



UNIVERSIDAD  
**CIENFUEGOS**  
Carlos Rafael Rodríguez

*“Facultad de Ingeniería Mecánica”*

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

*Título: Caracterización de la estructura, funcionamiento y Explotación de la Cosechadora de Caña Brasileña Marca Case IH Serie A7000, # 1.*

*Autor: Juan Carlos Rivero Romero.*

*Tutores: Ing. Mario Javier Cabello Ulloa.*

*Dr. Rafael Antonio Goytisoló Espinosa.*

*Ing. Roberto Bravo Agriél.*

*“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”*

*Curso: 2008-2009*

DECLARACION DE AUTORIDAD  
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS



“Carlos Rafael Rodríguez”

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Universidad de Cienfuegos para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

---

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de este envergadura, referido a la temática señalada.

---

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

---

Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

---

Firma del Tutor

---

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

*Agradecimientos.*

## *Agradecimientos.*

- ✿ A mis padres y todos mis familiares que me han brindado su mayor apoyo en todo mi período como estudiante.
- ✿ A mis tutores, el Dr. Rafael Goytisoló Espinosa y el Ing. Mario Javier Cabello Ulloa que de una forma u otra me cedieron todos sus conocimientos para realizar este trabajo de diploma.
- ✿ Al Ing. Roberto Bravo Agriél y a los compañeros del Grupo Empresarial Azucarero del CAI “Ciudad Caracas” que me atendieron durante mis visitas a la Empresa.
- ✿ A todos mis profesores de clases y a aquellos que siempre tuvieron la amabilidad de transmitirme sus conocimientos sin ningún interés.
- ✿ A mis buenos compañeros de aula por haber compartido de una manera u otra, y en los buenos y malos momentos estos cinco años de la carrera.
- ✿ A todas las personas que me han acompañado a lo largo de la vida.

Mi más sincero agradecimiento.

*Dedicatoria*



## *Dedicatoria.*

*Dedico esta labor a mis padres, que tanto apoyo me han brindado durante mi vida de estudiante, a quien agradezco infinitamente el haber llegado a esta meta.*

*Pensamiento*

## *Pensamiento.*

*La ciencia tiene una característica maravillosa, y es que aprende de sus errores, que utiliza sus equivocaciones para reexaminar los problemas y volver a intentar resolverlos, cada vez por nuevos caminos.*

*- Ruy Pérez Tamayo*

# *Resumen*



## *Resumen.*

Para la zafra azucarera 2008-2009 el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ) compró 60 cosechadoras de caña marca Case serie A7000 a Brasil, con el objetivo de sustituir parte del antiguo parque en funcionamiento de Máquinas Cosechadoras KTP existentes en el país y elevar la eficiencia de la contienda. Dos de esas modernas combinadas cañeras fueron ubicadas en nuestra provincia de Cienfuegos en el central "Ciudad Caracas" para aumentar la productividad en el corte mecanizado y el MINAZ Provincial planteó la necesidad de evaluar su funcionamiento durante la zafra para posibles nuevas inversiones de este parque. En el presente trabajo se realiza en primer lugar la caracterización de la estructura y sus partes componentes, el funcionamiento y los resultados obtenidos durante la explotación en la zafra 2008-09 de la Cosechadora No. 1. Como parte de ese estudio se logró caracterizar que dentro de los elementos con mayor frecuencia de averías se encuentran las cuchillas del cortador de base. Estos elementos de corte sufren un desgaste intenso, aunque se ha comprobado que no sufren fractura. Se propone una variante de recuperación de las cuchillas mediante la inserción de un tramo de cuchilla mediante soldadura para reactivar los filos rellenando estos con un electrodo duro y resistente al desgaste antes del afilado y se hace la evaluación de su resistencia a la fatiga aplicando las ecuaciones clásicas y las ecuaciones de la Mecánica de la Fractura resultando esta satisfactoria. Se propone además una variante de explotación intercambiando las cuchillas entre los dos discos del picador de manera que se puedan utilizar los cuatro filos, lo que duplicaría la vida de las cuchillas. La evaluación de la resistencia a la flexión de la cuchilla desgastada por los cuatro filos se realizó comparando con la Viga de Igual Resistencia, demostrándose que se garantiza la misma.

# *Índice*



# Índice.

Pág.

<b>Capítulo 1: Generalidades de la Cosechadora de Caña # 1 Marca CASE Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Características principales de las Cosechadoras de Caña Serie A7000.</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Componentes mecánicos, su función y sus especificaciones hidráulicas.</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 Cortador de Puntas. ....	5
1.2.2 Triturador de Puntas. ....	6
1.2.3 Divisores de Línea. ....	7
1.2.4 Discos de Corte Lateral (OPC).....	9
1.2.5 Rollo Tumbador. ....	10
1.2.6 Zapatas Flotantes.....	10
1.2.7 Rollo Alimentador.....	11
1.2.8 Cortador de Base.....	11
1.2.9 Caja de engranajes del cortador de base.....	12
1.2.10 Conjunto de Rollos Alimentadores (Tren de Rollos). ....	13
1.2.11 Picador.....	15
1.2.12 Extractor Primario.....	17
1.2.13 Gorro del Extractor primario.....	18
1.2.14 Elevador.....	18
1.2.15 Flap.....	21
1.2.16 Extractor Secundario.....	21
1.2.17 Gorro del Extractor Secundario.....	22
1.2.18 Diagrama del Flujo de la Caña.....	22
1.2.19 Diagrama del Sistema de Limpieza.....	23
1.2.20 Dirección.....	24
1.2.21 Suspensión delantera.....	25
<b>1.3 Partes principales del Motor Scania DC9 y su funcionamiento.</b> .....	<b>25</b>
1.3.1 Bloque motor.....	26
1.3.2 Cigüeñal.....	26
1.3.3 Conjunto de eje de compensación.....	27
1.3.4 Sistema de lubricación.....	27
1.3.5 Datos técnicos del Motor Scania DC9.....	28
<b>1.4 Caja de engranajes del accionamiento de las bombas</b> .....	<b>29</b>
<b>1.5 Masa de reducción modelo 40 - A7000.</b> .....	<b>29</b>

<b>1.6 Freno de seguridad - A7000.</b> .....	<b>30</b>
<b>1.7 Especificaciones de los fluidos que utiliza la combinada A7000.</b> .....	<b>30</b>
1.7.1 Combustible del motor. ....	30
1.7.2 Aceite de lubricación del motor. ....	30
1.7.3 Grasa. ....	30
1.7.4 Aceite hidráulico. Propiedades físicas.....	30
1.7.5 Líquido Refrigerante del Motor.....	31
1.7.6 Motor Scania. ....	32
1.7.7 Batería: .....	32
<b>1.8 Circuitos Hidráulicos de la combinada A7000.</b> .....	<b>32</b>
1.8.1 Sistemas Hidráulicos Generales de la combinada. ....	32
1.8.2 Suministro de aceite. ....	32
1.8.3 Entrada de aire.....	32
1.8.4 Filtrado. ....	33
1.8.5 Válvulas de escape. ....	33
1.8.6 Contaminación. ....	33
1.8.7 Divisor de Flujo (Cortador de puntas).....	33
1.8.8 Divisor de Flujo (Triturador de puntas).....	34
1.8.9 Divisor de Flujo (Disco de Corte Lateral) .....	35
1.8.10 Circuito hidráulico del cortador de puntas estándar. ....	35
1.8.11 Circuito hidráulico del triturador del cortador de puntas.....	35
1.8.12 Circuito hidráulico del Cortador de Base. ....	36
1.8.13 Circuito hidráulico del trozador, rollos alimentadores, rollo tumbador, 1º y 2º rollos flotantes... 36	
1.8.14 Circuito hidráulico del Extractor Primario. ....	38
1.8.15 Circuito hidráulico del elevador. ....	38
1.8.16 Circuito hidráulico del Extractor Secundario. ....	38
1.8.17 Circuito hidráulico de la dirección (A7000).....	38
1.8.18 Circuito Auxiliar hidráulico de la combinada. ....	39
1.8.19 Freno A-7000. ....	40
1.8.20 Acumulador.....	40
1.8.21 Transmisión.....	41
<b>1.9 Componentes eléctricos de la combinada A7000.</b> .....	<b>42</b>
1.9.1 Mando del lado derecho - sección superior. ....	42
1.9.2 Mando del Lado Derecho - Sección Inferior .....	43
1.9.3 Mando del lado derecho - Sección inferior .....	44
1.9.4 Circuito Eléctrico de Partida. ....	45
1.9.5 Alternador. (24V / 100º).....	45
1.9.6 Extractor Primario. ....	46

1.9.7 Funciones Eléctricas del Elevador.....	47
1.9.8 Sensores.....	47
<b>1.10 Reparación de componentes hidráulicos. ....</b>	<b>48</b>
1.10.1 Mantenimientos.....	48
1.10.2 Ajuste del alineamiento.....	49
1.10.3 Motor Char-Lynn y mando de la dirección en la combinada A7000.....	50
1.10.4 Cambio del sello en el Char- Lynn 'Serie S'.....	50
1.10.5 Válvula de la tracción positiva (A7000).....	50
1.10.6 Válvula del cortador de puntas (trayectoria del aceite).....	51
1.10.7 Bloque de válvulas del elevador.....	51
1.10.8 Válvula del extractor primario.....	52
1.10.9 Válvula valvistor de flujo proporcional del rollo alimentador.....	52
1.10.10 Bloque de la válvula del enfriador de aceite.....	53
1.10.11 Banco Vickers con 4 y 6 válvulas.....	53
1.10.12 Bloque de control del cortador de base.....	54
1.10.13 Mantenimiento del bloque Manifold.....	54
1.10.14 Tolerancias de desgaste para componentes:.....	55
1.10.15 Inspección y reparación.....	55
<b>1.11 Abreviaturas.....</b>	<b>56</b>
<b>1.12 Conclusiones del Capítulo.....</b>	<b>57</b>
<b>Capítulo 2: Caracterización de los parámetros de explotación de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.....</b>	<b>58</b>
<b>2.1 Descripción general del trabajo realizado por la Cosechadora de Caña y su control diario.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2 Descripción de las variables que intervienen en el estudio.....</b>	<b>59</b>
<b>2.3 Análisis descriptivo de las variables.....</b>	<b>61</b>
2.3.1. Volumen de producción.....	61
2.3.2. Combustible consumido.....	68
2.3.4. Total de viajes transportados.....	78
2.3.5. Peso promedio de transportación.....	80
2.3.6. Tiempo perdido total.....	80
<b>2.4 Comparación entre el Volumen de Producción (Ton) y el Consumo de Combustible (Litros) de la Combinada # 1.....</b>	<b>83</b>
<b>2.5 Comparación entre el Volumen de Producción (Ton) y Total de Tiempos perdidas (H) de la Combinada # 1.....</b>	<b>85</b>

2.6 <i>Análisis de las diferentes causas de tiempos perdidos.</i> .....	87
2.7 <i>Conclusiones del Capítulo.</i> .....	89
<b>Capítulo III: Cálculo de la resistencia a la fractura por fatiga de las Cuchillas del Cortador de Base de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”</b> .....	
3.2 <i>Descripción de la propuesta para la recuperación de las cuchillas del picador base.</i> .....	91
3.3 <i>Cálculo de las cargas aplicadas a las cuchillas.</i> .....	96
3.3.1 <i>Determinación del momento torsor.</i> .....	97
3.3.2 <i>Determinación del valor de las cargas activas, del coeficiente de carga dinámico y las cargas dinámicas.</i> .....	98
3.3.3 <i>Cálculo de Fuerza de inercia.</i> .....	100
3.3.4 <i>Cálculo de las fuerzas internas existentes en la cuchilla.</i> .....	101
3.4 <i>Evaluación de la resistencia a la fatiga para una cuchilla en la sección con agujero y en la soldada.</i> .....	102
3.4.1 <i>Cálculo de las tensiones.</i> .....	103
3.4.2 <i>Determinación del factor de seguridad a la fatiga.</i> .....	107
3.5 <i>Aplicación de la Mecánica de la Fractura en el cálculo de la vida residual de las cuchillas.</i> .....	112
3.5.1 <i>Resistencia Residual y Tamaño crítico de la grieta.</i> .....	112
3.5.2 <i>Evaluación del crecimiento suscritico de la grieta.</i> .....	120
3.6 <i>Conclusiones del Capítulo.</i> .....	123
<b>Conclusiones Generales.</b> .....	123
<b>Recomendaciones.</b> .....	125
<b>Referencias Bibliográficas.</b> .....	127
<b>Bibliografía</b> .....	129
<b>Anexos</b> .....	132

# *Introducción*

## *Introducción.*

Para la zafra azucarera 2008-2009 el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ) compró 60 cosechadoras de caña marca Case serie A7000 a Brasil, con el objetivo de sustituir parte del antiguo parque en funcionamiento de Máquinas Cosechadoras KTP existentes en el país y elevar la eficiencia de la contienda.

Dos de esas modernas combinadas cañeras fueron ubicadas en nuestra provincia de Cienfuegos en el central “Ciudad Caracas” para aumentar la productividad en el corte mecanizado y el MINAZ Provincial planteó la necesidad de evaluar su funcionamiento durante la zafra para posibles nuevas inversiones de este parque.

Estas cosechadoras de caña de azúcar de Case IH, lanzadas al mercado en enero de 2001, son el resultado de la experiencia de 30 años de la marca en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en América Latina y de la tecnología australiana de Austoft, pionera en el desarrollo de ese tipo de máquinas.

Con dos modelos A7000, equipada con neumáticos, y A7700, sobre esteras, las nuevas máquinas tienen capacidad para cosechar de 800 a 1.000 toneladas de caña de azúcar por día. Poseen un motor de 330 CV y pueden trabajar a una velocidad de hasta 12 Km/hora, con rendimiento promedio nominal de hasta 70 toneladas/hora, dependiendo de las condiciones del cultivo.

La cosechadora de caña de azúcar de Case IH/Austoft posee transmisión hidrostática independiente y bombas regulables con flujo variable. Un conjunto despuntador corta las hojas verdes del cañaverol, consiguiendo mantener el producto picado más limpio. El corte de base, compuesto por dos discos con 5 cuchillas cada uno, corta la caña de azúcar que cae en los rodillos alimentadores, llevando el producto para el interior de la máquina. Para ser picada, la caña de azúcar pasa por el picador rotativo que posee cuatro láminas de corte sustituibles.

El sistema de extracción hace que la caña de azúcar pase por dos puntos de limpieza antes de llegar al trasbordo. 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. La serie A7000 puede ser equipada con ruedas o con orugas que disminuyen la compactación del suelo y facilitan el desplazamiento de la máquina en el cañaveral.

El Colectivo de Mecánica Aplicada de la Universidad de Cienfuegos está realizando un estudio integral de estas máquinas, que recoge datos estadísticos de su explotación y se han establecido indicadores que podrán ser utilizados como elementos de referencia y de comparación para futuras zafras. El Ministerio del Azúcar ha recibido con gran complacencia que Cienfuegos sea la única provincia del país donde se está llevando un estudio como el mencionado que sin dudas será de gran utilidad para el MINAZ.

El Objeto de Estudio del presente trabajo es por lo tanto la caracterización del funcionamiento de estas Máquinas Cosechadoras y de su explotación

Como Objetivo General del Trabajo se plantea lo siguiente:

“Caracterizar la Cosechadora de Caña Marca Case IH Serie A7000 desde el punto de vista de su estructura y funcionamiento, los principales indicadores de su explotación y sus averías más frecuentes”

Como Objetivos Específicos se plantearon los siguientes:

1. Profundizar en las características constructivas y de funcionamiento de estas Máquinas Cosechadoras de Caña.
2. Estudiar los parámetros fundamentales de explotación obtenidos durante la zafra 2008 – 09 de la Combinada No. 1, de manera de poder tener elementos para su evaluación integral al concluir la zafra y contribuir a la toma de decisiones acerca de posibles nuevas inversiones.
3. Estudiar el comportamiento de las cuchillas del cortador de base, su capacidad resistente y evaluar la posibilidad de recuperar por soldadura de las cuchillas de corte.

# *Capítulo I*



## **Capítulo1: Generalidades de la Cosechadora de Caña # 1 Marca CASE Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.**

### **1.1 Características principales de las Cosechadoras de Caña Serie A7000.**

Estas cosechadoras de caña de azúcar de Case IH, lanzadas al mercado en enero de 2001, son el resultado de la experiencia de 30 años de la marca en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en América Latina y de la tecnología australiana de Austoft, pionera en el desarrollo de ese tipo de máquina.

Con dos modelos A7000, equipada con neumáticos, y A7700, sobre orugas las nuevas máquinas tienen capacidad para cosechar de 800 a 1000 toneladas de caña de azúcar por día. Poseen un motor de 330 CV y pueden trabajar a una velocidad de hasta 12 Km/hora, con rendimiento promedio de hasta 70 toneladas/hora, dependiendo de las condiciones del cultivo.

La cosechadora de caña de azúcar de Case IH/Austoft posee transmisión hidrostática independiente y bombas con flujo variable. Un conjunto despuntador corta las hojas verdes del cañaveral, consiguiendo mantener el producto picado más limpio. El corte de base, compuesto por dos discos con 5 cuchillas cada uno, corta la caña de azúcar que cae en los rodillos alimentadores, llevando el producto para el interior de la máquina. Para ser picada, la caña de azúcar pasa por el picador rotativo que posee cuatro láminas de corte sustituibles. A continuación se presentan en la Tabla 1.1 algunos datos de la Combinada Serie A7000 y A7700.

**Tabla 1.1 Datos técnicos de las combinadas Serie A7000 y A7700.**

<b>Modelo</b>	<b>Potencia del motor</b>	<b>Velocidad de cosecha</b>	<b>Altura del descogollador</b>	<b>Altura operacional</b>
A 7700	330 CV - 240 Kw	hasta 9 Km/h	3.600 mm	5.940 mm
A 7000	330 CV - 240 Kw	hasta 20 Km/h	3.600 mm	5.940 mm

## 1.2 Componentes mecánicos, su función y sus especificaciones hidráulicas.

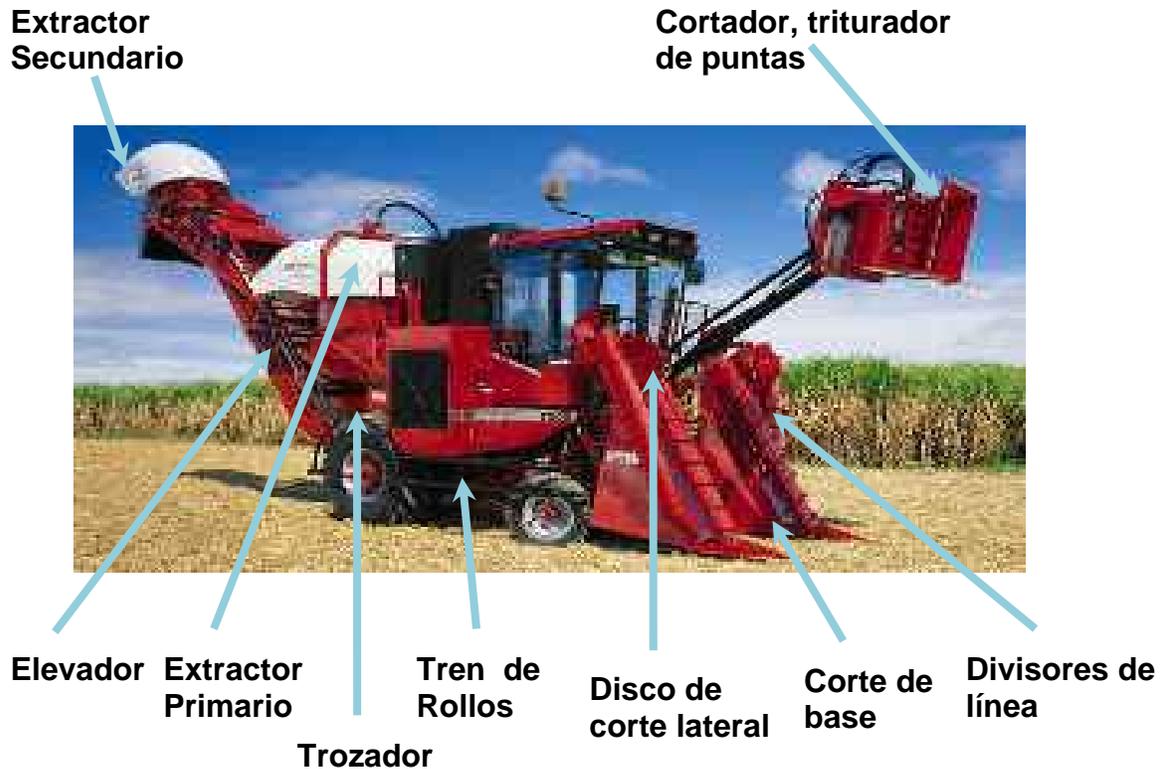


Fig. 1.2 Partes Mecánicas de la Cosechadora de Caña Serie A7000.

En la Fig. 1.2 se muestra una imagen de la combinada Serie A7000 con todas sus partes mecánicas señaladas y a continuación se describen cada una de sus partes.



Fig. 1.3 Cortador de Puntas.

### 1.2.1 Cortador de Puntas.

El cortador de puntas corta los cogollos de la caña en un único pedazo y lo tira para los lados. La altura es controlada por el operador. El cortador está compuesto por un chasis robusto, como se muestra en la Fig. 1.3, en el cual están armados dos tambores reunidores, accionados individualmente por motores Orbitales modelo KS Char-lynn “S”, 1 1/4” de 14 pulgadas 3. El disco picador con 8 láminas está armado entre los tambores reunidores y es accionado por un motor Commercial M30 con engranaje de 1”. A continuación se muestran algunas especificaciones hidráulicas en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Especificaciones hidráulicas del cortador de puntas.

<b>CORTADOR DE PUNTAS (STD)</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial FD 30 Engranaje	1” 12 gpm
<b>Motor</b>	Comercial M30 Engranaje 1”	
<b>Tambor de corte</b>	Velocidad del tambor	1423 rpm
<b>Motor de accionamiento</b>	Char-Lynn 'Serie S'	14 Pul. cub.
<b>Discos reunidores</b>	Velocidad del tambor	189 rpm
<b>Mando</b>	Vickers compuesta, operada por solenoide.	
<b>Válvula de escape</b>	Vickers	2650 psi

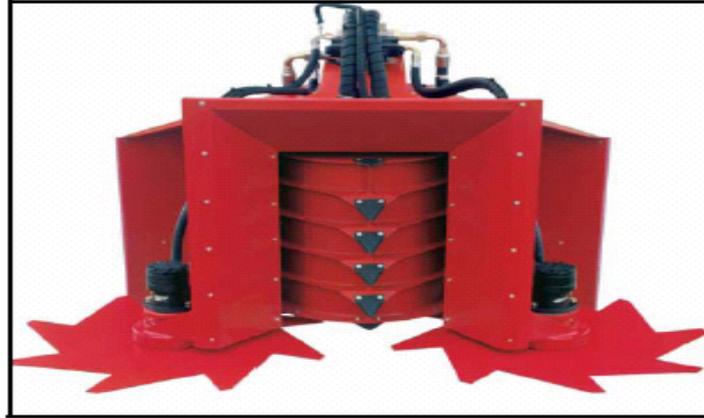


Fig. 1.4 Triturador de Puntas.

### 1.2.2 Triturador de Puntas.

El triturador de puntas corta las puntas de la caña en pedazos menores de 100 mm y los tira para los lados. La altura es controlada por el operador. Este equipo está compuesto por un chasis robusto como es mostrado en la fig. 1.4, en el cual están armados dos discos reunidores, accionados individualmente por motores Orbitales modelo KS Char-lynn “S”, 1 1/4”. El tambor de 24 láminas está armado entre los discos reunidores y 10 láminas son atornilladas en la carcaza (5 de cada lado) donde actúan las láminas del tambor del cortador de puntas. El tambor es accionado por un motor Commercial M50, Engranaje 2 1/4”. En la Tabla 1.3 se muestran las especificaciones hidráulicas de este elemento mecánico.

Tabla 1.3 Especificaciones hidráulicas del triturador de puntas.

TRITURADOR DE PUNTAS		
<b>Motor</b>	Comercial M50 Engranaje 2 1/4”	
<b>Tambor de corte</b>	Velocidad del tambor	1160 rpm
<b>Motor de accionamiento</b>	Char-Lynn 'Serie S'	14 Pul. cub.
<b>Discos reunidores</b>	Velocidad de los discos	272 rpm
<b>Válvula de control</b>	Vickers compuesta, operada por solenoide	

<b>Válvula de escape</b>	Vickers	2650 psi
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial FD 30 Engranaje 1”	12 gpm
	Comercial FD30 Engranaje 1 3/4”	21 gpm
	Flujo total	33 gpm



Fig. 1.5 Divisores de Línea.

### 1.2.3 Divisores de Línea.

El divisor de línea levanta la caña caída y separa la caña de la línea cortada de la caña en el camino lateral. La altura es controlada por el operador. Los divisores de línea están compuestos por una estructura conectada al chasis principal como se muestra en la Fig. 1.5 de la cosechadora a través de dos brazos. Estos brazos actúan en paralelo para levantar y bajar los divisores para mantener la luz deseada entre las zapatas del divisor y el suelo, permanentemente. La altura es regulada por un cilindro hidráulico operado desde la cabina. Armado en la estructura del divisor, existe un tubo cónico con una tira en espiral soldada. El mismo es girado por un motor orbital, que también sostiene la parte superior de la espiral por medio de guías. La parte inferior de la espiral es sostenida por un rodamiento armado en la estructura del divisor.

Capítulo I: Generalidades de la Cosechadora de Caña # 1 Marca CASE Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

---

Existe también una pared lateral flotante que se fija en la parte trasera de la estructura del divisor de línea y flota para acomodarse a las condiciones del terreno. La doble espiral es estándar y se arman en la parte exterior de la espiral normal. Para pequeños mantenimientos, el conjunto del divisor de línea se podrá reparar sin ser removido del chasis de la cosechadora, pero en el caso de ser necesario una reparación de mayor envergadura, el conjunto del divisor de línea podrá ser retirado del chasis de la cosechadora. En la Tabla 1.4 podemos ver algunos datos hidráulicos de sus componentes.

Tabla 1.4 Especificaciones hidráulicas de los divisores de línea.

DIVISORES DE LÍNEA		
<b>Suministro de aceite</b>	Sección 1" del motor del cortador de base	18,8 gpm
<b>Motor de accionamiento</b>	Char-Lynn Serie 2000	24 Pul. cub.
<b>Válvula de escape</b>	BA66K	2500 psi



Fig. 1.6 Discos de Corte Lateral (OPC).

#### 1.2.4 Discos de Corte Lateral (OPC).

Los discos de corte lateral auxilian en la cosecha de caña verde y caña tronzada, separando la línea de corte del camino lateral. Para plantaciones muy densas, los discos de corte se arman del lado externo de cada divisor de línea. El disco de corte lateral como se muestra en la Fig. 1.6 consiste en un disco circular con 8 láminas atornilladas y accionadas por un motor orbital modelo Char-lynn 2000 4.9 pul<sup>3</sup>. Los discos de corte lateral se podrán levantar y bajar manualmente o hidráulicamente por mandos en la cabina (Opcional). A continuación en la Tabla 1.5 podemos ver otras especificaciones hidráulicas del disco de corte lateral.

Tabla 1.5 Especificaciones hidráulicas del disco de corte lateral.

DISCO DE CORTE LATERAL		
<b>Suministro de aceite</b>	Sección 1" FD30 del Divisor de Flujo	12 gpm
<b>Motor de accionamiento</b>	Char-Lynn Serie 2000	4, 9 Pul. cub.
<b>Válvula de escape</b>	Vickers integrada	2850 psi

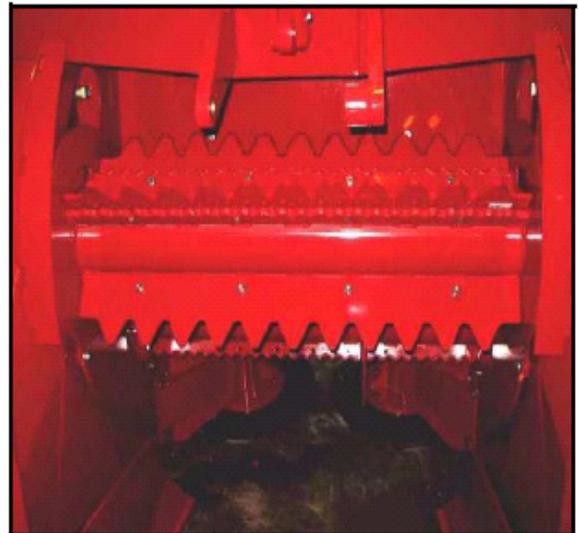
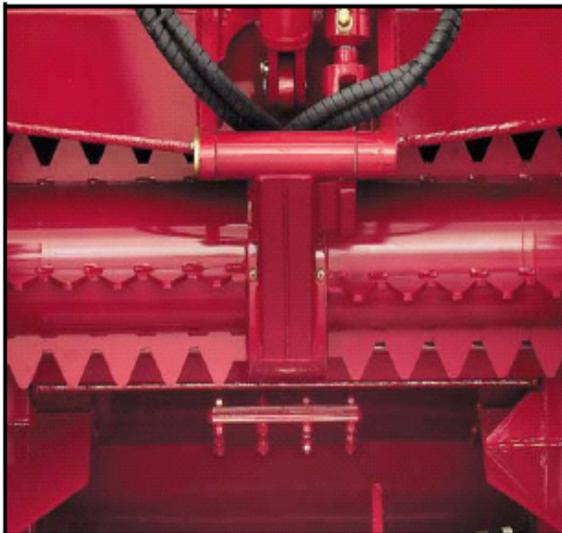


Fig. 1.7 Rollo Tumbador.

### 1.2.5 Rollo Tumbador.

El rollo tumbador como se muestra en la Fig. 1.7 está reglado para auxiliar en la alimentación de la caña caída. El rollo tumbador ayuda en la alimentación de gran cantidad de caña caída hacia el interior de la máquina.



Fig. 1.8 Zapatillas Flotantes.

### 1.2.6 Zapatillas Flotantes.

Las zapatillas flotantes direccionan los pedazos caídos para el cortador de base, reduciendo la pérdida. En función de las diferentes condiciones de las plantaciones y tipos de cultivo, podrá ser necesario el uso de laterales flotantes como se muestra en la fig. 1.8 que orientan la caña hacia el cortador de base. Las laterales flotantes son fijadas en el divisor de línea por un bulón de 20 mm y apoyadas en la parte trasera por una cadena ajustable.



Fig. 1.9 Rollo Alimentador.

### 1.2.7 Rollo Alimentador.

El rollo alimentador auxilia en la tracción de la caña para el cortador de base (Fig. 1.9).



Fig. 1.10 Cortador de Base.

### 1.2.8 Cortador de Base

La función que realiza es: Corta la caña a nivel de la tierra y la alimenta primero en el conjunto del rollo de alimentación (Fig. 1.10).

La altura es controlada por el operador. A continuación aparece en la Tabla 1.6 los datos hidráulicos del cortador base.

Tabla 1.6 Especificaciones hidráulicas del cortador de base.

<b>CORTADOR DE BASE</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial P365	82 gpm
	Eaton Vickers VMQ 35 25 25	85 gpm
<b>Motor de accionamiento</b>	Comercial M51 Engranaje 1" x 1" x 2 1/2"	
<b>Velocidad del disco</b>	Caja de reducción de la pierna	640 rpm
<b>Válvula de control</b>	Vickers	
<b>Válvula de escape</b>	Vickers integrada	2500 psi

### 1.2.9 Caja de engranajes del cortador de base.

La caja de engranajes es de construcción rígida y está ensamblada y fijada en las laterales de la máquina por bulones. Las piernas del cortador de base son accionadas y mantenidas en sincronismo por un conjunto de engranajes dentro de la caja. La potencia de accionamiento es suministrada por un motor hidráulico M51, armado en el lado izquierdo de la caja de engranajes. La rotación del disco es de 640 rpm y la relación de la caja es de 2.65:1.



Fig. 1.11 Conjunto de Rollos Alimentadores (Tren de Rollos).

### 1.2.10 Conjunto de Rollos Alimentadores (Tren de Rollos).

El conjunto de rollos alimentadores alimentan la caña cortada primero para el picador y permite la queda libre de impurezas. El conjunto de rollos de alimentación mostrado en la Fig. 1.11 consiste en un rollo levantador armado detrás del corte de base, cinco rollos fijos inferiores y cinco rollos flotantes superiores. Los rollos son armados con un rodamiento sellado que se centra automáticamente de un lado y es soportado por el rodamiento cónico del motor de accionamiento del otro lado. Los motores de doble accionamiento son apoyados en ambos extremos por los rodamientos cónicos de los motores de accionamiento. Las extremidades de cada rollo poseen una brida para evitar la suciedad y proteger los rodamientos y selladores. Los primeros dos rollos inferiores poseen 3 tarugos similares al rollo levantador. Todos los demás rollos poseen ocho tarugos soldados al tambor del rollo. Los tarugos en todos los rollos poseen la superficie endurecida. El rollo levantador asegura que la caña sea alimentada dentro del conjunto de rollos después de ser cortada por el corte de base. Se deberán mantener el juego entre los discos del cortador y los tarugos de los rollos en el mínimo posible para evitar la pérdida de la caña. El conjunto completo de los rollos es accionado por motores orbitales independientes. El desalineamiento máximo de la pared lateral es de 1,5mm. El juego de las extremidades de los rollos entre dos motores Char-Lynn es de 2 mm a 7 mm. (Separadores disponibles en 5mm). A continuación se muestran los datos hidráulicos del conjunto de rollos alimentadores o (TREN de ROLLOS) en las Tablas 1.7, 1.8 y 1.9.

Tabla 1.7 Especificaciones hidráulicas de los rollos alimentadores N° 5 - 11.

<b>ROLLOS ALIMENTADORES N° 5 - 11</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Motor Inferior del Picador, Char Lynn 40, 6 pul cub.	31 gpm
<b>Motores de accionamiento</b>		

Capítulo I: Generalidades de la Cosechadora de Caña # 1 Marca CASE Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

<b>Rollo Nº. 5</b>	Motor Char-Lynn serie 2000	2 x 18, 7 Pul. cub.
<b>Rollos Nº 6 – 11</b>	Motor Char-Lynn serie 2000	18, 7 Pul. cub.
<b>Motor Char-Lynn serie 2000</b>	18	7 Pul. cub.
<b>Válvula de control</b>	Valvistor variable Vickers	
<b>Válvula de escape</b>	Cartucho de montaje en el bloque de la valvistor Vickers	2200 psi

Tabla 1.8 Especificaciones hidráulicas de los rollos alimentadores (inferiores).

<b>ROLLOS ALIMENTADORES (INFERIORES)</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Motor del cortador de base - sección 1”	18, 8 gpm
<b>Motores de accionamiento</b>	Rollos Alimentadores Char-Lynn serie 2000 (1& 2)	2 x 24 Pul. cub.
	2º Rollo Inferior Alimentador Char-Lynn serie 2000 (4)	24 Pul. cub.
<b>Válvula de escape</b>	BA66K	2500 psi

Tabla 1.9 Especificaciones hidráulicas de los rollos alimentadores flotantes.

<b>ROLLOS ALIMENTADOR / PKD / 1º Y 2º FLOTANTE</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Motor del picador superior (Char Lynn 40, 6 Pul. cub.)	31 gpm
<b>Motores de accionamiento</b>		
<b>Rollo alimentador</b>	Char-Lynn serie 2000	2 x 24 Pul. cub.

<b>Rollo PKD</b>	Char-Lynn serie 2000	2 x 24 Pul. cub.
<b>1os Rollo flotante (3)</b>	Char-Lynn serie 2000	1 x 18, 7 Pul. cub.
<b>2o Rollo flotante</b>	Char-Lynn serie 2000	1 x 18, 7 Pul. cub.
<b>Válvula de control</b>	Vickers	
<b>Válvula de escape</b>	Comercial BA66 - Circuito del Cort. de base	2500 psi



Fig. 1.12 Picador.

### 1.2.11 Picador.

El picador es un conjunto de rollos giratorios equipados con láminas que cortan la caña en pedazos. Este sistema de corte consiste en dos rollos con rotación invertida como se muestra en la Fig. 1.12 y cuchillas adecuadas de corte armadas en ambos rollos. Cada cuchilla es ajustada en el rollo trozador por 7 tornillos y una barra protectora (Castaña). Los rollos son accionados hidráulicamente por dos motores orbitales individuales que son sincronizados por los engranajes. Un volante que gira en un eje independiente es accionado por un engranaje superior del picador, dando inercia adicional para equilibrar al sistema.

El volante se ajusta con un embrague, para proteger los engranajes en el caso de bloqueo de los rollos trozadores. En la Tabla 1.10 se muestran los datos hidráulicos del picador.

El mecanismo del picador se podrá reparar sin remover la caja de engranajes del chasis principal. Sin embargo, si se remueve la caja de engranajes del chasis para reparación, deberá ser realineada.

Tabla 1.10 Especificaciones hidráulicas de los rodillos del picador.

RODILLOS DEL PICADOR		
<b>Suministro de aceite</b>	P365 2” Comercial para engranaje	62 gpm
	Eaton Vickers VQ 35 25	62 gpm
<b>Motores</b>		
<b>6/8 Láminas - Centro de 15”</b>	Char-Lynn serie 10, 000	40, 6 Pul. cub.
	Velocidad del eje	178 rpm
<b>Válvula de control</b>	Vickers, funcionamiento pilotado	
<b>Válvula de escape</b>	Vickers integrada	2750 psi



Fig. 1.13 Extractor Primario.

### 1.2.12 Extractor Primario.

El extractor primario produce fuertes corrientes ascendentes de aire, separando las impurezas de los pedazos de caña en cuanto estos caen en el cesto. El extractor de brazo vertical consiste en un ventilador como se muestra en la Fig. 1.13 accionado por un motor hidráulico armado en la parte superior de la tolva. La carcasa del extractor soporta el apoyo del ventilador y la cámara de limpieza. Un eje vertical en el centro de la carcasa tiene rodamientos cónicos que soportan el ventilador. Estos rodamientos son lubricados con grasa. El soporte del ventilador es accionado por un eje ranurado. El acoplamiento que conecta a la muesca del eje accionado por un motor, tiene una ranura externa que se utiliza para activar el sensor de proximidad que mide el régimen del extractor. A continuación en la tabla 1.11 se muestran los datos hidráulicos del extractor primario.

Tabla 1.11 Especificaciones hidráulicas del extractor primario.

<b>EXTRACTOR PRIMARIO</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial P365B 1 1/2" Engr.	45 gpm
	Eaton Vickers VQ 35 25	43 gpm
<b>Motores de accionamiento</b>	Comercial M365A 2 1/4" Engranaje.	45 gpm
	Velocidad del ventilador	600 - 1100 rpm
<b>Comando</b>	Valvistor Variable Vickers	
<b>Válvula de alivio</b>	Cartucho de montaje en el bloque Valvistor Vickers.	3500 psi



Fig. 1.14 Gorro del Extractor Primario.

### 1.2.13 Gorro del Extractor primario.

El gorro del extractor primario direcciona la suciedad para afuera del transportador y otras áreas (Fig. 1.14).



Fig. 1.15 Elevador.

### 1.2.14 Elevador.

El elevador conduce los pedazos de caña para la tolva, siendo este movimiento controlado por el operador. El elevador posee un vano libre elevado para minimizar daños como se muestra en la Fig. 1.15 que podrán ser causados por contenedores de caña que entren en contacto con la parte inferior del elevador.

El elevador en sí es adaptable en la altura, controlado a través de la cabina por dos cilindros hidráulicos que sostienen al elevador. Esto permite que el elevador sea bajado al pasar por áreas con obstrucciones aéreas y para minimizar la altura de las plataformas requeridas para el mantenimiento del extractor y del eje. El elevador puede girar 160° para permitir que la máquina pueda operar con corte en una cara. La oruga del elevador está compuesta por cadenas dobles tipo rodillo, con anchos iguales, de 2” y paso de 1 1/2” conectada por tarugos atornillados en las conexiones. El accionamiento es realizado por motores orbitales Char-lynn armados en cada lado, reversibles para permitir el desbloqueo. Los rodamientos del eje de accionamiento se arman con ajuste para mantener una tensión correcta en la cadena. Las cadenas son accionadas por ruedas dentadas armadas en las uniones del elevador para reducir el desgaste. La rueda dentada posee un pasador en el eje. El otro eje no tiene dientes, para permitir la variación de la longitud de la cadena. Para ajustar la cadena del elevador, soltar los ocho tornillos que fijan los rodamientos y los tres tornillos que fijan el piso ajustable del elevador. Soltar las tuercas de los tornillos y girar los tornillos de ajuste hasta obtener la tensión correcta. Las dos cadenas se deberán regular igualmente para que el eje delantero y trasero queden paralelos. La tensión correcta permite una luz de 25 mm (1”) en el punto más tenso de la cadena, medido en la sección abierta en la parte inferior del elevador. Al estar correcta la tensión, reajustar las tuercas de los tornillos de ajuste y reajustar todos los demás tornillos y tuercas. Existen tarugos de desgaste reemplazables atornillados en los rodillos de las cadenas. Al estar los mismos con desgaste excesivo, se deberán reemplazar por nuevos. Al sustituir los tarugos, sustituir también los tornillos. En la tabla 1.12 se muestran algunos datos hidráulicos del elevador.

Tabla 1.12 Especificaciones hidráulicas del elevador.

<b>ELEVADOR</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial P365 1” Engranaje.	29 gpm
	Eaton Vickers VQ 35 25	34 gpm
<b>Mando</b>	Válvula Vickers compuesta	
<b>Funciones del cilindro</b>	Flap del volquete	2 gpm
	Giro de la tolva del extractor secundario	2 gpm
	Levantar/Bajar el Elevador	6 gpm
<b>Válvula de escape</b>	Válvula Vickers Secuencial	1750 psi
<b>Motores de la cadena</b>	Char-Lynn serie 2000	24 Pul. cub. 30 Pul. cub.
<b>Válvula de escape</b>	Vickers	2000 psi
<b>Motor del extractor secundario</b>	Comercial M50 Engranaje 1 1/2”	
<b>Válvula de escape</b>	Vickers	2500 psi

Además en el conjunto del elevador se recomienda cambiar las dos cadenas y ruedas dentadas cuando algunos de estos ítems estén desgastados, porque el paso de una cadena y el diámetro primitivo de una rueda dentada usada es diferente con relación a las nuevas. Retirar todos los tarugos y soltar la cadena y remover del elevador. Soltar los tornillos de cada rueda dentada y remover.



Fig. 1.16 Flap.

### 1.2.15 Flap.

El flap es usado para distribuir los pedazos de caña por igual en la tolva. Su posición es controlada por el operador (Fig. 1.16).



Fig. 1.17 Extractor Secundario.

### 1.2.16 Extractor Secundario.

El extractor secundario produce fuertes corrientes de aire, retirando impurezas de los pedazos de caña, en cuanto estos caen en la tolva. El conjunto del ventilador del extractor primario como se muestra en la Fig. 1.17 consiste en un rodamiento cilíndrico en el cual se arman tres láminas curvas. El soporte del ventilador secundario tiene un diámetro de 915 mm (36”).

El rodamiento se atornilla en la brida del eje, que se ensambla en dos rodamientos y es accionado por un motor Commercial M50 - 1 1/ 2”. El extractor es proyectado para tener un área de mantenimiento sobre la lámina del ventilador. Las láminas del ventilador se deberán verificar regularmente en lo que se refiere a señales de fatiga y desgastes. Una engrasadora se ensambla en el tope de la brida, para engrase. Engrasar toda semana o cada 2000 toneladas.

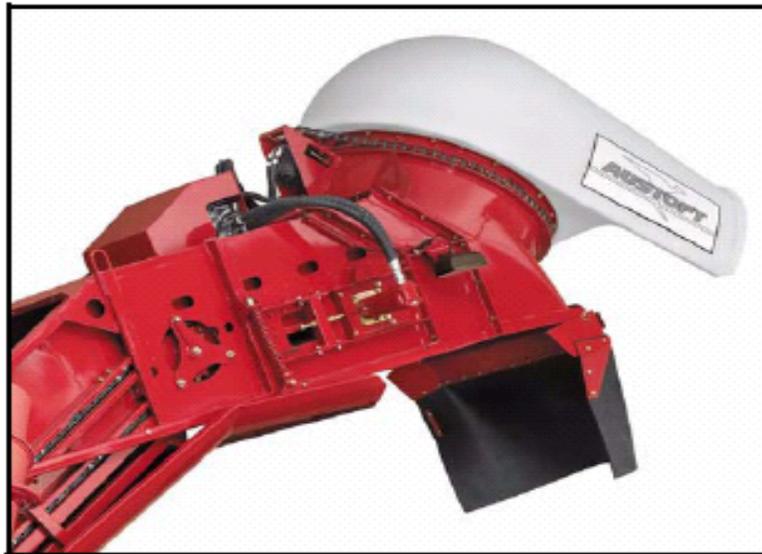


Fig. 1.18 Gorro del Extractor Secundario.

### **1.2.17 Gorro del Extractor Secundario.**

El gorro del extractor primario direcciona las impurezas para afuera de la tolva y otras áreas (Fig. 1.18).

### **1.2.18 Diagrama del Flujo de la Caña.**

En la Fig. 1.19 se muestra un diagrama del flujo de la caña en la combinada A7000, a continuación se mencionan todos los pasos hasta que la caña sale por el elevador.

1. Cortador de puntas.
2. Divisores de líneas.
3. Rollo tumbador.

4. Rollo alimentador.
5. Corte de base.
6. Rollos levantadores.
7. Rollos alimentadores.
8. Picador.
9. Extractor primario.
10. Elevador.
11. Extractor secundario.

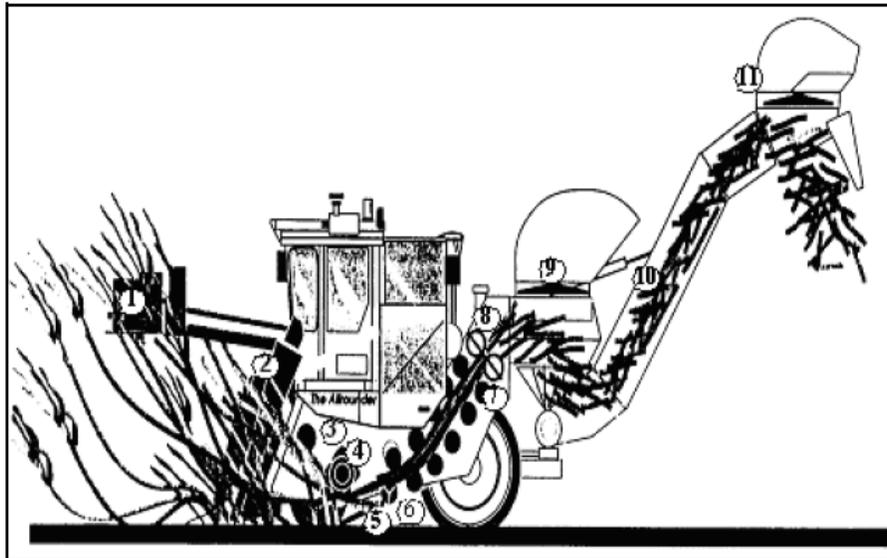


Fig. 1.19 Diagrama de flujo de caña.

### 1.2.19 Diagrama del Sistema de Limpieza.

En la Fig. 1.20 se muestra un diagrama de limpieza en la combinada y la función que realiza cada una de sus partes, para que la caña salga lo más limpia posible y pueda ser llevada directo al basculador del central.

1. Cortador de punta: corta y lanza las puntas
2. Rollo levantador: rechazo de suciedad.
3. Rollos alimentadores: remoción de hojas, suciedad y piedras.

4. Picador: corta hojas en pedazos pequeños para mejor extracción.
5. Extractor primario: rechazo de suciedades y residuos.
6. Piso perforado del elevador: descarga de suciedades y pedazos pesados.
7. Extractor secundario: etapa final de limpieza y remoción de residuos.

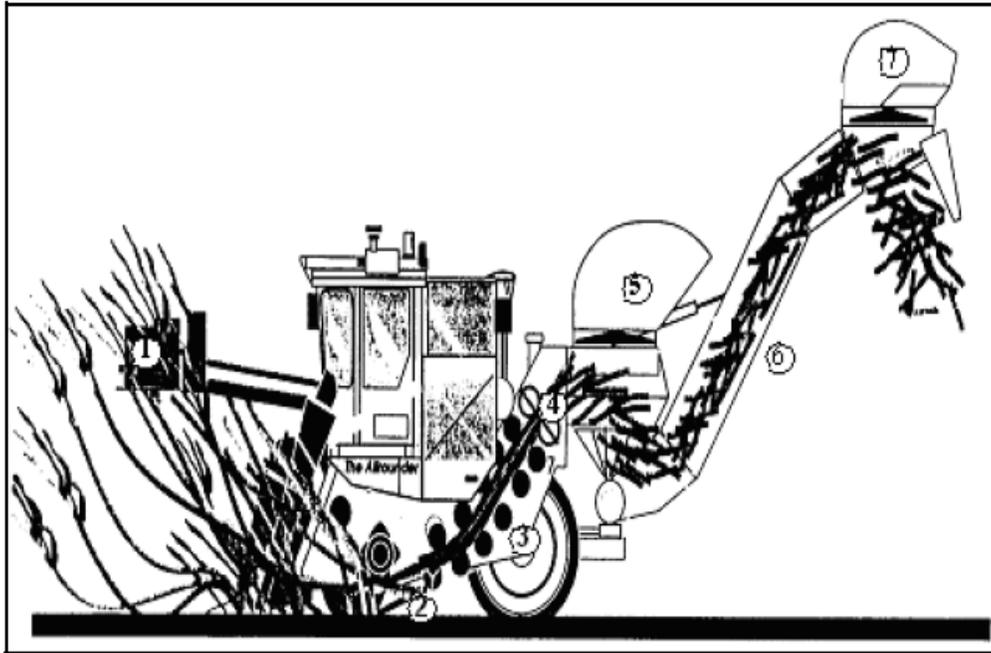


Fig. 1.20 Diagrama del sistema de limpieza.

#### 1.2.20 Dirección.

El aceite es suministrado para la válvula prioritaria Eaton por una sección del divisor de flujo. El control es realizado por un motor orbital Eaton Char-lynn que actúa en dos cilindros hidráulicos de dirección armados entre el chasis y los cilindros de la suspensión delantera. La dirección es controlada por dos cilindros hidráulicos PTE. Los mismos se conectan al chasis por una guía con rótula y en la suspensión por un Terminal esférico. Existe una barra de ajuste entre el Terminal esférico y la varilla del cilindro. Cubrir y proteger los cilindros antes de iniciar las reparaciones. En la Tabla 1.13 se muestran algunos datos hidráulicos de la dirección de la combinada.

Tabla 1.13 Especificaciones hidráulicas de la dirección.

DIRECCIÓN		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial FD 30 1” Engranaje.	12 gpm
<b>Válvula de control</b>	Char-Lynn orbitol Sentido de Carga	
<b>Válvula de escape</b>	Válvula de Flujo Integral Eaton	2500 psi
<b>Accionadores</b>	2 cilindros de dirección con válvulas de fase	

### 1.2.21 Suspensión delantera.

El cilindro hidráulico es en realidad la guía principal y tiene la punta de eje armada en su extremidad inferior. El encaje de la varilla está armado en el chasis por debajo la plataforma de la cabina y la parte inferior de la guía principal está apoyada en un rodamiento de esfera en el bloque de soporte. Un brazo radial doble con rodamientos esféricos conecta el bloque de soporte al chasis. Una placa con cuatro tornillos sujeta los brazos radiales. La masa de la rueda delantera se apoya en rodamientos cónicos y el aro se podrá retirar de la maza.

### 1.3 Partes principales del Motor Scania DC9 y su funcionamiento.

En la Fig. 1.21 se muestra la imagen del motor Scania DC9 el cual es utilizado por esta cosechadora de caña A7000. Este motor brinda una buena potencia y permite que la cosechadora pueda desempeñarse en zonas de muy difícil acceso. A continuación se muestran las partes principales de este motor con su función.

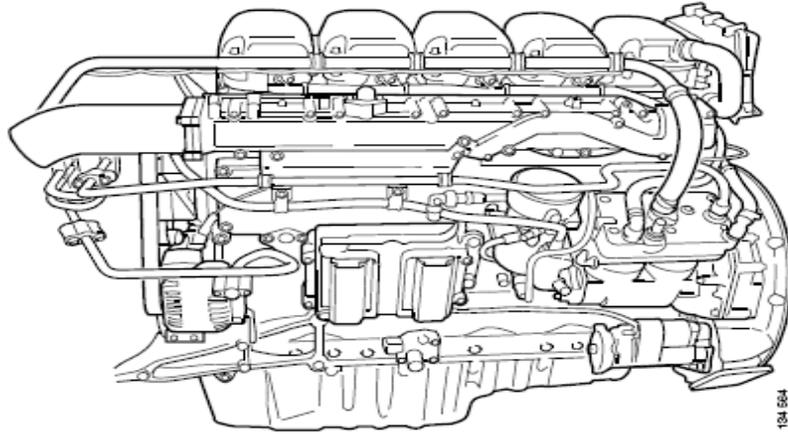


Fig. 1.21 Motor Scania DC9.

### 1.3.1 Bloque motor.

En el bloque del motor mostrado en la Fig. 1.22, de una sola pieza, hay una culata por cada cilindro. Las camisas de cilindro son de tipo húmedo.

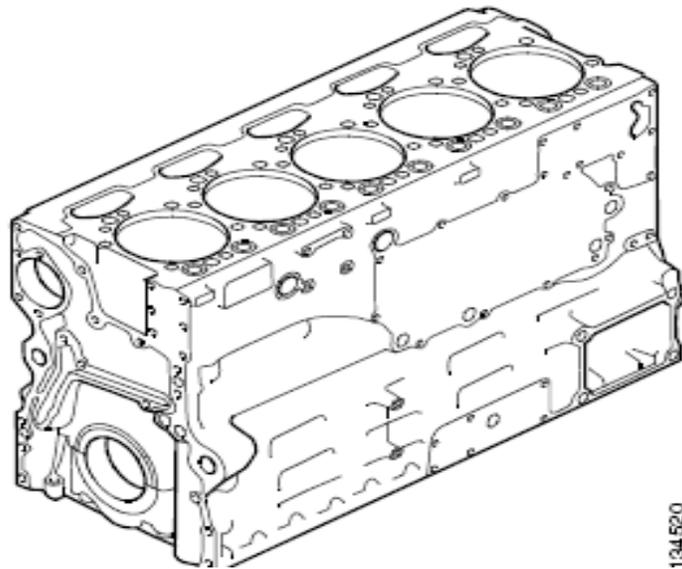


Fig. 1.22 Bloque del motor Scania DC9.

### 1.3.2 Cigüeñal.

El cigüeñal que se muestra en la Fig. 1.23 lleva una corona que acciona el conjunto de eje de compensación; remítase a la ilustración. La corona se monta por contracción en caliente.

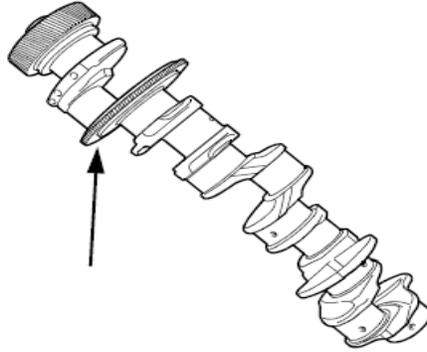


Fig. 1.23 Cigüeñal del motor Scania DC9.

### 1.3.3 Conjunto de eje de compensación.

Simplificando, el conjunto de eje de compensación mostrado en la Fig. 1.24 está compuesto, por un bastidor y dos ejes de compensación. Los ejes de compensación giran al doble de la velocidad del cigüeñal en direcciones opuestas, y son impulsados por una corona externa que va montada en el cigüeñal. Cuando los ejes giran, generan fuerzas que contrarrestan las vibraciones del motor.

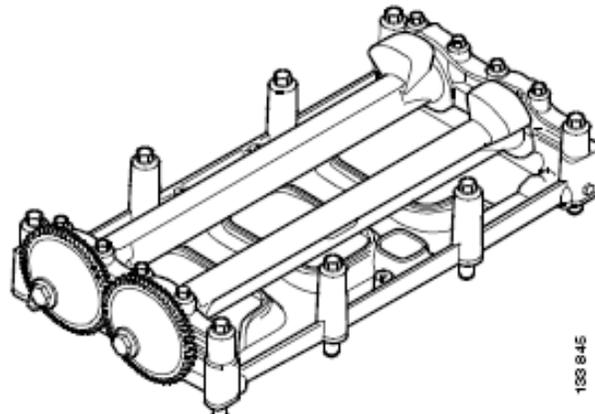


Fig. 1.24 Conjunto de eje de compensación del motor Scania DC9.

### 1.3.4 Sistema de lubricación.

Además del cárter, el sistema de lubricación que se muestra en la Fig. 1.25 está formado por los siguientes elementos.

- 1- Filtro de aceite
- 2- Bomba de aceite

- 3- Válvula de seguridad (en la bomba de aceite)
- 4- Enfriador de aceite
- 5- Filtro de aceite
- 6- Válvula de descarga (en la carcasa del purificador de aceite)
- 7- Filtro de aceite
- 8- Válvula de refrigeración de pistones (en la carcasa del purificador de aceite)
- 9- Sensor de presión de aceite (en la carcasa del filtro de aceite)

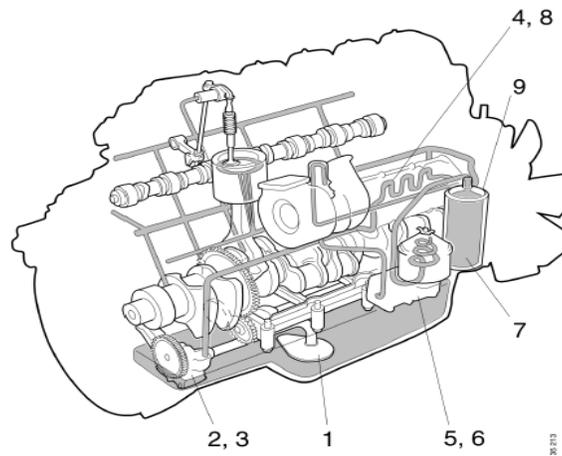


Fig. 1.25 Esquema del sistema de lubricación del motor.

### 1.3.5 Datos técnicos del Motor Scania DC9.

Tabla 1.14 Datos técnicos del Motor Scania DC9.

<b>Tipo de motor</b>	DC9
<b>Nº de cilindros</b>	5.
<b>Orden de encendido</b>	1, 2, 4, 5, 3.
<b>Diámetro de los cilindros</b>	127mm.
<b>Recorrido del pistón</b>	140mm.
<b>Capacidad</b>	8,87 litros.
<b>Régimen del motor a ralenti bajo</b>	500 rpm

<b>Régimen del motor a ralenti acelerado</b>	2400 rpm
<b>Posición de ajuste</b>	Referencias en la placa de datos del motor.
<b>Capacidad de aceite</b>	27 - 35 litros.
<b>Filtro de aceite</b>	Filtro combinado de flujo total con filtro by-pass. Elemento tipo spin on /spin off.
<b>Capacidad del radiador</b>	53 L
<b>Filtro de agua</b>	Tipo estanque
<b>Filtros de combustible</b>	Primario laberinto de agua tipo estanque. Secundario: tipo estanque.
<b>Corte (Sistema de Seguridad)</b>	Sistema de seguridad controlado por una unidad eléctrica electrónica, con un sistema de alerta en el panel electrónico en la cabina.
<b>Relación de Compresión</b>	18:1

#### **1.4 Caja de engranajes del accionamiento de las bombas.**

La caja de engranajes con cuatro agujeros es de construcción robusta, proyectada para garantizar un funcionamiento libre de problemas, con un mínimo de mantenimiento. Consiste en un engranaje que acciona tres engranajes de salida. Las bombas hidráulicas se arman en las mazas de los engranajes a través de ranuras. El accionamiento por el volante del motor se transmite al eje de entrada a través de una placa resorte de accionamiento, para absorber las cargas de impacto.

#### **1.5 Masa de reducción modelo 40 - A7000.**

La unidad está compuesta por una masa armada en un eje que se atornilla en el chasis de la máquina. Existe un conjunto de engranaje de reducción del tipo "double epicycle", armado en la masa. La masa de reducción es accionada por un motor hidráulico Eaton, acoplado a un eje al cual se ensambla un freno a disco. La relación de la reducción es de 35:1. El conjunto de engranajes planetarios se podrá retirar sin la remoción de la rueda trasera o semioruga, y para retirar la masa completa, la rueda o la semi oruga deberá ser removida.

## **1.6 Freno de seguridad - A7000.**

El sistema de freno de esta Cosechadora se compone de discos totalmente inmersos en aceite. El sistema trabaja con el aceite hidráulico que viene del circuito de la bomba de carga de transmisión, que elimina la necesidad de usar un líquido de frenos específico. Este freno se acciona con los pedales en el piso de la cabina, bloqueando la presión del aceite en el freno, lo que lo convierte en un freno de seguridad.

## **1.7 Especificaciones de los fluidos que utiliza la combinada A7000.**

### **1.7.1 Combustible del motor.**

Combustible destilado con número de Cetano inferior a 35 {p.ej. aceite Diesel N° 1D ó 2D o ASTM N° 1 ó 2}.

### **1.7.2 Aceite de lubricación del motor.**

El uso de aceites lubricantes de motor de buena calidad y el drenado y cambio de filtro en los intervalos adecuados son factores fundamentales para mantener la performance y durabilidad del motor. Cualquier aceite que cumpla con la siguiente especificación: 15W-40; API CI-4; ACEA E5.

### **1.7.3 Grasa.**

Utilizar grasa a base de Litio con número de consistencia 2 de la N.L.G.I. y que contenga también aditivos para presiones elevadas, inhibidores de la oxidación y de la corrosión. (ej.: Estearato hidróxido de Litio).

### **1.7.4 Aceite hidráulico. Propiedades físicas.**

Las siguientes especificaciones mostradas en la Tabla 1.15 se refieren a fluidos hidráulicos derivados del petróleo que deberán contener: Antioxidante, Anticorrosivo, Antidesgaste, Antiespumante y aditivos para mejorar la Viscosidad. Si el aceite cumple las especificaciones mostradas en esta tabla, es adecuado para ser utilizado en el sistema hidráulico de las cosechadoras CASE IH AUSTOFT.

Tabla 1.15 Propiedades físicas de los aceite hidráulico.

<b>Apariencia</b>	Claro y brillante
<b>Densidad a 15°C (IP 160)</b>	0,880 – 0, 890 {Típica. 0, 882}
<b>Viscosidad a 40°C CST (IP 71)</b>	66 - 100
<b>Viscosidad a 100°C CST (IP 71)</b>	11 mínima
<b>Viscosidad a temperatura de trabajo máxima</b>	13 mínima
<b>Índice de viscosidad (IP 226)</b>	150 mínima
<b>% Masa cinc Alquídico</b>	0, 04
<b>Punto de Anilina °C (IP 2)</b>	100 mínima
<b>Emulsibilidad (ISO 68 GRADOS - ASTM D1401)</b>	40/37/3 (30) a 54°C
<b>Emulsibilidad (ISO 100 GRADOS - ASTM D1401)</b>	40/37/3 a 82°C
<b>Filtrado (TP-02100)</b>	Pasa
<b>Protección contra corrosión (ASTM D665)</b>	Pasa - Agua destilada.
<b>Estabilidad contra la oxidación</b>	Agua salada sintética 2500 horas mínimo 2, 0 mg KOH/gm ASTM D943
<b>Punto de fluidez °C (IP 15)</b>	-35 máximo
<b>Punto de inflamación:</b>	218 mínimo - cerrado (IP34) °C 226 mínimo - abierto (IP35)°C
<b>Punto de ignición °C (IP35)</b>	246 mínima
<b>Liberación de aire (IP 313)</b>	660 segundos máximo
<b>Viscosidad después de 1.000 horas - KV A 100°C</b>	10, 5 cSt mínimo

### 1.7.5 Líquido Refrigerante del Motor.

Usar siempre agua potable, con un acondicionador adecuado para sistemas de refrigeración. No usar agua ablandada químicamente.

### **1.7.6 Motor Scania.**

El líquido de enfriamiento debe contener anticorrosivo para proteger el sistema de enfriamiento contra a corrosión. Debe ser limpio y con ph de 6-9. En caso de riesgo de congelamiento, se recomienda usar solo glicol como medio anticorrosivo en el líquido de enfriamiento.

### **1.7.7 Batería:**

**Electrolito:** El electrolito de la batería es una solución de ácido sulfúrico diluida en agua destilada. Su densidad, al estar la batería totalmente cargada, deberá ser de 1.250 a 27°C.

## **1.8 Circuitos Hidráulicos de la combinada A7000.**

### **1.8.1 Sistemas Hidráulicos Generales de la combinada.**

Estos sistemas son proyectados y mantenidos adecuadamente, los sistemas hidráulicos funcionarán por muchos años sin problemas. Sin embargo, hay ciertas precauciones que necesitan ser tomadas, que incluyen:

### **1.8.2 Suministro de aceite.**

Ningún sistema hidráulico funciona sin aceite. Es importante que se ejecute un suministro de aceite limpio y de buena calidad a la bomba. Mantener el reservatorio de aceite lleno hasta el nivel correcto y confirmar si no existe alguna restricción entre el reservatorio y la bomba. Filtros bloqueados en la admisión podrán restringir el suministro de aceite provocando cavitación en la bomba. Esto provoca daños permanentes en la bomba.

### **1.8.3 Entrada de aire.**

Confirmar si todas las mangueras en la succión están ajustadas para evitar la posibilidad de entrada de aire en el sistema, pues esto provocará espuma en el reservatorio y podrá causar serios daños a los componentes hidráulicos. El aire podrá entrar también a través de sellos con pérdida.

#### **1.8.4 Filtrado.**

Los filtros son una parte importante en el sistema hidráulico y por la remoción de partículas de desgaste, se podrá aumentar la vida de los componentes hidráulicos. La tabla de mantenimiento, que indica la sustitución de los filtros, se deberá seguir fielmente.

#### **1.8.5 Válvulas de escape.**

Las válvulas de escape son dispositivos limitadores de presión proyectados para proteger los componentes contra daños causados por una presión muy elevada. Confirmar si están correctamente reguladas. Ajustes muy bajos permitirán que el aceite vuelva a circular provocando recalentamiento y pérdida de par motor, mientras que un ajuste muy elevado podrá provocar serios daños debido al recalentamiento.

#### **1.8.6 Contaminación.**

La contaminación es la gran causa aislada de desgastes y problemas hidráulicos asociados. Es imperativo que todos los aceites y recipientes sean mantenidos limpios y que todas las mangueras o líneas que se desconectan sean tapadas para evitar que cualquier contaminación entre en el sistema.

#### **1.8.7 Divisor de Flujo (Cortador de puntas).**

El divisor de flujo FD 30 Comercial de 3 secciones (1" x 1" x 1 3/4") como se muestra en la Fig. 1.26 recibe 45 gpm de la bomba hidráulica. El divisor de flujo distribuye 12 GPM para el disco corte lateral (opcional) y, a continuación, para el cortador de puntas, 12 GPM a la dirección (sólo 7000) y a las funciones de los cilindros y 21 GPM retorna al tanque.

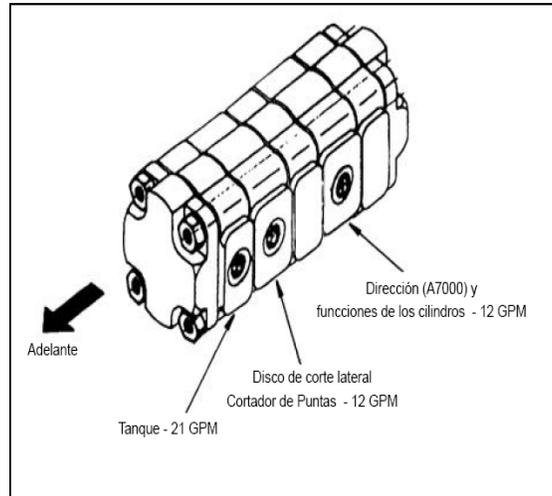


Fig. 1.26 Esquema del divisor de flujo (cortador de puntas).

### 1.8.8 Divisor de Flujo (Triturador de puntas).

El divisor de flujo de 3 secciones (1" x 1"x1-3/4") como se muestra en la Fig. 1.27 recibe 45 gpm de la bomba hidráulica. El divisor de flujo distribuye 12 GPM al disco corte lateral (opcional), que combina con más 21 GPM adicionales de la sección de 1 3/4" del divisor, con un total de 33 GPM que va a continuación para el triturador. La tercera sección del divisor distribuye 12 GPM a la dirección (sólo 7000) y a las funciones de los cilindros. Triturador de puntas - 21 GPM Adelante Dirección (A7000) y funciones de los cilindros - 12 GPM Disco de Corte Lateral Triturador de puntas - 12 GPM.

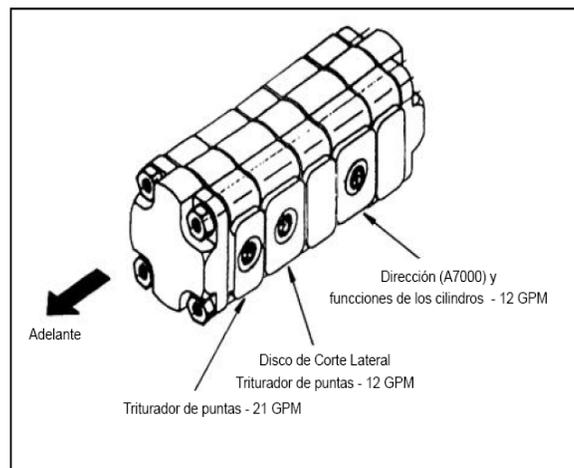


Fig. 1.27 Esquema del divisor de flujo (triturador de puntas).

### 1.8.9 Divisor de Flujo (Disco de Corte Lateral).

El aceite se suministra al circuito del disco de corte lateral (opcional) como se muestra en la Fig. 1.28 de una sección de 1” del divisor de flujo (12 GPM) al mando de control. Las dos secciones de control se equipan con carretes serie que mantiene el flujo en la válvula compuesta por el cortador de puntas. El circuito es protegido por una válvula de escape para cada circuito. El Ajuste del escape es de 2850 psi.

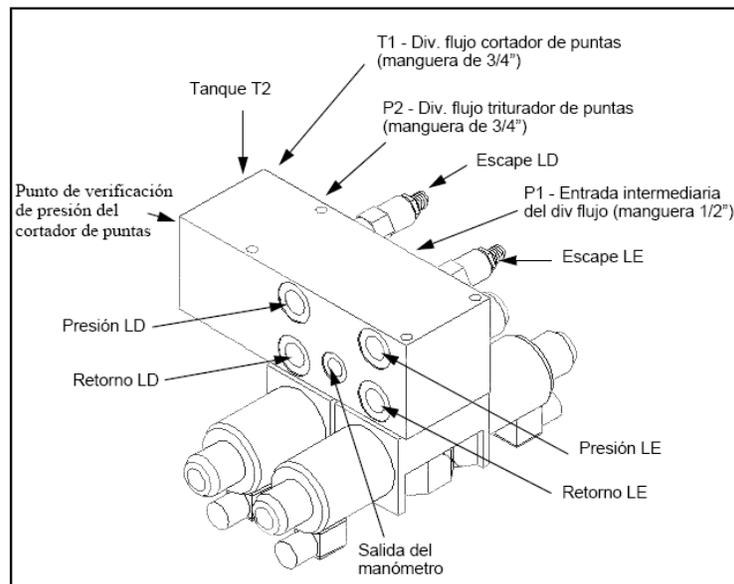


Fig. 1.28 Esquema del divisor de flujo (Disco de corte lateral).

### 1.8.10 Circuito hidráulico del cortador de puntas estándar.

El cortador de puntas estándar recibe 12 GPM de aceite de la puerta de alimentación localizada por detrás de la conexión de control del disco de corte lateral con el múltiple del cortador de puntas. Los motores de los discos de unión están conectados en serie en el cortador de puntas.

### 1.8.11 Circuito hidráulico del triturador del cortador de puntas.

Flujo combinado de 33 GPM del mando del disco de corte lateral y de la sección 1 3/4” del divisor de flujo. El bloque para el triturador del cortador de puntas está equipado con un divisor de flujo y los motores de los discos de corte se conectan en paralelo.

### **1.8.12 Circuito hidráulico del Cortador de Base.**

El bloque del cortador de base recibe 85 GPM de la bomba hidráulica Vickers y 82 GPM de la bomba hidráulica Comercial. La línea de salida del bloque se conecta en la entrada del motor del cortador de base. El motor del cortador de base es un motor de 3 secciones (1”x 1”2-1/2”). En el motor del cortador de base, una sección de 1” suministra aceite al motor del rollo levantador. La otra sección de 1” suministra aceite para los divisores de línea. La sección de 2 1/2” retorna al tanque por medio de una válvula de retención. Todo el flujo de retorno del bloque retorna para el reservatorio por el refrigerador de aceite. La válvula de retención se ensambla para prevenir la pérdida de aceite a través del motor del cortador de base durante la operación dando marcha atrás y mantiene un flujo positivo para los rollos alimentadores inferiores. El pistón de la válvula de retención posee agujeros para permitir la lubricación de la sección de 2 1/2” del motor del cortador de base en la reversión. El sistema está protegido por una válvula de escape integral armada en el bloque de mando. Una válvula de escape remota conectada entre el motor de los rollos alimentadores y el motor del cortador de base a través de válvulas de retención armadas internamente en el motor del cortador de base alivia la recarga de presión generada entre el cortador de base y los motores que están después del cortador de base.

### **1.8.13 Circuito hidráulico del trozador, rollos alimentadores, rollo tumbador, 1º y 2º rollos flotantes.**

Los rollos trozadores reciben 62 GPM por la bomba hidráulica y son controlados por una válvula piloto del bloque del mando. El motor del trozador superior suministra aceite para el rollo tumbador, para el rollo alimentador y para los dos primeros rollos flotantes, que entonces lo devuelve para el bloque del mando. El motor inferior del trozador suministra aceite para los cuatro últimos rollos inferiores y para los tres últimos rollos fijos, que entonces lo devuelve para el bloque del mando. El flujo pleno del bloque del trozador retorna al tanque a través de un cambiador de calor de aceite.

El sistema está protegido por una válvula de escape principal y escapes en los puntos de trabajo hacia adelante y reversión armados en el bloque del trozador. Los circuitos de los rollos con aleta, rollos tumbadores y del primer rollo flotante son protegidos por la válvula remota de escape del cortador de base a través de una válvula de retención localizada entre el motor del trozador y el rollo con aleta. Conectada entre el motor del trozador y el rollo alimentador superior existe una válvula de control de flujo proporcional (PFCV) mostrada en la Fig. 1.29 que hace variar la cantidad de aceite suministrada para el rollo alimentador desviando el aceite directamente hacia el tanque. La presión proporcional es compensada por presión y desvía el mismo flujo independientemente de cualquier variación de presión. La cantidad de aceite desviada cambia la velocidad del rollo alimentador superior acelerando la velocidad de los rollos trozadores que altera la longitud del pedazo de la caña. La válvula se controla eléctricamente por medio de un botón armado en la cabina y se desvía de 0 a 16 GPM. Una válvula de escape del tipo cartucho, ensamblada en el bloque con la válvula de control de flujo proporcional protege los rollos alimentadores de cualquier acumulación excesiva de presión en el sistema de corte.

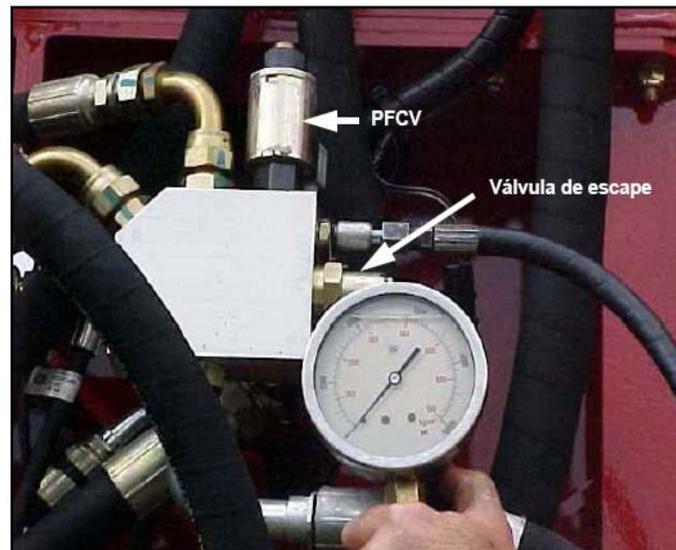


Fig. 1.29 Imagen de la válvula de control de flujo proporcional (PFCV).

#### **1.8.14 Circuito hidráulico del Extractor Primario.**

El extractor primario recibe 45 GPM de la bomba hidráulica. El aceite es suministrado a la válvula valvistor proporcional, que cambia la cantidad de aceite suministrada al motor del extractor primario (Conjunto con engranaje de 2 1/4”), desviando el aceite directamente hacia el tanque. La válvula Valvistor es controlada eléctricamente por un botón armado en la cabina. Al cambiar el flujo para el motor del extractor primario, cambia la velocidad del extractor entre 600 a 1100 rpm. Una válvula de solenoide está armada en el bloque valvistor para activar la ventilación del extractor. Existe también una válvula de escape tipo cartucho armada en el bloque múltiple valvistor para proteger el circuito.

#### **1.8.15 Circuito hidráulico del elevador.**

El bloque del elevador recibe 29 gpm de la bomba hidráulica. Los motores de accionamiento del elevador reciben 29 gpm de la válvula del elevador. Para operar el elevador, el interruptor activa la válvula solenoide, que pilota una de las válvulas divisoras, que a su vez dirige el flujo hacia los motores de accionamiento del elevador y retorna al tanque a través de la válvula. Para accionar el elevador en la dirección opuesta se activa la válvula de la extremidad opuesta que pilota la válvula en la otra dirección y dirige el flujo hacia el lado de reversión de los motores.

#### **1.8.16 Circuito hidráulico del Extractor Secundario.**

El motor del extractor secundario recibe 31 gpm del bloque de la válvula del elevador. Para operar el extractor secundario, el interruptor de la cabina activa la válvula solenoide. La válvula 2 se cierra y el flujo total se desvía hacia el extractor secundario. El flujo continúa hasta la válvula del elevador y hacia el elevador si está accionado o hacia el tanque si el elevador no está accionado. El circuito está protegido a través de la válvula de escape.

#### **1.8.17 Circuito hidráulico de la dirección (A7000).**

El circuito de la dirección recibe aceite a 12 gpm de una sección 1” del divisor de flujo.

Ese flujo se dirige hacia una válvula de sensor de carga que proporciona un flujo de carga en la válvula orbital, que actúa en dos cilindros conectados entre el chasis y los cilindros de la suspensión delantera. El exceso de flujo de la válvula prioritaria se dirige hacia la válvula de control auxiliar. A continuación en la Tabla 1.16 se muestran las funciones de los cilindros hidráulicos.

**Funciones de los cilindros hidráulicos.**

Tabla 1.16 Funciones de los cilindros hidráulicos.

<b>CILINDROS HIDRÁULICOS</b>		
<b>Suministro de aceite</b>	Comercial FD 30 1” Engranaje.	12 gpm
<b>Válvula de control</b>	Solenoide Operativo Vickers	
<b>Válvula de escape</b>	Vickers Integrada	2200 psi
<b>Alivio de línea cruzada elevador</b>	Vickers Integrada	2800 psi
<b>Inclinación divisor de línea &amp; levantar/ bajar disco de corte lateral</b>	Comercial FD 30 1” Engr.	12 gpm
<b>Válvula de control</b>	Vickers operada por solenoide (Centro Cerrado)	
<b>Acumulador del cortador de puntas</b>	Fawcett Christie	1200 psi
<b>Acumulador del cortador base</b>	T Fawcett Christie	1700 psi
<b>Acumulador del cortador base R/T</b>	Fawcett Christie	850 psi

**1.8.18 Circuito Auxiliar hidráulico de la combinada.**

El colector del control de 6 funciones Vickers recibe 12 GPM de la sección de 1” del separador de flujo. En máquinas equipadas A7000 (neumáticos), la válvula de prioridad de dirección se ubica entre el separador de flujo y la válvula Vickers. El flujo pasa a través de la válvula de prioridad y continúa hacia la válvula Vickers por medio de la lumbrera de exceso de la válvula de prioridad.

### **1.8.19 Freno A-7000.**

Los frenos en cosechadoras A7000 (neumáticos) son Del tipo de plancha esférica, accionados por resortes, liberando la presión hidráulica, por la presión de carga de la transmisión (340 – 270 psi). Al partir el motor, la presión de carga en la bomba de la transmisión fornece aceite a los cilindros en el conjunto de freno, comprimiendo los resortes y corta el freno. La dupla sección de válvula de control montada en el piso de la cabina, permite que el operador accione el freno cortando la presión de los cilindros, permitiendo que los resortes accionen el freno.

La maquina tiene un freno de estacionamiento que es un interruptor que acciona una válvula activada por un solenoide, que esquiva el aceite de la bomba de carga de las válvulas de freno, permitiendo que los resortes accionen el freno.

### **1.8.20 Acumulador.**

La máquina A7000 tiene solamente un acumulador el cual se muestra en la Fig. 1.30 en el circuito de corte de base. El procedimiento a seguir presenta los pasos que se deben ser realizados para chequear y ajustar el último tipo de acumulador usado en las cosechadoras CASE IH Austoft.



Fig. 1.30 Imagen del acumulador hidráulico de la combinada A7000.

### 1.8.21 Transmisión.

La transmisión está compuesta por dos bombas de desplazamiento variable que suministran aceite para dos motores de desplazamiento fijo (una combinación motor/bomba para cada rueda de transmisión). Los dos circuitos en máquinas A7000 (Neumático) son conectados eléctricamente por solenoides operados en paralelo para dar una capacidad diferenciada a la transmisión. En condiciones de difícil tracción, se podrá utilizar la transmisión positiva operando un interruptor en la cabina. En la Tabla 1.17 se muestran las funciones hidráulicas de la transmisión.

#### Funciones hidráulicas de la transmisión.

Tabla 1.17 Funciones hidráulicas de la transmisión.

TRANSMISIÓN		
<b>Suministro de aceite</b>	Eaton Modelo 54 Bomba de pistón axial (Variable)	
<b>Motores</b>	Eaton Modelo 54 Motores de pistón axial (Fijo)	
<b>Bomba de carga</b>	Bomba de engranaje integral	13, 8 gpm
<b>Control</b>	Control de presión integral compensada	
<b>Escape de presión baja</b>	Armada en la bomba	330 psi
<b>Escape de presión baja</b>	Armada en el motor	270 psi
<b>Escape de presión alta</b>	Armada en el motor	6500 psi
<b>lpor</b>	Armada en la bomba	5300 psi. +/- 100
<b>Freno de seguridad (SÓLO 7700)</b>	Escape de presión	70 psi
<b>Válvula de accionamiento positivo (SÓLO 7000)</b>	Operada por solenoide	armada en la bomba

## 1.9 Componentes eléctricos de la combinada A7000.

### 1.9.1 Mando del lado derecho - sección superior.



Fig. 1.31 Imagen del mando del lado derecho – sección superior.

En la Figs. 1.31, 1.32 y 1.33 se muestran imágenes de cómo se controla el circuito eléctrico del mando del lado derecho – sección superior e inferior y la función que realiza cada botón.

1. Giro del gorro del extractor secundario
2. Cortador de Puntas
3. Cortador de base
4. Inclinación de la cortadora de base (Opcional)
5. Rollo volcador hidráulico (Opcional)
6. Flap - abrir / cerrar
7. Giro del gorro del extractor primario
8. Altura del elevador
9. Altura del Cortador lateral izquierdo
10. Altura del Cortador lateral derecho

11. Cortador lateral izquierdo
12. Cortador lateral derecho
13. Dirección del elevador
14. Inclinación del divisor de líneas lado izquierdo
15. Inclinación del divisor de líneas lado derecho
16. Largo del trozo

### 1.9.2 Mando del Lado Derecho - Sección Inferior



Fig. 1.32 Imagen del mando del lado derecho – sección inferior.

1. Indicadores
2. Freno de estacionamiento
3. Accionamiento del extractor secundario
4. Accionamiento del extractor primario
5. Luces traseras
6. Luces delanteras
7. Acelerador
8. Ignición

9. Pasaje libre de aceite hidráulico (solamente para Cursor 9 y DC9)
10. Lampada indicadora de restricción del filtro de aceite hidráulico
11. Sinalizador rotativo
12. Inversión del limpiador de vidrio
13. Divisores de líneas izq / der
14. Suspensión de la cortadora de puntas

### 1.9.3 Mando del lado derecho - Sección inferior



Fig. 1.33 Imagen del mando del lado derecho – sección inferior.

1. Llave general
2. Luces para transporte (5A)
3. Radio 12 V, 5A
4. Luces superiores, cortador de puntas y corte de base (Opcional)
5. Módulo de control del motor (ECU), 20A
6. Solenoide calentador del motor, 5A
7. Parada del motor, 5A
8. Válvulas Vickers (Corte de base y Corte de puntas), válvula del elevador

9. Instrumentos del valvistor, 5A
10. Limpiadores, Refrigerador de aceite hidr., Solenoide calentador, 20A
11. Ventilador de la cabina, 20A
12. Asiento a aire, señalizador rotativo, alarma de reversión, luces de parada y flechas, 20A
13. Condensador del A/C, 20A
14. Luces delanteras, 20A
15. Luces traseras, 20

#### **1.9.4 Circuito Eléctrico de Partida.**

El motor de partida es operado por la llave de ignición en la cual recibe energía de la batería a través de la llave general (cable rojo). Al poner la llave en la posición de partida, el solenoide de partida puesto en la caja del motor es conectado en un cable (Naranja/blanco). Localizado en este cable están los interruptores de los bloqueos de transmisión y en motores CASE 10.3 LC9 y DC9 el tierra del circuito (cables negro / azul) vino del chasis.

#### **1.9.5 Alternador. (24V / 100<sup>a</sup>)**

Siempre verifique si el voltímetro está marcando arriba de los 24V (con el motor funcionando arriba de los 1200 RPM) caso este abajo observe si la correa no está floja. Si el voltímetro quedar marcando abajo de los 24V, verifique el regulador de voltaje del alternador. Si el voltímetro marcar de 28 a 30V, verifique el regulador de voltaje que está conectado en la parte trasera del alternador, verificando se este no esta con falta de aterramiento o con problemas de variaciones de voltajes. A continuación en la tabla 1.18 se muestran algunas funciones del sistema eléctrico.

### Funciones del sistema eléctrico.

Tabla 1.18 Funciones del sistema eléctrico.

SISTEMA ELÉTRICO		
<b>Alternador</b>	Delco - Remy (Scania, Cummins)	24v, 100A
	Case	24V, 90A
<b>Baterías</b>		2 x 12v, 100 A hr
<b>Circuito de seguridad</b>	Disyuntores rearmables	
<b>Iluminación</b>	Faros	60w, 24V
<b>Arranque</b>	Scania, Cummins, Case	24V

#### 1.9.6 Extractor Primario.

Cuando el aceite hidráulico llega a una temperatura de 80°C, esto acciona el interruptor que queda normalmente cerrado para normalmente abierto, dejando sin energía el solenoide que está conectado con el bloc del radiador de aceite hidráulico. El interruptor que se muestra en la Fig. 1.34 trabaja normalmente cerrado con una temperatura que va de 75°C a 80°C, siendo que esta temperatura es la correcta para un buen funcionamiento de los implementos hidráulicos.

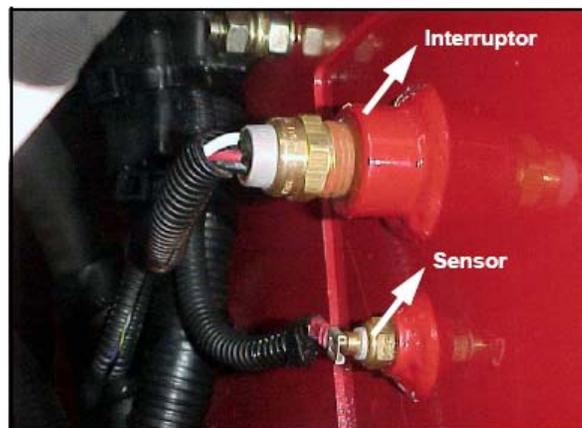


Fig. 1.34 Imagen del Interruptor de temperatura del aceite hidráulico.

### 1.9.7 Funciones Eléctricas del Elevador.

Las cinco funciones del elevador, de la cadena del elevador, del ventilador del extractor secundario, del cilindro del elevador levantado y bajado, del giro de la cubierta secundaria y del control de la aleta del depósito de granos son operadas por un bloque de válvula como se muestra en la Fig. 1.35 que incorpora seis válvulas solenoides montadas en la parte superior del elevador. La caja de empalmes del cableado del elevador se encuentra montada en la parte delantera del bloque de la válvula. Tanto el bloque de la válvula como la caja de empalmes están protegidos por una cubierta de bisagra. Para acceder a ellos, retirar los dos pernos en la parte delantera de la cubierta. Cada función está controlada por un interruptor individual que se ubica en la consola derecha del operador (la que activa el solenoide apropiado en el bloque de la válvula).

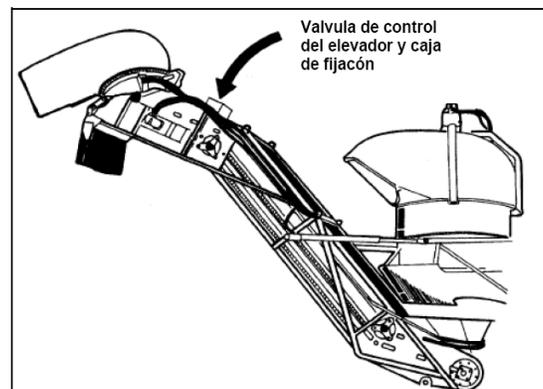


Fig. 1.35 Esquema eléctrico del elevador.

### 1.9.8 Sensores.

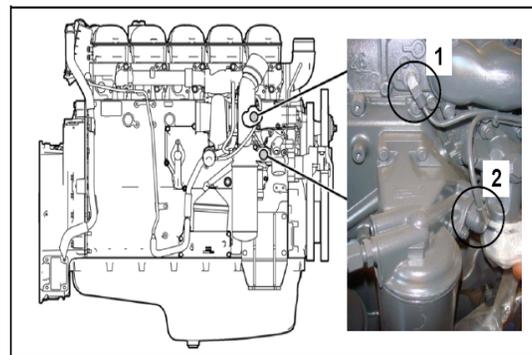


Fig. 1.36 Esquema del Sensor de temperatura y presión.

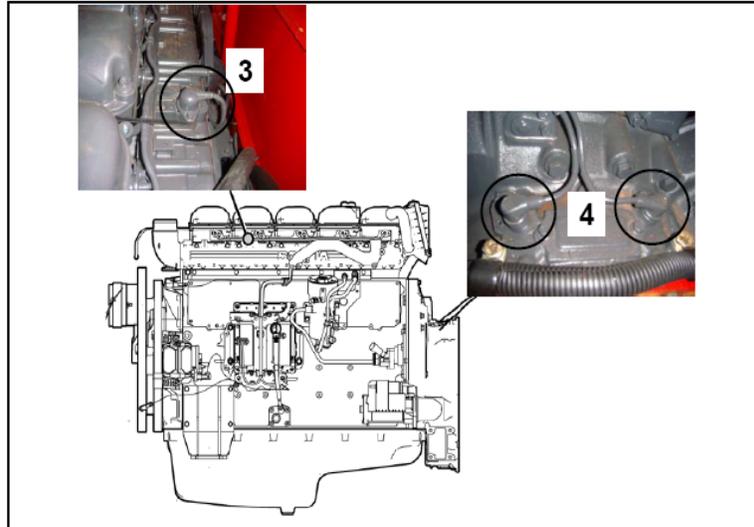


Fig. 1.37 Esquema del sensor de presión, temperatura y rotaciones del motor.

En las Figs 1.36 y 1.37 se muestran donde están localizados los sensores en el motor Scania DC9 con el objetivo de controlar la presión, la temperatura y las rotaciones del motor.

A continuación se mencionan los sensores:

1. Censor de temperatura del líquido de arrefecimiento.
2. Censor de presión de aceite.
3. Censor para presión y temperatura del aire de admisión.
4. Censor de rotaciones del motor (dos sensores).

## **1.10 Reparación de componentes hidráulicos.**

### **1.10.1 Mantenimientos.**

#### **1.10.1.1 Primer Mantenimiento.**

1. Atornillar una barra de apoyo en la conexión de la parte delantera y sujetarla firmemente.
2. Con el conjunto del cilindro sujeto firmemente y fijado a través de las guías traseras, dar un golpe sólido en la barra de apoyo para soltar la rosca. Nota: la rosca es derecha.

3. En cuanto la tapa se suelta, continuar y remover a mano.
4. Al remover la tapa delantera del conjunto del cilindro, mantener el eje alineado, remover el conjunto de la tapa delantera del conjunto del cilindro.
5. En el caso de ser necesario, remover primero la válvula de sincronismo del cilindro utilizando el destornillador
6. PTE recomienda que sean utilizados conjuntos completos de cilindros probados en vez de sólo reparar / sustituir la válvula.
7. Remover los sellos del cilindro.

#### 1.10.1.2 Segundo mantenimiento.

1. Aplicar calor en el conjunto del cilindro/ varilla para romper el Loctite.
2. Utilizando la llave de pistón, remover el cilindro de la barra.
3. Remover la tapa delantera y el buje de la barra deslizando cada componente hasta la extremidad roscada del cilindro. No deslizar los componentes sobre las roscas. Los sellos se dañarán.
4. Kit de sello N°. : SKAU080-17.

#### 1.10.2 Ajuste del alineamiento.

Para verificar el alineamiento del motor, alinear todos los puntos de la Figura 1 (Fig. 1.38), y ajustar la protuberancia en el anillo del geroler tal como indicado en la Figura 2. (fig. 1.38) Esto alinea el Char-Lynn para la rotación estándar. Para invertir la rotación alinear los componentes como en la figura 3 Fig. 1.38.

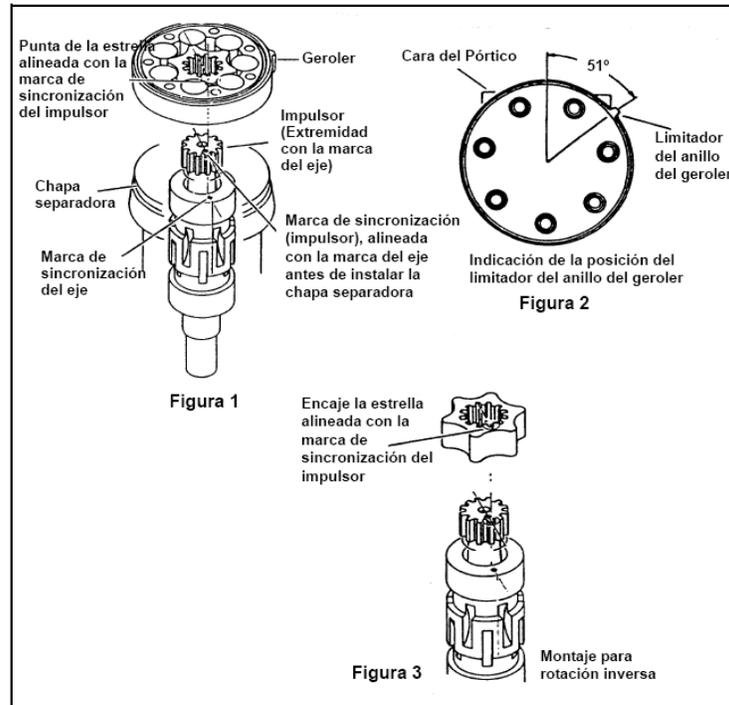


Fig. 1.38 Esquema del ajuste de alineamiento al motor.

### 1.10.3 Motor Char-Lynn y mando de la dirección en la combinada A7000.

La cosechadora usa motores hidráulicos Char-Lynn para mover varias "funciones acopladas" directas en la cosechadora. Son utilizados 4 tipos: 'Serie S', Serie 2000, 6000, y 10.000. El principio de la operación es el mismo para los cuatros tipos. Todos ellos poseen un geroler orbital que gira dentro del engranaje de anillo por medio de aceite que fuerza la separación de los "dientes" de los engranajes internos y externos.

### 1.10.4 Cambio del sello en el Char-Lynn 'Serie S'.

Primero, remover el Char-Lynn de la cosechadora, y armar en una morsa con la punta del eje orientada hacia arriba. Usar mordientes suaves.

### 1.10.5 Válvula de la tracción positiva (A7000).

La tracción positiva es activada por dos válvulas solenoides eléctricas, que están situadas en las líneas de ecualización de avance y marcha atrás.

Una válvula solenoide está situada en la línea de ecualización que conecta los dos circuitos de avance de la transmisión, mientras que la segunda válvula

solenoides está situada en la línea de eculización que conecta los dos circuitos de marcha atrás de la transmisión. En la posición normal, las válvulas no están energizadas y el aceite podrá pasar libremente por la válvula. Al ser accionada la tracción positiva presionando el interruptor del pedal, los solenoides cierran las válvulas y el flujo por la válvula se controla (por la retención) en las dos direcciones. Esto impide el flujo de aceite entre los circuitos del lado derecho y del lado izquierdo y garantiza una tracción positiva. Los solenoides son de 24 voltios.

#### **1.10.6 Válvula del cortador de puntas (trayectoria del aceite).**

El bloque de la válvula del cortador de puntas está armado en la estructura del cortador de puntas. Al estar ensamblada la válvula en el triturador, un divisor de flujo (Nº 1) se ensambla en la válvula y los discos reunidores se conectan en paralelo. Con un cortador de puntas estándar armado, el flujo divisor es removido y es sustituido por una toma y los discos reunidores son conectados en serie.

#### **Mantenimiento del bloque.**

1. Remover el bloque de válvula del cortador de puntas.
2. Remover todos los componentes de la válvula.
3. Verificar todos los sellos y anillos “O” en lo que se refiere a daños y sustituir donde sea necesario.
4. Armar nuevamente e instalar la válvula.

#### **1.10.7 Bloque de válvulas del elevador.**

El bloque de válvulas del elevador está localizado en el tope del elevador. El bloque dirige aceite hacia el accionamiento de las cadenas del elevador, hacia el extractor secundario y hacia las funciones de servicio.

#### **Revisión de la válvula.**

1. Remover el bloque de válvula del elevador.
2. Remover todos los componentes del bloque de válvula.

3. Revisar todos los anillos “O” y sellos en lo que se refiere a daños, sustituir donde sea necesario.

4. Armar el bloque de válvula e instalar en el elevador.

#### **1.10.8 Válvula del extractor primario.**

El bloque de válvula del extractor primario está armado en la parte trasera del compartimiento del motor. Incorporada al bloque de la válvula Vickers se encuentra una válvula de flujo proporcional valvistor que cambia la velocidad del extractor primario. También hay en el bloque de la válvula una válvula de escape y una válvula solenoide armadas para accionar el extractor primario.

#### **Revisión de la válvula**

1. Remover el bloque de la válvula.
2. Remover todos los componentes de la válvula.
3. Revisar los anillos “O” y los sellos conforme sea necesario.
4. Armar la válvula nuevamente e instalar en la máquina.

#### **1.10.9 Válvula valvistor de flujo proporcional del rollo alimentador.**

El bloque de válvula del rollo alimentador recibe el flujo de aceite de uno de los motores del picador. Localizada en el bloque de válvula existe una válvula de escape para proteger el rollo alimentador superior y una válvula Vickers valvistor proporcional que cambia el flujo al rollo alimentador superior. La variación del flujo altera la velocidad del rollo alimentador y eso altera la longitud del toco de la caña.

#### **Revisión de la válvula.**

1. Remover el bloque de la válvula de la máquina.
2. Remover todos los componentes del bloque de válvula.
3. Revisar todos los anillos “O” y sellos dañados y sustituir donde sea necesario.
4. Armar el bloque de la válvula e instalarlo en la máquina.

#### **1.10.10 Bloque de la válvula del enfriador de aceite.**

El bloque de válvula del enfriador de aceite está localizado dentro en la parte superior de la estructura del radiador. Localizado en el bloque existe una válvula de escape para proteger el sistema y una válvula operada por solenoide que es accionada por un termostato que mide la temperatura del aceite hidráulico. También localizado en el bloque hay un cartucho que es operado por un piloto del solenoide o de la válvula de escape. Este cartucho desvía el flujo del motor del enfriador de aceite al ser abierto.

#### **Revisión de la válvula.**

1. Remover el bloque de válvula del refrigerador de aceite del montaje.
2. Remover todos los componentes del bloque de la válvula.
3. Revisar todos los anillos “O” y sellos en lo que se refiere a daños, sustituir donde sea necesario.
4. Armar el bloque de válvula e instalarlo en la máquina.

#### **1.10.11 Banco Vickers con 4 y 6 válvulas.**

El bloque con cuatro válvulas que controlan la inclinación del divisor de línea y la elevación/ bajada del disco de corte lateral, está localizada debajo del piso en el lado derecho. Localizado en el bloque de la válvula existen cuatro válvulas CETOPS para el cilindro y una válvula de solenoide.

#### **Revisión de la válvula.**

1. Remover el bloque de la válvula de la máquina.
2. Remover todos los componentes del bloque de válvula.
3. Revisar todos los anillos “O” y sellos en lo que se refiere a daños, sustituir donde sea necesario.
4. Armar el bloque de válvula e instalarlo en la máquina.

### **1.10.12 Bloque de control del cortador de base.**

En la Figs. 1.38 y 1.39 se muestran las imágenes del bloque del cortador de base y el picador, a continuación vemos como se ejecuta cada mantenimiento:

#### **Mantenimiento del bloque Manifold.**

En la fig. 1.39 se muestra una imagen del bloque del cortador base y a continuación se describen los pasos para el mantenimiento:

1. Remover el bloque.
2. Remover todos los componentes del bloque.
3. Inspeccionar todos los anillos 'O' y los sellos conforme sea necesario.
4. Armar el bloque nuevamente e instalarlo en la máquina.



Fig. 1.39 Imagen del bloque del cortador de base.

### **1.10.13 Mantenimiento del bloque Manifold**

En la Fig. 1.40 se muestra una imagen de bloque del cortador base y a continuación se describen los pasos para el mantenimiento:

1. Remover el bloque.
2. Remover todos los componentes del bloque.
3. Inspeccionar todos los anillos 'O' y los sellos conforme sea necesario.

4. Armar el bloque nuevamente e instalarlo en la máquina.



Fig. 1.40 Imagen del bloque del picador.

#### **1.10.14 Tolerancias de desgaste para componentes:**

**Ejes y engranaje de transmisión:** 0,002” en el área de sello del acoplamiento.

**Placas deslizantes de apuntalamiento axial:** 0,002” desgaste o daños en las caras.

**Bujes:** Se deberán sustituir en el caso de reemplazar los engranajes. Instalar de 0,002” a 0,003” debajo de la cara de la carcasa.

**Rodamiento:** Dañado o arrugado (final de vida hábil).

**Compartimientos de engranajes:** M350, M365: 0,007” de desgaste en el lado de succión.

**Compartimientos de engranajes:** M50/30: 0,005” de desgaste en el lado de succión.

**Luz del conjunto:** M350/; 0,004” a 0,007”. Para informaciones adicionales relativas a reparaciones de motores Comercial, consultar el manual de Servicio del fabricante.

#### **1.10.15 Inspección y reparación.**

Todas las piezas deben limpiarse a fondo y mantenerse limpias durante la inspección y el ensamblaje.

1. Retirar los sellos del eje, los anillos, los anillos de respaldo y los subensambles del paquete del sello. Utilizar un nuevo juego de sellos para el reensamblaje. Consultar el catálogo de piezas VMQ para conocer los números de los juegos.
2. Si la bomba ha demostrado un rendimiento bajo o ha presentado ruidos fuertes, se debe reemplazar el juego de cartuchos. Estos problemas son el resultado de malas condiciones en el sistema. Revisar las condiciones de entrada, la limpieza del fluido y otros componentes del sistema que podrían estar defectuosos antes de la instalación de un nuevo juego de cartuchos.

### 1.11 Abreviaturas.

Tabla 1.19 Abreviaturas de los diferentes parámetros de la combinada A7000.

<b>AMP</b>	Amperio
<b>AH</b>	Amperio-Hora
<b>C</b>	Centígrado
<b>PUL CUB</b>	Pulgada Cúbica
<b>DIA</b>	Diámetro
<b>F F</b>	Fahrenheit
<b>FL OZS</b>	Onzas / Fluido
<b>FL LBS</b>	Libras / Tensión de ajuste / Pies
<b>GPM</b>	Galones por minuto
<b>HG</b>	Vacuo
<b>H.P.</b>	Presión alta
<b>HP</b>	Potencia en HP
<b>PUL LIB</b>	Tensión de ajuste en pulgada libra
<b>KG</b>	Kilogramo
<b>KGM</b>	Para motor kilogramo-metro
<b>KW</b>	Kilowatio (potencia)

<b>LPM</b>	Litros por minuto
<b>PSI</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>RPM</b>	Rotaciones por minuto
<b>μ</b>	Micrón
<b>V</b>	Voltios
<b>W</b>	Watt

### **1.12 Conclusiones del Capítulo.**

1. Se logró caracterizar desde el punto de vista de la estructura y de su funcionamiento los distintos agregados de la Cosechadora de Caña Brasileña Marca Case IH Serie A7000.
2. Se muestran los Parámetros Técnicos fundamentales de los sistemas hidráulicos, del motor principal y de otros agregados fundamentales.
3. Se reflejan algunas indicaciones vinculadas con el mantenimiento y la explotación.

## *Capítulo II*



## **Capitulo 2: Caracterización de los parámetros de explotación de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.**

### **2.1 Descripción general del trabajo realizado por la Cosechadora de Caña y su control diario.**

Al comenzar el corte cañero con el periodo de molienda del central, la nueva cosechadora se le asigna un pelotón de corte. Este se encarga de su operación diaria, pero además lleva a cabo un control diario que tiene que entregar al central.

En la figura 2.1 se puede observar a la cosechadora de caña marca Case A7000 cortando la caña y descargándola en un remolque movido por tractor movedor.



Fig. 2.1 Cosechadora de caña Case A7000 realizando su trabajo.

Este control se basa en la medición de algunos parámetros de operación que caracterizan la misma, los que serán descritos posteriormente.

Haciendo uso de estos parámetros y describiéndolos como variables estadísticas se realizaron en este trabajo algunos estudios de las mismas que nos permitan determinar los comportamientos y caracterización de la operación de las cosechadoras.

## 2.2 Descripción de las variables que intervienen en el estudio.

Para el estudio del comportamiento de la operación de la cosechadora de caña # 1, se realiza durante un determinado periodo de tiempo, mediciones de algunos parámetros que podrían caracterizar la explotación de la misma.

Durante el corte del tiempo de zafra se realizan mediciones diarias en un periodo de 94 días enmarcados en la fecha desde el 15 de febrero hasta el 20 de abril, de esta manera quedan registrados los valores diarios de las siguientes variables:

1. Volumen de producción (Ton):

Muestra en toneladas la cantidad de caña cortada diariamente.

2. Combustible consumido (Litros).

Muestra en litros la cantidad de combustible consumido diariamente.

3. Índice de consumo de combustible.

Es la relación entre el consumo de combustible y el volumen de producción y está definido como:  $e = \frac{\text{combustible consumido}}{\text{volumen de producción}}$  y está dado en litros /toneladas.

4. Total de viajes transportados.

Muestra la cantidad de camiones que se llenaron diariamente.

5. Peso promedio de transportación. (Ton)

Muestra en toneladas el promedio del peso de los camiones llenados y se determina como:  $\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$

Donde:  $P_i \rightarrow$  es el peso de camión llenado

$\sum P_i \rightarrow$  es el Volumen de producción

*n* → es el total de viajes dados

Tiempo perdido total. (Horas)

Muestra en horas el tiempo que se dejó de cortar medido a partir de la norma de corte establecido.

Esta está caracterizada por la suma de varias variables, que tributan a dicho valor. Dichas variables son:

- 5.1. Rotura de combinada
- 5.2. Falta de camiones
- 5.3. Rotura de tractor movedor
- 5.4. Lluvia o humedad
- 5.5. Causas industriales
- 5.6. Falta de área preparada
- 5.7. Mal estado de los caminos
- 5.8. Traslados
- 5.9. Falta de materiales
- 5.10. Falta de carros de ferrocarril
- 5.11. Falta de piezas de combinadas
- 5.12. Falta de piezas de tractor motor
- 5.13. Corte paralizado
- 5.14. Falta de combustible
- 5.15. Falta de lubricante
- 5.16. Problemas Hidráulicos
- 5.17. Mantenimientos
- 5.18. Ponches y neumáticos
- 5.19. Otras causas.

Se puede decir que se cuenta con un total de 25 variables medidas diariamente de las cuales 22 son independientes y las otras 3 (índice de consumo de

combustible, Peso promedio de transportación, Tiempo perdido total) dependen de algunas combinaciones de las restantes.

Además hay que decir que las 6 primeras variables mencionadas de forma general, constan de mayor peso en las características de operación de las combinadas, mientras que las restantes 19 que contribuyen a la sexta variable (Tiempo perdido total) se emplearan para determinas causas más específicas del tiempo perdido.

El procesamiento estadístico de estas variables se realizará con la ayuda de los programas computacionales estadísticos-matemáticos STATGRAPHICS y Microsoft Excel.

Los valores medidos diariamente en el periodo establecido para todas estas variables se pueden ver en la tabla del anexo 1.

### **2.3 Análisis descriptivo de las variables.**

En esta sección se realiza una caracterización por separado de las antes dichas más significativas variable. Se analizaran cualitativamente y se le aplicaran procesamientos estadísticos descriptivos obteniéndose algunos parámetros que las caractericen.

#### **2.3.1. Volumen de producción.**

Es medida directamente y podría tener relación con algunas de las otras, estas relaciones se determinaran posteriormente. Caracteriza la cantidad de toneladas de caña que corto la combinada por cada día.

Usando el STATGRAPHICS se puede determinar:

#### **Análisis de Una Variable - Volumen de Producción**

Datos/Variable: Volumen de Producción \_Ton\_

93 valores con rango desde 0,0 a 852,0

Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluidos en el procedimiento están los intervalos de confianza.

Tabla 2.1 Resumen Estadístico para Volumen de Producción

Recuento	93
Promedio	441,71
Mediana	441,0
Media Recortada 5%	447,159
Varianza	25225,6
Desviación Estándar	158,826
Coefficiente de Variación	35,957%
Error Estándar	16,4695
Mínimo	0,0
Máximo	852,0
Rango	852,0
Sesgo Estandarizado	-1,69142
Curtosis Estandarizada	1,01231
Suma	41079,0

La tabla 2.1 muestra los estadísticos de resumen para Volumen de Producción. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. Esto también se puede observar visualmente de la grafica de distribución de frecuencia de la figura 2.2.

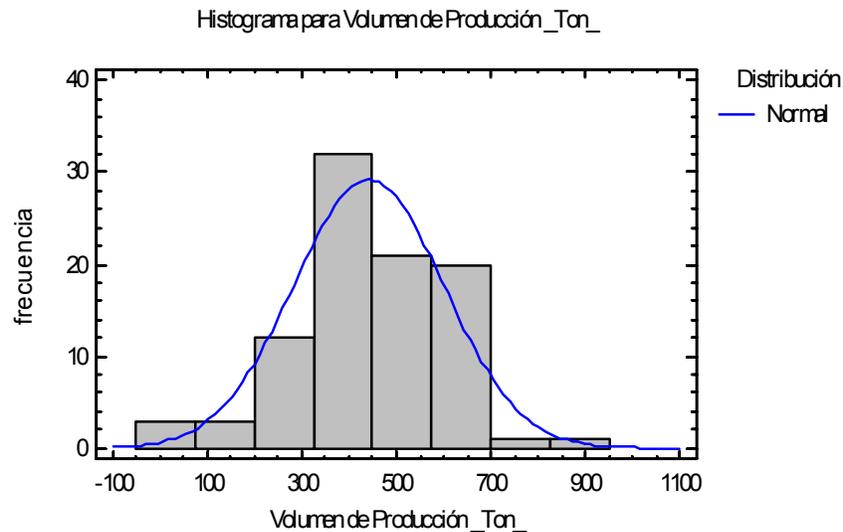


Fig. 2.2 Histograma de frecuencia

A continuación se muestra un panel con los intervalos de confianza del 95,0% para la media y la desviación estándar de Volumen de Producción.

### **Intervalos de Confianza para Volumen de Producción**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media:  $441,71 \pm 32,7098$  [409,0; 474,42]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [138,82; 185,621]

La interpretación clásica de estos intervalos es que, en muestreos repetidos, estos intervalos contendrán la media verdadera ó la desviación estándar verdadera de la población de la que fueron extraídas las muestras, el 95,0% de las veces. En términos prácticos, puede establecerse con 95,0% de confianza, que la media verdadera de Volumen de Producción se encuentra en algún lugar entre 409,0 y 474,42, en tanto que la desviación estándar verdadera está en algún lugar entre 138,82 y 185,621.

Ambos intervalos asumen que la población de la cual proviene la muestra puede representarse por la distribución normal. Mientras que el intervalo de confianza para la media es bastante robusto y no muy sensible a violaciones de este supuesto, los intervalos de confianza para la desviación estándar son muy sensibles.

Con el objetivo de ver el comportamiento o la tendencia del mismo durante el periodo de mediciones se realiza un grafico de secuencias cronológicas diario. El mismo se puede ver en la figura 2.3.

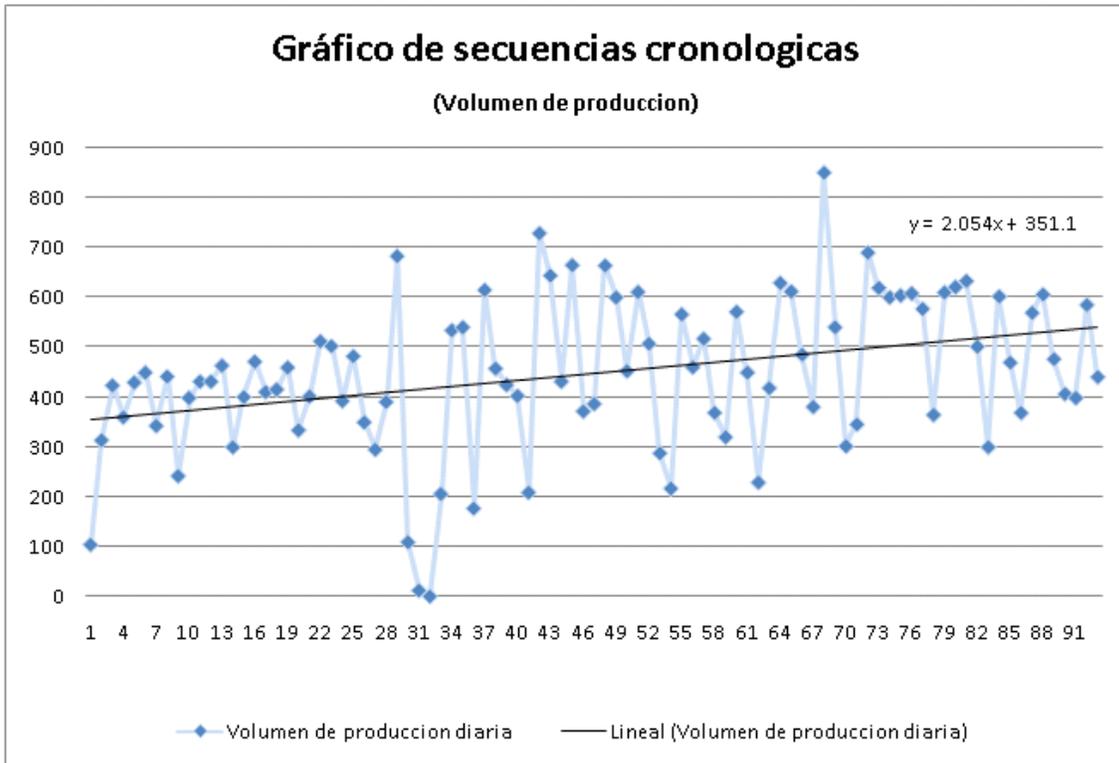


Fig. 2.3 Gráfico de la tendencia lineal del volumen de producción.

Como se puede ver en este periodo el volumen de producción se comporto ascendente lo que es una buena tendencia, ya que conviene que aumenten los volúmenes de producción.

Una medida de la tendencia al aumento del volumen de producción puede ser caracterizada por la pendiente de esta recta, aunque está claro que esto no va a ser lineal, aunque sí se puede decir que para este periodo indiscutiblemente aumentó, esto no podrá ocurrir indefinidamente, pues nunca podrá tener una producción infinita. Para determinar está pendiente se realiza un ajuste lineal obteniéndose la ecuación de la grafica de la figura 2.3, donde queda que  $m=2.054$ . Esto significa que de forma promedio en este periodo, aumento a 2.054 Toneladas por día.

Una mejor aproximación podría ser un ajuste logarítmico:

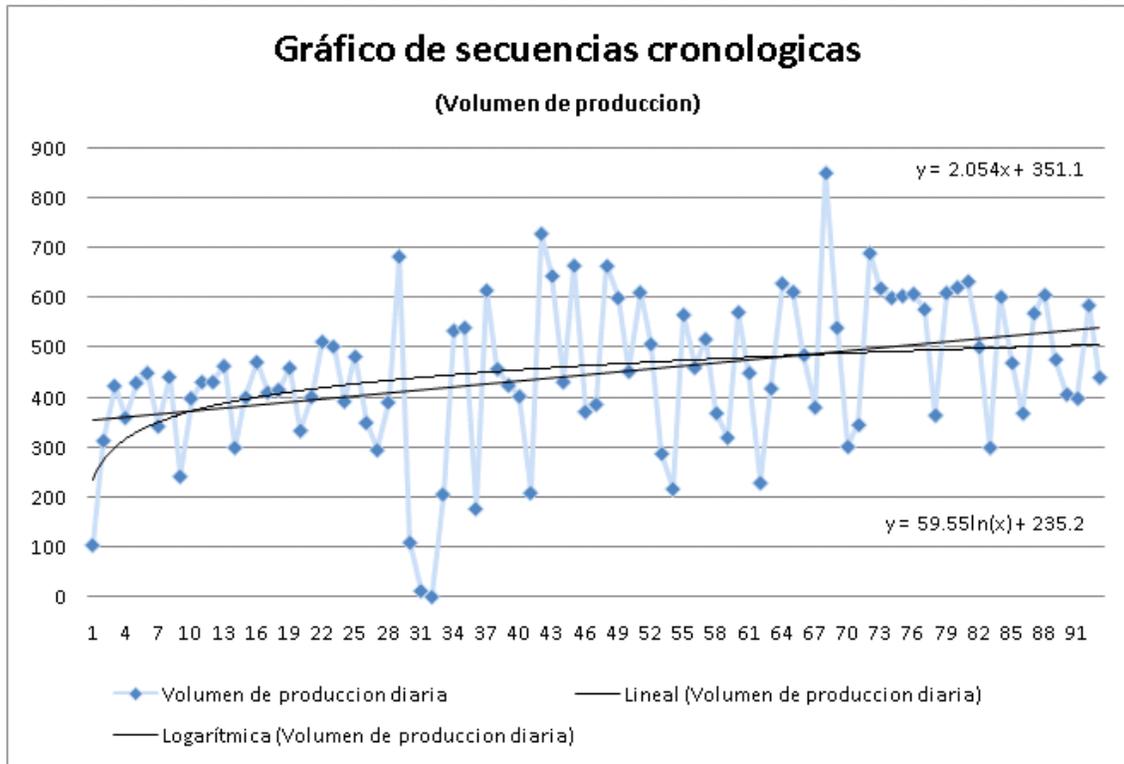


Fig. 2.4 Gráfico de la tendencia logarítmica del volumen de producción.

Como se puede ver en la figura 2.4 el nuevo ajuste logarítmico no tiene un comportamiento que tienda a infinito, sino que va a tener una asíntota horizontal que representaría el valor de operación estable máximo posible según la capacidad de corte de la combinada.

Como se puede notar de las graficas anteriores aparecen algunos valores atípicos de volumen de producción, los cuales pueden ser causas de tiempos perdidos que no describen el funcionamiento común de las combinadas. Con el objetivo de ver como varían algunos parámetros como la media de esta variable si se excluyen estos valores se realiza también un estudio para la identificación de valores atípicos quedando:

**Identificación de Valores Atípicos - Volumen de Producción Ton**

Datos/Variable: Volumen de Producción \_Ton\_

93 valores con rango desde 0,0 a 852,0

Número de valores actualmente excluidos: 0

Tabla 2.2 Estimados de Localización

Media muestral	441,71
Mediana muestral	441,0
Media recortada	450,622
Media Winsorizada	445,398

Recorte: 10,0%

Tabla 2.3 Estimados de Escala

Desviación estd. muestral	158,826
DAM/0.6745	145,293
Sbi	155,517
Sigma Winsorizada	156,426

Tabla 2.4 Intervalos de confianza del 95,0% para la media

	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
Estándar	409,0	474,42
Winsorizada	409,407	481,388

Tabla 2.5 Valores Ordenados

		<i>Valores Estudentizados</i>	<i>Valores Estudentizados</i>	<i>Modificados</i>
<i>Fila</i>	<i>Valor</i>	<i>Sin Supresión</i>	<i>Con Supresión</i>	<i>Valor-Z DAM</i>
33	0,0	-2,7811	-2,92297	-3,03525
32	12,0	-2,70554	-2,83651	-2,95266
65	75,0	-2,30888	-2,39238	-2,51905
1	104,0	-2,12629	-2,19285	-2,31945
31	109,0	-2,09481	-2,15873	-2,28504
...				
46	666,0	1,41218	1,43556	1,5486
30	684,0	1,52551	1,55368	1,67248
73	691,0	1,56958	1,5998	1,72066
43	730,0	1,81514	1,85882	1,98909
69	852,0	2,58327	2,69792	2,82877

### Prueba de Grubbs' (asume normalidad)

Estadístico de prueba = 2,7811

Valor-P = 0,42598

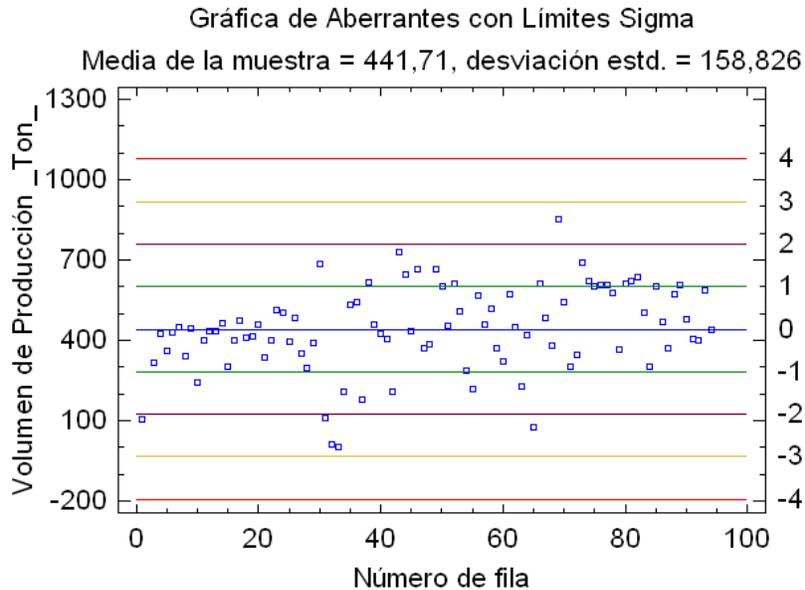


Fig. 2.5 Gráfico de Aberrantes con Limite  $\sigma$

Este análisis identifica y trata posibles valores aberrantes en muestras de poblaciones normales. La tabla 2.2 y 2.3 muestran los estimados comunes de la media y la desviación estándar, junto con estimados diseñados para ser resistentes a observaciones aberrantes. Por ejemplo, para los 93 valores de Volumen de Producción, la media y sigma son 441,71 y 158,826, respectivamente. Los correspondientes estimados Winsorizados, en los cuales se ha reemplazado el 10,0% de los valores más grandes y más pequeños con valores del interior de la muestra, son 445,398 y 156,426. Note en la tabla 2.4 el impacto de los estimados Winsorizados sobre el intervalo de confianza para la media.

La tabla 2.5 en la mitad de la salida muestra los valores más pequeños y los más grandes de Volumen de Producción. Los valores Estudentizados miden a cuántas desviaciones estándar se encuentra cada valor de la media muestral de 441,71. El valor más extremo se encuentra en la fila 33, el cual es 2,7811 desviaciones estándar de la media.

Puesto que el valor-P para la prueba de Grubb es mayor o igual que 0,05, ese valor no es un aberrante significativo con un nivel de significancia del 5,0%, asumiendo que todos los demás valores siguen una distribución normal.

Se muestran calificaciones similares al calcular las estadísticas muestrales después de eliminar cada punto, uno a la vez, al igual que cuando la media y la desviación estándar están basadas en la desviación absoluta de la mediana (DAM). Valores de las calificaciones modificadas mayores que 3,5 en valor absoluto, de las cuales no hay ninguna observaciones aberrantes.

### 2.3.2. Combustible consumido

Es medida directamente y podría tener relación con algunas de las otras, estas relaciones se determinaran posteriormente.

Caracteriza la cantidad de combustible que consumió la combinada por día.

Usando el STATGRAPHICS se puede determinar:

Para esta variable se empleará un procedimiento similar al anterior.

#### **Análisis de Una Variable - Combustible Consumido**

Datos/Variable: Combustible Consumido \_Petroleo\_

93 valores con rango desde 0,0 a 1753,0

Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluidos en el procedimiento están los intervalos de confianza.

Tabal 2.6 Resumen Estadístico para Combustible Consumido

Recuento	93
Promedio	672,258
Mediana	698,0
Media Recortada 5%	673,032
Varianza	62304,5
Desviación Estándar	249,609
Coficiente de Variación	37,1299%
Error Estándar	25,8832
Mínimo	0,0
Máximo	1753,0

Rango	1753,0
Sesgo Estandarizado	1,42986
Curtosis Estandarizada	7,07605
Suma	62520,0

La tabla 2.6 muestra los estadísticos de resumen para Combustible Consumido. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

Debido a esta duda que infiere el valor de curtosis estandarizada se realizará una prueba para para determinar normalidad:

### **Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Combustible Consumido**

Tabla 2.7 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0,100578
DMENOS	0,077764
DN	0,100578
Valor-P	0,305238

La tabla 2.7 muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Combustible Consumido puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Combustible Consumido proviene de una distribución normal con 95% de confianza. Esto también se puede ver en el histograma de frecuencia de la figura 2.6.

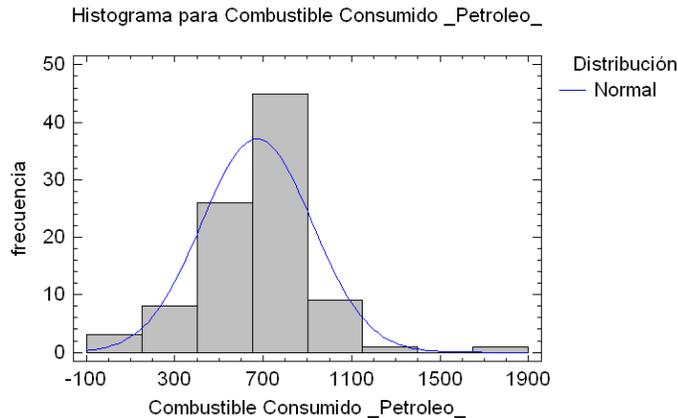


Fig. 2.6 Histograma de frecuencia

En el siguiente análisis se muestra los intervalos de confianza del 95,0% para la media y la desviación estándar de Combustible Consumido.

### **Intervalos de Confianza para Combustible Consumido**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media:  $672,258 \pm 51,4064$  [620,852; 723,664]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [218,168; 291,721]

La interpretación clásica de estos intervalos es que, en muestreos repetidos, estos intervalos contendrán la media verdadera ó la desviación estándar verdadera de la población de la que fueron extraídas las muestras, el 95,0% de las veces. En términos prácticos, puede establecerse con 95,0% de confianza, que la media verdadera de Combustible Consumido se encuentra en algún lugar entre 620,852 y 723,664, en tanto que la desviación estándar verdadera está en algún lugar entre 218,168 y 291,721.

Con el objetivo de ver el comportamiento o la tendencia del mismo durante el periodo de mediciones se realiza un grafico de secuencias cronológicas diario. El mismo se puede ver en la figura 2.7

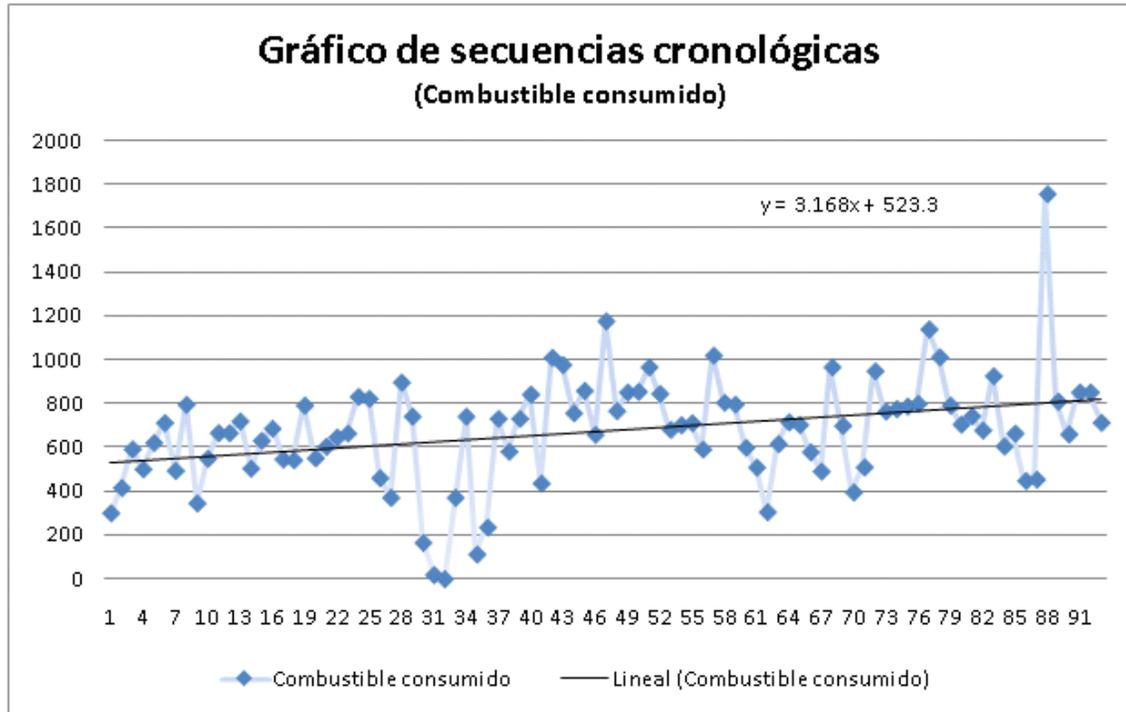


Fig. 2.7 Gráfico de la tendencia lineal del combustible consumido.

Como se puede ver la tendencia del consumo de combustible para esta combinada es ascendente, siendo esto un comportamiento no favorable ya que es importante siempre que sea posible minimizar estos consumos. No obstante hay que señalar que también ha aumentado el volumen de producción, por lo que resultará interesante realizar una comparación de estas dos variables y la posible relación existentes entre las mismas.

Para determinar el crecimiento lineal aproximado del consumo de combustible se realiza un ajuste de los valores existentes para esta variable por el método de los mínimos cuadrados y la recta obtenida se muestra en la figura 2.7. Como se puede ver la pendiente toma un valor  $m = 3.168$  lo que equivale a que en el periodo muestreado aumenta el consumo de combustible a una razón lineal de 3.168 litros/días.

Para determinar algunos posibles valores atípicos se realiza un estudio quedando:

Capítulo II: Características de los parámetros de explotación Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

**Identificación de Valores Atípicos - Combustible Consumido - Petróleo**

Datos/Variable: Combustible Consumido \_Petróleo\_

93 valores con rango desde 0,0 a 1753,0

Número de valores actualmente excluidos: 0

Tabla 2.8 Estimados de Localización

Media muestral	672,258
Mediana muestral	698,0
Media recortada	678,817
Media Winsorizada	670,172

Recorte: 15,0%

Tabla 2.9 Estimados de Escala

Desviación estd. muestral	249,609
DAM/0.6745	182,357
Sbi	213,887
Sigma Winsorizada	202,227

Tabla 2.10 Intervalos de confianza del 95,0% para la media

	Límite Inferior	Límite Superior
Estándar	620,852	723,664
Winsorizada	620,845	719,499

Tabla 2.11 Valores Ordenados

		Valores Estudentizados	Valores Estudentizados	Modificados
Fila	Valor	Sin Supresión	Con Supresión	Valor-Z DAM
32	0,0	-2,69325	-2,8225	-3,82765
31	19,0	-2,61713	-2,73613	-3,72346
35	112,0	-2,24454	-2,32175	-3,21347
30	165,0	-2,03221	-2,0911	-2,92283
36	235,0	-1,75177	-1,79163	-2,53897
...				
78	1010,0	1,35309	1,37423	1,71093
57	1018,0	1,38514	1,40748	1,7548
77	1137,0	1,86188	1,90856	2,40736
47	1174,0	2,01011	2,0673	2,61026
88	1753,0	4,32974	4,88505	5,78535

Este análisis identifica y trata posibles valores aberrantes en muestras de poblaciones normales. La tabla 2.8 muestra los estimados comunes de la media y la desviación estándar, junto con estimados diseñados para ser resistentes a observaciones aberrantes. Por ejemplo, para los 93 valores de Combustible Consumido, la media y sigma son 672,258 y 249,609, respectivamente. Los correspondientes estimados Winsorizados, en los cuales se ha remplazado el 15,0% de los valores más grandes y más pequeños con valores del interior de la muestra, son 670,172 y 202,227. Note el impacto de los estimados Winsorizados sobre el intervalo de confianza para la media.

La tabla 2.9 muestra los valores más pequeños y los más grandes de Combustible Consumido. Los valores Estudentizados miden a cuántas desviaciones estándar se encuentra cada valor de la media muestral de 672,258. El valor más extremo se encuentra en la fila 88, el cual es 4,32974 desviaciones estándar de la media. Se muestran calificaciones similares al calcular las estadísticas muestrales después de eliminar cada punto, uno a la vez, al igual que cuando la media y la desviación estándar están basadas en la desviación absoluta de la mediana (DAM). Valores de las calificaciones modificadas mayores que 3,5 en valor absoluto, de las cuales hay 3, bien podrían ser observaciones aberrantes.

Para tomar en cuenta estos valores sin perder esa información se realiza un análisis estadístico referido a ajustar datos no censurados, el mismo se muestra a continuación.

**Ajuste de Datos No Censurados - Combustible Consumido Petroleo**

Datos/Variable: Combustible Consumido \_Petroleo\_

93 valores con rango desde 0,0 a 1753,0

Tabla 2.12 Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 672,258
desviación estándar = 249,609

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de Combustible Consumido. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la tabla 2.12.

### 2.3.3. Índice de consumo de combustible

No es medida directamente, como se dijo en la sección anterior se calcula como

$e = \frac{\text{combustible consumido}}{\text{volumen de producción}}$  y lo que caracteriza es la relación que existe entre las

dos variables anteriores (Combustible consumido y Volumen de producción).

Esta será mayormente usada para determinar relación entre volumen de producción y combustible consumido. No obstante se le aplicaran algunas técnicas estadísticas descriptivas para la misma.

Usando el STATGRAPHICS se puede determinar:

#### Análisis de Una Variable - Índice de Consumo de Combustible

Datos/Variable: Índice de Consumo de Combustible

92 valores con rango desde 0,207024 a 3,23041

Se calculará varios estadísticos y gráficos. También incluidos en el procedimiento están los intervalos de confianza.

Tabla 2.13 Resumen Estadístico para Índice de Consumo de Combustible

Recuento	92
Promedio	1,5706
Mediana	1,43147
Varianza	0,256172
Desviación Estándar	0,506134
Coficiente de Variación	32,2256%
Error Estándar	0,0527681
Mínimo	0,207024
Máximo	3,23041
Rango	3,02339
Sesgo Estandarizado	5,21369
Curtosis Estandarizada	5,05869
Suma	144,495

Esta tabla muestra los estadísticos de resumen para Índice de Consumo de Combustible. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor de sesgo estandarizado no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. También se puede ver esto a través de la figura 2.8 con la grafica de probabilidad normal y el histograma.

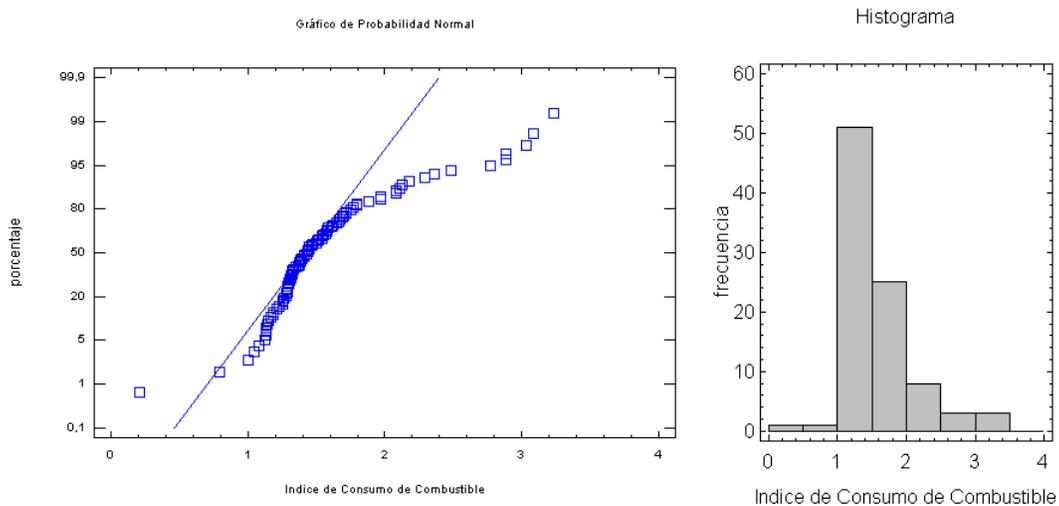


Fig. 2.8 Grafico de Probabilidad Normal e Histograma.

Por tanto casi es posible afirmar que estos valores no cumplen normalidad, por lo que no podrá hablar con rigor de la desviación estándar.

El ser una muestra con estas características resulta complejo cualquier análisis, por lo que se realizarán solo estudios de tendencia o series de tiempos. No obstante se podría en algún otro estudio determinar algunos análisis a partir de un ajuste a una distribución como la de Weibull. Ver figura 2.9.

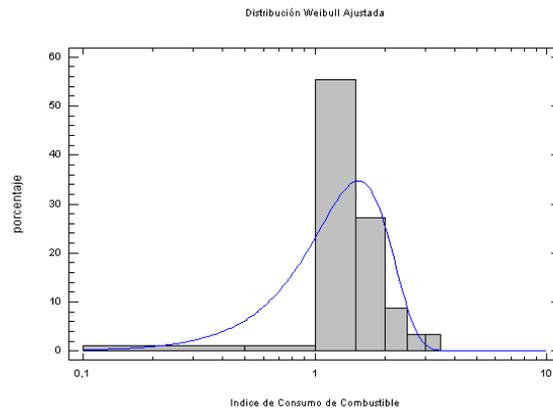


Fig. 2.9 Gráfico de ajuste a distribución de Weibull

Para ver el comportamiento del índice de consumo de combustible en el tiempo se realiza un gráfico de secuencias cronológicas, el mismo se puede ver en la figura 2.10.

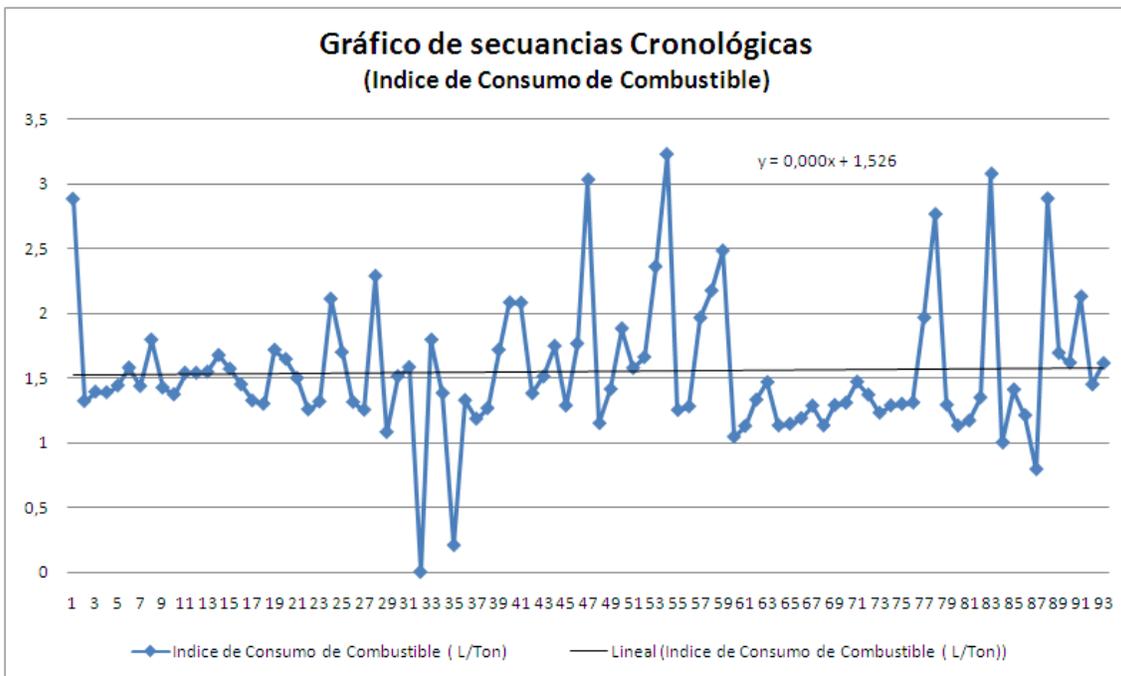


Fig. 2.10 Secuencias cronológicas del Índice de consumo de combustible.

Como se puede ver la pendiente de la curva de ajuste es casi lineal, o lo que es lo mismo la tendencia de crecimiento del índice de consumo de combustible es muy pequeño.

Capítulo II: Características de los parámetros de explotación Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

En el ajuste realizado con el Excel y mostrado en la figura 2.10 con una precisión de tres lugares decimales no muestra un resultado satisfactorio, por lo que se realiza un ajuste más preciso con el Statgraphics que se muestra a continuación.

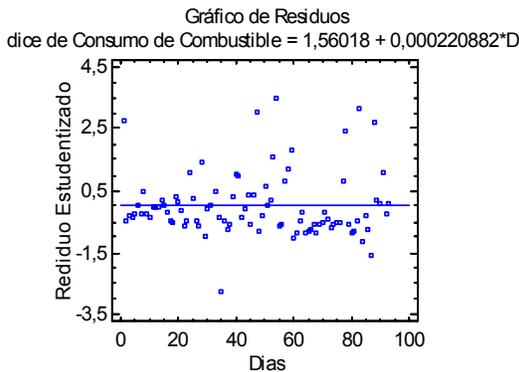
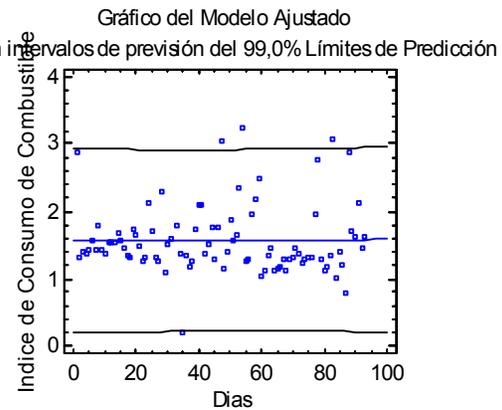
SnapStat: Ajuste de Curva

Indice de Consumo de Combustible =  $1,56018 + 0,000220882 \cdot D$  Con intervalos de previsión del 99,0% Límites de Predicción

	Estimado	Valor-P
Intercepto	1,56018	0,0000
Pendiente	0,000220882	0,9109

Coefficiente de Correlación = 0,0118  
 R-cuadrada = 0,01 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = -1,10 por ciento

Error estándar del est. = 0,508903  
 Error absoluto medio = 0,358307  
 Estadístico Durbin-Watson = 1,81274 (P=0,1561)  
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,0559875



X	Predicho	Límite de Pred. Inferior 99,0%	Límite de Pred. Superior 99,0%
	Y		
0,0	1,56018	0,191708	2,92865
20	1,5646	0,210788	2,9184
40	1,56901	0,222031	2,916
60	1,57343	0,225318	2,92154
80	1,57785	0,220669	2,93503
100	1,58227	0,208241	2,95629

X	Predicho	Límite de Conf. Inferior 99,0%	Límite de Conf. Superior 99,0%
	Y		
0,0	1,56018	1,27872	1,84164
20	1,5646	1,36634	1,76285
40	1,56901	1,42454	1,71349
60	1,57343	1,41877	1,72809
80	1,57785	1,35774	1,79796
100	1,58227	1,27493	1,8896

Gráfico de Índice de Consumo de Combustible

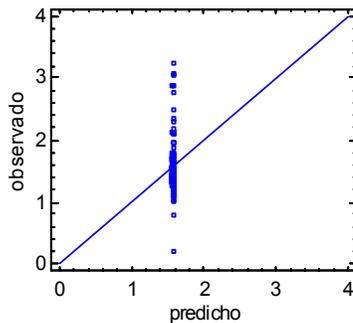
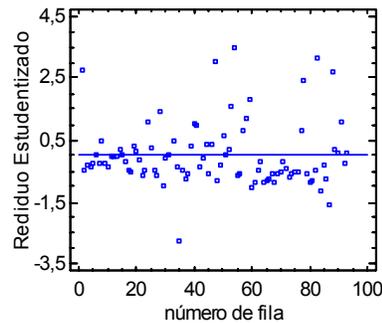


Gráfico de Residuos  
 Índice de Consumo de Combustible =  $1,56018 + 0,000220882 \cdot D$



Como se puede ver en este caso la ecuación de ajuste queda:

$$Y = 0.000220882 X + 1.56018$$

Lo que comprueba que el valor de la pendiente es pequeño y positivo pero no cero. Existe un pequeño crecimiento del índice de consumo de combustible.

### 2.3.4. Total de viajes transportados

Esta variable es medida directamente pero no es una magnitud que realmente caracterice la explotación de las combinadas, pues no influye directamente en los parámetros de la operación de las mismas. Se podría decir que quizás tenga alguna correlación con el volumen de producción o con el consumo de combustible, aunque la influencia de la misma en dichas variables antes mencionadas es muy compleja de determinar cuantitativamente, por lo que solo en este trabajo se realizará un estudio estadístico descriptivo para determinar los coeficientes de una supuesta correlación existente.

Este procedimiento está diseñado para resumir varias columnas de datos cuantitativos. Calculará varios estadísticos, incluyendo correlaciones, covarianzas y correlaciones parciales. En el procedimiento también están incluidas una serie de gráficas multivariadas, que proporcionan vistas interesantes de los datos.

#### Análisis Multivariado

Datos/VARIABLES:

Combustible Consumido \_Petróleo\_

Total Viaj\_Transp\_

Volumen de Producción \_Ton\_

Existen 93 casos completos a utilizarse en los cálculos.

Tabla 2.14 Correlaciones

	Combustible Consumido	Total Viaj_Transp_	Volumen de Producción _Ton_
Combustible Consumido		0,6613	0,6252
		(93)	(93)
		0,0000	0,0000

Capítulo II: Características de los parámetros de explotación Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

---

Total Viaj_Transp	0,6613		0,8909
	(93)		(93)
	0,0000		0,0000
Volumen de Producción	0,6252	0,8909	
	(93)	(93)	
	0,0000	0,0000	

La tabla 2.14 muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05:

Combustible Consumido y Total Viaj\_Transp

Combustible Consumido y Volumen de Producción

Total Viaj\_Transp y Volumen de Producción

Como se puede ver de la tabla 2.14 si existe una correlación en entre el total de viajes transportados y las dos variables mencionadas, esto expresa la posibilidad de una dependencia lineal en tres las mismas. La variable Volumen de producción tiene una correlación ligeramente más fuerte que la otra pues su coeficiente igual 0.8909 es bastante cercano a 1. Todo esto se puede ver también en la grafica de la figura 2.11.

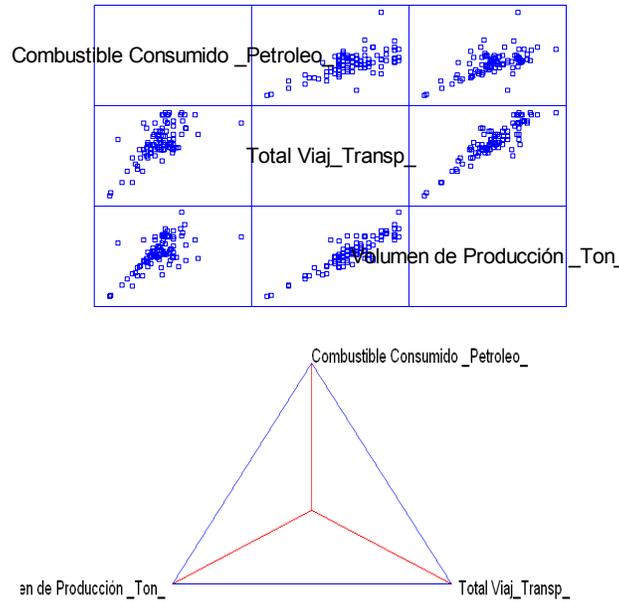


Fig. 2.11 Graficas de Análisis Multivariado.

De la figura 2.11 se aprecia la correlación lineal existente para estas variables.

### 2.3.5. Peso promedio de transportación.

Esta variable no es medida directamente, la misma se calcula por la expresión:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Total de viajes transportados}}$$

Por lo que relaciona estas dos variables mencionadas.

Esta variable realmente no da una medida directa de la explotación de las combinadas, por lo tanto no será estudiada en este trabajo..

### 2.3.6. Tiempo perdido total.

No es medida directamente, ella se determina por la suma de todas los tiempos perdidos en las distintas causas.  $T_p = \sum T_p (\text{Causa})_i$

Esta si es una variable importante en la caracterización de la explotación de la combinada, y muestra los tiempos perdidos por cada día, por lo tanto se realizará un estudio descriptivo de la misma.

Usando el STATGRAPHICS se puede determinar:

**Análisis de Una Variable - Tiempo Perdido total Horas**

Datos/Variable: Tiempo Perdido total \_Horas\_

93 valores con rango desde 0,0 a 13,76

Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluidos en el procedimiento están los intervalos de confianza.

Tabla 2.15 Resumen Estadístico para Tiempo Perdido total

Recuento	93
Promedio	3,08495
Mediana	2,75
Varianza	8,41909
Desviación Estándar	2,90157
Coefficiente de Variación	94,0556%
Error Estándar	0,300878
Mínimo	0,0
Máximo	13,76
Rango	13,76
Sesgo Estandarizado	4,6225
Curtosis Estandarizada	3,29675
Suma	286,9

La tabla 2.15 muestra los estadísticos de resumen para Tiempo Perdido total. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. En particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor de sesgo estandarizado no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

También se puede ver esto a través de la figura 2.12 con la grafica de probabilidad normal y el histograma.

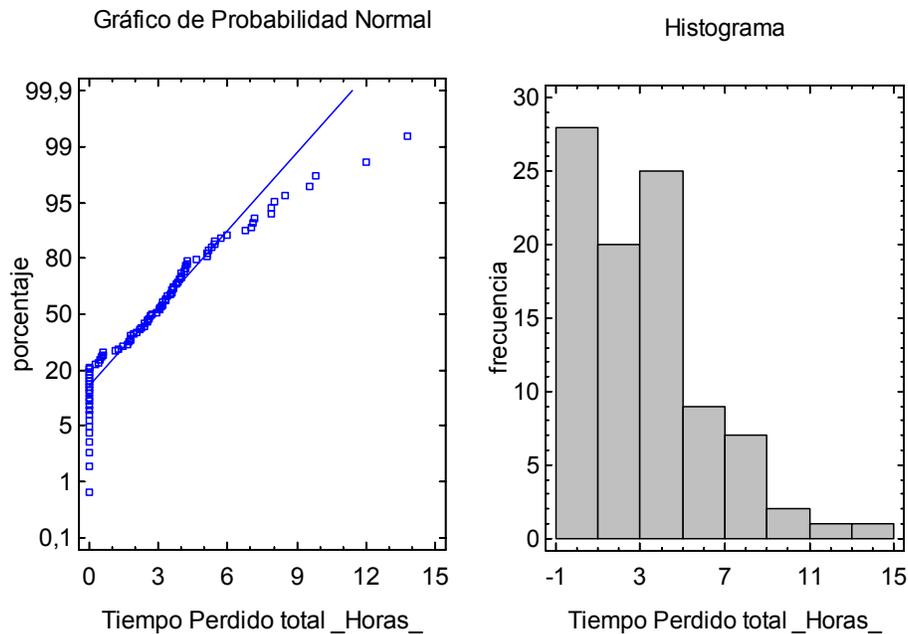


Fig. 2.12 Grafico de Probabilidad normal e Histograma.

Por tanto casi es posible afirmar que estos valores no cumplen normalidad, por lo que no podrá hablar con rigor de la desviación estándar.

Como no proviene de una distribución normal ocurre lo mismo que en el caso del índice de consumo de combustible que no tiene sentido la desviaciones estándar.

En este caso se analizará el comportamiento en el tiempo de las horas perdidas. Esto se puede ver en la figura 2.13.

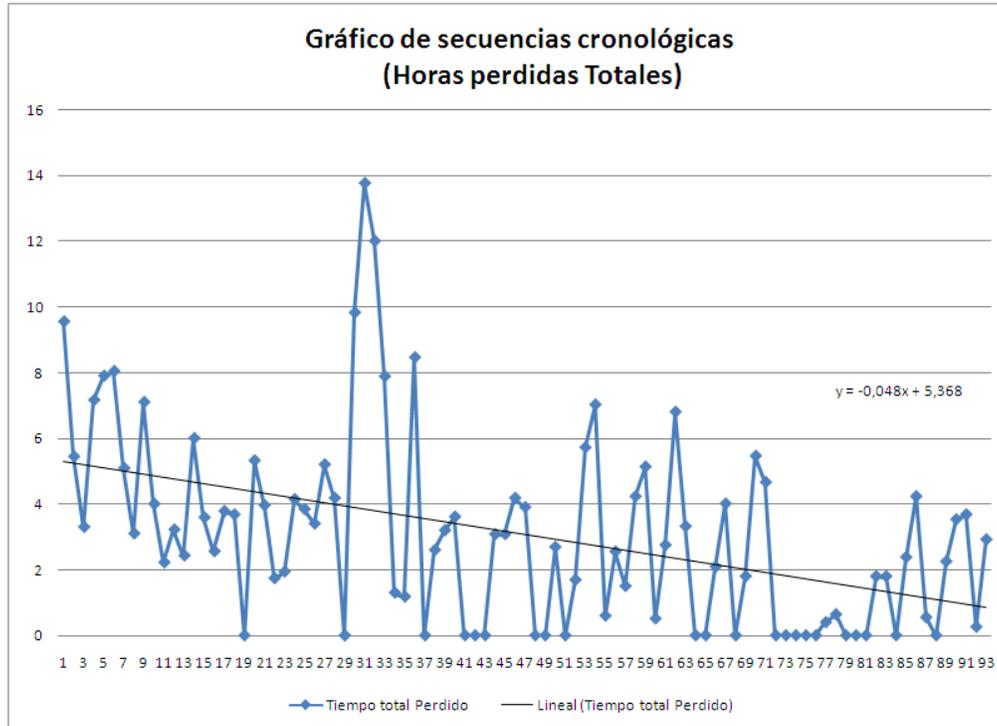


Fig. 2.13 Graficas de secuencias cronológicas para horas total perdidas.

Como se puede ver las horas perdidas totales disminuye con el tiempo en el periodo de muestra, esto es algo favorable para la operación de las combinadas y resultará interesante comparar la tendencia de la misma con el volumen de producción.

#### 2.4 Comparación entre el Volumen de Producción (Ton) y el Consumo de Combustible (Litros) de la Combinada # 1.

En esta sección se obtendrá un grafico de secuencias cronológicas conjunto para las dos variables.

A continuación se muestra la fig. 2.14 para ver la comparación entre los dos indicadores (Volumen de producción, combustible consumido).

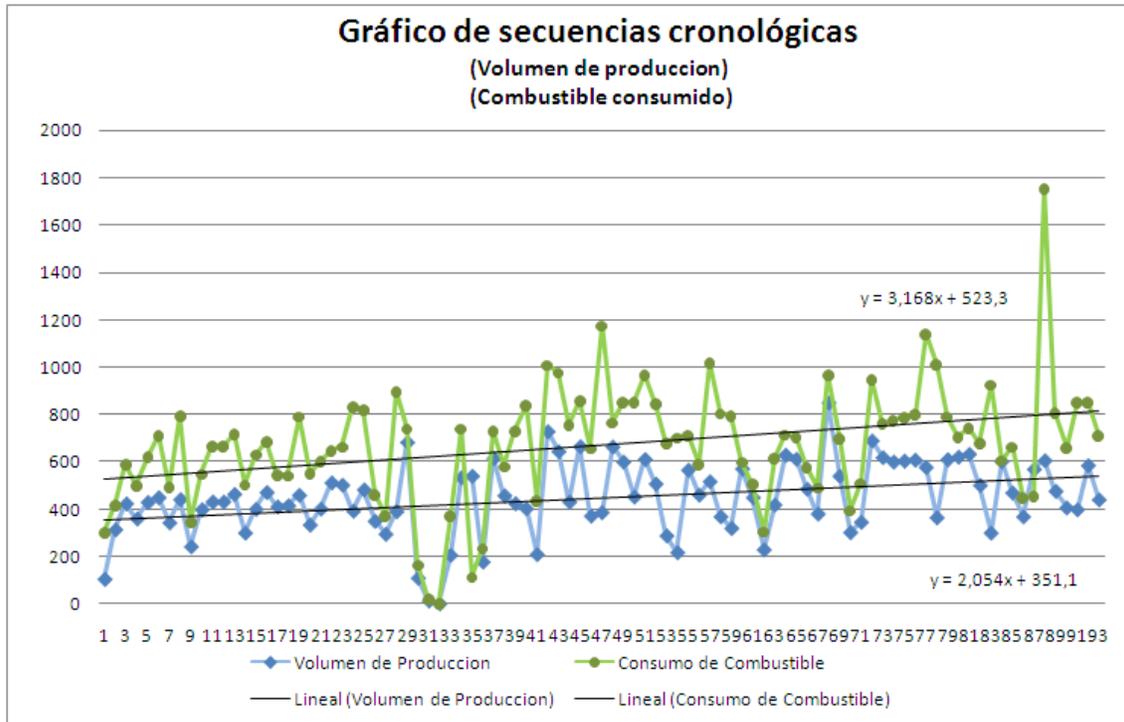


Fig. 2.14 Gráfico de la Comparación entre el Volumen de Producción y el Consumo de Combustible por semana.

Como se aprecia en el gráfico de la figura 2.14 el comportamiento ascendente de las dos variables indica que ambos parámetros aumentaron en el tiempo que se tomó la muestra, sin embargo se puede decir que el consumo de combustible aumentó más en proporción lineal que el volumen de producción. Esto podría ser un mal síntoma en la operación de la combinada aunque cabe la duda de que simplemente el hecho de aumentar producción a partir de un valor dado implique alejarse de los valores óptimos de trabajo para la cosechadora.

Esto también se puede ver mediante la variable calculada Índice de consumo de combustible, cuya tendencia ya fue mostrada en la figura 2.10 y calculada su ecuación de ajuste lineal, cuya pendiente es bastante pequeña, se puede concluir que a pesar de lo dicho anteriormente no son muy significativas estas diferencias.

## **2.5 Comparación entre el Volumen de Producción (Ton) y Total de Tiempos perdidos (H) de la Combinada # 1.**

En esta sección se realiza un análisis parecido al de la sección anterior pero en este caso para las variables implicadas.

Como los valores de las horas perdidas es numéricamente mucho menor que el de volumen de producción resulta muy difícil realizar una grafica en la cual se encuentre los dos valores conjuntamente, por lo tanto el análisis será visto independientemente a través de las figuras 2.3 y 2.13, que representan los comportamientos de cada una por separado.

Las curvas de ajustes están dadas por:

Volumen de producción ( $Y = 2.054 X + 351.1$ )

Total de Tiempos perdidos ( $Y = -0.048 X + 5.368$ )

Como se puede ver la disminución del tiempo perdido total en horas es mucho menor en proporción lineal que el aumento de la producción, lo que quiere decir que además hay algunos otros factores que influyen en el mismo. No obstante eso, como ya se vio en la sección 2.3.6 si existe una correlación bastante fuerte entre las mismas.

Para ver el comportamiento de esta se realiza un análisis de correlación que se muestra a continuación:

### **Análisis Multivariado**

Datos/VARIABLES:

Volumen de Producción \_Ton\_

Tiempo Perdido total \_Horas\_

Existen 93 casos completos a utilizarse en los cálculos.

Este procedimiento está diseñado para resumir varias columnas de datos cuantitativos. Calculará varios estadísticos, incluyendo correlaciones, covarianzas y correlaciones parciales.

En el procedimiento también están incluidas una serie de gráficas multivariadas, que proporcionan vistas interesantes de los datos.

Tabla 2.16 Correlaciones

	Volumen de Producción _Ton_	Tiempo Perdido total _Horas_
Volumen de Producción _Ton_		-0,8629
		(93)
		0,0000
Tiempo Perdido total _Horas_	-0,8629	
	(93)	
	0,0000	

Correlación (Tamaño de Muestra) Valor-P

La tabla 2.16 muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05:

Volumen de Producción y Tiempo Perdido total

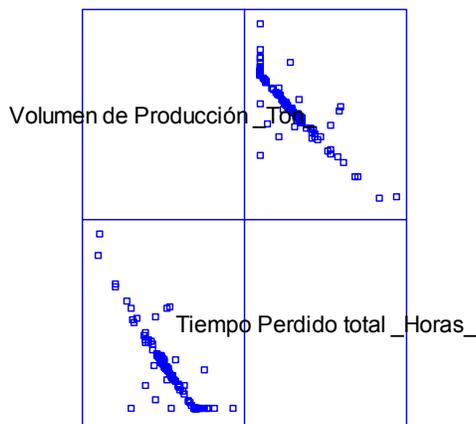


Fig. 2.15 Matriz de dispersión

De la figura 2.15 se puede apreciar la correlación lineal existente entre estas dos variables.

## **2.6 Análisis de las diferentes causas de tiempos perdidos.**

Para analizar las distintas causas de tiempos perdidos que tributan al total se realizan un orden en cantidad de aportadas.

Primeramente las variables que nunca en este estudio produjeron tiempo perdido fueron:

- Falta de combustible
- Falta de lubricante
- Falta de carros de ferrocarril
- Falta de piezas de combinadas
- Falta de piezas de tractor motor
- Falta de materiales

Es decir la medición de estas 6 variables produjo un valor nulo para cada día en el periodo muestreado.

Entonces de las 19 variables que conforman el tiempo total perdido en horas solo 13 tienen contribución real para la muestra examinada durante este periodo de zafra.

Para el estudio del aporte que realiza cada variable se realiza un grafico de pastel y uno de barra representados en la figura 2.16 en la que se puede ver cuáles son los factores fundamentales que incidieron en tiempo perdido total.

### Variables más influyentes:

1. Causas Industriales (23%)
2. Rotura de Combinadas (17%)
3. Mantenimientos (15%)
4. Lluvia o Humedad (13%)
5. Falta de Camiones (10%)
6. Resto (5% y 1%)

Capítulo II: Características de los parámetros de explotación Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

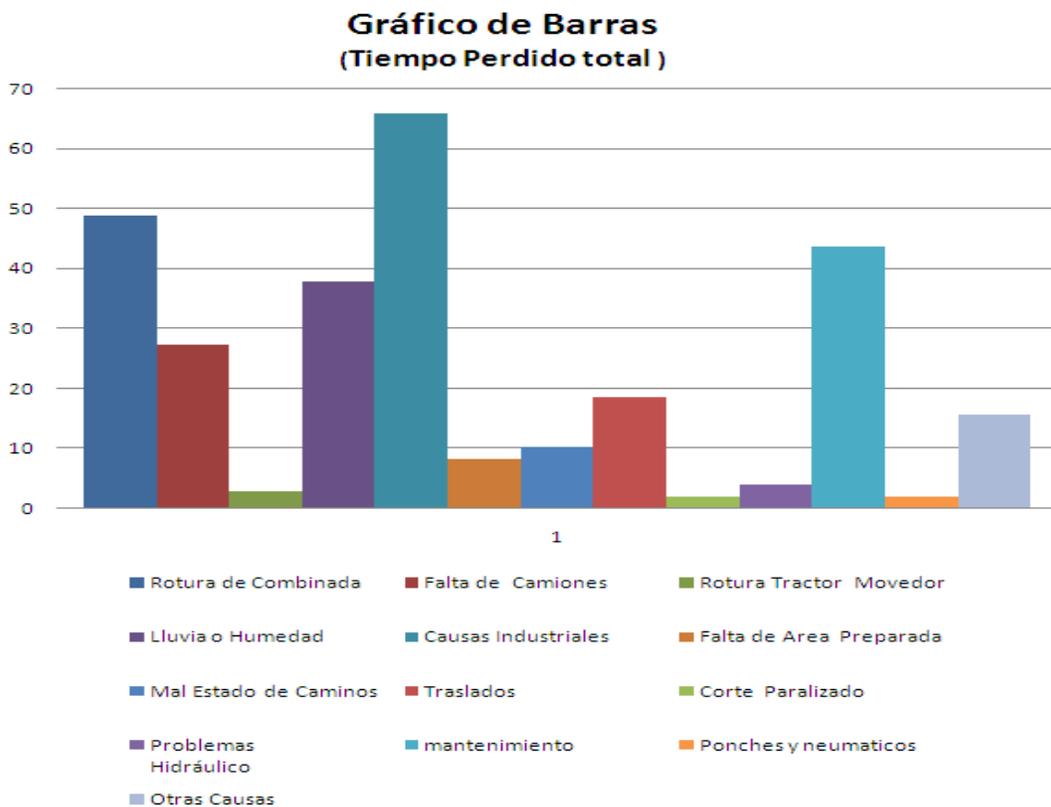
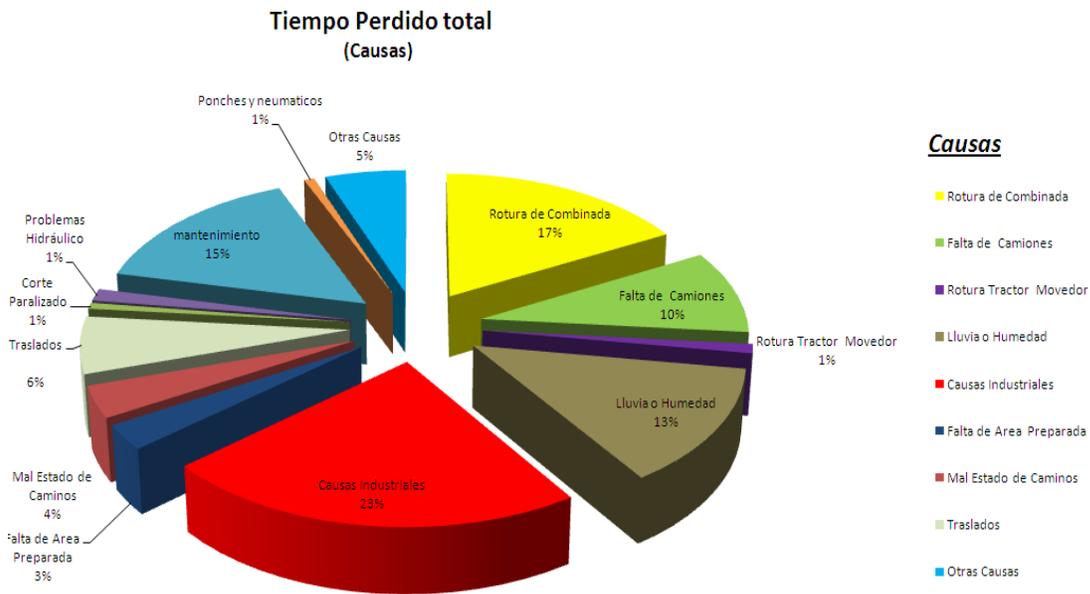


Fig. 2.16 Porciento que representa cada causa de tiempo perdido del total

Como se puede ver son 5 las variables más influyentes en el tiempo perdido de las combinadas, las cuales en este trabajo quedaron bien determinadas y ordenadas cronológicamente, entre ellas asumen el 81% del tiempo perdido total mientras que solo el 19% le quedan a las otras 14 variables.

Con este estudio en futuros trabajos se podrían aplicar medidas más efectivas que influyan en las mismas.

Es importante señalar también que de las 5 variables más influyentes la segunda y tercera (Rotura de Combinadas y Mantenimientos) son las más allegadas directamente a la cosechadora, sobre todo el hecho de que la rotura de combinadas es la segunda causa con un 17%, podrá decirse que las roturas de las mismas es algo que hay que evitar.

## **2.7 Conclusiones del Capítulo.**

1. Las muestras tomadas en distintas variables mediante el control de la supervisión de la operación de la Combinada No, 1 permitieron hacer un estudio de la caracterización de la operación de las mismas.
2. El volumen de producción y el consumo de combustible aumento en el tiempo de explotación en que se midió esta variable, aunque hay que señalar que no lo hicieron de la forma mejor posible, ya que no tuvieron la misma proporción lineal de crecimiento. Esto se puede ver claramente en el ajuste obtenido para el índice de consumo de combustible que confirma que realmente no fue el valor optimo pero si uno muy bueno.
3. Se demostró que es tiempo perdido total tiene una alta relación lineal con el volumen de producción, aunque no es el único que influye en dicho valor. Se determinó el orden de influencia que tuvieron las distintas causas de tiempos perdidos y su aporte al tiempo perdido total.

## *Capítulo III*



### **Capítulo III: Cálculo de la resistencia a la fractura por fatiga de las Cuchillas del Cortador de Base de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.**

#### **3.1 Cuchillas del Cortador de Base y composición química del acero.**

En este capítulo se realizará un estudio de la resistencia de las cuchillas del cortador de base de la Combinada # 1 serie A7000 del CAI Ciudad Caracas, donde se analizará la misma en las condiciones actuales y luego se comparará después de aplicar algunas modificaciones para recuperarlas.

Para realizar esto resulta necesario primeramente conocer todas las características del material a emplear, por lo que se realiza un estudio del mismo, determinándose su composición química y sus propiedades mecánicas.

En la figura 3.1 se puede ver la forma de las cuchillas objeto de estudio en esta sección.



Fig. 3.1 Cuchilla del cortador de base.

Para determinar la composición química del material que componen las cuchillas del picador de base se realiza una prueba Espectroscópica en el equipo existente en Planta Mecánica de Santa Clara, obteniéndose que la composición química del acero es la indicada en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Composición química del material de las cuchillas del picador de base de la cosechadoras de caña Marca Case A 7000.**

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
0.542	1.89	0.83	0.024	0.001	0.12	0.04	0.06	0.0215

Con el análisis de estos datos se determinó que el material de las cuchillas es un acero al silicio de la marca Ac 50C2 (Norma GOST). Además se le realizó una prueba de dureza al material la cual mostro como resultado una dureza de 46 HRC, con Tratamiento Térmico de temple y revenido.

- Temple a 870 °C en aceite o agua.
- Revenido a 460 °C al aire.

Con este tratamiento y para este material se puede encontrar del (Promsyrrioimport, 1970), las propiedades mecánicas del mismo, estas se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Propiedades Mecánicas (Ac 50C2).

Limite de Fluencia. ( $\sigma_F$ ) Kg f/mm <sup>2</sup>	Resistencia Máxima. ( $\sigma_u$ ) Kg f/mm <sup>2</sup>	% de elongación.	% de estricción del área.	$a_k$ (kgf-m/cm <sup>2</sup> )
110	120	60	30	5

De esta manera ya se tiene bien determinado el material y las propiedades mecánicas del mismo para cualquier análisis que se requiera realizar.

### **3.2 Descripción de la propuesta para la recuperación de las cuchillas del picador base.**

Debido a que la causa fundamental de falla de las cuchillas es por desgaste se propone recuperarlas por el método de soldadura.

Inicialmente en la industria azucarera se estaban recuperando estas cuchillas por el método de recargue, el que consiste en aportarle material a la parte desgastada de la misma. Este método muchas veces resultaba imposible de aplicar, debido a que al llegar el desgaste a niveles muy altos ya no permite una deposición correcta del material de aporte para mantener la forma inicial de la cuchilla, estas chuchillas automáticamente pasaban a ser de rechazo.

Con el fin de poder aumentar más la capacidad de recuperación en estos elementos de maquinas, que de por sí, llevan este proceso en su vida útil para poder justificar su costo, se propone un nuevo procedimiento para su recuperación que permitirá aplicárselo a cuchillas que antes fueron de rechazo.

Este método consiste en cortar por una sección posterior y lo suficientemente alejada al último orificio la punta desgastada y soldarle otra nueva parte a la pieza, quedando de esta manera una nueva cuchilla lista para afilar.

En la Fig. 3.2 se puede ver el desgaste producido en las cuchillas del picador de base.



Fig. 3.2 Cuchilla desgastada.

En la Fig. 3.3 se puede ver un esquema del corte de la sección que se le aplicará a la cuchilla y la parte de la pieza que se le soldará.

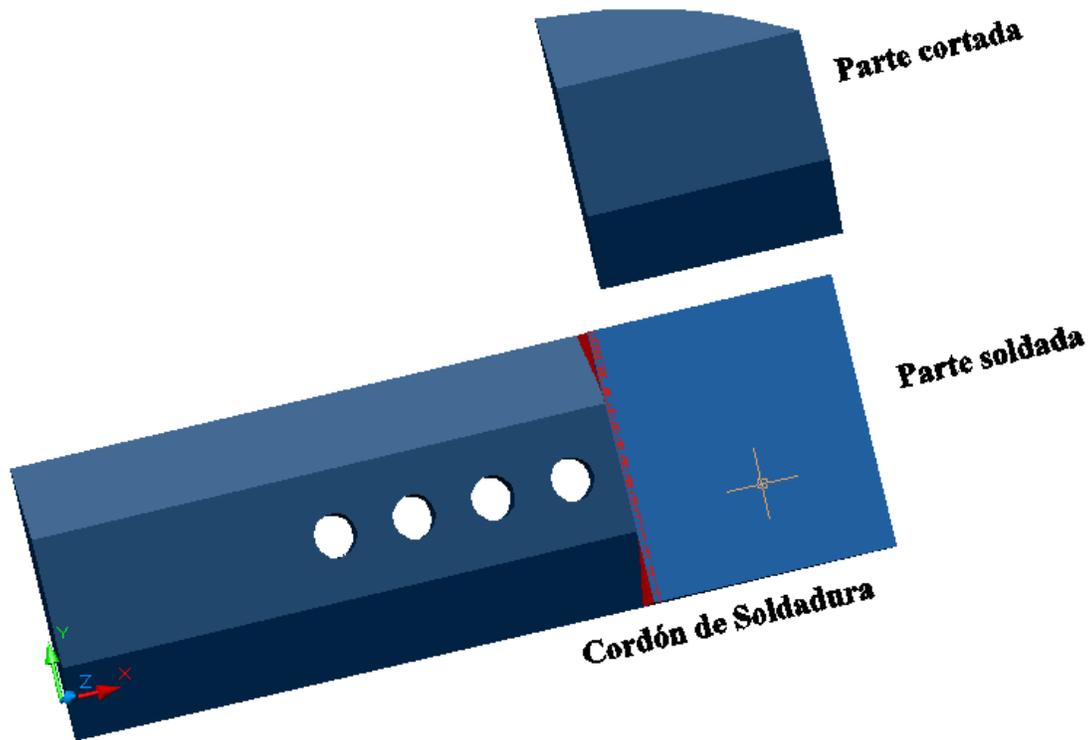


Fig. 3.3 Esquema de corte y de la sección soldada.

Además se debe señalar que una vez soldado este o ambos extremos quedan listos para afilarse, pero también quedan algunas pequeñas zonas en el resto del filo que presentan pequeños desgastes. Para solucionar esto se propone recargar por soldadura el resto del filo de la cuchilla, logrando una forma prismática relativamente uniforme en toda la cuchilla. Esto se puede ver en la figura 3.4.

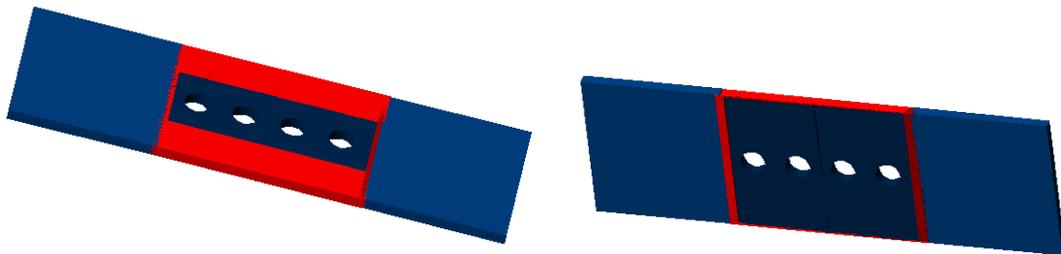


Fig. 3.4 Cuchilla lista para afilar.

Con el objetivo de lograr un mayor aprovechamiento de la cuchilla (alargar su vida útil) se propone que las mismas sean usadas en ambos discos, esto permitirá que se usen las cuatro puntas de corte de la cuchilla, esta propuesta de utilización implicará que la cuchilla se desgastará de forma curvilínea por los cuatro lados del filo formándose una zona puntiaguda en la cuchilla y puede cuestionarse si la cuchilla en esas condiciones podrá soportar las cargas de flexión. Para evaluar esta posibilidad se utilizará el concepto de Viga de Igual Resistencia a Flexión (G.S. Pisarenko, A.P., Yakovlev, & V Matvéev, 1989) en este tipo de viga la altura de la viga de sección rectangular es tal que la tensión es uniforme a lo largo de toda la longitud y por supuesto menor que la tensión límite a flexión.

El momento flector a una distancia  $z$  de la punta de la cuchilla con una carga concentrada  $P$  en su extremo es:

$$M_f = P \cdot z$$

Designando por “ $y$ ” la altura de la cuchilla a esa coordenada  $z$  de la punta y “ $t$ ” el espesor, la condición de resistencia a flexión obtenida por la Ecuación de Navier es:

$$\sigma_{max_z} = \frac{P \cdot z \cdot y/2}{\frac{1}{12} \cdot t \cdot y^3} \leq \sigma_{lim}$$

Simplificando:

$$\frac{6 \cdot P \cdot z}{t \cdot y^2} \leq \sigma_{lim}$$

Despejando  $y$  se obtiene la ecuación de la altura  $y = f(z)$  de la viga de igual resistencia.

$$y \geq \sqrt{\frac{6 \cdot P \cdot z}{t \cdot \sigma_{lim}}}$$

Teniendo en cuenta que la cuchilla con una altura  $h$  a una coordenada  $l$  desde la punta ha podido resistir las cargas de flexión, se tiene que para la cuchilla real:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot P \cdot l}{t \cdot \sigma_{lim}}}$$

Dividiendo la ecuación de  $y$  de la parábola de igual resistencia, entre la ecuación de la altura  $h$  de la cuchilla se obtiene la relación entre  $y$  y  $h$  para cualquier valor de  $P$ ,  $t$  y  $\sigma_{lim}$ :

$$y \geq h \cdot \sqrt{\frac{z}{l}}$$

En la Fig. 3.5 se muestra la comparación del contorno real del desgaste de la cuchilla, con el contorno del perfil mínimo que garantiza la resistencia de la cuchilla. Como se aprecia la altura de la cuchilla siempre será mayor que la de la viga de igual resistencia por lo que aun desgastándose por todos los filos la cuchilla ella soportara las cargas de flexión.

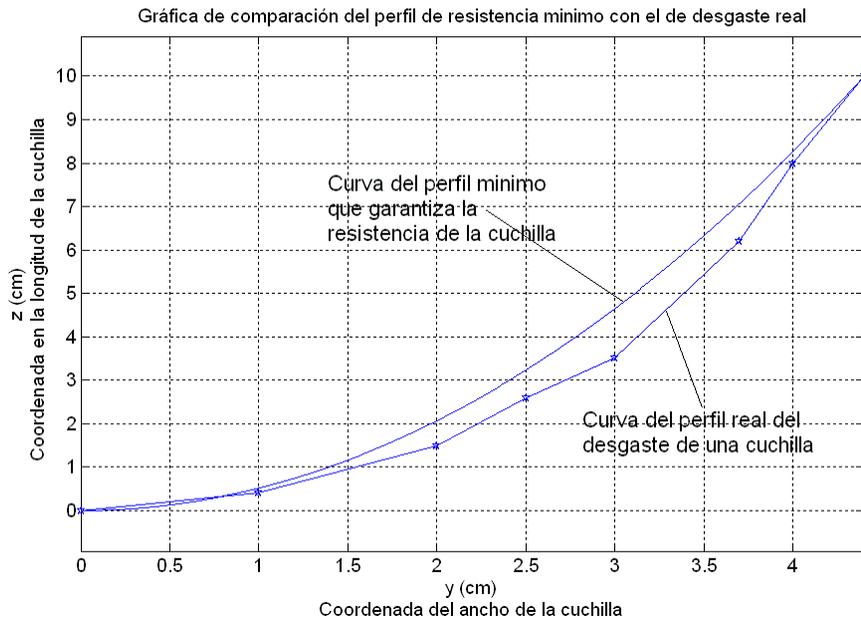


Fig. 3.5 Comparación del desgaste de la cuchilla con la parábola de igual resistencia

### 3.3 Cálculo de las cargas aplicadas a las cuchillas.

Para determinar las cargas en las cuchillas se parte del esquema de análisis de la Fig. 3.5, en la que se puede ver las dimensiones y las cargas que existen en el disco de corte.

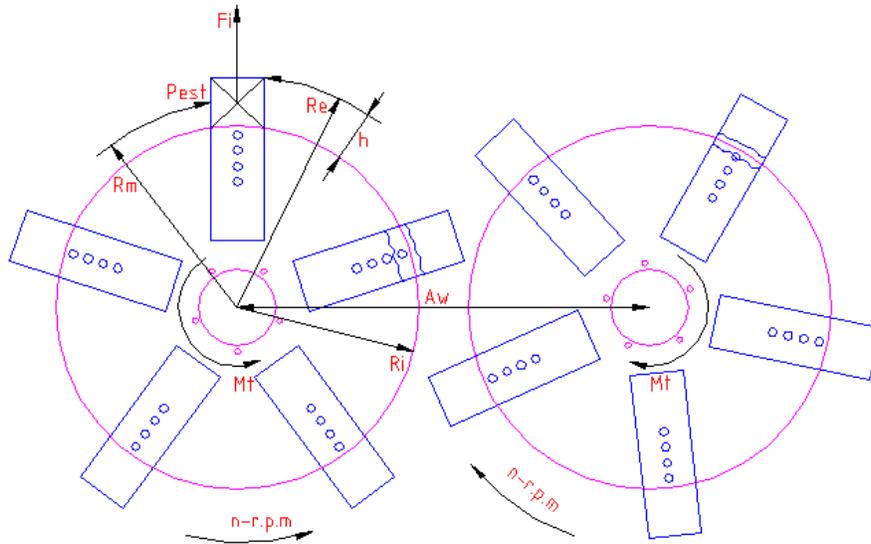


Fig. 3.5 Cargas sobre la cuchilla y fuerzas internas de la misma.

### 3.3.1 Determinación del momento torsor.

Primeramente para determinar el momento torsor ( $M_t$ ), se parte del dato de la potencia transmitida por el motor hidráulico correspondiente al accionamiento de este mecanismo que gira 460 rpm, se toma la ecuación (3.1) que permite realizar el cálculo requerido.

$$M_t = 71620 * \frac{N_{efm} (CV)}{n (rpm)} \quad (3.1)$$

Donde:  $M_t$  –Torque a transmitir (N-m).

$N_{efm}$  – Potencia Efectiva C.V.

n- velocidad de giro de las cuchillas (460 rpm).

Para determinar la potencia efectiva de toma la ecuación (3.1) que en función del flujo y la presión hidráulica se puede estimar.

$$N_{efm} = \frac{p \cdot Q \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_c}{2 \cdot n \cdot 450} \quad (3.2)$$

Donde: p- presión de la bomba de aceite (70.307 kgf/cm<sup>2</sup>).

Q-Caudal de la bomba de aceite (632,16 L/min).

$\eta_v = \eta_m = 0,95$  Eficiencia de la bomba de aceite.

$\eta_c = 0,99^2 * 0,98$  Eficiencia de la caja reductora.

$n = 2,65$  Relación de transmisión de la caja reductora.

Calculando:

$$N_{efm} = \frac{70.307 * 632,16 * 0,95^2 * 0,99^2 * 0,98}{2,65 * 450}$$

$$N_{efm} = 31.9549 C.V$$

Entonces:

$$M_t = 71620 * \frac{31.9549}{460}$$

$$M_t = 4975.25 kgf - cm$$

$$M_t = 487.654 N - m$$

Con  $M_t$  conocido se plantea el equilibrio respecto al origen de coordenadas en el esquema de la figura 3.6 a

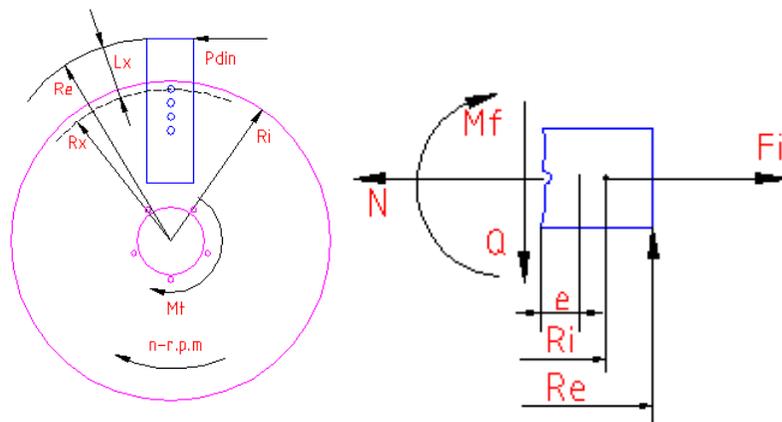


Fig. 3.6 a y b. Esquema de análisis para aplicar el equilibrio y encontrar las cargas.

### 3.3.2 Determinación del valor de las cargas activas, del coeficiente de carga dinámico y las cargas dinámicas.

Del equilibrio en la figura 3.6 a se puede obtener que:

$$\sum M_c = 0$$

$$M_t = P_{est} * R_e$$

$$P_{est} = \frac{M_t}{R_e}$$

Donde:  $P_{est}$  – Fuerza de corte estático.

$R_e$  – Distancia del centro del rotor al punto de aplicación.

Entonces:

$$P_{est} = \frac{487.68 \text{ Nm}}{0.38 \text{ m}}$$

$$P_{est} = 1283.29 \text{ N}$$

Para determinar la fuerza dinámica se asume un coeficiente de carga dinámica que según la literatura consultada para este caso puede tomarse con el valor de

$k_{din} = 5$ . (Goytisoló, 2005, León, 2006)

De donde:

$$P_{din} = K_{din} * P_{est} = K_{din} - \frac{M_t}{R_e} \quad (3.4)$$

Donde:  $K_{din}$  – coeficiente de carga dinámica. (en este caso se asume 5)

$P_{est}$  – fuerza en condiciones de carga estática.

Entonces:

$$P_{din} = 5 * 1283.29 \text{ N}$$

$$P_{din} = 6416.447 \text{ N}$$

Otra fuerza que aparece en este análisis es la fuerza de inercia la cual será determinada a continuación.

### 3.3.3 Cálculo de Fuerza de inercia.

La fuerza de inercia sobre la sección analizada se determinó por la expresión.

$$F_i = m_x * a_c \quad (3.5)$$

Donde:  $F_i$  – Fuerza de inercia en (N).

$m_x$  – masa del tramo de la cuchilla analizado en (kg). Esta será calculada con el software Mechanical Desktop. Ver figura 3.7.

$$a_c = w^2 * R_{cx} \quad - \quad \text{aceleración normal en (m/s}^2\text{)}.$$

$n$  - Velocidad de disco en (rpm).

$w$  – Velocidad angular en (rad/s).

$R_{cx}$  – Radio del centro del disco de corte al centroide del trozo de la cuchilla a recuperar. (m)



Fig. 3.7 Masa ( $m_x$ ) con soldadura y con agujero.

$$R_{cx} = R_e - (l_x - \bar{x})$$

(3.6)

Para la sección con agujero.

$$R_{cx} = 0,38\text{m} - (0,095\text{m} - 0,04909\text{m})$$

$$R_{cx} = 0,33409 \text{ m}$$

Para la sección con soldadura.

$$R_{cx} = 0,38\text{m} - (0,08\text{m} - 0,04\text{m})$$

$$R_{cx} = 0,34 \text{ m}$$

De aquí:

$$F_i = m_x * w^2 * R_{cx}$$

W será calculada por la siguiente ecuación:

$$w = \frac{2\pi}{60} * n$$

$$w = \frac{2\pi * 640}{60}$$

$$w = 67.0206433 \text{ rad/s}$$

Para la sección con agujero.

$$F_i = 0,314 * 67,0206433^2 * 0,33409$$

$$F_i = 471.2054542 \text{ N}$$

Para la sección con soldadura.

$$F_i = 0,27 * 67,0206433^2 * 0,34$$

$$F_i = 412.3441765 \text{ N}$$

### 3.3.4 Cálculo de las fuerzas internas existentes en la cuchilla.

Para calcular las fuerzas internas (Momento flector y cortante) se plantea el equilibrio del esquema representado en la figura 3.6 b, obteniéndose:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_i - N = 0 \quad \rightarrow \quad N = F_i \quad (3.7)$$

Para la sección con agujero.

$$N = 471.2054542 \text{ N}$$

Para la sección con soldadura.

$$N = 412.3441765 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$P_{din} - Q = 0 \quad \rightarrow \quad Q = P_{din} \quad (3.8)$$

$$Q = 6416.447 \text{ N}$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$M_f - P_{din} * l_x = 0 \quad \rightarrow \quad M_f = P_{din} * l_x \quad (3.9)$$

Para la sección con agujero.

$$M_f = 6416.447 \text{ N} * 0,095\text{m}$$

$$M_f = 609.5625\text{N} - \text{m}$$

Para la sección con soldadura.

$$M_f = 6416.447 \text{ N} * 0,08\text{m}$$

$$M_f = 513.3158\text{N} - \text{m}$$

Una vez obtenidas todas las fuerzas internas que actúan sobre la cuchilla se calcularán las tensiones y se comprobará la resistencia a la fatiga de las mismas.

### 3.4 Evaluación de la resistencia a la fatiga para una cuchilla en la sección con agujero y en la soldada.

El análisis para comprobar la resistencia a la fatiga se realizará en dos secciones distintas representadas en la figuras 3.8.



Fig. 3.8 a y b Secciones a analizar, tanto con agujero como con soldadura.

La figura 3.8 a representa la sección en la zona del agujero, que resulta la sección más peligrosa para la cuchilla en las condiciones actuales en que trabajan sin ser recuperadas por la metodología propuesta.

La figura 3.8 b representa la sección de la cuchilla en el lugar donde se produce la soldadura que después de aplicar la recuperación propuesta, este podría ser la zona más peligroso a la falla por fatiga.

Otra vista lateral de las secciones de las cuchillas donde se le calculará a la fatiga se pueden ver en la figura 3.9.



Fig. 3.9 Corte de las secciones a calcular la fatiga.

### 3.4.1 Cálculo de las tensiones.

Para determinar la tensión normal de tracción se aplica la expresión (3.10)

$$\sigma_N = \frac{N}{A} \quad (3.10)$$

Para la sección con agujero.

$$\sigma_N = \frac{471.2054542 \text{ N}}{334,5 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_N = 1.408685 \text{ N/mm}^2$$

Para la sección con soldadura.

$$\sigma_N = \frac{412.3441765 \text{ N}}{425,5 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_N = 0.969008 \text{ N/mm}^2$$

A: Es el área de esta sección y se calcula mediante el Software Mechanical Desktop. Ver figura 3.10.

Para determinar las tensiones producidas por el cortante se parte de la ecuación de Zhuravski.

$$\tau = \frac{Q \cdot S_x^{sep}}{I_x \cdot b} \quad (3.11)$$

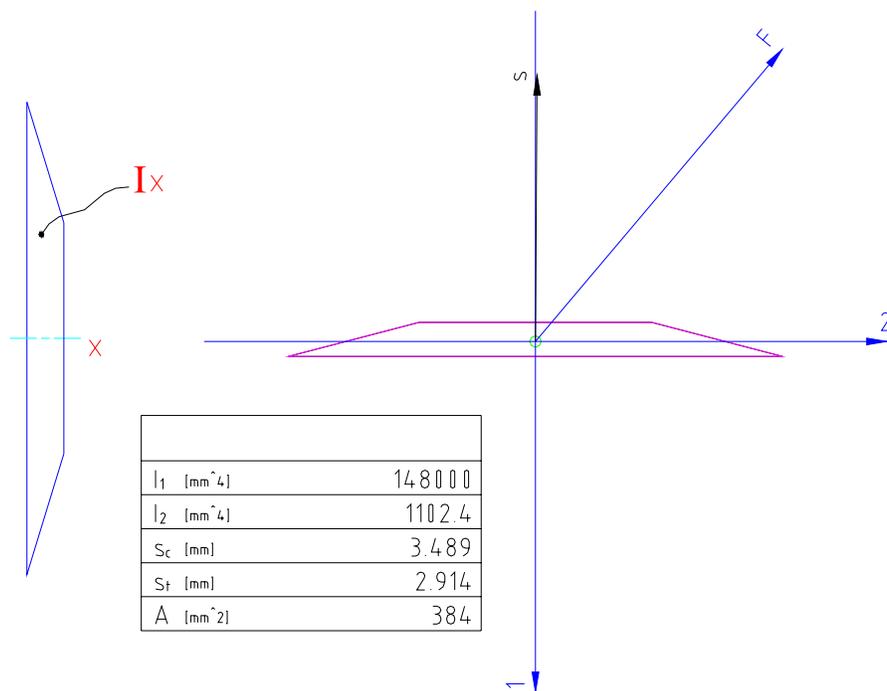


Fig.3.10 Sección empleada para calcular momento de inercia.

Donde:

$I_x$ : Esta será calculada mediante el software Mechanical Desktop. Ver figura 3.10.

b: es el ancho en el lugar donde se quiere obtener la tensión (en este caso en el centro de coordenadas).

Para determinar  $S_x$  se realiza un dibujo en el software Mechanical Desktop que represente el área superior al punto central como se muestra en la fig. 3.11.

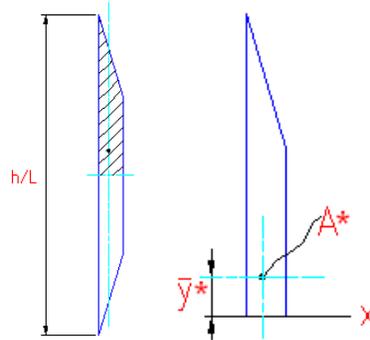


Fig.3.11 Sección empleada para calcular  $S_x$

Se calcula el área de esa sección y el centroide respecto a X mediante un procedimiento similar al anterior y aplicando:

$$\left. \begin{array}{l} A^* \\ \bar{Y}_x \end{array} \right\} \text{Con estos dos valores se puede determinar: } S_x^{sep} = \int_{A^*} Y dA = \bar{Y}_x * A_x$$

$$S_x^{sep} = \bar{Y}_x * A_x$$

$$S_x^{sep} = 17,06 \text{mm}^2 * 213,4 \text{mm}$$

$$S_x^{sep} = 3640,604 \text{mm}^3$$

De esta manera queda la tensión tangencial máxima al evaluar en la ecuación (3.11) con el valor de:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{Q * S_x^{sep}}{I_x * b}$$

Para la sección con agujero.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{6416,447 * 3640,604}{168600 * 6,5}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 21.3156 \text{ N/mm}^2$$

Para la sección con soldadura.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{6416,447 * 3640,604}{170080 * 6,5}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 21.13 \text{ N/mm}^2$$

Capítulo III: Calculo de la resistencia a la fatiga y a la fractura de los segmentos ó cuchillas de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

---

Para determinar la tensión de flexión se plantea la ecuación de Navier (3.12).

$$\sigma_f = \frac{M_f}{w_x} \quad (3.12)$$

Donde:  $w_x = \frac{I_x}{Y_n}$

Para la sección con agujero.

$$w_x = \frac{168600}{44}$$

$$w_x = 3831,818182 \text{ mm}^3$$

Para la sección con soldadura.

$$w_x = \frac{170080}{44}$$

$$w_x = 3865,4545 \text{ mm}^3$$

$$M_f = P_{din}/L_x \quad (\text{Nm})$$

Para la sección con agujero.

$$M_f = 6416.447 * 0,095$$

$$M_f = 609.5625 \text{ Nm}$$

$$M_f = 609562.5 \text{ N} * \text{mm}$$

Para la sección con soldadura.

$$M_f = 6416.447 * 0,08$$

$$M_f = 513.3158 \text{ Nm}$$

$$M_f = 513315.8 \text{ N} * \text{mm}$$

Entonces calculando con la ecuación (3.12) se obtiene:

Para la sección con agujero.

$$\sigma_f = \frac{609562.5 \text{ N} * \text{mm}}{3831,818182 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_f = 159.079 \text{ N/mm}^2$$

Para la sección con soldadura.

$$\sigma_f = \frac{513315.8 \text{ N} * \text{mm}}{3865,4545 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_f = 132.796 \text{ N/mm}^2$$

### 3.4.2 Determinación del factor de seguridad a la fatiga.

Para determinar el factor de seguridad a la fatiga se asume el siguiente ciclo representado en la figura (3.12):

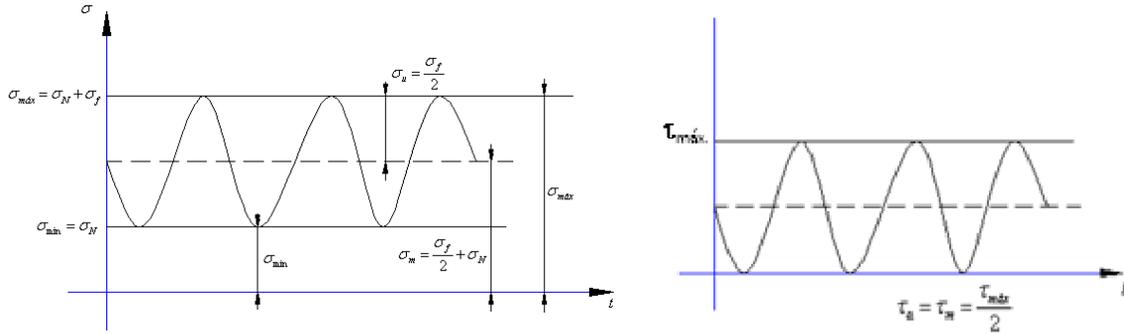


Fig. 3.12 Ciclo de cargas para el cálculo a la fatiga.

De acuerdo a este ciclo se calcula la razón de asimetría por la ecuación (3.13).

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (3.13)$$

Calculado:

Para la sección con agujero.

$$r = \frac{\sigma_N}{\sigma_N + \sigma_f}$$

$$r = \frac{1.40868\text{MPa}}{1.40868\text{MPa} + 159.079\text{MPa}}$$

$$r = 0.008777$$

Para la sección con soldadura.

$$r = \frac{\sigma_N}{\sigma_N + \sigma_f}$$

$$r = \frac{0.969008\text{MPa}}{0.969008\text{MPa} + 132.796\text{MPa}}$$

$$r = 0.007244$$

Como r es mayor que cero se requiere calcular el valor de  $r_s$  para poder determinar en el diagrama de Serensen modificado en las coordenadas de Haigh la zona de falla que se encuentra este caso.

$$r_s = 1 - \frac{\sigma_0(\sigma_u - \sigma_F)}{\sigma_F(\sigma_u - \sigma_0)}$$

$$r = 0.66667$$

Donde:

$$\sigma_3 \approx 0,5\sigma_u \approx 588N/mm^2$$

Como se puede ver el valor de r se encuentra entre:

$$0 \leq r \leq r_s$$

Lo que implica que se encuentre en la Zona II.

Esto trae consigo que se pueda aplicar la ecuación (3.14) que es la que corresponde a este caso.

$$n_\sigma = \frac{\sigma_u}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon \cdot \beta} \cdot \left( \frac{2 \cdot \sigma_u - \sigma_0}{\sigma_0} \right) \cdot \sigma_a + \sigma_m} \quad (3.14)$$

De la Tabla 3.2 para el acero Ac 50C2 del cual están hechas las cuchillas

$$\sigma_u = 1176N/mm^2$$

Según la literatura se puede plantear:

$$\sigma_{-1} \approx 0,36 \sigma_u \approx 423,36 N/mm^2$$

$$\sigma_3 \approx 0,5\sigma_u \approx 588N/mm^2$$

Del ciclo de cargas propuesto se puede plantea:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_f}{2} \quad (3.15)$$

$$\sigma_a = 79.5396 N/mm^2$$

$$\sigma_a = 66.398N/mm^2$$

$$\sigma_m = \sigma_N + \frac{\sigma_f}{2} \quad (3.16)$$

$$\sigma_m = 80.9482 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 67.3669 \text{ N/mm}^2$$

Para determinar el factor de tamaño  $\varepsilon$  se encuentra un diámetro equivalente a partir del área que caracteriza la cuchilla. Despejando de la ecuación del área de una circunferencia el diámetro y sustituyendo al área de la sección de la cuchilla se obtiene:

$$d_{\varepsilon q} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Como:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$A = 334.5 \text{ mm}^2$$

$$A = 425.5 \text{ mm}^2$$

$$d_{\varepsilon q} = 20.64 \text{ mm}$$

$$d_{\varepsilon q} = 23.28 \text{ mm}$$

Con los valores de estos diámetros se entra a la tabla del(V.I Fedosiev, 1985) encontrándose para acero aleados con concentración de tensiones para este caso:

$$\varepsilon = 0,8$$

$$\varepsilon = 0,75$$

Para determinar el factor de superficie se escoge un acabado de laminación para ambos casos y según (Fernández, 1980) para rugosidad de laminación y tensión de ruptura  $\sigma_u = 120 \text{ kgf/mm}^2$ , se encuentra:

$$\beta = 0,45$$

Para determinar el factor de concentración de tensiones se asume en el caso de la sección donde se encuentra el agujero que el mismo no influye en la falla por

fatiga, ya que este se encuentra en el centro de la cuchilla y las tensiones máximas de encuentran en el extremo del filo de la misma.

En el caso de la sección soldada que según (Dobrovolski V, 1970) recomienda:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$K_{\sigma} = 1$$

$$K_{\sigma} = 1.3$$

Sustituyendo los valores encontrados en la ecuación (3.14) se obtiene:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$n_{\sigma} = 1.58$$

$$n_{\sigma} = 1.41$$

Para determinar el factor de seguridad a la fatiga para las tensiones tangenciales se parte del ciclo de las mismas representado en la figura 3.12 b.

De acuerdo a este ciclo se calcula la razón de asimetría por la ecuación (3.17).

$$r_{\tau} = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}} \quad (3.17)$$

Como  $\tau_{\min}$  es cero, calculado:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$r_{\tau} = 0$$

Como r es cero se puede determinar en el diagrama de Serensen modificado en las coordenadas de Haigh la zona de falla que se encuentra este caso. Encontrándose para hallar el factor de seguridad a la fatiga:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\sigma} \cdot \tau_0}{s \cdot B} + \left( \frac{2 \cdot \tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0} \right) \cdot \tau_m} \quad (3.18)$$

Donde:

Capítulo III: Calculo de la resistencia a la fatiga y a la fractura de los segmentos ó cuchillas de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

---

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$\tau_{\alpha} = \tau_m = \frac{\tau_{m\acute{a}x}}{2}$$

$$\tau_{\alpha} = \tau_m = 10.6578 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\alpha} = \tau_m = 10.6578 \text{ N/mm}^2$$

Según la literatura se puede plantear:

$$\tau_{-1} \approx 0,22\sigma_u \approx 258,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_0 \approx 0,3\sigma_u \approx 352,8 \text{ N/mm}^2$$

Los factores de tamaño y superficie se toman iguales a los del cálculo para el factor de seguridad a tensiones normales.

El coeficiente de concentración de tensiones se determina a partir de la estimación dada en (Dobrovolski V, 1970):

$$K_{\tau} = 1 + 0.6 \cdot (K_{\sigma} - 1)$$

En el caso del agujero  $k_{\sigma}$  si se tomará en cuenta, ya que las tensiones tangenciales máximas se encuentran en el centro de la cuchilla. Según (G.S. Pisarenko, A.P., Yakovlev, & V Matvéev, 1979) para lámina rectangular con agujero en el centro y  $\sigma_u = 120 \text{ kgf/mm}^2$  se puede asumir:

$$K_{\sigma} \cong 2$$

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$K_{\tau} = 1,6$$

$$K_{\tau} = 1,18$$

Sustituyendo y calculando en la ecuación (3.18) se obtiene:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$n_s = 4.94$$

$$n_t = 6.18$$

Como existen tensiones normales y tangenciales actuando simultáneamente, se aplicará la fórmula de Haigh-Pollard para encontrar el factor de seguridad resultante.

$$n = \frac{n_s \cdot n_t}{\sqrt{n_s^2 + n_t^2}} \quad (3.19)$$

Sustituyendo en la ecuación (3.19) los valores del factor de seguridad a tensiones normales y tangenciales para cada sección se obtiene finalmente:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura

$$n = 1.57$$

$$n = 1.44$$

Como se puede ver en ambas secciones la seguridad al fallo por fatiga está garantizada con un orden de aproximadamente 1.5 para el factor de seguridad lo que se podría decir que es un valor aceptadamente bueno.

En el caso de las medidas propuestas, el mismo disminuye un 8.28% pero de todas formas se sigue manteniendo en el rango establecido. Si se considera que estas duplican el tiempo de vida útil de las mismas, resultará un buen resultado.

### **3.5 Aplicación de la Mecánica de la Fractura en el cálculo de la vida residual de las cuchillas.**

#### **3.5.1 Resistencia Residual y Tamaño crítico de la grieta.**

En esta sección se realizará un cálculo para determinar la vida residual de las cuchillas en la sección del agujero y en la de la soldadura propuesta para la recuperación de las mismas con el objetivo de compararlas y así garantizar que al realizarse las mismas no se produzca la falla por fractura, ya que esta puede ser muy peligrosa en este tipo de máquina.

De la sección anterior se conocen las fuerzas internas y las tensiones en la secciones objeto de análisis.

La sección de falla por fatiga está sometida a un estado tensional plano con presencia de tenciones normales y tangenciales simultáneamente, desde el punto de vista de la mecánica de la fractura esto se corresponde con los modos de carga I y III simultáneamente, o sea, es necesario  $K_{eq}$  por la expresión correspondiente y la condición de fractura será aquella cuando el factor de intensidad de tensiones equivalente se igualen a la tenacidad a la fractura del material empleado, es decir:

$$K_{eq} = \sqrt{(K_I)^2 + \frac{(K_{III})^2}{1-\mu}} = K_{Ic} \quad (3.20)$$

La tenacidad a la fractura del material empleado en la fabricación de las cuchillas se halla por la correlación de Rolfe - Barsom.

$$K_{Ic} = \sigma_f \cdot \sqrt{0.6478 \cdot \left( \frac{CVN}{\sigma_f} - 0.0098 \right)} \quad (3.21)$$

Donde:

$$CVN = \alpha_k \cdot A \cdot g \quad (3.22)$$

De la Tabla 3.2 se pueden ver los valores de la tensión de fluencia y de la resiliencia del material.

Sustituyendo en las ecuaciones (3.22) y (3.21) simultáneamente se pueden calcular:

$$CVN = 39.24 J$$

$$K_{Ic} = 121.5542 MPa \cdot \sqrt{m}$$

Para determinar el Factor de Intensidad de tensiones se aplicará como ya se dijo la ecuación (3.20) que no es más que el método de la composición, ya que en la zona de la posible grieta semielíptica superficial hay un orificio y se trata de una placa plana de dimensiones finitas y se hace necesario combinar todas estas influencias.

La influencia del orificio se incorporará mediante el caso mostrado en la figura 3.13.

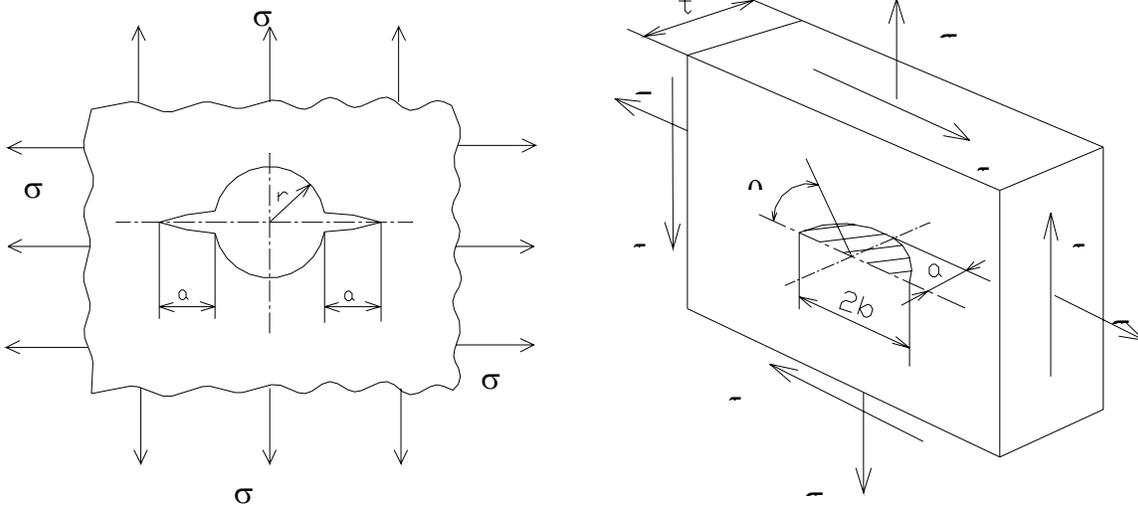


Fig. 3.13 Modelo de Grieta.

a) Orificio de la placa plana, b) Grieta superficial semielíptica en una placa de espesor  $t$  bajo sollicitación combinada de tracción biaxial uniforme y cortante puro.

Y para la otra sección se tomará la influencia de la misma mediante el factor  $\beta$  de concentrador de tensiones.

De este modelo se puede plantear:

$$K_I = \left[ 1 + 0.12 \cdot \left( 1 - \frac{a}{b} \right) \right] \cdot \frac{\sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{\phi_o} \cdot \left( \frac{2 \cdot t}{\pi \cdot a} \cdot \tan \frac{\pi \cdot a}{2 \cdot t} \right)^{1/2} \quad (3.23)$$

$$K_{II} = 0$$

$$K_{III} = \frac{\tau \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{\phi_o} \cdot \left( \frac{2 \cdot t}{\pi \cdot a} \cdot \tan \frac{\pi \cdot a}{2 \cdot t} \right)^{1/2} \quad (3.24)$$

Donde:

$$\phi_o = \int_0^{\pi/2} \left[ 1 - \left( \frac{b^2 - a^2}{b^2} \right) \cdot \text{sen}^2 \theta \right]^{1/2} d\theta \quad (3.25)$$

Para estos casos se asume que la relación  $a/2b$  es suficientemente pequeña como para considerar:

$$\frac{a}{2b} \cong 0.1$$

$$\theta \cong \frac{\pi}{2}$$

Sustituyendo en la ecuación (3.25) se obtiene:

$$\phi_o \cong 1$$

Entonces sustituyendo y arreglando convenientemente las ecuación (3.23) y (3.24) quedan:

$$K_I = 0.19 \cdot \sigma \cdot \left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)^{1/2} \quad (3.26)$$

Capítulo III: Calculo de la resistencia a la fatiga y a la fractura de los segmentos ó cuchillas de la Cosechadora de Caña # 1 Serie A7000 del CAI “Ciudad Caracas”.

---

$$K_{III} = 0.17 \cdot \tau \cdot \left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.27)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3.26) y (3.27) en (3.20) , haciendo a  $\mu = 0.3$  y comparando con la tenacidad a la fractura se obtiene:

$$K_{eq\ grita} = 0.19 \sqrt{\left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right) \cdot (\sigma^2 + 1.14 \cdot \tau^2)} \leq K_{Ic} \quad (3.28)$$

Donde los valores de las tensiones se encuentran en la sección anterior para cada caso.

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$\tau_{m\acute{a}x} = 21.3156 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 21.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f = 159.079 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f = 132.796 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{21.3156}{159.079} = 0.134$$

$$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{21.13}{132.796} = 0.159$$

Sustituyendo en la ecuación (3.28) queda:

$$K_{eq\ grita} = 0.192 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)}$$

$$K_{eq\ grita} = 0.193 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)}$$

$$\beta_{grita} = 0.192 \cdot \sqrt{\left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)}$$

$$\beta_{grita} = 0.193 \cdot \sqrt{\left( \tan \frac{\pi \cdot a}{30} \right)}$$

Para considerar la influencia del orificio es necesario hallar el  $\beta_{orificio}$  para la cual fue necesario encontrar una ecuación de correlación, como se muestra la figura 3.14.

Esta ecuación queda para un coeficiente de correlación de 0.784 de la siguiente manera y para la sección con soldadura recomienda la literatura tomar

$$\beta_{soldadura} = 1.3:$$

$$\beta_{orificio} = -0.2 \cdot \ln \frac{a}{r} + 1.474$$

$$\beta_{soldadura} = 1.3$$

De esta manera queda para las secciones definidas las ecuaciones que las describen:

$$K_{eq} = \beta_{grieta} \cdot \beta_{orificio} \cdot \sigma$$

$$K_{eq} = \beta_{grieta} \cdot \beta_{soldadura} \cdot \sigma$$

Despejando la tensión normal  $\sigma$  y hallando de esta última expresión el valor de la tensión que provoca la fractura para cada tamaño crítico de grieta:  $a$ , se construye el gráfico de Resistencia Residual mostrado en la Fig. 3.15, y 3.16 para el caso de los laterales sin cadena y sin refuerzo:

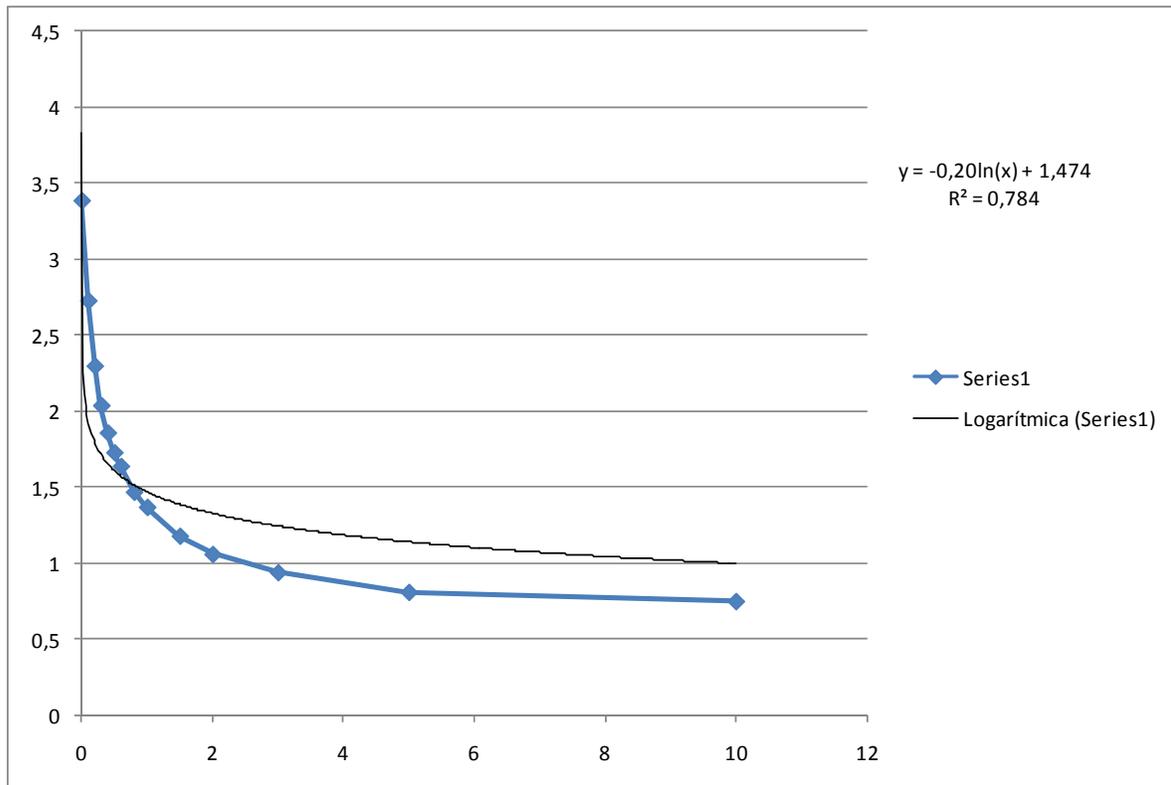


Fig. 3.14 Correlación existente para determinar el  $\beta_{\text{orificio}}$ .

$$\sigma = \frac{K_{Ic}}{0,192 \cdot \sqrt{\left(\tan \frac{\pi \cdot a}{2b}\right) \cdot \left(-0,2 \cdot \ln \frac{a}{l} + 1,474\right)}}$$

$$\sigma = \frac{K_{Ic}}{0,192 \cdot 1,3 \cdot \sqrt{\left(\tan \frac{\pi \cdot a}{2b}\right)}}$$

Ploteando estas ecuaciones se pueden obtener las graficas de resistencia residual para ambos casos.

En la figura 3.15 se muestra para la sección con agujero y en la figura 3.16 para la sección con soldadura.

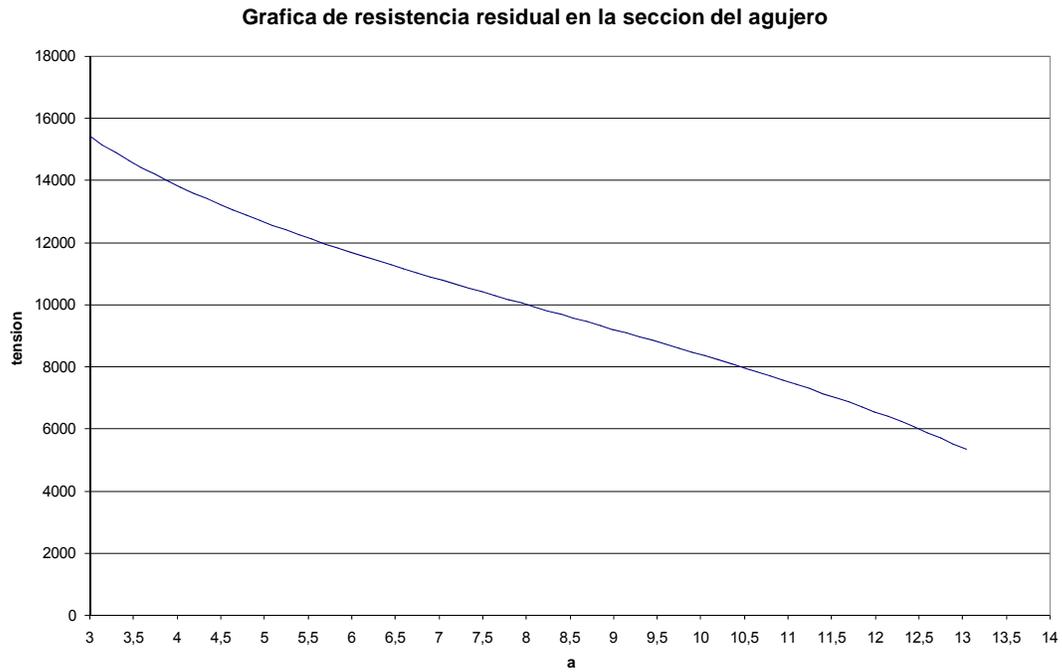


Fig. 3.15 Grafica de Resistencia Residual en la sección del agujero.

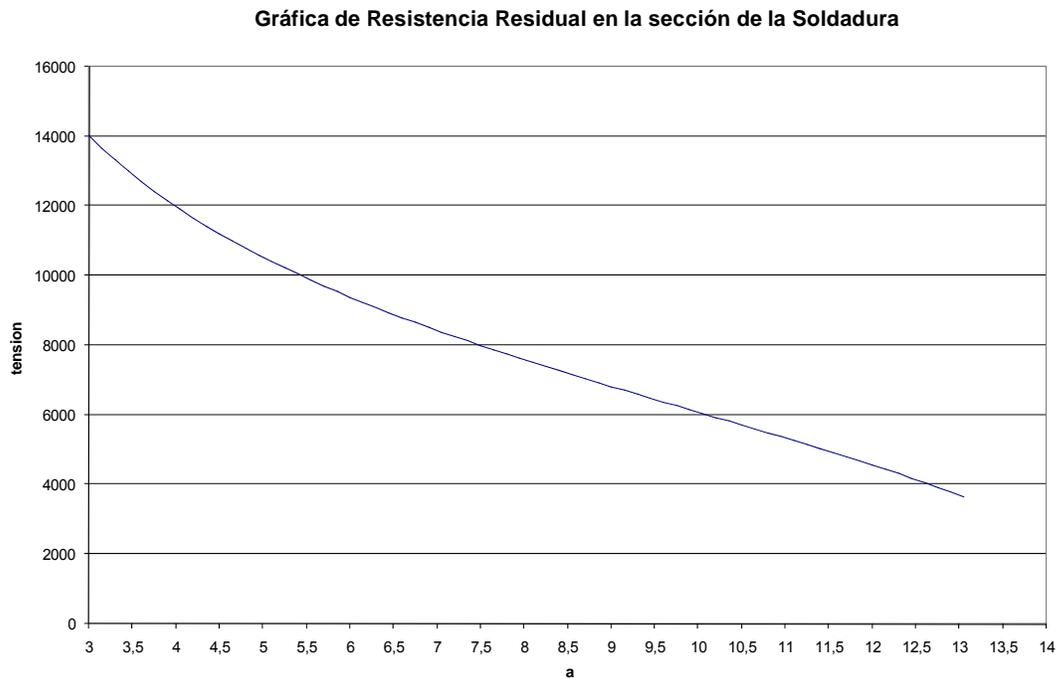


Fig. 3.16 Grafica de Resistencia Residual en la sección de soldadura.

De este gráfico se pudo obtener que para la tensión de máxima de trabajo de:

$$\sigma_{\max} = 7195 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 705 \text{ MPa}, \text{ la profundidad crítica de la grieta da:}$$

Para la sección con agujero.

$$a_c = 11.35 \text{ mm},$$

Para la sección con soldadura.

$$a_c = 8.62 \text{ mm},$$

Como se puede ver el tamaño de la profundidad crítica de la grieta es bastante grande y muy anteriormente a que ocurra podría ser detectada. Además casi que tendría que ser pasante a la cuchilla.

### 3.5.2 Evaluación del crecimiento suscritico de la grieta.

Las grietas crecen desde algún micro defecto cualquiera que esté presente en la estructura cristalina del metal, o a partir de una huella del proceso de maquinado de los mismos, en la zona de la superficie del orificio más alejado de la línea neutra, mediante un proceso de incubación y de fisuración progresiva posterior hasta que alcanza el tamaño crítico ya determinado, momento en el cual se produce la fractura frágil total. Para la evaluación del crecimiento subcrítico se utilizó la razón de crecimiento de Paris.

$$\frac{da}{dN} = C \cdot \Delta K^n \quad \text{m/ciclo}$$

Donde, para el caso de ciclo intermitente:  $\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$ ;  $K_{\min} = 0$

De donde se tiene que:

Para la sección del agujero

$$\Delta K_{eq} = 0.192 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\tan\left(\frac{\pi \cdot a}{20}\right)} \cdot (-0.2 \ln(a/r) + 1.474) \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot a}{1000}} \cdot \sigma$$

$$\Delta \sigma = \sigma_{\max} = 159.079 \text{ MPa}$$

Para la sección de soldadura

$$\Delta K_{eq} = 0.193 \cdot \sigma \sqrt{\tan\left(\frac{\pi \cdot a}{20}\right)} \cdot (1.3) \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot a}{1000}} \cdot \sigma$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{m\acute{a}x.} = 132.796 \text{ MPa}$$

Las constantes C y n de la razón de crecimiento de Paris para aceros ferrítico – perlíticos son según (Shigley – Mischkie, 2002):  $C = 6.9 \times 10^{-12}$  y  $n = 3$

En la Figura 3.17 y 3.18 se muestra el Gráfico de Crecimiento Subcrítico obtenido para el caso de la cuchilla en la sección del agujero y en la de la soldadura.

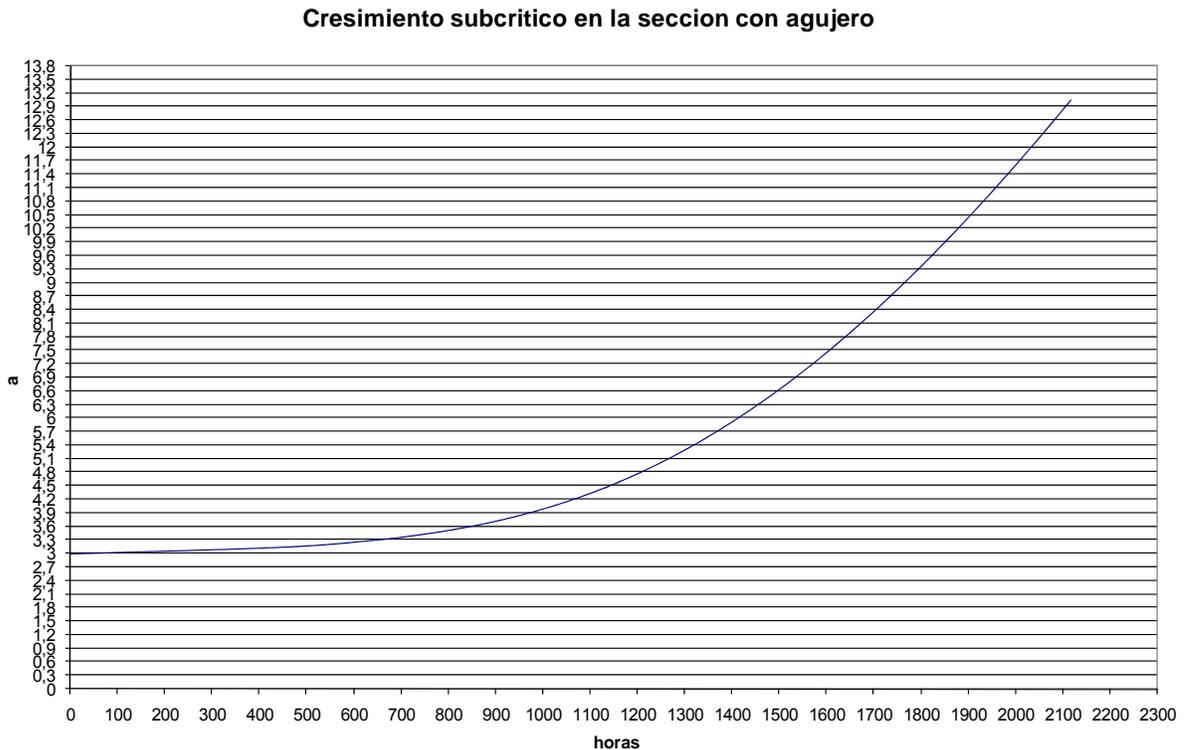


Fig. 3.17 Gráfico de Crecimiento Subcrítico para el modelo de grieta empleado, en la sección de la cuchilla con agujero.

**Cresimiento subcritico de la seccion con Soldadura**

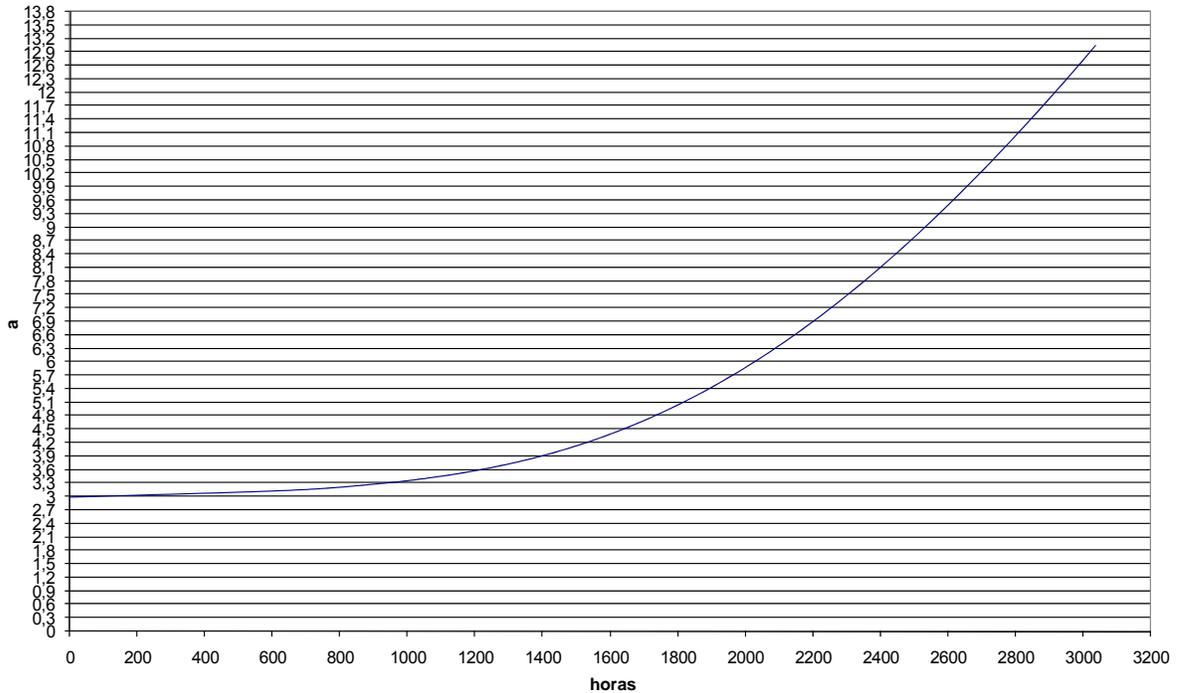


Fig. 3.17 Gráfico de Cresimiento Subcrítico para el modelo de grieta empleado, en la sección de la cuchilla con Soldadura.

Del gráfico se observa que para que un pequeño microdefecto crezca hasta su tamaño crítico tienen que transcurrir:

Para la sección con agujero.

Para la sección con soldadura.

$$T_v = 1\ 930h = 80 \text{ días}$$

$$T_v = 2\ 450h = 102 \text{ días}$$

Lo que equivale a 2.6 meses en la sección que más bajo tiene el tiempo de vida (el agujero). Este tiempo difícilmente estará cortando una cuchilla continuamente en una combinada, generalmente las mismas se desgastan mucho antes de ese periodo.

### **3.6 Conclusiones del Capítulo.**

1. La falla fundamental de las cuchillas del Cortador de Base es el desgaste de la zona del filo.
2. El factor de seguridad a la fractura por fatiga de la cuchilla original en la sección debilitada por el orificio y en la sección del cordón de soldadura en la cuchilla recuperada da valores satisfactorios.
3. Las cuchillas duplicarán su periodo de explotación debido a la propuesta de rotación de las mismas en los dos discos del Cortador de Base, lo que permitirá aprovechar los cuatro filos. La resistencia a la fractura de la cuchilla desgastada en sus cuatro filos se comprobó mediante la comparación del perfil de desgaste con la viga de igual resistencia.
4. Las cuchillas aumentaran su periodo de explotación debido a la nueva propuesta de recuperación que se propone en este capítulo, la misma permitirá recuperar las cuchillas que se consideraban de desecho y convertirlas en una cuchilla prácticamente nueva ya que aunque se reduce la vida útil desde el punto de vista de la fatiga, esta es superior a la vida desde el punto de vista del desgaste. Siempre predominará el desgaste como falla fundamental, por tanto aplicar estas medidas será técnica y económicamente factible.

*Conclusiones*

A decorative L-shaped border consisting of two parallel dark blue lines. The horizontal line is at the bottom, and the vertical line is on the right side, meeting at a right angle in the bottom right corner.

## **Conclusiones Generales.**

1. Se logró caracterizar desde el punto de vista de la estructura y de su funcionamiento los distintos agregados de la Cosechadora de Caña Brasileña Marca Case IH Serie A7000, así como sus Parámetros Técnicos y se dan las indicaciones fundamentales vinculadas con el mantenimiento y la explotación.
2. Se realizó la caracterización de la operación de las Cosechadora No. 2 durante la zafra azucarera 2008-09, se precisó que el volumen de producción y el consumo de combustible aumentaron en el tiempo de explotación en que se midió esta variable. En el análisis se demostró que es tiempo perdido total tiene una alta relación lineal con el volumen de producción, aunque no es el único que influye en dicho valor. Se determinó el orden de influencia que tuvieron las distintas causas de tiempos perdidos y su aporte al tiempo perdido total. Se caracterizaron las principales averías entre las que se encuentra el desgaste de las Cuchillas del Cortador de Base.
3. Se confirmó que la falla fundamental de las Cuchillas del Cortador de Base es el desgaste de la zona del filo, sin embargo, la vida desde el punto de vista del desgaste se duplicará, debido a la propuesta de rotación de las mismas en los dos discos del Cortador lo que permitirá aprovechar los cuatro filos. La resistencia a la fractura de la cuchilla desgastada en sus cuatro filos se comprobó mediante la comparación del perfil de desgaste con la viga de igual resistencia.
4. Se propone recuperar las cuchillas desgastadas cortando el tramo gastado y soldando un tramo de chapa donde se restablecerá el filo. El factor de seguridad a la fractura por fatiga de la cuchilla original en la sección debilitada por el orificio y en la sección del cordón de soldadura en la cuchilla recuperada da valores satisfactorios.
5. Por otro lado las cuchillas aumentarán su periodo de explotación debido a que al recuperar las cuchillas que se consideraban de desecho y convertirlas en una cuchilla prácticamente nueva se recicla una parte importante de la misma que es la zona de los orificios, ya que aunque se reduce la vida útil desde el punto de vista de la fatiga en la zona soldada esta es superior a la vida desde el punto de vista del desgaste.

## *Recomendaciones*



## **Recomendaciones.**

1. Se recomienda evaluar la propuesta de rotar las cuchillas por los dos discos del Cortador de Base permitiéndose de esta manera aprovechar los cuatro filos, lo que duplicara la vida de las cuchillas y reducirá el consumo de estas a la mitad.
2. Se recomienda evaluar la vía propuesta de recuperación de las cuchillas
3. Se recomienda evaluar la posibilidad de mejorar la dureza y la vida del filo mediante el recargue con un electrodo duro y posterior afilado de las cuchillas

*Referencias  
Bibliográficas*

A decorative border consisting of two parallel blue lines forming an L-shape, starting from the bottom left and extending upwards and then rightwards.

## Referencias Bibliográficas.

Promsyrioimport. (1970). *Metallurgist's Handbook*.

Dobrovolski V. (1970). *Elementos de Máquinas*. Moscú: MIR.

G.S. Pisarenko, A.P., Yakovlev, & V Matvéev. (1979). *Manual de Resistencia de Materiales*. Moscú: MIR.

V.I Fedosiev. (1985). *Resistencia de Materiales* (Tercera., Vols. 1-1, Vol. 1, p. 428). Moscú: MIR.

## *Bibliografía*



## Bibliografía

- Amador, M y Gálvez. (1987). *Estudio de la Competencia en Diferentes Estadíos de Selección en la Caña de Azúcar*. Cienfuegos.
- Broek D. (1983). *Fracture Mechanics*. Institute of the Chemical Process Industries.
- Barsom, J. M. (1983). "*Fracture and Fatigue Control in Structures*". Upper Saddle River: N.J. Prentice Hall, p. 52-208.
- Barsom, J. M. (1987). "*Correlations between  $K_{Ic}$  and Charpy V-Notch test results in the transition-temperature range*", Impact Testing of Metals, ASTM STP 466, American Society for Testing and Materials . p. 281 - 302
- Cosechadora de Caña Marca CASE IH Austoft A7000*. (2008). .
- D. Reshetov. (1985). *Elementos de Máquinas*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- Dobrovolski V. (1975). *Elementos de Máquinas*. Moscú: MIR.
- Dowling, N. E. . (1999). *Mechanical behaviour of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue*.
- Fernández Levy, Gilda. (1983). *Resistencia de Materiales*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- G.S. Pisarenko, A.P. (1979). Yakovlev, & V Matvéev. *Manual de Resistencia de Materiales*. Moscú: MIR.
- Goytisolo R. (2001). *Mecánica de la Fractura*. Universidad de Cienfuegos.
- Goytisolo ,R. (2005). *Análisis y solución de la Avería del molino de Planta de Plástico Mixto de Cienfuegos*. Revista Ingeniería Mecánica: (Cienfuegos) 8 (3): 51- 58.
- Hugot, E. (1974). *Manual para Ingenieros Azucareros*. México: Continental.
- J.E Shigley, & C Mischkie. (n.d.). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw Hill Interamericana.

- Hurd, N. J. (1982) *“Factors influencing propagation of mode III fatigue cracks under torsional loading”*. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials. p. 212 - 233.
- J.M Barsom. (n.d.). *Fracture and Fatigue Control in Structures* (pp. p. 52-208).
- J.M Barsom, & S.T Rolfe. (1987). *Correlations between  $K_{Ic}$  and Charpy V-Notch test results in the transition-temperature range”, Impact Testing of Metals, ASTM STP 466, American Society for Testing and Materials.*
- Promsyrioimport. (1970). *Metallurgist's Handbook*.
- Pisarenko, G.S. (1979) *Manual de Resistencia de Materiales*. Moscú: Editorial MIR. 695 p.
- Rodríguez Roger Hyacinth. (2005). *Evaluación de la fractura por fatiga de las cuchillas picadoras de caña del CAI “Ciudad Caracas”*.
- Spencer, & Meade. (n.d.). *Manual del Azúcar de Caña* (Novena.).
- Stiopin, P.A. (1985). *Resistencia de Materiales*. Moscú: MIR.
- Shigley, J.E. (2001). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: Editorial McGraw Hill Interamericana. 943 p.
- V.I Fedosiev. (1985). *Resistencia de Materiales* (Tercera., Vols. 1-1, Vol. 1, p. 583). Moscú: MIR.
- León Suri, Tirso. (2006). *Análisis de la Avería y Evaluación de la Fractura por Fatiga de las Cuchillas Picadoras de Caña del CAI “Ciudad Caracas”*. Universidad de Cienfuegos. Tesis de Maestría. Dr. Rafael Goytisoló Espinosa, M.Sc. Juan Gabriel Noa Águila: tutores, 65 h.
- Tada, H. Paris. (1973) *“The stress analysis of cracks handbook”*. St. Louis (MO): Del Research Corporation. p. 452-620

*Anexos*

## *Anexo I.*

<b><i>INDICADORES</i></b>		Volumen de Producción (Ton)	Combustible Consumido (Petróleo) (Litros)	Índice de Consumo de Combustible ( L/Ton)	Total Viaj.Transp.	Peso Prom.Transp (Ton)	Tiempo Perdido total (Horas)
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero15</i></b>	104	300	2,88461538	5	20,8	9,55
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero16</i></b>	314	415	1,32165605	14	22,4285714	5,44
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero17</i></b>	424	591	1,39386792	19	22,3157895	3,3
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero18</i></b>	360	500	1,38888889	18	20	7,16
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero19</i></b>	430	620	1,44186047	20	21,5	7,9
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero20</i></b>	450	711	1,58	22	20,4545455	8,04
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero21</i></b>	343	493	1,43731778	15	22,8666667	5,09
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero22</i></b>	442	794	1,79638009	18	24,5555556	3,1
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero23</i></b>	242	345	1,42561983	12	20,1666667	7,1
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero24</i></b>	399	548	1,37343358	17	23,4705882	4
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero26</i></b>	432	665	1,53935185	21	20,5714286	2,22
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero27</i></b>	432	665	1,53935185	21	20,5714286	3,22
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero28</i></b>	464	718	1,54741379	19	24,4210526	2,43
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero29</i></b>	300	503	1,67666667	14	21,4285714	6
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero30</i></b>	401	630	1,57107232	18	22,2777778	3,59
<b><i>FECHA</i></b>	<b><i>enero31</i></b>	472	685	1,45127119	20	23,6	2,56

## *Anexo I.*

<b>FECHA</b>	<b>febrero1</b>	411	545	1,32603406	16	25,6875	3,78
<b>FECHA</b>	<b>febrero2</b>	416	541	1,30048077	19	21,8947368	3,68
<b>FECHA</b>	<b>febrero3</b>	460	790	1,7173913	19	24,2105263	0
<b>FECHA</b>	<b>febrero5</b>	334	550	1,64670659	16	20,875	5,32
<b>FECHA</b>	<b>febrero6</b>	402	603	1,5	17	23,6470588	3,96
<b>FECHA</b>	<b>febrero7</b>	513	645	1,25730994	22	23,3181818	1,74
<b>FECHA</b>	<b>febrero9</b>	503	663	1,31809145	21	23,952381	1,94
<b>FECHA</b>	<b>febrero10</b>	393	830	2,11195929	16	24,5625	4,14
<b>FECHA</b>	<b>febrero11</b>	483	821	1,69979296	20	24,15	3,84
<b>FECHA</b>	<b>febrero12</b>	350	460	1,31428571	16	21,875	3,4
<b>FECHA</b>	<b>febrero13</b>	295	370	1,25423729	11	26,8181818	5,2
<b>FECHA</b>	<b>febrero14</b>	391	895	2,28900256	18	21,7222222	4,18
<b>FECHA</b>	<b>febrero15</b>	684	740	1,08187135	31	22,0645161	0
<b>FECHA</b>	<b>febrero16</b>	109	165	1,51376147	5	21,8	9,82
<b>FECHA</b>	<b>febrero17</b>	12	19	1,58333333	1	12	13,76
<b>FECHA</b>	<b>febrero18</b>	0	0	#¡DIV/0!	0	#¡DIV/0!	12
<b>FECHA</b>	<b>febrero19</b>	206	370	1,7961165	10	20,6	7,88
<b>FECHA</b>	<b>febrero20</b>	535	740	1,38317757	22	24,3181818	1,3
<b>FECHA</b>	<b>febrero21</b>	541	112	0,20702403	21	25,7619048	1,18
<b>FECHA</b>	<b>febrero22</b>	177	235	1,32768362	9	19,6666667	8,46
<b>FECHA</b>	<b>febrero23</b>	616	730	1,18506494	19	32,4210526	0
<b>FECHA</b>	<b>febrero24</b>	458	580	1,26637555	19	24,1052632	2,6
<b>FECHA</b>	<b>febrero25</b>	425	730	1,71764706	17	25	3,2
<b>FECHA</b>	<b>febrero26</b>	403	840	2,08436725	18	22,3888889	3,61
<b>FECHA</b>	<b>febrero27</b>	209	435	2,08133971	9	23,2222222	0
<b>FECHA</b>	<b>febrero28</b>	730	1008	1,38082192	30	24,3333333	0

## *Anexo I.*

<b>FECHA</b>	<b>marzo1</b>	645	975	1,51162791	28	23,0357143	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo2</b>	432	755	1,74768519	24	18	3,08
<b>FECHA</b>	<b>marzo3</b>	666	857	1,28678679	28	23,7857143	3,08
<b>FECHA</b>	<b>marzo4</b>	372	657	1,76612903	17	21,8823529	4,18
<b>FECHA</b>	<b>marzo5</b>	387	1174	3,03359173	23	16,826087	3,9
<b>FECHA</b>	<b>marzo6</b>	665	765	1,15037594	27	24,6296296	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo7</b>	601	850	1,41430948	23	26,1304348	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo8</b>	453	853	1,88300221	21	21,5714286	2,69
<b>FECHA</b>	<b>marzo9</b>	612	965	1,57679739	23	26,6086957	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo10</b>	508	844	1,66141732	19	26,7368421	1,69
<b>FECHA</b>	<b>marzo11</b>	288	680	2,36111111	17	16,9411765	5,72
<b>FECHA</b>	<b>marzo12</b>	217	701	3,23041475	13	16,6923077	7,02
<b>FECHA</b>	<b>marzo13</b>	567	710	1,25220459	17	33,3529412	0,6
<b>FECHA</b>	<b>marzo14</b>	461	590	1,27982646	23	20,0434783	2,55
<b>FECHA</b>	<b>marzo15</b>	518	1018	1,96525097	25	20,72	1,5
<b>FECHA</b>	<b>marzo16</b>	369	803	2,17615176	19	19,4210526	4,23
<b>FECHA</b>	<b>marzo17</b>	320	795	2,484375	20	16	5,13
<b>FECHA</b>	<b>marzo18</b>	572	598	1,04545455	15	38,1333333	0,51
<b>FECHA</b>	<b>marzo19</b>	450	508	1,12888889	20	22,5	2,75
<b>FECHA</b>	<b>marzo20</b>	229	305	1,33187773	14	16,3571429	6,8
<b>FECHA</b>	<b>marzo21</b>	419	615	1,46778043	24	17,4583333	3,32
<b>FECHA</b>	<b>marzo22</b>	630	714	1,13333333	30	21	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo23</b>	613	702	1,1451876	25	24,52	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo24</b>	486	578	1,18930041	22	22,0909091	2,09
<b>FECHA</b>	<b>marzo25</b>	381	490	1,28608924	25	15,24	4,01
<b>FECHA</b>	<b>marzo26</b>	852	965	1,13262911	31	27,483871	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo27</b>	541	698	1,29020333	24	22,5416667	1,8
<b>FECHA</b>	<b>marzo28</b>	302	395	1,30794702	17	17,7647059	5,46
<b>FECHA</b>	<b>marzo29</b>	346	509	1,47109827	19	18,2105263	4,66
<b>FECHA</b>	<b>marzo30</b>	691	947	1,37047757	30	23,0333333	0
<b>FECHA</b>	<b>marzo31</b>	620	763	1,23064516	27	22,962963	0

## Anexo I.

FECHA	abril1	601	774	1,28785358	30	20,0333333	0
FECHA	abril2	605	786	1,29917355	30	20,1666667	0
FECHA	abril3	609	798	1,31034483	31	19,6451613	0
FECHA	abril4	578	1137	1,96712803	30	19,2666667	0,4
FECHA	abril5	365	1010	2,76712329	25	14,6	0,64
FECHA	abril6	611	790	1,29296236	21	29,0952381	0
FECHA	abril7	622	704	1,1318328	30	20,7333333	0
FECHA	abril8	634	742	1,170347	28	22,6428571	0
FECHA	abril9	502	677	1,34860558	24	20,9166667	1,8
FECHA	abril10	300	924	3,08	18	16,6666667	1,8
FECHA	abril11	603	604	1,00165837	27	22,3333333	0
FECHA	abril12	470	663	1,4106383	23	20,4347826	2,38
FECHA	abril13	369	447	1,21138211	17	21,7058824	4,23
FECHA	abril14	570	453	0,79473684	27	21,1111111	0,55
FECHA	abril15	607	1753	2,88797364	27	22,4814815	0
FECHA	abril16	477	808	1,69392034	18	26,5	2,25
FECHA	abril17	407	659	1,61916462	18	22,6111111	3,53
FECHA	abril18	399	850	2,13032581	17	23,4705882	3,68
FECHA	abril19	586	850	1,45051195	26	22,5384615	0,26
FECHA	abril21	441	712	1,61451247	20	22,05	2,92

## *Anexo I.*

<b>Causas del tiempo perdido</b>								
<b><i>INDICADORES</i></b>		Rotura de Combinada	Falta de Camiones	Rotura Tractor Movedor	Lluvia o Humedad	Causas Industriales	Falta de Área Preparada	Mal Estado de Caminos
<b>FECHA</b>	<b>enero15</b>		6			3,55		
<b>FECHA</b>	<b>enero16</b>		1			4,44		
<b>FECHA</b>	<b>enero17</b>		1			2,3		
<b>FECHA</b>	<b>enero18</b>		2	1	4,16			
<b>FECHA</b>	<b>enero19</b>				3,9	4		
<b>FECHA</b>	<b>enero20</b>	4,02		1	3,02			
<b>FECHA</b>	<b>enero21</b>		1			4,09		
<b>FECHA</b>	<b>enero22</b>		1			2,1		
<b>FECHA</b>	<b>enero23</b>		1			6,1		
<b>FECHA</b>	<b>enero24</b>		1					
<b>FECHA</b>	<b>enero26</b>					1,22		
<b>FECHA</b>	<b>enero27</b>		1			1,22		
<b>FECHA</b>	<b>enero28</b>		1			1,43		
<b>FECHA</b>	<b>enero29</b>		1			5		
<b>FECHA</b>	<b>enero30</b>		1			2,59		
<b>FECHA</b>	<b>enero31</b>		1			0,56		

## *Anexo I.*

<b>FECHA</b>	<b>febrero1</b>			1			1,48	1,3
<b>FECHA</b>	<b>febrero2</b>		1		1,68			1
<b>FECHA</b>	<b>febrero5</b>						3,82	1,5
<b>FECHA</b>	<b>febrero6</b>				3,96			
<b>FECHA</b>	<b>febrero7</b>				1,74			
<b>FECHA</b>	<b>febrero9</b>					1,94		
<b>FECHA</b>	<b>febrero10</b>		1		0,64		1	1,5
<b>FECHA</b>	<b>febrero11</b>		1		2,5			0,34
<b>FECHA</b>	<b>febrero12</b>						1,9	1,5
<b>FECHA</b>	<b>febrero13</b>		1		3			1,2
<b>FECHA</b>	<b>febrero14</b>	0,66			2,52			1
<b>FECHA</b>	<b>febrero16</b>	9,82						
<b>FECHA</b>	<b>febrero17</b>	11,76						
<b>FECHA</b>	<b>febrero18</b>	12						
<b>FECHA</b>	<b>febrero19</b>	5,66			2,22			
<b>FECHA</b>	<b>febrero20</b>	1,3						
<b>FECHA</b>	<b>febrero21</b>				1,18			
<b>FECHA</b>	<b>febrero22</b>	3,52			2,94			
<b>FECHA</b>	<b>febrero24</b>				1,6			1
<b>FECHA</b>	<b>febrero25</b>				1,2			
<b>FECHA</b>	<b>febrero26</b>				1,61			

*Anexo I.*

<b>FECHA</b>	<b>marzo4</b>					1,12		
<b>FECHA</b>	<b>marzo5</b>					1,1		
<b>FECHA</b>	<b>marzo8</b>		0,74					
<b>FECHA</b>	<b>marzo11</b>					2,92		
<b>FECHA</b>	<b>marzo12</b>					4,67		
<b>FECHA</b>	<b>marzo14</b>					0,61		
<b>FECHA</b>	<b>marzo16</b>					1,24		
<b>FECHA</b>	<b>marzo17</b>					2,63		
<b>FECHA</b>	<b>marzo19</b>					1,25		
<b>FECHA</b>	<b>marzo20</b>					4		
<b>FECHA</b>	<b>marzo25</b>					1,84		
<b>FECHA</b>	<b>marzo28</b>		1			2,53		
<b>FECHA</b>	<b>marzo29</b>		1,51			1,2		
<b>FECHA</b>	<b>abril21</b>		1					
<b>SUMA</b>		48,74	27,25	3	37,87	65,65	8,2	10,34

*Anexo I.*

<b>Causas del tiempo perdido</b>						
<b><i>INDICADORES</i></b>	Traslados	Corte Paralizado	Problemas Hidráulico	mantenimiento	Ponches y neumaticos	Otras Causas
<b>FECHA</b> <i>enero24</i>						3
<b>FECHA</b> <i>enero26</i>	1					
<b>FECHA</b> <i>enero27</i>	1					
<b>FECHA</b> <i>enero31</i>	1					
<b>FECHA</b> <i>febrero17</i>		2				
<b>FECHA</b> <i>febrero22</i>					2	
<b>FECHA</b> <i>febrero25</i>			2			
<b>FECHA</b> <i>febrero26</i>			2			
<b>FECHA</b> <i>marzo2</i>	1,1					1,98
<b>FECHA</b> <i>marzo3</i>	1,1					1,98
<b>FECHA</b> <i>marzo4</i>	1,1			1,96		
<b>FECHA</b> <i>marzo5</i>	0,8			2		
<b>FECHA</b> <i>marzo8</i>				1,95		
<b>FECHA</b> <i>marzo10</i>				1,69		
<b>FECHA</b> <i>marzo11</i>	0,8			2		
<b>FECHA</b> <i>marzo12</i>	0,25			2,1		
<b>FECHA</b> <i>marzo13</i>				0,6		
<b>FECHA</b> <i>marzo14</i>				1,94		
<b>FECHA</b> <i>marzo15</i>				1,5		
<b>FECHA</b> <i>marzo16</i>	1,1			1,89		
<b>FECHA</b> <i>marzo17</i>	1			1,5		
<b>FECHA</b> <i>marzo18</i>				0,51		

*Anexo I.*

<b>FECHA</b>	<b>marzo19</b>				1,5		
<b>FECHA</b>	<b>marzo20</b>	0,85			1,95		
<b>FECHA</b>	<b>marzo21</b>	1,82			1,5		
<b>FECHA</b>	<b>marzo24</b>	0,79			1,3		
<b>FECHA</b>	<b>marzo25</b>	0,5			1,67		
<b>FECHA</b>	<b>marzo27</b>				1,8		
<b>FECHA</b>	<b>marzo28</b>				1,93		
<b>FECHA</b>	<b>marzo29</b>				1,95		
<b>FECHA</b>	<b>abril4</b>				0,4		
<b>FECHA</b>	<b>abril5</b>	0,64					
<b>FECHA</b>	<b>abril9</b>	0,8			1		
<b>FECHA</b>	<b>abril10</b>	0,8			1		
<b>FECHA</b>	<b>abril12</b>	0,8			1,58		
<b>FECHA</b>	<b>abril13</b>				1,96		2,27
<b>FECHA</b>	<b>abril14</b>				0,55		
<b>FECHA</b>	<b>abril16</b>				1		1,25
<b>FECHA</b>	<b>abril17</b>	0,5			1		2,03
<b>FECHA</b>	<b>abril18</b>	0,5			1,85		1,33
<b>FECHA</b>	<b>abril19</b>	0,26					
<b>FECHA</b>	<b>abril21</b>						1,92
	<b>SUMA</b>	18,51	2	4	43,58	2	15,76