se pueden convertir en mecánica.
- Tejas: la reparación total de un motor es bastante costosa y por consiguiente hay que estar seguros si la máquina realmente lo necesita. Si se va a trabajar, entonces la máquina incurrirá en un costo adicional.
- Consumo de combustible: el consumo de combustible se incrementa de manera considerable y es difícil disminuir estos costos a menos que se repare el motor.
- Consumo de aceite: el consumo de aceite es el que seguidamente del consumo de combustible producirá un gasto.

- El motor peligrará dañar aún más y pueda quedar inservible: un motor que pueda dañarse por descuido, es necesariamente un costo demasiado alto.

A continuación se presenta un cuadro donde se detalla el costo de una reparación de motor sin tomar en cuenta la mano de obra. Véase tabla XIV

Tabla XIV. **Costo de reparación de motor diesel**

CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO Q	SUB TOTAL Q
6	8929670	TEJAS CENTRALES	233.00	1,398.00
1	8929680	TEJAS CENTRALES AXIALES	367.20	367.20
7	8929690	TEJAS DE LEVAS	80.63	564.41
6	8929710	TEJAS DE BIELA	171.69	1,030.14
2	8929085	TEJAS DE MEDIA LUNA	161.34	322.68
1	8929102	EMPAQUE DE ACEITERA	232.08	232.08
1	23516322	EMPAQUE DE APADERA DE VÁLVULAS	487.40	487.40
1	23532333	KIT DE EMPAQUES	1,099.00	1,099.00
6	R23532555	LINER KIT COMPLETOS	3,271.00	19,626.00
			<b>TOTAL</b>	<b>25,126.91</b>

Fuente: Ingenio Tululá.

Como se puede notar el costo de una reparación es muy alto, varía entre Q 25,000 y Q 30,000.

### 2.1.8.2. Costo por hora de máquina parada

En el costo de máquina parada, se incluyen dos factores:

- Jornales de trabajo de las personas involucradas
- Toneladas de caña que se dejaron de cosechar

En estos dos factores recae en tener una máquina parada, para darles un ejemplo de esto, mencionamos lo siguiente:

En la tabla que se muestra, se tiene la cantidad de toneladas de caña que corta una cosechadora diario. A la par los tractores que se reparten la cantidad de caña en al remolcar los auto-volteos. Cuando hace falta uno de estos tractores, el rendimiento de la cosechadora disminuye por la mitad. Solamente colocando otro tractor o esforzando otra cosechadora se lograría obtener los mismos resultados de cosecha de este frente de trabajo. Véase tabla XV.

Tabla XV. **Toneladas cosechadas por máquina**

MÁQUINA	TONELADAS CAÑA	TRACTOR1	TRACTOR2
COSECHADORA 1	750	375	375
COSECHADORA 2	600	300	300
COSECHADORA 3	700	350	350

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en consideración la cantidad de toneladas de caña que se dejan de cosechar y lo que representa en producción. Véase la tabla XVI.

Tabla XVI. **Relación tonelada de caña-quintal de azúcar**

DESCRIPCIÓN	QUINTALES DE AZUCAR	COSTO QUINTAL FABRICACIÓN	COSTO/TONELADA
1 TONELADA	1	100	100

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo el dato del tractor 1, con la cosechadora 1, de las tablas XV y XVI. Se obtuvo lo siguiente:

375 toneladas se dejaron de cosechar en un día, esto por hora representa 15.62 toneladas por hora.

15.62 toneladas de caña = 1qq de azúcar en producción

CMP= costo de máquina parada

$$\text{CMP} = \frac{\text{T caña} \times \text{1qq azúcar} \times \text{Q 100}}{\text{Día} \times \text{T caña} \times \text{1qq}} = \text{Q1562/hora}$$

Este costo es demasiado alto (Q 24,000/día) para soportarlo por varios días, por lo que los procesos deben ser lo más eficientes posibles, para prevenir este tipo de paradas sin programación. No se hizo un análisis cuantitativo de la mano de obra, ya que no es significativo en comparación con las toneladas de caña que se dejan de cosechar si no está la máquina. Cuando en 1 máquina hay falla del motor, se tarda alrededor de una semana en reparación y cuando se programa su reparación se tardan dos días de reparación, lo cual significa un ahorro de cinco días de trabajo. Esto transformado en porcentaje representa el 85% de disminución de tiempo y dinero.

## **2.2. Propuesta**

Como se pudo notar en los anteriores datos, hay ciertas deficiencias en cuanto a la revisión de los motores diesel. Estos son revisados de forma ineficaz. Lo que se propone es realizar una revisión detallada de los motores diesel, utilizando ciertos criterios y métodos de medición. Estos métodos son los siguientes:

- Análisis de temperatura de los cilindros
- Análisis de compresiones de motor
- Análisis de aceite de motor
- Análisis de presión de aceite

Esto ayudará con una planeación de realización y seguimiento, para aumentar de cierta forma, el rendimiento de los motores diesel.

### **2.2.1. Recolección de información de los motores a revisar**

Los procedimientos que se utilizarán para la búsqueda de la información son los siguientes:

- Búsqueda de información en los manuales técnicos de la maquinaria
- Recabar información de los archivos de control
- Revisar en el trabajo de la máquina bajo qué condiciones laboran.

La maquinaria que se va a revisar y recabar información es la que anteriormente se mostró en la tabla IV. Véase tabla XVII.

Tabla XVII. **Maquinaria a muestrear**

MÁQUINA	MARCA	SERIE	USO
COSECHADORA	CASE	A7700	Cosecha mecanizada de caña
COSECHADORA	CASE	A7700	Cosecha mecanizada de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
ALZADORA	VANGUARD	1900	Cosecha de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Cosecha mecanizada de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Cosecha mecanizada de caña
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Trabajos varios en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7420	Trabajos varios en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7930	Transporte de jaulas en campo
TRACTOR	JONH DEERE	7930	Transporte de jaulas en campo
TRACTOR	CASE	8950	Preparación de suelos

Fuente: elaboración propia.

Los datos técnicos fueron obtenidos de los manuales técnicos de cada una de las máquinas, en la presente figura se coloca la ficha técnica de un tractor 7420 Jonh Deere. Véase figura 20.

Figura 20. **Foto de manual y partes del tractor**

ESPECIFICACIONES		
MOTOR		
Tractor	7420	7620
Tipo de motor	PE6068TP057	PE6068TP058
Potencia del motor a la TDF	92KW (123HP)	100.6 KW (135HP)
Potencia al volante	103 kw (136HP)	115.5KW (155 HP)
Par máximo al regimen del r	30%	30%
Numero de cilindros	6	6
Diámetro	106.5 mm (4.19 in)	106.5 mm (4.19 in)
Carrera	127.0mm (5.0 in)	127.0mm (5.0 in)
Reacción de compresión	16:9 a 1	16:9 a 1
Desplazamiento	6.8 L (414 plg)	6.8 L (414 plg)

Fuente: elaboración propia, basada en información del Ingenio Tuluá.

Se revisó durante algunas semanas, el trabajo en el campo de esta maquinaria y se estuvo recabando información directa de los tableros de control, para verificar la cantidad de horas horómetro de esta maquinaria. Estas horas hay que hacer notar que no son iguales a las horas reloj, ya que estas son directamente medidas por la presión de aceite y el trabajo del motor, una hora horómetro aproximadamente equivale a 1.15 horas reloj aunque no es un dato totalmente exacto. La información que se logró recabar se muestra en la tabla XVIII. Esta tabla muestra la cantidad de horas promedio trabajadas por máquina de trabajo.

Tabla XVIII. **Datos técnicos de maquinaria agrícola**

MÁQUINA	HORAS TRABAJO DIARIAS	MOTOR	RELACIÓN COMPRESIÓN	POTENCIA DE MOTOR	No. CILINDROS
COSECHADORA	18	CUMINS M11	17	120KW	6
COSECHADORA	18	CUMINS M11	17	120KW	6
ALZADORA	17	6068T	16	110KW	6
ALZADORA	16	6068T	16	110KW	6
ALZADORA	18	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	15	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	16	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	17	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	16	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	17	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	15	6068T	16	110KW	6
TRACTOR	16	6068T	16	110KW	6

Fuente: elaboración propia.

Se puede notar que la relación de compresión arriba de 15 y que las horas de trabajo también están por arriba de 14. Estas condiciones son necesarias para la obtención de la eficiencia térmica del motor.

### 2.2.2. Análisis de la información

La maquinaria que se está revisando sí cumple con los siguientes requerimientos:

- Es de 6 cilindros
- Trabaja bajo condiciones extremas
- Trabajan entre 15 y 18 horas diarias.
- Laboran en el campo directamente.

### **2.2.3. Toma de temperaturas del motor**

Las temperaturas de motor son bastante importantes para diagnosticar posibles fallas en la maquinaria.

#### **2.2.3.1. Hojas de registro para control de temperaturas**

Las hojas de registro que se presentan a continuación fueron diseñadas con el propósito de recabar los datos necesarios de temperaturas. Estas temperaturas tomadas fueron recabadas en un intervalo de 15 días, para mantener una constante de temperatura.

La información más importante que se tiene que recoger en cada máquina es el activo y las diferentes temperaturas que tiene cada cilindro del motor. Con esto se pretende analizar detalladamente el comportamiento del motor. Véase figura 21.

Figura 21. Hoja de rutinas de revisión de temperaturas

Código

**RUTINAS DE REVISIÓN DE TEMPERATURAS**

Taller de maquinaria agrícola y automotriz \_\_\_\_\_

Área de trabajo \_\_\_\_\_ Frente de trabajo: **de cosecha**

Responsable de equipo \_\_\_\_\_ Encargado de revisión \_\_\_\_\_

COMPONENTES	COSECHADORA Código	COSECHADORA (    ) (    )	TRACTOR Código	TRACTOR (    ) (    )	TRACTOR Código	TRACTOR (    ) (    )	TRACTOR Código
SISTEMA MOTOR DIESEL Y ENFRIAMIENTO							
Manifol de Escape							
Cilindro 1							
Cilindro 2							
Cilindro 3							
Cilindro 4							
Cilindro 5							
Radiador Superior							
Radiador Inferior							
Observaciones _____							

**Firma de encargado** \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.2. Análisis de temperaturas tomadas

Después de obtener la información de las temperaturas del motor, es necesario tabular la información y analizarla para verificar si se tiene algún problema en esta máquina.

Tabla XIX. Temperaturas de motor

CORRELATIVO						
FECHA	FECHA 1	FECHA 2	FECHA3	FECHA 4		
TIPO DE MÁQUINA	ALZADOR A				Promedio	Rango
CILINDRO 1	90.5	90.3	90.4	90.6	90.45	0.2
CILINDRO 2	90.4	90.5	90.4	90.3	90.40	0.1
CILINDRO 3	90.1	90.2	90.3	89.9	90.13	0.4
CILINDRO 4	90.7	90.3	90.3	90.5	90.45	0.2
CILINDRO 5	90.1	90	90.2	90.1	90.10	0.2
CILINDRO 6	90.4	90.1	90	90.1	90.15	0.4
				$\Sigma$	541.68	1.50

Fuente: elaboración propia.

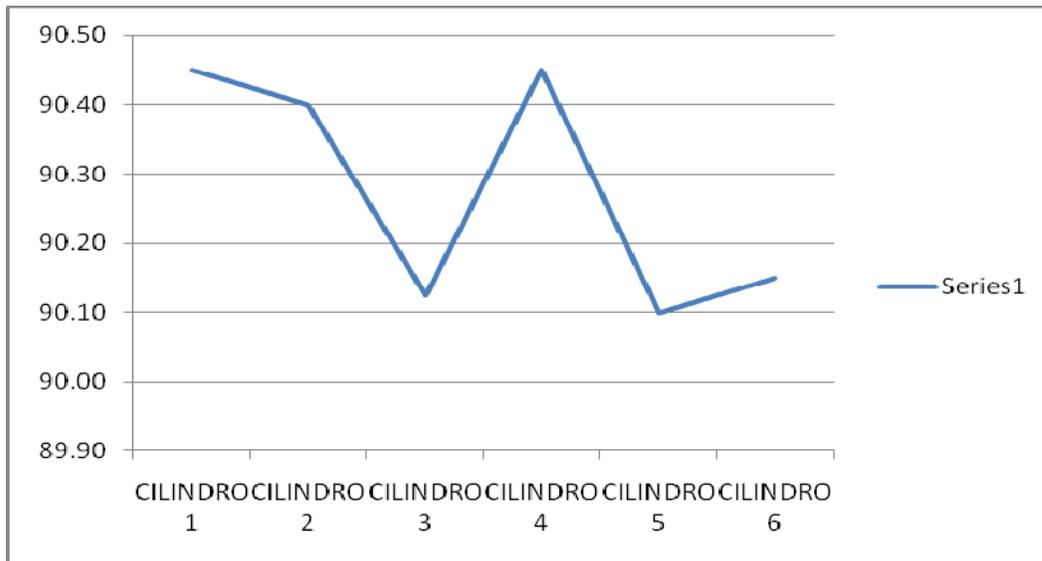
S = Desviación estándar

N= Número de sub-grupos

n = Número de mediciones por sub-grupo

Las temperaturas tomadas en este ejemplo, son de una alzadora de caña. Esta máquina está sometida a condiciones extremas de trabajo. Como puede observarse en la figura 18, las temperaturas se mantienen con cierta variación en los distintos cilindros del motor. Un análisis más detallado de esta información se dará más adelante con los límites de control. Véase figura 22.

Figura 22. **Gráfico de temperaturas de motor alzadora 6**



Fuente: elaboración propia.

En este gráfico no se puede opinar mayor cosa, ya que no están hechos los límites de control para la verificación del comportamiento de estas temperaturas.

#### **2.2.4. Toma de compresiones de motor**

Las compresiones de motor demuestran si el motor ha tenido desgaste o no. Estas compresiones deben de mantener un rango estipulado, de lo contrario, la máquina bajará su rendimiento. Las bajas compresiones pueden deberse a un desajuste entre pistón y camisa. Esta mala compresión provoca una mala combustión y una relación de compresión variable, por lo tanto, más consumo de combustible. Cuando se tiene una mala combustión parte del combustible que se filtra dentro del motor, causando problemas en éste.

#### **2.2.4.1. Hojas de registro para control de compresiones**

Las hojas de control de compresiones se hicieron similares a las hojas de control de temperaturas, con la diferencia que estas solo se hacen cuando la máquina tiene una reparación mayor. No se puede hacer esta revisión cada cierto tiempo, ya que implicaría demasiado trabajo que a la larga no compensa con el rendimiento de la maquinaria. Estas hojas recaban datos importantes para decidir si un motor aún está en buenas condiciones para mantener la eficiencia esperada o se tendrá que hacer algún tipo de trabajo para recuperar la compresión deseada a trabajar dentro de la máquina de combustión interna.



#### 2.2.4.2. Análisis de compresiones

Para este tipo de maquinaria, es necesario establecer rangos operacionales aceptables de la maquinaria. Estos rangos operacionales no son más que los rangos de compresión, en los cuales la maquinaria aún puede trabajar sin disminuir su eficiencia. Estos rangos se denotan en la siguiente tabla:

Tabla XX. Rango de compresiones de motor

RANGO	CONDICIÓN	Observación
DE 350 A 400	Trabajo normal de la máquina	No tiene que tocarse el motor
DE 300 A 350	Trabajo bajo algunas medidas de cuidado	Hay que empezar a programar su reparación
Menos de 300	La máquina no trabaja normal	Hay que revisar el motor

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento para tomar las compresiones es el siguiente:

- El motor tiene que estar a su temperatura normal de trabajo.
- Debe de quitarse el inyector del cilindro a analizar.
- Se coloca el manómetro en la posición donde estaba el inyector.
- El motor debe acelerarse y dejarlo a una revolución definida por el fabricante para toma de compresiones. (Para la maquinaria en el ingenio está entre 1800 y 2300 rpm).
- Se toma la lectura y se registra en la hoja de control establecida para este análisis.
- El trabajo se realiza en cada uno de los cilindro del motor.
- Los resultados de la medición se deben analizar cuidadosamente y comparar y diagnosticar conforme los otros análisis hechos a la máquina (análisis de temperatura, análisis de aceite, consumo de combustible).

La tabla XXI muestra las compresiones tomadas a diferentes activos durante la reparación de éstas:

Tabla XXI. **Compresiones de motor**

ACTIVO	MOTOR	HOROMETRO	cil 1	cil 2	cil 3	cil 4	cil 5	cil 6
<b>5</b>	6059 D	12418	315	360	370	360	380	380
<b>6</b>	6059 D	14895	300	320	315	320	310	320
<b>7</b>	6059 D	15008	310	120	350	360	350	360
<b>8</b>	6068 T	364	315	320	310	320	310	315
<b>11</b>	6359 D	863	370	310	360	315	320	340
<b>1984</b>	6068 T	1985	360	350	360	360	350	360

Fuente: Ingenio Tululá.

Con la alzadora (Activo 6) es necesario una revisión más detallada, ya que está verdaderamente muy bajo en sus compresiones. Hay otra alzadora (Activo 8) que ya debe ser revisada internamente. Con estas dos máquinas es necesario aumentar sus revisiones y analizar conforme el procedimiento de toma de compresiones donde indica que estos datos deben de ser adjuntados a un análisis con las temperaturas tomadas de los cilindros, el consumo de combustible y la presión de trabajo del aceite.

### 2.2.5. Presión de aceite

Es el parámetro más importante que afecta al circuito de lubricación. En la práctica en todos los motores, el lubricante es obligado a circular en diversos conductos al interior del motor, debido a la presión generada por la bomba de aceite. La presión máxima en el circuito dependerá de la válvula limitadora de presión y la presión mínima del ralentí del motor.

Un factor decisivo es la viscosidad del lubricante, un aceite de alta viscosidad (o a bajas temperaturas) mantendrá una presión elevada, como el caso contrario un aceite de viscosidad baja (o de altas temperaturas) mantendrá una presión débil.

El instrumento utilizado para estas mediciones es el indicador de presión, éste indica la presión existente en el sistema, si la lectura es notablemente inferior puede ser señal de desgaste de los cojinetes de bancada o en los de biela; este desgaste produce un aumento en las tolerancias de los componentes internos y en consecuencia una caída de presión. Véase figura 24.

Figura 24. **Bomba de presión de aceite**



Fuente: Ingenio Tuluá.

### 2.2.5.1. Revisión de presiones de aceite

Con esto se debe tener en cuenta que la presión debe estar bajo un margen adecuado, ya que tanto la baja como la alta presión de aceite pueden ocasionar problemas dentro del motor.

Esta presión variará dependiendo del tipo de máquina y las condiciones en que se encuentre. La presión de aceite se revisa por medio de un indicador de presión. A continuación en la tabla XXII, se muestra las diferentes presiones a las cuales una máquina está normalmente trabajando.

Tabla XXII. Presiones normales de motor

MÁQUINA	PRESIÓN DE ACEITE NORMAL
COSECHADORA	45 PSI
COSECHADORA	45 PSI
ALZADORA	35PSI
ALZADORA	35PSI
ALZADORA	35PSI
TRACTOR	40 PSI

Fuente: Ingenio Tuluá.

Estas presiones se deben de mantener en todo momento de trabajo. Si estas presiones varían hacia arriba (muy perjudicial) o hacia abajo la maquinaria no estará trabajando bajo condiciones normales, entonces puede sufrir desgaste interno.

### **2.2.5.2. Tipo de lubricante usado**

El aceite utilizado es un aceite sintético multigrado 15w40. Este aceite se utiliza para la maquinaria en general, principalmente en los motores; debido a las condiciones de trabajo.

No se utiliza otro tipo de aceite en motores con desgaste, debido a que cuando un motor ya tiene cierto desgaste, se cambia el aceite en menor tiempo que los otros, para compensar de alguna manera el desgaste sufrido.

### **2.2.6. Realizar gráficos de control**

Esta es la parte fundamental del trabajo para aumentar la eficiencia de los motores diesel. Mientras se mantenga controlado y analizado cada gráfico de control de temperatura y compresión de estos motores, se toman las acciones necesarias para evitar un paro inesperado, estos gráficos de control aumentarán de manera significativa la eficiencia de estos motores.

#### **2.2.6.1. Gráficos de control para temperaturas**

Estos gráficos denotan la variación de las temperaturas de cada máquina. En detalle muestran el comportamiento de cada cilindro del motor. Esto es importante a la hora de determinar si el motor está teniendo problemas o no. El objetivo principal de estos gráficos es mantener controlado cada cilindro dentro del motor, ya que si no se le mantiene controlado podría ocurrir una falla lamentable y costosa dentro de la máquina, a veces irreparable. A continuación se muestra las fórmulas a seguir para realizar nuestros gráficos de control y uno de estos para demostrar la forma en que el taller mantiene controlado cada motor en investigación.

S = Desviación estándar:

N= Número de sub grupos

n = Número de mediciones por sub grupo

Con los datos que anteriormente se establecieron se realiza el cálculo de los límites de control. Véase tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Temperaturas de motor alzadora 6**

CORRELATIVO						
FECHA	FECHA 1	FECHA 2	FECHA3	FECHA 4		
TIPO DE MÁQUINA	ALZADORA				Promedio(Xi)	Rango(Ri)
CILINDRO 1	90.5	90.3	90.4	90.6	90.45	0.2
CILINDRO 2	90.4	90.5	90.4	90.3	90.40	0.1
CILINDRO 3	90.1	90.2	90.3	89.9	90.13	0.4
CILINDRO 4	90.7	90.3	90.3	90.5	90.45	0.2
CILINDRO 5	90.1	90	90.2	90.1	90.10	0.2
CILINDRO 6	90.4	90.1	90	90.1	90.15	0.4
				Σ	541.68	1.50

Fuente: elaboración propia.

Xi= Promedio de las temperaturas en cada cilindro.

Aquí se muestra la temperatura media por donde debe de estar cada cilindro del motor.

Ri= Es el parámetro de variación de temperatura en cada cilindro.

Estos datos se usan para saber por dónde puede variar cada dato sin que esté presente algún problema interno en el motor.

**2.2.6.2. Determinación de límites de control para las temperaturas**

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$S = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N}$$

$$LSC = \bar{X} + 3 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S = \frac{R}{d_2}$$

$$LIC = \bar{X} - 3 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**Tabla XXIV. Rango desviación**

c	d2	d3
2	1.128	0.853
3	1.693	0.888
4	2.059	0.88
5	2.326	0.864
6	2.534	0.848
7	2.704	0.833
8	2.847	0.82

Fuente Ingenio Tululá.

$$\Sigma xi = 541.68$$

$$\Sigma xi = 1.50$$

$$LIC = X + 3 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = X - 3 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\bar{X} = \frac{541.68}{6} = 90.28$$

$$\bar{R} = \frac{1.50}{6} = 0.25$$

Tabla XXV. Datos límites de gráfica

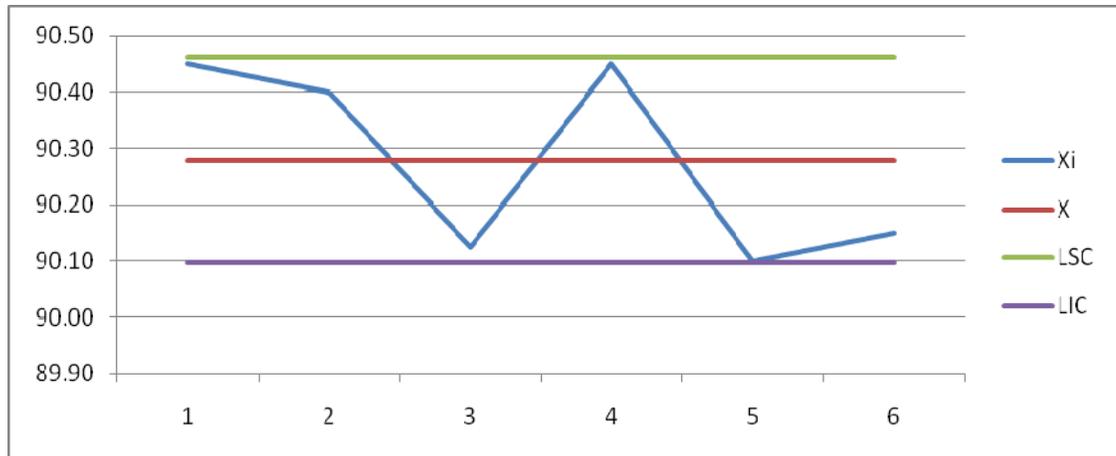
Xi	X	LSC	LIC
90.45	90.279167	90.4612939	90.09703942
90.40	90.279167	90.4612939	90.09703942
90.13	90.279167	90.4612939	90.09703942
90.45	90.279167	90.4612939	90.09703942
9.10	90.279167	90.4612939	90.09703942
90.15	90.279167	90.4612939	90.09703942

Fuente: elaboración propia.

$$LSC = 90.27 + 3 \frac{.121}{\sqrt{4}} = 90.46$$

$$LIC = 90.27 - 3 \frac{.121}{\sqrt{4}} = 90.09$$

Figura 25. Gráfico de límites de control



Fuente: elaboración propia

Este gráfico demuestra que las temperaturas del cilindro 3, 5 y 6 están en cierta parte un poco bajas, por lo que hay dos posibles fallas que estén ocurriendo en el motor:

- No se está haciendo una combustión adecuada
- La compresión del motor es relativamente baja

Con estos primeros datos podemos utilizar otros análisis para determinar la causa raíz del problema y corregirlo de inmediato o por lo menos programarlo para no afectar la operación de la máquina.

### 2.2.6.3. Establecer la temperatura media de la máquina

La temperatura media se establece a partir de los resultados y con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Para los datos que se tienen en este ejemplo, se hace de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \frac{541.68}{6} = 90.28$$

Esto quiere decir que la temperatura media que debería tener esta máquina es 90.28 °C. Esta temperatura media se daría bajo condiciones normales de trabajo y bajo rangos operaciones normales.

#### 2.2.6.4. Gráficos de control para compresiones

Se tuvo como referencia la máquina a la cual se le tomó las temperaturas. Los límites de control no se realizaron con base a las fórmulas, sino con base a las especificaciones del motor y a la experiencia de los encargados de esta maquinaria. Véase tabla XXVI.

Tabla XXVI. Límites de control y media

CILINDRO	REVISIÓN	LSC	LSI	X
1	280	400	300	350
2	320	400	300	350
3	320	400	300	350
4	320	400	300	350
5	380	400	300	350
6	380	400	300	350

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Límites de control de compresiones



Fuente: elaboración propia.

Esta máquina ya tiene problemas de compresión, ya que hay algunos valores por debajo de la media y debajo del límite inferior, datos que concuerdan con los resultados del análisis de temperatura que se mostró anteriormente.

#### 2.2.6.5. Compresiones aceptables de motor

Como se mencionó anteriormente, las compresiones tienen ciertos parámetros de trabajo que se deben tomar en cuenta a la hora de poner a trabajar un motor diesel. Estos rangos se han establecido de acuerdo a experiencia y datos técnicos. Véase tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Compresiones aceptables de motor**

RANGOS DE COMPRESIÓN ACEPTABLES DE LOS MOTORES DIESEL
---

RANGO	CONDICIÓN	Observación
DE 350 A 400	Trabajo normal de la máquina	No tiene que tocarse el motor
DE 300 A 350	Trabajo bajo algunas medidas de cuidado	Hay que empezar a programar su reparación
Menos de 300	La máquina no trabaja normal	Hay que revisar el motor

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.7. Eficiencia de motor diesel**

La eficiencia del motor diesel se determina dividiendo el calor de salida entre el calor de entrada. Esta eficiencia no sobrepasa el 30%.

#### **2.2.7.1. Determinación de la eficiencia por máquina**

Como se notó en el subtítulo 2.1.6.3, la eficiencia de los motores diesel se toman según el consumo de combustible, lo cual no es un dato irreal pero no es técnicamente demostrable, sólo son datos que salen de mediciones y controles.

La eficiencia que se va a obtener es la cantidad de trabajo real que proporciona el motor después de la inyección de calor, en otras palabras, es la cantidad de trabajo mecánico se convierte la cantidad de calor que es inyectado al motor. Esta eficiencia está dada por la fórmula:

$$E_f = 1 - \frac{T_4 - T_1}{K(T_3 - T_2)}$$

Donde:

T1= Temperatura 1 del motor

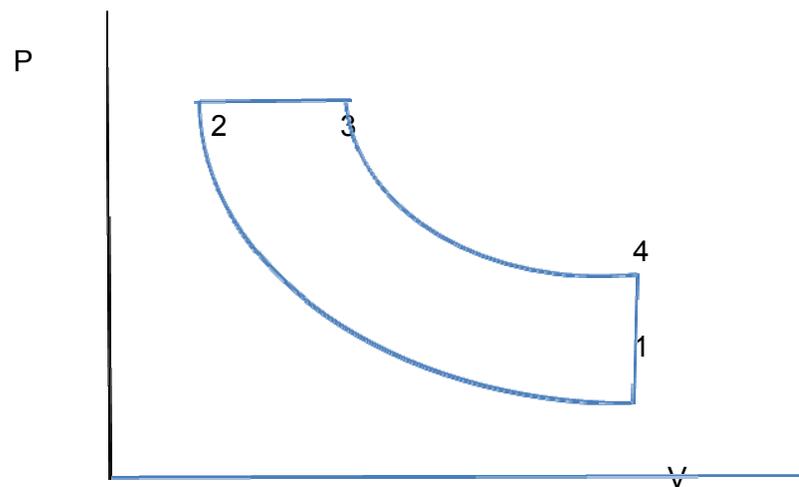
T2= Temperatura 2 del motor

T3= Temperatura 3 del motor

T4= Temperatura 4 del motor

K= Constante de gases ideales = 1.4

Figura 27. **Diagrama P-V**



Fuente: Ingenio Tululá.

Para este diagrama se tienen las siguientes fórmulas:

Relación de corte:  $\frac{V_3}{V_2}$                        $R = \frac{V_1}{V_2}$

$$k-1$$

$$T3 = \frac{T2(v3)}{(v4)}$$

$$T2 = \frac{T1(v1)}{(v2)}$$

K-1

K

$$T4 = \frac{T3(V1)}{(V4)}$$

$$P4 = \frac{T2(V3)}{(V4)}$$

Se tomará como ejemplo, una alzadora de caña (Activo 6) para este análisis. Esta alzadora tiene problemas con las compresiones y las temperaturas del motor. Además, su consumo de combustible era bastante alto en relación a los demás motores de su mismo tipo. Se empezó por colocar los análisis de temperatura que se realizó.

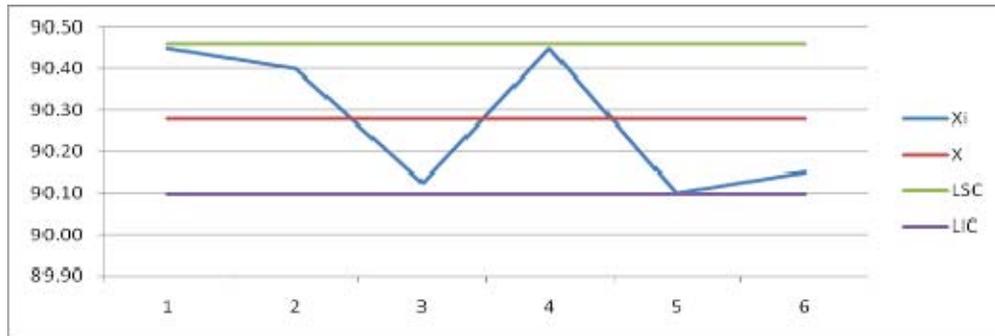
Tabla XXVIII. **Promedio y rangos de temperaturas**

CORRELATIVO						
FECHA	FECHA 1	FECHA 2	FECHA3	FECHA 4		
TIPO DE MÁQUINA	ALZADORA				Promedio	Rango
CILINDRO 1	90.5	90.3	90.4	90.6	90.45	0.2
CILINDRO 2	90.4	90.5	90.4	90.3	90.40	0.1
CILINDRO 3	90.1	90.2	90.3	89.9	90.13	0.4
CILINDRO 4	90.7	90.3	90.3	90.5	90.45	0.2
CILINDRO 5	90.1	90	90.2	90.1	90.10	0.2
CILINDRO 6	90.4	90.1	90	90.1	90.15	0.4
				Σ	541.68	1.50

Fuente: elaboración propia.

Estas temperaturas fueron tomadas en distintas fechas y en distintos puntos de trabajo de la máquina.

Figura 28. Límites de control alzadora 6



Fuente: elaboración propia.

Se nota que el gráfico aún se mantiene dentro de los límites, pero que hay tres cilindros muy por debajo de la media (3,5 y 6), inclusive el cilindro cinco está a punto de salirse de control. Analizando esto se tienen un posible problema dentro de la máquina, las causas pueden ser algunas de éstas:

- La compresión de la máquina está siendo muy baja en algunos puntos.
- La mezcla aire combustible no está siendo la correcta
- El sistema de enfriamiento está enfriando sobre una temperatura normal de trabajo.

Con esta información se pueden respaldar los análisis de compresión de la máquina, para ver dónde puede estar el problema.

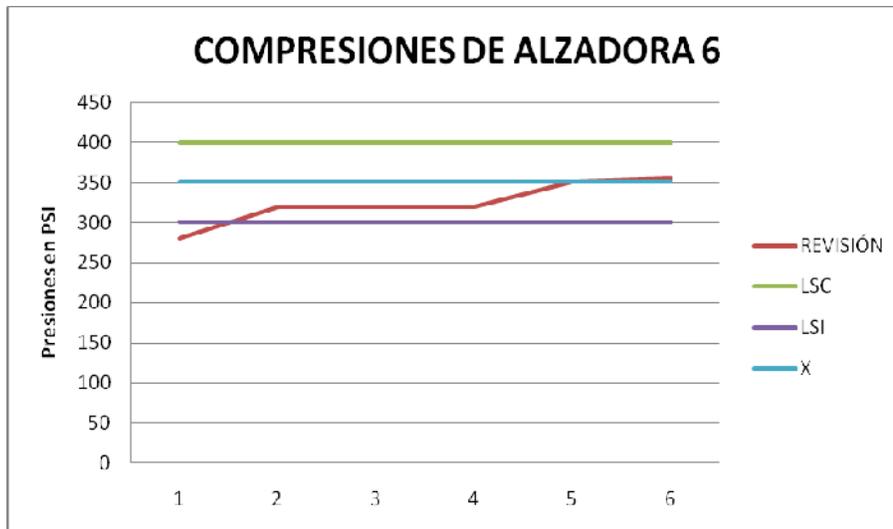
Tabla XXIX. **Compresiones de motor**

ACTIVO	MOTOR	HORÓMETRO	cil 1	cil 2	cil 3	cil 4	cil 5	cil 6
5	6059 D	12418	315	360	370	360	380	380
6	6059 D	14895	280	320	320	320	350	350
7	6059 D	15008	310	120	350	360	350	360
8	6068 T	364	315	320	310	320	310	315
11	6359 D	863	370	310	360	315	320	340
1984	6068 T	1985	360	350	360	360	350	360

Fuente: Ingenio Tululá.

Como se puede notar, la alzadora 6 está teniendo problemas de compresión por estar en niveles ya muy bajos, por lo que confirma las temperaturas bajas en algunos cilindros. Haciendo un esquema de la situación, se tiene el resultado de la figura 29.

Figura 29. **Compresiones de motor**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede notar, la línea celeste marca una tendencia muy baja en comparación con el límite inferior de la misma

Tiene en consideración que ya tiene temperaturas bajas y las compresiones de motor no son las adecuadas, por lo que hay que hacer un último análisis y es de los análisis de aceite.

Los análisis de aceite se realizan de la siguiente manera:

- Se verifica la maquinaria a realizar la muestra
- Cuando se cambia el aceite de maquinaria se aprovecha para sacar la muestra con un dispositivo especial llamado bombín, el aceite todavía está caliente.
- Al tomar la muestra se guarda en un recipiente plástico nuevo para su posterior etiquetado
- Se envía la muestra a un laboratorio especializado
- Se reciben los análisis en tiempo estimado de 15 días.
- Se analizan los resultados y se toman las decisiones necesarias para corregir los problemas si es que los hubiera

A continuación se muestra una tabla de los análisis de aceite que se le han realizado a la alzadora 6.

Tabla XXX. **Análisis de aceite de alzada 6**

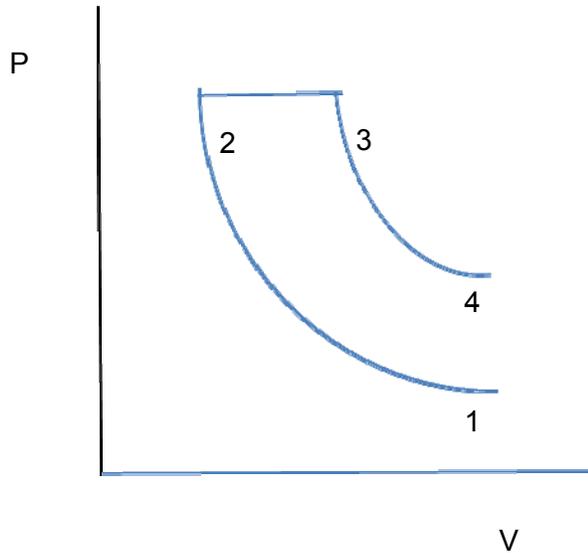
	ACTIVO	6			
	FECHA5	FECHA4	FECHA3	FECHA2	FECHA 1
	Diagnóstico	diagnóstico	Diagnóstico	Diagnóstico	diagnóstico
xFe	45	6	12	11	13
xCr	15	14	4	4	7
xPb	3	1	2	2	3
xCu	2	1	1	1	2
xSn	<1	8	<1	7	<1
xAl	27	4	5	4	4
xNi	<1	<1	<1	<1	<1
xAg	<1	<1	<1	<1	<1
xTi	<1	2	<1	<1	<1
xV	<1	<1	<1	<1	<1
xSi	48	7	7	5	1
xNa	11	<1	5	<1	5
xK	10	<5	5	<5	<5
xCOOLANT	No	No	No	No	No
xWater	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
xSoot	0.1	0.2	0.2	<0.1	0.1
xFUEL	<1	<1	<1	<1	<1

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla demuestra los últimos cinco análisis de aceite de la máquina, se observa que los dos últimos se tienen problemas de desgaste de cromo y de aluminio. Estos son síntomas de desgaste, por lo que lo podemos asociar con la baja compresión de la máquina.

Al tener esta información, se procede a realizar los cálculos pertinentes, para revisar el rendimiento del motor bajo estas condiciones.

Figura 30. Diagrama P-V



Fuente: elaboración propia.

$$T_1 = 37 \text{ C} = 310 \text{ K}$$

$$R = 15$$

Este dato se obtuvo del siguiente análisis. Las compresiones normales para este tipo de motor están entre 390 y 400. Con estas compresiones, el motor trabajó con una relación de compresión de 17, pero por las presiones tan bajas que se manejan de la máquina la relación de compresión disminuye en la misma perspectiva que la compresión de trabajo, ya que disminuye el volumen comprimido y la presión disminuye. Entonces, se tiene lo siguiente:

$$R_{17} \dots\dots\dots 390 \text{ PSI}$$

$$R_X \dots\dots\dots 330 \text{ PSI}$$

$$R_X = 15$$

Entonces, esta relación ha disminuido en dos, por lo que el rendimiento es menor.

$P_2 = 21.66$  bar, se sacó del promedio de compresiones tomadas en la alzada 6 de la tabla XXIX. Tomando en consideración que si la compresión baja, también baja considerablemente la relación de compresión de un motor (Ver datos alzada 6 de la tabla XXIX).

$$T_2 = T_1 (r)^{k-1}$$

$$T_2 = 310(15)^{0.4} = 915.79$$

De la ley de los gases ideales se tiene lo siguiente:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \quad \frac{21.66(26.11)}{915.79} = \frac{21.66(52.22)}{T_3}$$

$$T_3 = 1831 \text{ K}$$

$$V_3 = 26.11(2) = 52.22$$

$$T_4 = T_2 \frac{(V_3)^{k-1}}{(V_2)^{k-1}} = 915.79 \frac{(2)^{0.4}}{(2)^{0.4}} = 1240 \text{ K}$$

$$E_f = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{K(T_3 - T_2)}$$

$$T_1 = 310 \text{ K}$$

$$T_2 = 915.79 \text{ K}$$

$$T_3 = 1831 \text{ K}$$

$$T_4 = 1240 \text{ K}$$

$$E_f = 1 - \frac{(1240 - 310)}{1.4 (1831 - 915.79)} = 1 - .7225 = 27.45\%$$

Esta eficiencia está por debajo de lo que tiene como eficiencia un motor diesel, ya que este tiene una eficiencia térmica en buenas condiciones del 30%. Por lo que se puede decir que se está en un 91% de la eficiencia térmica máxima que puede tener un motor diesel.

Este mismo motor se le revisó y corrigió las fallas en la reparación 2010. Estos fueron los resultados.

Tabla XXXI. **Nuevas compresiones alzadora 6**

ACTIVO	MOTOR	cil 1	cil 2	cil 3	cil 4	cil 5	cil 6
6	6059 D	395	400	400	395	395	400

Fuente: elaboración propia.

Como se pueden dar cuenta las compresiones subieron a su mejor nivel. Por lo tanto, se regresaría a la relación de compresión de 17 y subiría la eficiencia térmica como se comprueba en estos cálculos:

$$T_1 = 37 \text{ o C} = 310 \text{ K}$$

$$R = 17$$

$P_2 = 27 \text{ bar}$  se sacó del promedio de compresiones tomadas en la alzadora 6, de la tabla XXIX.

$$k - 1$$

$$T_2 = T_1 (r)$$

$$0.4$$

$$T_2 = 310(1.7) = 962.81$$

De la ley gases ideales, se tiene lo siguiente:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \quad \frac{27(26.11)}{962.81} = \frac{27(52.22)}{T_3}$$

$$T_3 = 1925 \text{ K}$$

$$V_3 = 26.11(2) = 52.22$$

$$T_4 = T_2 \frac{V_3}{V_2}^{k-1} = 962.81 \frac{(2)^{0.4}}{(2)} = 1270 \text{ K}$$

$$E_f = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{K(T_3 - T_2)}$$

$$T_1 = 310 \text{ K}$$

$$T_2 = 962.81 \text{ K}$$

$$T_3 = 1925 \text{ K}$$

$$T_4 = 1270 \text{ K}$$

$$E_f = 1 - \frac{(1240 - 310)}{1.4 (1925 - 962.81)} = 1 - 0.705 = 29.5\%$$

Esto indica que la eficiencia mejoró en un 2% con relación a la que se tenía cuando la maquinaria estaba trabajando bajo condiciones no adecuadas,

esta mejora representa en la eficiencia total si se tiene como margen 30% un 98% de aprovechamiento térmico, lo que se traduce en un menor consumo de combustible, aceite y un mejor desarrollo de la máquina. Se tiene en consideración que se mejoró la eficiencia en un 6% del consumo de combustible. Este se debe de mejorar con respecto a la tabla IX.

Estos datos demuestran que se aumentó en un 15% el consumo de combustible en las últimas fechas.

Si se hubiera dejado así, esto representaría en 2000 hrs que trabaja la máquina 1000 lts de combustible (250gal). Esto en dinero es  $(250 * Q30.00) = Q 7500.00$ .

Esto representa en tiempo perdido de la máquina, lo siguiente: una reparación imprevista lleva alrededor de 7 días de trabajo y otra programada 2. Por lo que se tiene lo siguiente.

Tabla XXXII. **Toneladas cosechadas por máquina**

MÁQUINA	TONELADAS CAÑA	TRACTOR1	TRACTOR2
COSECHADORA 1	750	375	375
COSECHADORA 2	600	300	300
COSECHADORA 3	700	350	350

Fuente: elaboración propia.

Es necesario tener en consideración la cantidad de toneladas de caña que se dejan de cosechar y lo que representa en producción, véase la tabla XVI. Sacando el dato del tractor 1 con la cosechadora 1 de la tabla 32. Se obtiene lo siguiente:

375 toneladas se dejaron de cosechar en 1 día, esto por hora representa 15.62 toneladas por hora.

15.62 toneladas de caña = 1qq de azúcar en producción

CMP= costo de máquina parada

$$\text{CMP} = \frac{\text{T caña}}{\text{Día}} \times \frac{1\text{qq azúcar}}{\text{T caña}} \times \text{Q } 100 = \text{Q } 1562/\text{hora}$$

Si tomamos en consideración la disminución de días que tomó programar la reparación de este motor tenemos lo siguiente:

$$7 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \text{Q } 1562.00/\text{hora} = \text{Q } 262,416$$

$$2 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \text{Q } 1562.00/\text{hora} = \text{Q } 74,946$$

Lo que se puede notar es que hay una reducción en el costo del 70%.

### **2.2.7.2. Establecer los parámetros en que es aceptable la eficiencia**

Un parámetro de la eficiencia será aceptable siempre que la maquinaria se mantenga arriba del historial de su eficiencia. Aunque para dejarlo en números la eficiencia en horas de trabajo efectivas debería estar arriba de 98%, por lo que hay que prestarle atención a los análisis y procedimientos anteriormente utilizados para mantener esta eficiencia.

### **2.2.8. Registros y control**

Los registros y control de la maquinaria son necesarios para llevar el seguimiento de los siguientes análisis que se realizan.

### 2.2.8.1. Registros por cada máquina

Los registros por máquina se almacenarán en controles Excel, para luego trasladarlos al sistema Oracle manejado en el ingenio y manejar una estadística y controlar los gráficos que se generen con cada resultado.

Tabla XXXIII. Ingreso de datos al sistema

ACTIVO	12101	12102	12103	12201	12202
CILINDRO 1	90.1	90.2	90.2	90.3	90.2
CILINDRO 2	90.3	90.15	90.25	90.25	90.1
CILINDRO 3	89.99	90.35	90.32	90.1	90.3
CILINDRO 4	90.5	91	90.21	90.2	90.13
CILINDRO 5	90.1	89.98	89.97	90.15	90.12
CILINDRO 6	90.3	90.2	90.1	90.23	90.2

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.8.2. Ingresar datos a sistema de OT

Estos datos se ingresarán a un sistema que permite llevar un registro detallado de cada activo. Se ha fabricado una base completa de análisis de temperatura y compresiones por activo para obtener información en el momento que se desee. No se muestra gráfico alguno por razones de seguridad de la empresa, pero en cada página se estará colocando cada dato y será tabulado para posterior análisis.



### **3. PLAN DE CONTIGENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE REPARACIÓN AGRÍCOLA**

#### **3.1. Plan de contingencia para desastres naturales**

En el plan de contingencia se definen los procedimientos específicos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de una emergencia en el área de reparación agrícola.

Para las instalaciones del ingenio el plan de contingencia tiene un conjunto de acciones coordinadas aplicadas a prevenir, controlar, proteger y evacuar a las personas que se encuentran en las instalaciones donde se genere alguna emergencia. Incluye los planos de los accesos, señalización de rutas de escape, zonas seguras internas y externas, equipos contra incendio. Así también se incluirán los procedimientos de evacuación, de simulacros, registro y evaluación.

Las emergencias pueden ser según su origen:

Natural: el ingenio es propicio a un terremoto por la zona sísmica en la que se encuentra Guatemala.

Tecnológica: el departamento de reparación corre el riesgo de un incendio y una explosión, debido a que cerca está la estación de despacho de combustible.

Según Reglamento del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el plan de contingencia es:

“ CAPÍTULO IV  
DE LAS ORGANIZACIONES DE SEGURIDAD ARTÍCULO 10.

Todo lugar de trabajo deberá contar con una Organización de Seguridad. Estas organizaciones podrán consistir en Comités de Seguridad integrados con igual número de representantes de los trabajadores y del patrono, inspectores de seguridad o comisiones especiales según la importancia, necesidades y circunstancias del respectivo centro de trabajo. Las actividades de los comités, inspectores y comisiones se regirán por un Reglamento especial.

Seguridad, funciones y comité de seguridad en el trabajo (según el Ministerio de Trabajo y Prevención Social)

- Qué es la seguridad e higiene en el trabajo

Es el conjunto de conocimientos que buscan garantizar el bienestar físico, mental y social del trabajador, y con ello su eficiencia en el trabajo, controlando aquellos riesgos que puedan producirle accidentes o enfermedades laborales.

Reglamento que rige particularmente la higiene y la seguridad en el trabajo: el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo nace en Guatemala en el año de 1957.

Artículo 4. Todo patrono representante intermediario o contratista debe adoptar y poner en práctica en los lugares de trabajo, las medidas adecuadas de seguridad e higiene para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores.

Al prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales que afecten a los trabajadores en la empresa, se puede evitar la pérdida temporal o definitiva de algún recurso humano valioso, con conocimiento experiencia. Se pueden evitar además, los costos económicos debidos al tiempo perdido a los daños causados a máquinas, equipo, herramientas o materiales, en casos de accidentes entre otros. Mejorando las condiciones de seguridad e higiene en la empresa se pueden esperar trabajadores más satisfechos y productivos.”<sup>1</sup>

### **3.1.1. Objetivo principal del plan**

#### Objetivo general

Establecer un conjunto de ideas que se conviertan en planificación con el fin de minimizar las pérdidas humanas y también de materia prima dentro del departamento de reparación agrícola.

#### Objetivos específicos

- Evaluar, analizar y prevenir los riesgos en la unidad de reparación
- Establecer estrategias para la adquisición de recursos necesarios para una buena implementación del plan de contingencia
- Establecer normas y rutinas de evacuación ante desastres naturales
- Capacitar permanentemente a todo el personal del taller en prevención de riesgos y entrenamientos para que puedan reaccionar ante situaciones de emergencia.

### **3.1.2. Propósito del plan de contingencia**

El propósito del plan de contingencia es el de proteger la vida de las personas y minimizar las pérdidas materiales y evitar el pánico de las personas

ante un evento inesperado y que se pueda permanecer con calma durante una situación inesperada.

El plan debe ser:

- Por escrito
- Revisado
- Aprobado
- Difundido
- Practicado
- Actualizado

Un plan de contingencia será requerido en situación de emergencia como:

- Incendio
- Sismo
- Explosión
- Accidentes

### **3.2. Procedimientos**

La descripción a detalle de los procedimientos a utilizarse en el Área de Reparación Agrícola se encuentra a continuación

Tabla XXXIV. **Manual de procedimientos**

Manual de procedimientos para emergencias del área de reparación agrícola

Figura 31. **Logotipo Ingenio Tululá**



Fuente: Ingenio Tululá.

**Objetivos**

- Evitar accidentes o pérdidas humanas
- Reacción controlada y rápida de las personas
- Minimizar daños y consecuencias
- Rápida normalización de las actividades
- Compromiso de todas las personas que trabajan en el departamento

**Alcance**

El manual de procedimientos incluye situaciones en las que se tiene que dar la voz de alarma, enfrentar incendios, quemaduras y terremotos, va dirigido al personal del departamento de reparación agrícola.

**Procedimiento notificación**

Se debe designar a personas clave en cada área para reportar la emergencia; suelen ser las que permanecen más en sus puestos de trabajo y tienen un amplio conocimiento de la empresa y cuenta con los medios necesarios para trasladar la información adecuada y rápidamente.

Continuación de la tabla XXXIV.

La notificación de un incidente se debe hacer de la forma siguiente:

- Marcar el número de emergencia según el problema que se esté dando.
- Determinar exactamente la naturaleza de la emergencia y traslade la información detallando el lugar preciso o si hay personas heridas o en peligro.
- Especificar detalladamente cómo llegar al lugar del problema.
- Avisar inmediatamente a su jefe superior del incidente.
- Mantener en estado de alerta por cualquier otra eventualidad.
- Verificar que no exista otra área en peligro por la emergencia.
- Verificar que la ayuda externa o interna llegue al lugar exacto de la emergencia.
- Mandar un informe a su jefe inmediato de la situación que se propicio, desde su inicio a su terminación.

Procedimiento ante un incendio

- Asegurar que no existan personas en la cercanía y material combustible sin control cerca del lugar afectado.
- Accionar la alarma para que los brigadistas ayuden en la situación.
- Retirar a toda persona que no pueda ayudar a disminuir el incendio.
- Utilizar todos los recursos disponibles para apagar el incendio.
- Pedir ayuda externa si fuera necesaria (bomberos).
- Utilizar los extinguidores del área. Se debe utilizar la pipa de agua para emergencias y tanques de agua que estén alrededor.
- Hacer una evaluación de los daños materiales y se hubiere humanos al apagar el incendio. Si en este caso hubieran humanos se debe esperar autoridades competentes para la evaluación.
- Atender de inmediato a las personas lesionadas.

Continuación de la tabla XXXIV.

- Hacer un informe detallado de los recursos perdidos, utilizados para apagar el incendio, tiempo de respuesta, tiempo en que tomó apagar el incendio, para utilizarlos en mejorar la respuesta ante un evento como éste.
- Pasar el informe completo de la situación al jefe inmediato.

#### Procedimiento ante un sismo

- Hacer sonar la alarma de emergencia.
- Utilizar las salidas de emergencia establecidas anteriormente.
- Salir de los lugares en riesgo lo más prudente posible.
- Permanecer lejos de las conexiones de energía.
- Desconectar el sistema eléctrico.
- Llevar al personal a un lugar seguro establecido previamente.
- Evitar correr en las instalaciones.
- Permanecer lejos de cualquier objeto que pueda caerse.
- Comprobar que todo el personal se encuentre en un lugar seguro, después del sismo.
- Hacer una evaluación de los daños.
- Revisar que las tuberías de gas este cerradas.
- Hacer un informe por escrito de lo sucedido y qué daños provocó.

#### Procedimientos para controlar cualquier emergencia

##### Procedimiento de aviso

En cada área de trabajo debe haber personas encargadas de avisar ante cualquier emergencia. Estas personas deben de seleccionarse de tal manera que sean las más responsables y rápidas en cualquier emergencia.

Continuación de la tabla XXXIV.

Los pasos que deben seguir las personas encargadas por área en una emergencia son los siguientes:

- Verificar el tipo de accidente o emergencia suscitada.
- Asegurarse que este cerca un brigadista.
- Llamar al encargado del área para que este a su vez asegure el área.
- Regresar al lugar de la emergencia para ver que necesitan.
- Llamar al teléfono de emergencia que este expuesto en cada área.

#### Aseguramiento del área

- Verificar que no hallan personas cercanas al accidente que estén en riesgo de ser parte de éste.
- No dejar que personas estén cerca del accidente y no estén haciendo nada.
- Verificar que las personas que están ayudando no corran riesgos también.

#### Resolución de la emergencia

Un brigadista debe de permanecer en el área hasta que la situación esté bajo control. Este debe ayudar a las personas implicadas en la emergencia y dejarlos en un lugar seguro. No debe arriesgar la vida de otras personas que estén alrededor de la emergencia. Para la resolución de una emergencia en la que esté implicada una vida humana no se deben escatimar esfuerzos físicos y económicos para salvar esta vida. Es necesario que cuando se haya solucionado la emergencia se de un informe al responsable del área de cómo sucedió la emergencia y como se soluciono para que este a su vez informe al comité de toma de decisiones.

Continuación de la tabla XXXIV.

#### Evaluación de daños

Esta evaluación se hace cuando la emergencia ha pasado. Los puntos que se deben evaluar son los siguientes:

- Verificar si no hay pérdidas humanas.
- Evaluar la maquinaria que tuvo que ver con la emergencia.
- Revisar otros objetos que pudieron dañarse con la emergencia.
- Hacer conteo de todos los recursos utilizados para solventar la emergencia.

Esta evaluación debe ser entregada al comité de toma de decisiones quien evaluará las circunstancias del problema y tomará acciones que eviten que el accidente se repita.

#### Procedimiento en caso de incendios

En caso de incendios, estas son las indicaciones mínimas que se deben considerar:

- En caso de que un incendio se produzca se debe evitar que el fuego se extienda rápida y libremente, para reducir los daños.
- Todas las personas que detecten fuego intentarán extinguirlo, o contener las llamas para que no se expandan, se cuenta con 5 extinguidores tipo AB.
- El personal que se encuentre en el área de ocurrencia del incendio, notificará de inmediato al encargado de la comisión contra incendios, para coordinar las acciones a seguir en la extinción del fuego.
- Se debe llamar a la estación más próxima de bomberos, para esto es necesario disponer de los números telefónicos de emergencia, es

Continuación de la tabla XXXIV.

necesario que estén en un lugar visible, a efectos de obtener una pronta respuesta.

- La comisión de evacuación deberá evacuar a todo el personal del área y al ajeno a la emergencia, enviándolos a lugares seguros ya definidos (Puntos de reunión).
- La brigada de emergencia realizará, instruirá e implementará el plan de respuestas ante emergencias de fuego acorde a las características del área comprometida.

Después del incendio:

- Mantener la calma y cerciorarse que se haya sofocado por completo el fuego asegurándose que no existan focos de reinicio de llamas o fuego.
- Realizar labores de rescate de personas si las hubiese brindándoles los primeros auxilios de ser el caso, o transportarlas al centro médico más cercano.
- Acondonar o restringir el acceso de personas no autorizadas al área afectada.
- Retirar los escombros y limpiar el área afectada.
- Evaluar los daños ocasionados en el área, alrededor y medio ambiente así como evaluar las pérdidas sufridas a nivel humano, de infraestructuras.
- Organizar que la disposición final de materiales contaminados o impregnados de combustibles o aceites sea realizada a través de empresas autorizadas.
- Elaborar un informe preliminar del incendio y remitirlo al director del plan de emergencia dentro de las 24 horas de producida la

Continuación de la tabla XXXIV.

emergencia de acuerdo a los procedimientos y a los formatos establecidos.

- Informar a los niveles jerárquicos que correspondan.

#### Procedimiento para usar el extintor

- Desmontar de su base, sujétalo de la manija y mantenlo en posición vertical.
- Transportar en posición vertical.
- Colocar en el piso a una distancia prudente del incendio.
- Jalar el perno de seguridad.
- Dirigir la manguera a la base del fuego, apretar la manija y hacer un movimiento de vaivén para barrer el fuego.
- Acostar el extintor cuando esté vacío.
- Verificar que el fuego esté completamente apagado.

#### Procedimiento en caso de que alguien se esté quemando

- No permitir que se salga corriendo.
- Hacer que se acueste en el suelo y se cubra con las manos la cara y el cuello.
- Hacer rodar lentamente sobre el suelo, envolver con una tela o saco grueso para extinguir las llamas.
- Colocar en un sitio ventilado y fuera de peligro. Solicitar ayuda a los servicios médicos de emergencia.

#### Procedimiento en caso de terremotos

Después de un fuerte terremoto hay un período de varias horas o hasta días, en los cuales los cuerpos de socorro están muy congestionados. Es mejor esperar ayuda en este lapso. Se debe estar preparado para ser

Continuación de la tabla XXXIV.

capaces de atender la emergencia hasta que pueda llegar la ayuda. De las medidas preventivas que tomen antes del terremoto y de comportamiento durante este, dependerán en buena parte sus propias vidas.

Durante un terremoto se deben seguir los siguientes pasos:

- Conservar la calma. Pensar con claridad es lo más importante en esos momentos. “No se deje dominar por el pánico”. Un fuerte temblor durará menos de un minuto, probablemente 30 segundos
- Evaluar su situación. Si está dentro de un edificio, permanezca ahí, a menos que haya cerca una salida libre y esté seguro que no corre peligro afuera. Si está fuera, permanezca allí
- Reaccionar con prontitud. Durante un terremoto usted experimentará un movimiento de tierra que iniciará suavemente pero que se tornará severo varios segundos después. Probablemente no durará más de un minuto Escuchará un ruido ensordecedor al que se le sumará el que producirán los objetos cuando caen así como el de numerosas alarmas que se activarán. Esté preparado.
- Avisar a las personas a su alrededor que se cubran. Cuídese de los objetos que puedan caer.
- Proceder a refugiarse debajo de un escritorio, mesa de madera u otro mueble fuerte si está en una oficina. Si no hay muebles, diríjase a la esquina de una oficina pequeña o pasillo.
- Colocar su cuerpo en posición de cuclillas o sentado, cubriéndose la cabeza y el rostro. Los marcos de las puertas no son necesariamente los lugares más seguros por el movimiento de abre y cierra de éstas y el hecho de que no sean tan fuertes como se esperaba.

Continuación de la tabla XXXIV.

- Evitar acercarse a paredes, ventanas, anaqueles, escaleras y al centro de salones grandes.
- No usar los ascensores. Recuerde que el temblor puede averiarlos.
- Buscar refugio en un lugar seguro, no corra hacia la salida.

Después de un terremoto

- Después del terremoto principal, es muy probable que vuelva a temblar por lo cual se caerán las edificaciones debilitadas. Esté alerta y aléjese de lugares que se puedan derrumbar.
- La comisión de seguridad industrial inspeccionará los daños a la planta física, mientras las otras personas abandonarán, con cuidado, las áreas (si resulta peligroso permanecer en ellas). No se utilizará el elevador ni los vehículos.
- Si queda atrapado, use una señal visible o sonora para llamar la atención
- Localice heridos, administre primeros auxilios.
- Inspeccione el área, localice fugas de agua, de gas y proceda a desconectar los servicios dañados. Localice fuga de aguas negras y líneas caídas.
- Localice fallas estructurales que puedan causar posibles daños en movimientos sísmicos posteriores.
- Limpie derrames de sustancias peligrosas.
- Sintonice en su radio alguna emisora y así poder recibir instrucciones de su Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED.
- No utilice el teléfono salvo en casos de extrema urgencia.
- No use fósforos.

Continuación de la tabla XXXIV.

- Si debe usar escaleras esté seguro que van a resistir el peso y el movimiento.
- No use agua de los grifos para beber, esta puede estar contaminada. Use como reserva el agua de calentadores, tanques de inodoros y de otros tanques limpios.

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Normas de seguridad



Fuente: Ingenio Tululá.

### 3.2.1. Procedimientos de evacuación

El personal debe conocer los procedimientos establecidos en caso de una emergencia, a continuación se presentan en la tabla XXXV.

Tabla XXXV. **Manual de procedimientos para evacuaciones de emergencia**

<p><b>Objetivo</b></p> <p>Reforzar los conocimientos del personal del departamento de reparación agrícola, para que reaccionen de manera eficaz frente a una emergencia y minimizar sus efectos.</p>
<p><b>Alcance</b></p> <p>El manual de procedimientos va dirigido a todas las personas que forman parte del departamento de reparación agrícola.</p>
<p><b>Definiciones</b></p> <p>Vías de evacuación: ruta que conduce a un sector del edificio seguro. Punto de reunión o zona de seguridad: lugar de refugio temporal en sector del edificio, que represente mayor grado de seguridad para las personas.</p>
<p><b>Procedimientos en caso de emergencia</b></p> <p>Se contempla realizar periódicamente programas de capacitación de las comisiones y brigadas para una formación continua de los integrantes de los grupos de acción, por lo que se tiene contemplado lo siguiente:</p>

Continuación de la tabla XXXV.

- Efectuar un simulacro al menos una vez al año.
- Detectar errores u omisión tanto en el contenido del plan de contingencias como en las actuaciones a realizar para su puesta en práctica.
- Habituarse al personal a evacuar el establecimiento.
- Realizar prueba de idoneidad y suficiencia de equipos y medios de comunicación, alarma, señalización, luces de emergencia.
- Estimar los tiempos de evacuación, de intervención de equipos propios y de intervención de ayudas externas.

Durante una evacuación

- Al llevarse a cabo una evacuación, deben cesar inmediatamente todas las actividades, estando el personal atento solo a las instrucciones impartidas por el encargado de la evacuación por medio del sistema de comunicación que en este caso será vía megáfono por base 20.
- Al recibir esta comunicación, el personal deberá ser guiado ordenadamente hacia las salidas de emergencia, indicándoles el punto de reunión, prestando atención a las comunicaciones que se irán efectuando desde base 20.
- Se reitera que el trayecto debe hacerse en silencio y caminando rápido, atento a las instrucciones impartidas sobre el lugar de reunión. Por ningún motivo las personas que estén en el punto de reunión deben volver.
- Todo el personal de taller debe estar familiarizado con el recorrido que se debe efectuar para evacuar su lugar de trabajo.

Continuación de la tabla XXXV.

- Deben cumplirse estrictamente las instrucciones indicadas por los supervisores de área en la planificación de evacuación de área.
- Cuando se disponga una evacuación, todas las personas deberán dirigirse inmediatamente hacia las salidas de emergencia.
- Si el tiempo lo permite, apagar y desconectar todos los artefactos eléctricos a su cargo, dejar puertas de oficinas y baños abiertas, apagar cigarrillos.
- Se debe tener presente que las evacuaciones siempre deben realizarse hacia la planta baja, en casos extremadamente puntuales se harán hacia las azoteas.
- Una vez que el personal se encuentre en la zona de reunión, los coordinadores deberán hacer un recuento del personal de su piso u oficina e informar de las novedades a partir del momento de producida la emergencia.
- Cuando se disponga el regreso y la normalización de las actividades, los supervisores de área se encargarán de regresar al personal en forma ordenada de acuerdo a las indicaciones recibidas.
- En todo momento debe mantenerse la calma y brindar seguridad a las personas que se encuentran en el área.
- Una vez fuera del edificio, todo el personal debe dirigirse al lugar de reunión dispuesto por el jefe de evacuación.
- La autorización para regresar a su lugar de trabajo solo será dada por el jefe de evacuación, de acuerdo a como lo disponga en coordinación con la administración y el jefe de bomberos.

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Señalización para el punto de reunión**



Fuente: Ingenio Tululá.

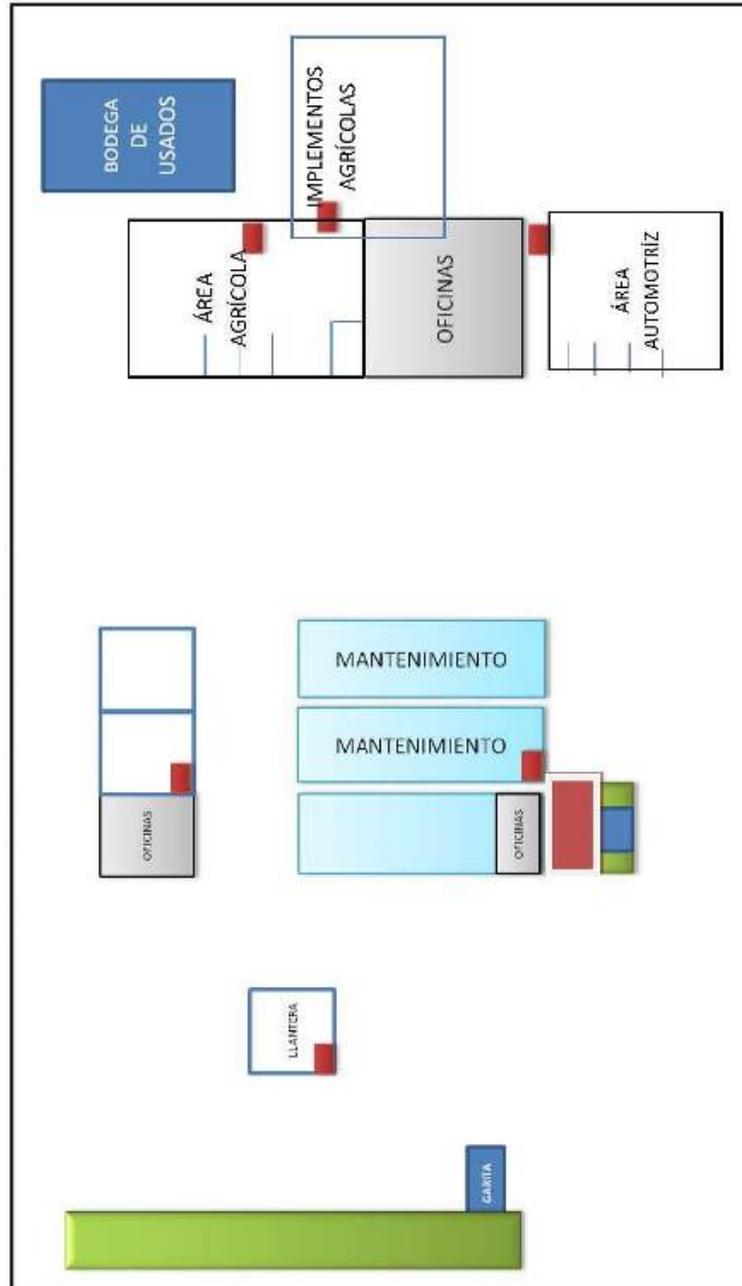
### **3.3. Sistemas de alerta**

En las zonas donde se concentran grupos de personas se deben instalar alarmas que puedan ser activadas en caso de emergencia.

La alarma de cada sitio debe tener diferente sonido para identificar la zona de la emergencia y así dirigir más oportunamente todos los recursos de emergencia hacia el área en peligro. Este dispositivo, al igual que todos los sistemas de emergencia instalados, debe tener la capacidad de funcionar con energía eléctrica y con baterías para garantizar su disponibilidad en un 100%.

Los sistemas eléctricos instalados, las baterías y demás accesorios deben de tomarse en cuenta en el programa de mantenimiento eléctrico de la empresa.

Figura 34. Plano de sistema de alerta



Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1. Criterios de activación**

Los criterios de activación serán los siguientes:

Terremoto: se avisa por medio de una señal con sirena o timbre para la evacuación e inmediato.

Incendio: se debe avisar por medio de alarma y por radios portátiles de la situación. Si el incendio es menor solo por radio a los encargados de área para coordinar la asistencia en las áreas afectadas.

### **3.3.2. Tipos de alerta**

Se han definido los tipos de señal de alerta y de alarma a utilizar en cada caso, según los medios disponibles:

- Timbres o silbatos de duración continúa y prolongada indica que se trata de señal de alerta.
- Timbres o silbatos de duración breve e intermitente indica que se trata de señal de alarma.
- Radio portátil de alta frecuencia megáfono, se emiten mensajes claros y concisos sin provocar pánico en los ocupantes, los mensajes se darán para informar al resto del personal la situación.

Para evitar el pánico, se ha planificado la evacuación para que la salida se realice de la misma forma que se hace habitualmente para las actividades comunes. Para comunicar la emergencia a las instituciones que brindarán apoyo se cuenta con teléfono y radios portátiles

### 3.3.3. Niveles de alerta

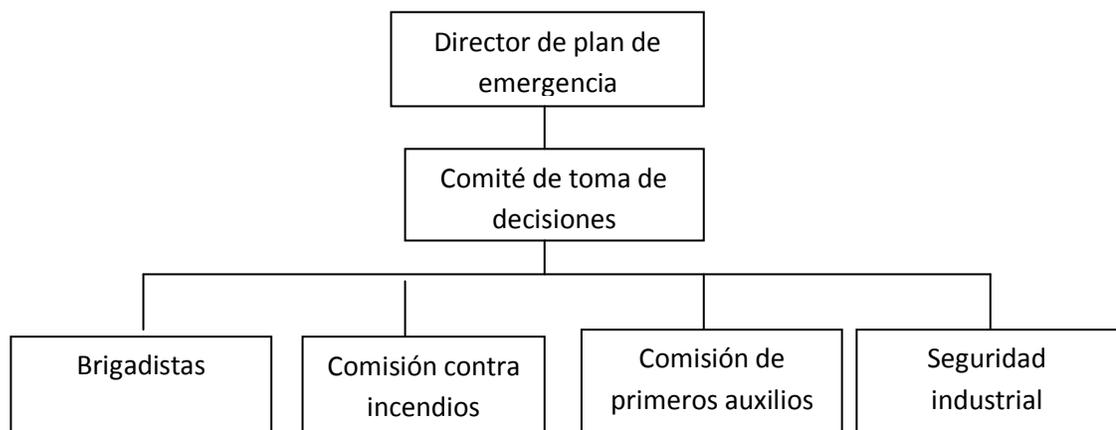
- Nivel 1. La alarma es pequeña y no necesita evacuación del personal solo ayuda de las brigadas
- Nivel 2. La alarma es riesgosa, no necesita de evacuación pero si de los brigadistas y personal que pueda apoyar para poder solventar cualquier eventualidad que genere la alerta.
- Nivel 4. La alarma es muy grave, se necesita evacuación del personal a un lugar seguro, se necesita de la ayuda de los brigadistas y del personal de apoyo.

### 3.4. Pasos para la elaboración de un plan de contingencia

El aspecto más importante de la organización de emergencias es la creación y entrenamiento de las comisiones y brigadas.

Estructura de comisiones y brigadas.

Figura 35. Organigrama de plan de emergencia



Fuente: Ingenio Tululá.

## Funciones y tareas de los diferentes departamentos

Director de plan de emergencias, dentro del departamento de TMT será el gerente del mismo, el cual debe cumplir las siguientes funciones:

- Avalar de manera objetiva las decisiones tomadas dentro del comité de toma de decisiones.
- Dirigir la planificación de reuniones del comité de toma de decisiones.
- Garantizar el cumplimiento del plan de emergencia.
- Controlar el desarrollo de programas y actividades del plan de emergencia.
- Aprobar los programas de prevención.
- Velar por el desarrollo sostenible del plan de emergencias.

Comité de toma de decisiones, dentro de las funciones que tendrá este comité están las siguientes:

- Tomar decisiones que ayuden a mejorar los sistemas de seguridad.
- Promover la capacitación continua del personal sobre prevención.
- Determinar los puntos críticos de mejora.
- Auditar de manera constante a las diferentes comisiones.
- Dar seguimiento al desarrollo y continuidad del plan de emergencia y velar por su mantenimiento.
- Evaluar la comunicación que será suministrada a las personas sobre cualquier accidente suscitado dentro de las instalaciones del departamento de TMT.
- Velar porque los sistemas instalados funcionen correctamente.

Seguridad Industrial, las funciones de este departamento se detallan a continuación:

- Llevar el control de accidentes tanto humanos, como naturales.

- Revisar el lugar del accidente para determinar la causa de este.
- Dar aviso a las autoridades externas si el siniestro es mayor.

Brigadistas tienen como funciones las siguientes:

- Definir las rutas de evacuación.
- Verificar que en las áreas de trabajo marquen sus líneas peatonales.
- Señalizar los posibles riesgos que existen dentro del área de trabajo.

Comisión contra incendios, cada uno tendrá las siguientes funciones de trabajo:

- Asegurar que no exista material combustible sin control.
- Realizar un inventario completo, con su capacidad.
- Tener un programa detallado de revisión de extinguidores.
- Hacer un diagrama de los puntos donde se encuentran los extinguidores.
- Coordinar la recarga programada de los extinguidores.
- Realizar pláticas de prevención.
- Hacer simulacros que permitan estar preparados para cualquier problema.
- Tener un botiquín de primeros auxilios.
- Solicitar los implementos necesarios para combatir un incendio.
- Dar aviso inmediatamente al Supervisor encargado del área.
- Notificar a los organismos de socorro si el siniestro es muy grande.

Comisión de primeros auxilios, las funciones de estas personas serán las siguientes:

- Revisar que en áreas específicas existan botiquines de primeros auxilios.
- Dar pláticas sobre primeros auxilios coordinadas con expertos.
- Tener conocimiento de primeros auxilios.
- Hacer simulacros de accidentes para estar preparados.
- Hacer el reporte de cualquier accidente dentro de las instalaciones.

- Hablar con cada supervisor de riesgos potenciales (acto y condición insegura).
- Colocar carteles que ayuden a la prevención de accidentes.

Los integrantes de la brigada de emergencia, son las personas que en forma coordinada actúan en cualquier emergencia. Estas personas están entrenadas para accionar ante cualquier desastre. La brigada debe estar integrada por personas responsables, capaces de reaccionar en forma rápida y segura. Una brigada tiene que tener un integrante por cada 20 personas trabajadoras del lugar. Las funciones básicas de las brigadas son:

#### Coordinador de la brigada

- Recibir la alarma y activar el plan de emergencia.
- Verificar con el encargado del área afectada sobre el tipo y las características de la emergencia.
- Establecer comunicación permanente con el encargado de seguridad industrial o su suplente.
- Acordar en conjunto con el encargado de seguridad industrial y director del plan de emergencia las decisiones y acciones que se deben tomar que no están contempladas dentro del plan.
- Mantener el número de brigadistas, según lo establecido por el número de trabajadores por área.

#### Brigadistas

- Conocer los riesgos potenciales de la empresa de forma profunda para saber cómo reaccionar ante cualquier eventualidad.
- Informar a los encargados de cada una de las comisiones si se detecta algún riesgo.

- Estar preparados para intervenir en cualquier emergencia que se presente en la empresa.
- Verificar que los riesgos se eliminen de manera responsable.
- Conocer la existencia y uso de protección disponible en el área. Si no existe lo deben de exigir y saber usar.

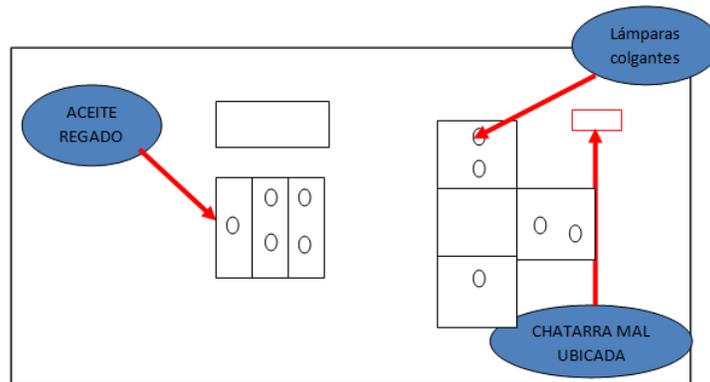
#### Consideraciones importantes

- Que cada comisión sea equipada con lo necesarios para que pueda cumplir la función que le fue encomendada. Cada una de las comisiones debe elaborar un listado con el equipo que debe ser presentado a los niveles jerárquicos que corresponda para la compra rápida.
- La forma de comunicación debe ser establecida, en este caso, la comunicación para la ejecución efectiva del plan de contingencia se hará por medio de sistema de radios con el que ya cuenta el ingenio.
- Definir acciones de respuesta frente a: en caso de evacuación de las instalaciones por causa de incendios, terremotos; también en caso de accidentes con la maquinaria y/o equipo de trabajo. Para el departamento de reparación agrícola se hizo por medio de manuales de procedimientos para cada una de estas situaciones.
- Sistema de notificación, se estableció un sistema de notificación de incidentes a los niveles jerárquicos que correspondan. Para este departamento se utilizara el siguiente formato.
- Se deben realizar capacitaciones y simulacros para que el personal asimile de mejor manera toda la información. Los simulacros deben realizarse por lo menos una vez al año.

### 3.4.1. Identificación de riesgos

Dentro del área de trabajo se identificaron los siguientes factores como riesgosos: Véase la figura 36.

Figura 36. Identificación de riesgos



Fuente: elaboración propia.

Causas que corresponden al factor físico:

- Equipo de protección personal inadecuado
- Pisos defectuosos o sucios
- Falta de protección colectiva
- Mala ventilación
- Mala iluminación
- Equipo de trabajo defectuoso

Condiciones inseguras

- Falta de limpieza
- Escaleras y gradas sin barandas
- Tránsito mal orientado
- Iluminación deficiente

- Máquinas mal protegidas
- Falta de protección personal
- Herramientas defectuosas
- Llaves eléctricas sin protección
- Falta de gente entrenada en la prevención de incendios
- Ausencia de uniformes adecuados
- Trabajar jornadas largas que son peligrosas por fatiga
- Operar a velocidad excesiva
- Acumulación de máquinas y de personas

#### **3.4.1.1. Lugares inseguros**

Los lugares inseguros dentro del departamento de reparación son los siguientes:

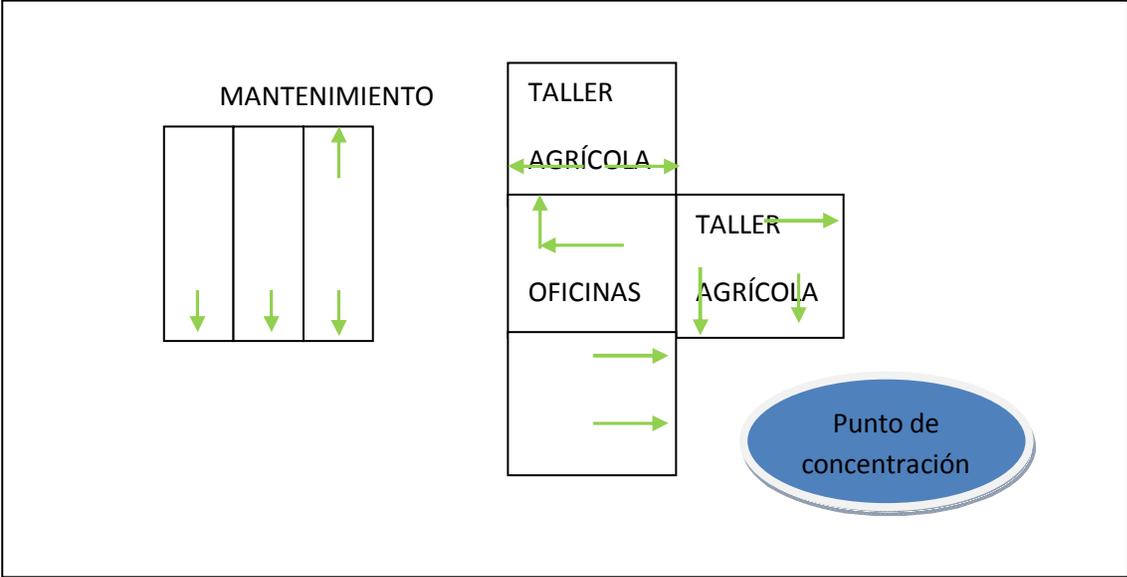
- Área de reparación agrícola
- Escaleras que comunican con las oficinas
- Debajo de las lámparas de alto rendimiento
- Área de mantenimiento de taller.

#### **3.4.1.2. Rutas de evacuación**

La señalización de rutas de evacuación puede ayudar a salvar vidas. Cuando en el lugar de trabajo se encuentran personas ajenas, pueden tener problemas para evacuar las instalaciones porque no conocen el área lo suficiente para salir del lugar en caso de una emergencia.

Las señales utilizadas para indicar rutas de evacuación se muestran en la figura 37.

Figura 37. Salidas de emergencia



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Señalización salida de emergencia



Fuente: Ingenio Tululá.

### 3.4.1.3. Riesgos potenciales

Los riesgos potenciales del área de reparación son los siguientes:

Área de reparación

- Tractores suspendidos con trozos
- Aceite y material inflamable
- Lámparas suspendidas
- Herramienta tirada en el suelo.
- Movimiento constante de maquinaria pesada
- Falta de señalización.

Análisis de riesgo, hay cuatro aspectos a tomar en cuenta para el análisis de riesgo:

- Grado de peligrosidad GP: es un indicador de la gravedad de un riesgo reconocido, calculado con base en sus consecuencias ante la probabilidad de ocurrencia y en función del tiempo o la frecuencia de exposición del mismo.
- Exposición E: es el tiempo o frecuencia con que las personas o la estructura entran en contacto con el factor de riesgo.
- Consecuencia C: resultado más probable (lesiones en las personas, daños a los equipos, al proceso o a la propiedad) como resultado de la exposición a un factor de riesgo determinado.
- Probabilidad P: posibilidad que los acontecimientos de la cadena se completen en el tiempo, originándose las consecuencias no queridas ni deseadas.

$$GP=E \times C \times P$$

Orden de prioridad de los riesgos (Norma GTC 45)

Después del análisis del grado de peligrosidad, se deben priorizar los riesgos, de acuerdo con los rangos en que punto cada uno, teniendo en cuenta la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. **Priorización de riesgos**

<b>VALOR</b>	<b>CONSECUECIAS</b>
10 (Catastrófica)	Muertes o daños superiores
7 (Grave)	Amputaciones, invalidez permanente y/o graves
4 (Moderado)	Lesiones mayores, como quemaduras o intoxicaciones
1 (Leve)	Lesiones con heridas leves, contusiones, golpes y/o daños menores
<b>VALOR</b>	<b>PROBABILIDAD</b>
10 (Alta)	Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene
7 (Media)	Es completamente posible, nada extraño. Tiene una probabilidad de actualización del 50%.
4 (Baja)	Sería una coincidencia rara. Tiene una probabilidad de actualización del 25%.
1 (Muy baja)	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición al riesgo, pero es completamente posible. Probabilidad del 5%
<b>VALOR</b>	<b>EXPOSICIÓN</b>
10 (Continua)	La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces al día.
7 (Frecuente)	Frecuentemente o una vez al día.
4 (Ocasional)	Ocasionalmente una vez por semana
1 (Remota)	Una vez al mes o pocas veces al año

Fuente: Ingenio Tuluá.

Tabla XXXVII. **Rango e interpretación**

Rango de los resultados	Interpretación	Acción por seguir
300-1000	Grado de peligrosidad alto	Se requiere corrección inmediata, la actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya eliminado.
299-80	Grado de peligrosidad medio	Se requiere atención lo antes posible, ya que sus consecuencias pueden ser catastróficas.
79-1	Grado de peligrosidad bajo	El riesgo debe ser eliminado sin demora pero la situación o es una emergencia.

Fuente: Ingenio Tululá.

Además se agrega el grado de repercusión (GR) de cada uno de los riesgos identificados, indicador que refleja la incidencia de un riesgo con la relación de la población expuesta.

Permite definir el riesgo que debe ser analizado y rectificado de manera prioritaria y resulta de multiplicar el valor del grado de peligrosidad por un factor de ponderación, que se establece con base en los grupos de usuarios expuestos a los riesgos que posean frecuencias relativas proporcionales a los mismos. El grado de repercusión se calcula de la manera siguiente:

$$\mathbf{GR= GP \times FP \text{ (Factor de ponderación)}}$$

Los factores de ponderación se establecen con base en el porcentaje de expuestos del número total de trabajadores, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXXVIII. **Ponderación del grado de repercusión**

<b>FACTOR DE PONDERACIÓN</b>	<b>% DE TRABAJADORES EXPUESTOS</b>
1	1 – 20 %
2	21 – 40 %
3	41 – 60 %
4	61 – 80 %
5	81 – 100%

Fuente: Ingenio Tuluá.

Una vez calculado el grado de repercusión, el valor obtenido se ubica dentro de la siguiente escala, obteniéndose la interpretación (alto, medio o bajo):

Tabla XXXIX. **Orden de repercusión de los riesgos**

<b>Rango de los resultados</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Acción por seguir</b>
5000 – 3500	Grado de peligrosidad alto	Se requiere corrección inmediata, la actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya eliminado

Continuación de la tabla XXXIX.

3499 – 1500	Grado de peligrosidad medio	Se requiere atención lo antes posible, ya que sus consecuencias pueden ser catastróficas
1499 – 1	Grado de peligrosidad bajo	El riesgo debe ser eliminado sin demora, pero la situación no es una emergencia

Fuente: Ingenio Tululá.

El resultado final de la valoración de riesgos debe ser un listado en orden de importancia, según los grados de peligrosidad y repercusión, requiriendo de acuerdo con ellos la aplicación de medidas de control a corto, mediano y largo plazo.

Tabla XL. **Identificación de factores de riesgo**

No.	Riesgo	E	C	P	GP	GR	PRIORIDADES
1	Cuerpo extraño en los ojos	7	1	7	49	196	BAJO
2	Quemadura	4	4	4	64	192	BAJO

Fuente: Ingenio Tululá.

## Recomendaciones generales según el valor de los riesgos

En todas las instalaciones se debe tener en cuenta la eliminación de dos metros de vegetación, cerca de los muros y andenes, con el fin de controlar el acceso de plagas.

Es necesario mantener un listado actualizado del personal que se encuentra en las áreas, incluyendo los contratistas y visitantes, una copia del listado debe permanecer en el puesto de mando de emergencia, igualmente deben registrarse las ausencias.

Debe implementarse un manual vial para vehículos, motocicletas donde se consideren los siguientes puntos:

- Velocidad permitida, la cual debe estar en 10 kms/hora en las zonas internas al departamento y 25 kms/hora en las vías de carretera externas al Departamento de TMT.
- Cupo máximo de carga permitido para cada vehículo.
- Cupo máximo de personas permitido para transporte de personal.
- Vehículos autorizados para transporte de personal y de carga.
- Programa de inspecciones mecánicas y mantenimientos de rutina.
- Programa de evaluación de aptitudes de los conductores.
- Documentos de los vehículos y los conductores.
- Señales en las vías y en las zonas de tráfico.
- Volumen de producto transportado autorizado para camiones.
- Inspección de vías.
- Procedimiento correctivo en vías y señales.
- Personal encargado de ejercer las funciones de control, inspección y auditoría del cumplimiento del manual de seguridad.
- Sanciones por incumplimiento del manual.

## Instalación en zonas estratégicas botiquines

Capacitar a los supervisores de la planta en primeros auxilios y especialmente en transporte de lesionados, teniendo en cuenta los riesgos al que están expuestos los trabajadores.

Toda persona que tenga vehículo de la empresa (vehículo o moto) debe llevar un botiquín adecuado con los elementos necesarios para atender casos de lesiones. Estas personas deben estar capacitadas en primeros auxilios. Los botiquines deben someterse a inspecciones periódicas, para evitar el vencimiento, escases y falla de elementos.

Deben de haber por lo menos 6 botiquines en el área de reparación agrícola. A continuación detallo los lugares donde deben ponerse los botiquines:

- Oficina central de taller
- Taller de tornos
- Oficina de agrícola
- Oficina de mantenimiento preventivo
- Llantera
- Área de motobombas

### **3.5. Ejecución del plan de evacuación**

Los responsables de la ejecución del plan de evacuación son todas las personas que forman parte del departamento y de la comisiones.

Brigadas, este departamento estará bajo el cargo de los siguientes puestos de trabajo:

- Supervisor de mantenimiento preventivo
- Asistente administrativo
- Mecánico de mantenimiento preventivo
- Mecánico agrícola
- Mecánico automotriz

Las funciones de este departamento se detallan a continuación:

- Encargado de llevar el control de accidentes tanto humanos, como naturales.
- Responsable de revisar el lugar del accidente para determinar la causa de este.
- Dar aviso a las autoridades externas si el siniestro es mayor.

Los puestos de trabajo que estarán a cargo de esta comisión:

- Supervisor agrícola I
- Secretaria de taller
- 2 mecánicos del área agrícola
- 2 mecánicos del área automotriz
- 2 mecánicos del área de mantenimiento preventivo

Las funciones serán las siguientes:

- Definir las rutas de evacuación.
- Verificar que en las áreas de trabajo marquen sus líneas peatonales.
- Señalizar los posibles riesgos que existen dentro del área de trabajo.

Comisión de Primeros Auxilios, las funciones de estas personas serán las siguientes:

- Revisar que en áreas específicas existan botiquines de primeros auxilios.

- Dar pláticas sobre primeros auxilios coordinadas con expertos.
- Tener conocimiento de primeros auxilios.
- Hacer simulacros de accidentes para estar preparados.
- Hacer el reporte de cualquier accidente dentro de las instalaciones.
- Hablar con cada supervisor de riesgos potenciales (acto y condición insegura).
- Colocar carteles que ayuden a la prevención de accidentes.

#### Coordinador de la Brigada

- Recibir la alarma y activar el plan de emergencia
- Verificar con el encargado del área afectada sobre el tipo y las características de la emergencia.
- Establecer comunicación permanente con el encargado de seguridad industrial o su suplente.
- Acordar en conjunto con el encargado de seguridad industrial y director del plan de emergencia las decisiones y acciones que se deben tomar que no están contempladas dentro del plan.
- Mantener el número de brigadistas, según lo establecido por el número de trabajadores por área.

#### Brigadistas

- Conocer los riesgos potenciales de la empresa de forma profunda para saber cómo reaccionar ante cualquier eventualidad.
- Informar a los encargados de cada una de las comisiones si se detecta algún riesgo.
- Estar preparados para intervenir en cualquier emergencia que se presente en la empresa.
- Verificar que los riesgos se eliminen de manera responsable.
- Conocer la existencia y uso de protección disponible en el área. Si no existe lo deben de exigir y saber usar.



## 4. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL SOBRE REDIMIENTO DE MOTORES Y PLAN DE CONTINGENCIAS

### 4.1. Programación de capacitaciones

Este tema es bastante importante, ya que de este seguimiento depende que el recurso humano utilice las mejores herramientas para un mejor rendimiento. La programación del mantenimiento se hace de la forma siguiente: Para programar éstas se utiliza un formato sencillo de utilizar, a continuación muestro la tabla para llenar y programar de manera adecuada las capacitaciones.

Tabla XLI. Cuadro de programación de capacitaciones

TEMA	PERSONAL A CAPACITAR	CAPACITACIÓN	FECHA	DÍA

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1. Capacitación sobre hojas de registros

La capacitación de las personas que están involucradas en la revisión constante de la maquinaria es necesaria. Por eso se hizo una capacitación sobre hojas de registro, donde se les presentó qué es una hoja de registro y algunos ejemplos de estas para su mayor comprensión.

Se utilizó un modelo más simple de la hoja de registro de temperaturas para ir introduciendo este concepto.

Tabla XLII. **Control de temperatura**

CONTROL DE TEMPERATURAS DE MOTOR
----------------------------------

FECHA		RESPONSABLE	
ACTIVO		ÁREA	

COMPONENTE	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición4	Medición 5
Cilindro 1					
Cilindro 2					
Cilindro 3					
Cilindro 4					
Cilindro 5					
Cilindro 6					
Radiador Sup.					
Radiador Inf.					

Fuente: elaboración propia.

Esta es una hoja que demuestra cada una de las partes a revisar del motor. Además se hizo ejercicios de llenado en hojas para registro. La primera fase se realizó con invención de las temperaturas y la segunda con mediciones directas al motor.

Estas mediciones directas al motor se realizaron en el taller de mantenimiento. Se realizó la toma de temperaturas con este formato simple para ir acostumbrando al mecánico a realizar estas mediciones.

#### **4.1.2. Medición de temperaturas**

Después de enseñar que es una hoja de registro se procedió a explicar cómo se realiza las mediciones de temperatura en una máquina. Como ya se tenía conocimiento de la hoja de registro de temperaturas se procedió a explicar los pasos a seguir para estas mediciones:

- Se debe tener un aparato especial para la medición.
- Las hojas de revisión deben de tenerse a la mano.
- La máquina debe estar trabajando en el campo u otra labor.
- Se toman los datos con el aparato y se colocan en la hoja de registro.
- Estos datos se entregan al jefe inmediato.

Después de explicar cada uno de estos pasos, se procedió a realizar algunas pruebas de toma de temperaturas. La primera fase consistió en realizar el uso de las hojas de registro con datos falsos, para ver la capacidad que tenía la gente de seguir instrucciones. La segunda fase se realizó con una máquina en labores.

#### **4.1.3. Trabajo en equipo**

Se hizo una capacitación sobre trabajo en equipo con los encargados de realizar la revisión de la maquinaria agrícola. Esta capacitación incluyó los siguientes temas:

- Qué es trabajo en equipo.

- Elementos importantes para realizar un buen trabajo en equipo.
- La comprensión y coordinación, parte fundamental del trabajo en equipo.
- La capacitación es importante para realizar un buen grupo de trabajo.
- Reglas establecidas en el trabajo de equipo.
- Se trabaja con menos tensión al compartir los trabajos más difíciles.
- Se comparte la responsabilidad al buscar soluciones desde diferentes puntos de vista.
- Es más gratificante por ser partícipe del trabajo bien hecho.
- Se comparten los incentivos.
- Se dispone de más información debido a la cantidad de personas que están trabajando en éste.

#### **4.1.4. Plan de contingencia**

Además de las hojas de registros y los análisis de temperatura se impartió una capacitación sobre el funcionamiento del plan de contingencia. Esta capacitación incluyó lo siguiente:

##### **Acto inseguro**

Es una acción inadecuada en la cual se corre el riesgo de ocasionar un accidente.

##### **Condición insegura**

Es una situación o un lugar en el cual puede generarse un accidente.

##### **Salidas de emergencia**

Son los espacios por donde uno debe de salir de una instalación en caso de una emergencia. Estos espacios deben de permanecer libres de cualquier objeto.

## Rutas de evacuación

Es la ruta adecuada que se debe seguir para evacuar una instalación.

Figura 39. **Rutas de evacuación**



Fuente: Ingenio Tululá.

La capacitación de todo el personal en seguridad contra incendios y normas de prevención. Estas deber ser dictadas por el personal especializado y con experiencia, ya que se requiere de prácticas con fuego. También se debe aprovechar la recarga de los extintores para hacer esta capacitación, y tener en cuenta los siguientes puntos para coordinar con el proveedor las recargas:

- Llevar un inventario de extintores con la capacidad, el número de identificación del extintor en el área de trabajo, tipo, fecha de recarga, ubicación y tiempo de reposición. Este inventario debe mantenerse actualizado y verificarse en cada recarga; el inventario debe archivar en el departamento.
- Al momento de desmontar los extintores para recarga debe programarse una práctica de extinción de incendios, con el fin de capacitar al personal y entregar los vacíos al proveedor.
- Las prácticas deben hacerse en sitios aislados al aire libre, si se usa fuego abierto deben tomarse precauciones sobre otros elementos o equipos combustibles, depósitos, vegetación seca, etc.
- En las prácticas no debe realizarse simulacros que requieran la capacidad de personal especializado en extinción y control de fuego, como incendios en tanques con combustible líquidos o gaseosos, e incendios

estructurales, deben tratarse sólo las simulaciones de casos que puedan ocurrir normalmente en los puestos de trabajo.

Las capacitaciones especializadas o de mayor requerimiento técnico y de personal especializado deben dejarse a la brigada de emergencia.

- Antes de iniciar cada práctica deben hacerse las recomendaciones sobre seguridad personal de los practicantes o la seguridad en cuanto a los efectos del fuego y de los productos químicos empleados en la extinción.
- Hay que realizar un disparo de un segundo antes de usarse el extintor para verificar el estado del extintor.
- Debe de realizarse una inspección total de los extintores que se regresen por parte del proveedor.
- Cada extintor debe ser asignado a su sitio original.

Debe de implementarse un mantenimiento programado para todo sistema eléctrico en las instalaciones del departamento de reparación.

Hay que establecer un plan de reducción de archivo y volumen de papelería flotante en las oficinas. Esto disminuiría el riesgo de un incendio en las oficinas.

Instalar en un lugar visible todos los números de emergencia que se tengan.

#### Tipos de alerta

Son los diferentes tipos de aviso que se generan en caso de una emergencia, los tipos de alerta que en el departamento agrícola se utilizan los siguientes:

- Timbre de emergencia.
- Radios portátiles.

#### **4.1.5. Rendimientos de motores diesel**

El rendimiento de un motor diesel va a depender de varios factores y de diversas situaciones.

El rendimiento del motor a nivel de reparación agrícola se va a medir por medio de las horas trabajadas versus las estimadas. Este rendimiento crecerá si se lleva a cabo los siguientes análisis:

- Análisis de temperatura de motor.
- Análisis de compresiones de motor.
- Análisis de aceite.
- Revisión de presiones de aceite.

Todos estos análisis servirán para mejorar el rendimiento de forma sostenida, ya que estos predicen si la máquina va a fallar en un momento determinado.

#### **4.2. Mejora continua**

Este proceso de mejora continua servirá para mejorar la calidad del mantenimiento preventivo y disminuir las paradas por máquinas dañadas.

##### **4.2.1. Mejoras en el proceso de revisión de maquinaria**

- Calidad en el mantenimiento preventivo  
Se debe hacer conciencia en las personas de que el mantenimiento preventivo no es solo una rutina de revisión. Esto es una rutina de revisión con calidad y para tener una revisión con calidad se deben utilizar los siguientes criterios:

- La máquina se debe revisar conforme la hoja chequeo.
- La revisión de cada componente se debe hacer de manera minuciosa.
- Si alguna parte de la máquina ya no presenta las condiciones necesarias para mantener en buenas condiciones la máquina debe de cambiarse.
- Un repuesto no debe de cambiarse hasta que ya no sirva para el buen funcionamiento para la máquina, el repuesto se debe cambiar cuando este empiece a demostrar ciertas irregularidades que puedan afectar la operación de la máquina.
- Utilización constante de las herramientas para el mantenimiento.
- Mejor conocimiento de maquinaria a revisar.

#### **4.2.2. Ambiente seguro**

Las personas deben saber que un ambiente seguro de trabajo es aquel en el cual las condiciones son seguras, se tiene conciencia sobre los actos inseguros y su forma de evitarlos. Este ambiente debe propiciar un trabajo seguro y bien hecho. Si no se tiene un ambiente seguro, no se garantiza el bienestar físico ni mental del trabajador.

#### **4.3. Resultados**

Los resultados servirán para evaluar si el técnico captó la información en cada capacitación.

##### **4.3.1. Revisión teórica**

Para revisar teóricamente lo anterior expuesto, se realizó una evaluación que a continuación se muestra:

Figura 40. **Prueba teórica**

Ingenio Tululá

Departamento de talleres

Nombre\_\_\_\_\_

Fecha\_\_\_\_\_

Instrucciones: analice cada una de las preguntas y responda según su conocimiento. No se permite consultar a ninguna persona o ningún tipo de documento.

1. ¿Sabe qué es una hoja de registro? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Para qué sirve una revisión de temperaturas de motor? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Qué es un acto inseguro? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué es una condición insegura? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. ¿Mencione qué pasos debe seguir para realizar mediciones de temperatura? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Mencione los dos tipos de alerta que se tienen en el departamento agrícola \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. ¿Qué haría usted en caso de una emergencia? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.2. Revisión práctica**

En esta revisión práctica de los muchachos se colocó a cada uno de ellos a realizar un análisis de temperatura de un tractor. Se utilizó los formatos establecidos. Además cada uno buscó en su área de trabajo los lugares inseguros y las condiciones inseguras a las que están expuestos ellos como trabajadores.

## **CONCLUSIONES**

1. Se determinó que la temperatura media en la parte externa de un motor es de 90°C.
2. Reducción de los costos de reparación en un 75%, debido al tiempo de máquina parada.
3. Quedo aumentada la eficiencia del motor diesel en 6%.
4. Desarrollo de un plan de contingencia para el departamento de TMT
5. Aumento de la disponibilidad de la maquinaria en un 75%.
6. Capacitación al personal sobre motores diesel.



## RECOMENDACIONES

Al gerente y jefe de taller.

1. Tratar de dar seguimiento a los procesos ya establecidos para mejorar los motores diesel.
2. Verificar la estructura de la misión y visión que pueden ser de la siguiente forma:  
Misión:  
Producir y distribuir rones añejos y otros productos trabajando con calidad y excelencia innovando constantemente con equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, para brindar al mundo un producto de excelencia.  
Visión:  
Ser la organización líder en la producción y distribución de rones y otros productos con calidad y excelencia para el mundo que disfruta de la excelencia.
3. Aumentar el número de capacitaciones para cada uno de los colaboradores.
4. Dar seguimiento al programa de cambio de componentes en cada mantenimiento mayor.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ÁNGELES. *Mantenimiento de motores diesel*. México: Gentileza DTI, 2009. 200 p.
2. AVALLONE, Eugene Baumeister; THEODORE, Markas. *Manual del ingeniero mecánico*. México: Macgrraw-Hill, 2007. 300 p.
3. BENJAMÍN Niebel; ANDRIS, Freivalds. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfa y Omega, 2005. 250 p.
4. DEMPSEY, Paul. *Motores Diesel*. 3a ed. México: CRIBIA, 2006. 175 p.
5. GARY, Dessler. *Administración de personal*. 6a ed. México: Prentice Hall, 2005. 350 p.
6. ZLAVOVICH, Martin. *Tractores Agrícolas*. 2a ed. México: Denise, 2003. 275 p.

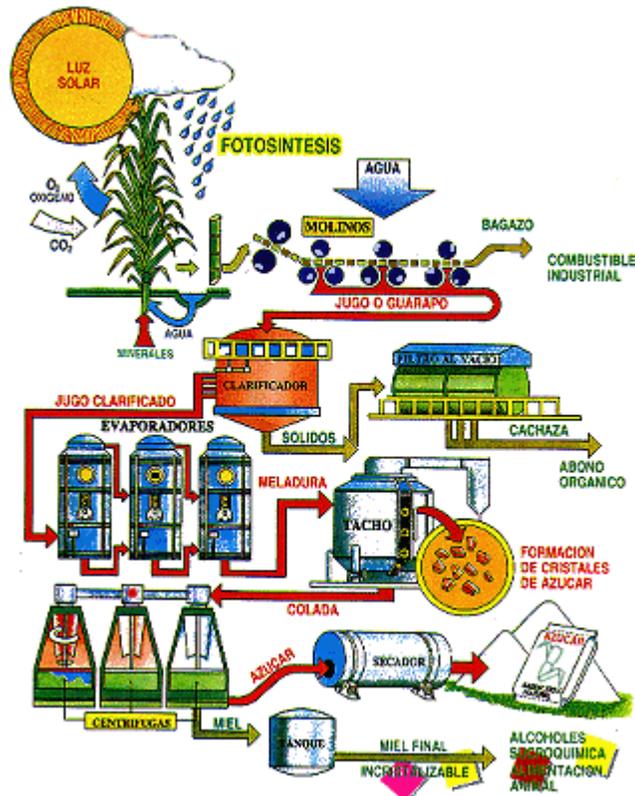


## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXOS

Anexo 1.	Fotos de motores en reparación.....	138
Anexo 2.	Block de motor antes de llevarse a reparación.....	139
Anexo 3.	Block de motor antes de llevarse a reparación.....	140
Anexo 4.	Consumo de combustible.....	140

## Anexo 1. Proceso de azúcar



Fuente: Ingenio Tululá.

## Anexo 2. Fotos de motores en reparación



Motor dañado en el campo



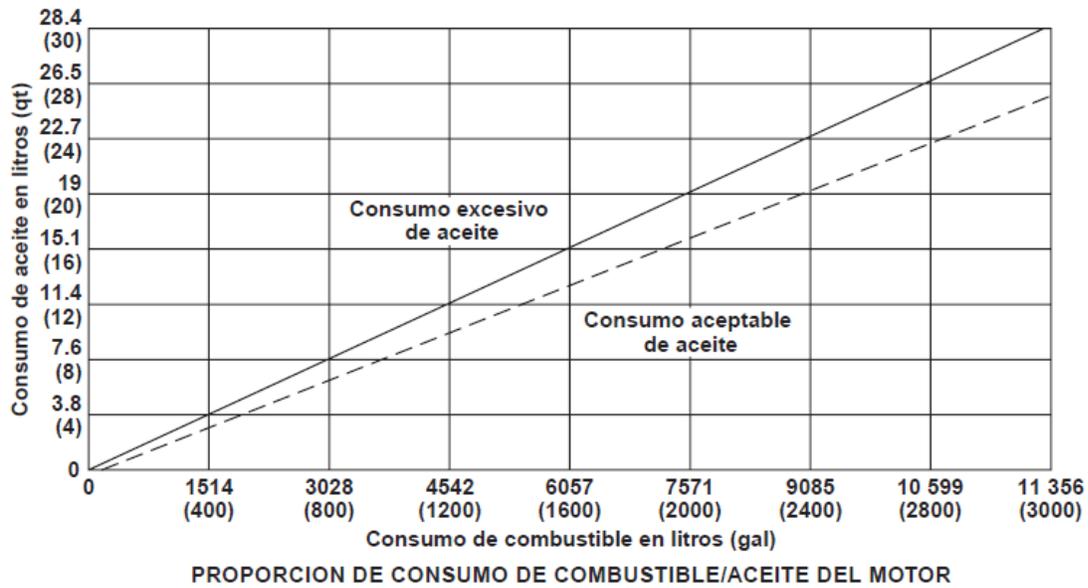
Fuente: Ingenio Tululá.

Anexo 3. **Block de motor antes de llevarse a reparación**



Fuente: Ingenio Tululá.

Anexo 4. **Consumo de combustible**



Fuente: Ingenio Tululá.