



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS.**

**Metodología para la evaluación de cosechadoras de caña de
azúcar.**

TESIS DOCTORAL

Doctorando

Julio Cesar Pino Tarragó

Master en Máquinas Agrícolas

Madrid

2007

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS.**

TESIS DOCTORAL

Metodología para la evaluación de cosechadoras de caña de azúcar.

Doctorando: **Julio Cesar Pino Tarragó.** (Master en Máquinas
Agrícolas)

Director: Manuel Camps Michelena. (Doctor Ingeniero Agrónomo)

Director: Julián Remberto Sánchez Alonso. (Doctor en Ciencias)

Madrid, 2007



POLITÉCNICA

(D-15)

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo.Sr.Rector de la
Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 2008

Presidente: _____

Secretario: _____

—

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día de
de 2008

En la E.T.S.I. / Facultad

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS.

**Metodología para la evaluación de cosechadoras de caña de
azúcar.**

TESIS DOCTORAL

Doctorando

Julio Cesar Pino Tarragó

Master en Máquinas Agrícolas

Madrid

2007

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS.

TESIS DOCTORAL

**Metodología para la evaluación de cosechadoras de caña de
azúcar.**

Doctorando: **Julio Cesar Pino Tarragó.** (Master en Máquinas
Agrícolas)

Director: Manuel Camps Michelena. (Doctor Ingeniero Agrónomo)

Director: Julián Remberto Sánchez Alonso. (Doctor en Ciencias)

Madrid, 2007



POLITÉCNICA

(D-15)

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo.Sr.Rector de la
Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 2008

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día de
de 2008

En la E.T.S.I. / Facultad

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

*A mi hija,
a mi esposa
y a mi madre,
por su apoyo incondicional
y sincero amor.*

AGRADECIMIENTOS

Durante estos años, han sido muchos los esfuerzos realizados para llevar a feliz puerto la empresa de culminar esta tesis doctoral. Llegado el momento, aprovecho para agradecer a todas aquellas personas que han aportado su granito de arena, con su inteligencia, dedicación y amistad hasta recoger los frutos deseados.

*A D. **Manuel Camps Michelena**, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid (UPM), motor impulsor de este Doctorado Cooperado entre la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Granma en Cuba, y además por la ayuda de todo tipo que nos ha dado, y al que considero, mas que un amigo, un hermano.*

*A D. **Quirino Áreas Cedeño**, que en todo momento nos comunicó ánimos para realizar la tesis, aportando sugerencias para mejorarla a cada instante.*

*A mis amigos Cubanos, colegas del doctorado, **Víctor Ferrer Suárez, Edilberto Llanes Cedeño, Yoandro Ponce Rodríguez, Alexis Álvarez Cabrales, Melquíades Ramos Escalona, Idalberto Macias Socarras, Yagmalis Castro Ojeda y Eduardo Juliá Junco**, por su apoyo y el cariño que siempre me dedicaron.*

Al personal técnico del Departamento de Ingeniería Rural: José Manuel, Carlos, Antonio, Juanjo y Juan Manuel, por su ayuda y sugerencias, así como a Paloma, por su preocupación.

Al resto de los profesores y personal del Departamento, que siempre han estado dispuestos a proporcionar sugerencias útiles o prestar su colaboración en esta tesis.

A todos, muchas gracias.

INDICE GENERAL

Índice general.	I
Índice de figuras.	IV
Índice de tablas.	V
Abreviaturas.	VI
Código de tiempo.	VII
RESUMEN.	1
SUMMARY.	2
I. INTRODUCCIÓN.	3
I.1.Hipótesis y Objetivos.	10
I.2. Originalidad científica.	11
II. ESTADO ACTUAL.	13
II.1. Estructura general y proceso tecnológico de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar.	13
II.1.1. Estructura general de las cosechadoras.	13
II.1.2. Proceso tecnológico de las cosechadoras.	14
II.2. Sistema de evaluaciones de las Máquinas Cosechadoras de Caña de Azúcar en Cuba.	14
II.3. Etapas y Metodologías existentes para las Evaluaciones de las cosechadoras de caña de azúcar en Cuba	17
II.3.1. Tarea técnica.	17
II.3.2. Proposición técnica y documentación del prototipo.	18
II.3.3. Construcción del prototipo.	18
II.3.4. Peritaje técnico de las máquinas cosechadoras de caña	19
II.3.5 Metodología para la evaluación tecnológico explotativa.	20
II.3.6. Metodología para la evaluación de índices ergonómicos.	21
II.3.7. Pruebas aceleradas.	22
II.3.8. Evaluación de los índices económicos	23
II.3.9. Construcción de varios prototipos.	25
II.3.10. Ensayo de aceptación o certificación.	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	26
III.1 Materiales.	26
III.1.1. La caña de azúcar.	26
III.1.2. Caracterización general de las cosechadoras (KTP).	27
III.1.2.1. Características de las cosechadoras cañeras KTP – 3000 S y .2M.	30
III 1.2.1.1. Procesos tecnológicos.	30
III.1.2.1.2. Observaciones ergonómicas.	31
III.1.2.1.3. Comparación de los parámetros fundamentales de las máquinas.	32
III.1.3. Materiales empleados en los ensayos.	35
III.1.3.1. Medios de medición en los ensayos agrotécnicos.	35
III.1.3.2. Medios y dispositivos empleados en los ensayos tecnológico - explotativo y de fiabilidad	35

III.1.3.3. Medios y dispositivos empleados en los ensayos extensométricos	37
III.2. Métodos.	40
III.2.1. Metodologías propuestas para las Evaluaciones de las cosechadoras de caña de azúcar en Cuba	42
III.2.1.1. Metodología para la evaluación agrotécnica.	42
III.2.1.1.1. Evaluación del terreno.	44
III.2.1.1.1.1. Selección y determinación de las características del campo.	44
III.2.1.1.1.2. Determinación de las condiciones de ensayo.	49
III.2.1.1.1.3. Preparación de la parcela de control.	54
III.2.1.1.2. Evaluación de la maquina y selección de los regimenes de trabajo.	54
III.2.1.1.3. Procesamiento de la información experimental.	55
III.2.1.2. Metodología para la evaluación de la fiabilidad.	57
III.2.1.2.1. Método para la ejecución del cronometraje.	61
III.2.1.2.2. Determinación de los índices de fiabilidad.	66
III.2.1.3. Metodología para la realización de ensayos extensométricos.	68
III.2.1.3.1. Preparación de la máquina.	69
III.2.1.3.1.1. Puntos de medición.	69
III.2.1.3.1.2. Sensores y su instalación.	72
III.2.1.3.2. Determinación de las tensiones y las cargas estáticas.	75
III.2.1.3.3. Determinación de las tensiones y las cargas extremas.	77
III.2.1.3.4. Determinación de los coeficientes de calibración	81
III.2.1.3.5. Valoración de los índices de calidad obtenidos. a través de la extensometria	83
III.2.1.3.6 Programas empleados en la evaluación extensométrica.	85
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	87
IV.1. Prueba realizada a la cosechadora KTP – 3000 S.	87
IV.2. Objetivos y Organización de la prueba.	87
IV.3. Caracterización agrícola de los campos.	88
IV.4. Indicadores productivos.	89
IV.5. Indicadores de calidad.	90
IV.5.1. Pérdidas en cosecha.	90
IV.5.2. Materias extrañas.	92
IV.6. Indicadores técnicos y tecnológicos.	93
IV.6.1. Coeficientes de seguridad tecnológico y técnica.	93
IV.6.2. Consumo de combustible.	95
IV.7. Aprovechamiento de la jornada.	95

IV.7.1. Productividad.	95
IV.7.2. Eficiencia de campo de las máquinas.	99
IV.8. Resultados de la investigación de laboratorio.	103
IV.9. Desempeño de las máquinas.	104
IV.10. Evaluación de la fiabilidad.	106
IV.10.1. Principales fallos técnicos en el modelo KTP – 2 M.	108
IV.10.2. Principales fallos técnicos en el modelo KTP –3000S.	109
IV.10.3. Índices de fiabilidad.	110
IV.11. Conclusión de las evaluaciones.	114
V CONCLUSIONES.	116
VI. TRABAJOS FUTUROS.	118
VII. BIBLIOGRAFÍA.	119
VIII. ANEXOS	124

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura II.1. Cosechadora cañera KTP – 3000 S.	13
Figura III.1. Caja extensométrica.	40
Figura III.2. Esquema de localización de los puntos de muestreo.	44

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I.1. Capacidad de molienda.	8
Tabla III.1. Variedades de caña cultivadas en Cuba.	26
Tabla III.2. Comparación de los parámetros técnicos y productivos.	32
Tabla III.3. Comparación de los parámetros cinemáticos.	34
Tabla IV.1. Características agrícolas.	88
Tabla IV.2. Resultados alcanzados.	90
Tabla IV.3. Valores de las pérdidas en cosecha de todo el período.	91
Tabla IV.4. Materias extrañas.	92
Tabla IV.5. Coeficientes de seguridad.	94
Tabla IV.6. Consumo de combustible.	95
Tabla IV.7. Productividad de las máquinas.	97
Tabla IV.8. Productividad atendiendo a los rendimientos de los campos.	98
Tabla IV.9. Eficiencia de campo.	99
Tabla IV.10. Tiempos por máquinas.	100
Tabla IV.11. Pérdidas de tiempo.	101
Tabla IV.12. Resultados de la investigación de laboratorio.	103
Tabla IV.13. Desempeño de las máquinas en las diferentes variedades.	105
Tabla IV.14. Desempeño de las máquinas en los diferentes rendimientos.	106
Tabla IV.15. Tiempos invertidos en la eliminación de fallos técnicos.	107
Tabla IV.16. Índices de fiabilidad.	110
Tabla. IV.17. Comparación de los índices de fiabilidad.	114

ABREVIATURAS

Peso del recipiente con la muestra húmeda (g).	P_1
Peso del recipiente con la muestra seca (g).	P_2
Peso del recipiente vacío (g).	T
Media aritmética de las lecturas (kg).	P
Factor de corrección del instrumento.	F
Superficie de la aguja seleccionada (cm ²).	A
Factor de conversión.	K
Peso de la muestra de suelo después de secada (g).	G
Volumen del cilindro (cm ³).	V_C
Cantidad de piedras de diámetro mayor de 25 mm (u).	O_S
Área de la zona muestreada (m ²).	A_m
Masa total de caña pérdida (kg).	M_{cpt}
Masa de caña en carreta (kg).	M_{cc}
Masa de materias extrañas eliminadas en órganos de trabajo (kg).	M_{eot}
Masa de materias extrañas en carreta (kg).	M_{mec}
Número de máquinas con fallos en el intervalo de tiempo considerado.	N
Número de máquinas que se ensayan.	N_e
Intervalo de tiempo considerado.	Δt
Número de reparaciones durante el tiempo considerado.	n_R
Número de fallos tecnológicos durante el tiempo considerado.	N_f
Número de mantenimientos durante el tiempo considerado.	n_M
Deformación medida con la posición del transportador de descarga y la sección receptora.	E
Longitud del brazo (1 m)	L
Deformación medida en el árbol..	E'
Deformación medida en el captador.	E''
Presión registrada en el manómetro en atm.	C
Momento torsor.	M_t
Número de revoluciones.	n
Masa de la máquina.	M
Tensión normal.	σ
Tensión tangencial.	τ
Relación potencia efectiva/masa.	ν
Resistencia eléctrica nominal del conductor de la galga extensométrica.	$R:$
Factor de sensibilidad de la galga extensométrica.	k
Variación de la longitud del conductor de la galga extensométrica.	Δl
Longitud inicial del conductor de la galga extensométrica.	L

CÓDIGO DE TIEMPO

Denominación	Cód.
<u>Tiempo limpio de trabajo o principal</u>	T ₁
<u>Tiempo auxiliar</u>	T ₂
<u>Tiempo de viraje al final de la hilera (cabecera de surco)</u>	T ₂₁
<u>Tiempo de traslado en vacío (corte dando vuelta o paralelo a la hilera)</u>	T ₂₂
<u>Tiempo de regulaciones tecnológicas durante la cosecha</u>	T ₂₃
<u>Tiempo de realización de operaciones técnicas</u>	T ₃
<u>Tiempo del mantenimiento técnico diario o planificado</u>	T ₃₁
<u>Tiempo de regulación de los órganos de trabajo</u>	T ₃₂
<u>Tiempo de preparación o acondicionamiento de la máquina para el trabajo (calentamiento del motor, etc.)</u>	T ₃₃
<u>Tiempo de eliminación de los fallos</u>	T ₄
<u>Tiempo de eliminación de fallos tecnológicos</u>	T ₄₁
Eliminación de atascos en el mecanismo corta cogollos	T ₄₁₁
Eliminación de atascos en la cuchilla lateral	T ₄₁₂
Eliminación de atascos en la sección receptora	T ₄₁₃
Eliminación de atascos en el mecanismo tronizador	T ₄₁₄
Eliminación de atascos en el transportador primario	T ₄₁₅
Eliminación de atascos en la primera cámara de limpieza	T ₄₁₆
Eliminación de atascos en el transportador secundario	T ₄₁₇
Eliminación de otros atascos en la segunda cámara de limpieza	T ₄₁₈
Eliminación de atascos en el transportador de descarga	T ₄₁₉
Eliminación de otros atascos	T ₄₁₁₀
<u>Tiempo de eliminación de fallos técnicos</u>	T ₄₂
<u>Tiempo necesario para detectar el fallo</u>	T ₄₂₁
Fallos técnicos en la cuchilla lateral	T ₄₂₂
Fallos técnicos en la sección receptora	T ₄₂₃
Fallos técnicos en el mecanismo tronizador	T ₄₂₄
Fallos técnicos en el transportador primario	T ₄₂₅
Fallos técnicos en el primer sistema de limpieza	T ₄₂₆
Fallos técnicos en el transportador secundario	T ₄₂₇
Fallos técnicos en el segundo sistema de limpieza	T ₄₂₈
Fallos técnicos en el transportador de descarga	T ₄₂₉
Fallos técnicos en el tercer sistema de limpieza	T ₄₂₁₀
Fallos técnicos en el motor de combustión interna	T ₄₂₁₁
Fallos técnicos en el sistema de alimentación de combustible	T ₄₂₁₂
Fallos técnicos en el sistema de enfriamiento del motor	T ₄₂₁₃
Fallos técnicos en el sistema hidráulico de la dirección	T ₄₂₁₄
Fallos técnicos en el sistema hidráulico de accionamiento de los cilindros	T ₄₂₁₅
<u>Fallos técnicos en el sistema hidráulico de accionamiento de los órganos de trabajo.</u>	T ₄₂₁₆
Fallos técnicos en el sistema hidrostático de la traslación	T ₄₂₁₇
Fallos técnicos en el sistema de enfriamiento del aceite hidráulico	T ₄₂₁₈

Fallos técnicos en el tren de rodaje (puente motor y direccional)	T ₄₂₁₉
Fallos técnicos en el sistema eléctrico	T ₄₂₂₀
Fallos técnicos en las transmisiones mecánicas.ç	T ₄₂₂₁
Otros fallos técnicos	T ₄₂₂₉
<u>Tiempo empleado en buscar, hallar y solucionar fallos técnicos</u>	T ₄₃
<u>Tiempo empleado en detectar el fallo (localización)</u>	T ₄₃₁
<u>Tiempo empleado en llegar hasta el fallo (desarme y montaje)</u>	T ₄₃₂
<u>Tiempo de descanso y necesidades del personal de servicio</u>	T ₅
<u>Tiempo de traslado en vacío</u>	T ₆
Traslado al parqueo o taller para eliminar fallos	T ₆₁
Mantenimiento o reparación de los equipos de apoyo (transporte)	T ₇
Tiempo de paradas ajenas a la máquina	T ₈
Tiempo de paradas por causas organizativas	T ₈₁
Tiempo de parada por falta de piezas del módulo de repuesto	T ₈₁₂
Tiempo de parada por falta de transporte	T ₈₁₃
Tiempo de parada por falta de tractor tirador	T ₈₁₄
Tiempo de parada por falta de tractor movedor	T ₈₁₅
Tiempo de paradas por causas meteorológicas	T ₈₂
Tiempo de paradas por otras interrupciones	T ₈₃
Tiempo de paradas por roturas debido a objetos extraños	T ₈₄₂
Tiempo de traslados para solucionar alguno de los fallos anteriores	T ₈₄₃
Tiempo de paradas por otras causas	T ₈₅
<u>Tiempo perdido no imputable a la máquina</u>	TN
<u>Tiempo perdido imputable a la máquina</u>	TI

NOTA: los tiempos subrayados son los que hemos empleado.

RESUMEN

El presente trabajo es fruto de la colaboración entre la Universidad de Holguín, el Centro de Investigación de Maquinaria Agrícola y el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Madrid.

Consiste en la confección de un método para evaluar los índices de calidad y económicos de las máquinas combinadas cañeras. El sistema exige el cumplimiento de una serie de etapas donde se evaluarán determinados índices, de calidad y económicos, que permitirán el perfeccionamiento del diseño de la máquina antes de tomar la decisión de desdeñar el nuevo modelo o pasar a la fabricación de la serie cero, así como para la adquisición y certificación de nuevos equipos con vistas a garantizar que dichas máquinas satisfacen los deseos y necesidades de los clientes y que sean las apropiadas bajo las condiciones específicas de explotación en Cuba.

Al analizar las metodologías existentes sobre pruebas a cosechadoras cañeras, nos hemos percatado de que son insuficientes, por lo que, en este trabajo, se han introducido las siguientes:

1. Metodología para la evaluación agrotécnica.
2. Metodología para la evaluación de la fiabilidad.
3. Metodología referente a la realización de ensayos extensométricos.

Este conjunto de métodos es flexible a la introducción de cambios con relación a los requisitos de diseño exigidos por el acelerado desarrollo científico-técnico actual.

SUMMARY

This final work is the result of the collaboration of the University of Holguin, the Agricultural Machinery Research Center and the Rural Engineering Department of the Politechnical University of Madrid.

It consists in the confection of a system of methods to evaluate the quality and economics coefficients of the combined cane machines. The system demands the execution of a series of stages where will be evaluated some coefficients that permit us the perfecting of the design of the machine before making a decision to scorn the new model or pass to the fabrication of the zero series, as well as for the acquisition and certification of new teams to guarantee that this machines satisfy the desires and the necessities of our clients and that they are the appropriate ones under the specifics conditions of exploitation in Cuba.

When we examined the existent methodologies to tests cane harvesters, we noticed that they are insufficient, for that, in this work, the following ones were introduced:

1. Methodology for the agrotechnical evaluation.
2. Methodology for the evaluation of reliability.
3. Methodology for the realization of strain test.

This system is flexible to the introduction of changes with respect to the designing requirements demanded by accelerated scientific technical present-day development.

I. INTRODUCCIÓN.

El hombre, desde el inicio de su historia, ha intentado facilitar su trabajo con la ayuda de máquinas o herramientas.

Debido al crecimiento de las fronteras agrícolas y al incremento en el volumen de producción, nació la necesidad de aumentar la velocidad de trabajo. Con la aparición de las máquinas agrícolas, se abrió un campo infinito de desarrollo de máquinas para cada función: labranza del suelo, siembra, cosecha, recolección y carga de productos, transporte, etc.

Las modernas mecanización y automatización han demostrado la necesidad de innovar la tecnología para mejorar la competitividad de los sistemas mediante la incorporación de nuevos equipos y el mejoramiento de otros ya conocidos y probados.

Según Zaldívar, Mario (2005), en muchos países, la cosecha de caña todavía se realiza de forma manual, utilizando diversos tipos de cuchillos o hachas. Entre las diversas herramientas disponibles, el machete consta de una lámina más pesada, de forma que consigue un corte más eficiente de la caña. La cosecha manual requiere de operarios hábiles, pues una cosecha inadecuada de la caña causa pérdidas de caña y de azúcar, dando un jugo de mala calidad y causando problemas en la planta procesadora para retirar los cuerpos extraños.

Según Sánchez Alonso, Remberto (2005), la mecanización de la cosecha de la caña trae aparejada, de acuerdo a los análisis realizados en la mayoría de los ingenios (también: centrales, en masculino en Cuba) a nivel mundial, varias ventajas, de las que destacamos las siguientes:

- 1.- Entrega de caña más fresca al central:

a) En caña sin quemar se reduce el tiempo entre el corte y la llegada de la misma al central

b) Se minimizan las pérdidas de sacarosa, ya que la caña no se degrada tan rápidamente.

c) En caña quemada se reduce también el tiempo entre la quema y la llegada de la caña al ingenio.

d) En el corte manual, es necesario esperar a que termine el corte de la caña en todo el campo para iniciar la carga y transporte de la misma.

e) La cosecha mecanizada permite cosechar las 24 horas del día.

2.- Menor costo por tonelada cosechada:

a) En algunos ingenios, se ha reducido el costo por tonelada cosechada mecánicamente hasta un 20 % respecto al costo por tonelada cosechada de forma manual.

b) Se reduce el costo de administración de personal, ya que dos operarios y un encargado de la cosechadora hacen el trabajo equivalente a 100 cortadores de caña.

c) Eliminación del rebote (acción de quitar el tronco de la caña que deja el cortador).

d) Se eliminan todos los gastos relacionados con el manejo de 100 cortadores, algunos de los cuales se detallan a continuación:

- * Transporte del personal del campo al sitio de trabajo
- * Machetes y limas
- *.- Refrescos
- *.- Petates
- *.- Atención médica.
- *.- Transporte del sitio de origen al lugar de trabajo
- *.- Alimentación
- *.- Incentivos
- *.- Agua y energía eléctrica
- *.- Alojamiento
- * Combustible (gas, carbón, leña, etc.)

3.- Simplicidad y Control de la operación de cosecha:

Se programa adecuadamente la cosecha, ya que depende solamente de dos operarios y un encargado de mantenimiento, los cuales cosecharán el equivalente a 100 cortadores.

4.- Seguridad en la cosecha y entrega de caña:

a) No se presentan problemas de entrega de caña los fines de semana y días feriados.

b) Se tiene una entrega continua durante toda la zafra.

5.- Mejora en el transporte de caña:

La caña cosechada mecánicamente en trozos es más densa que la caña larga, especialmente cuando esta última no es recta. Por lo tanto, el equipo transporta mayor tonelaje de caña.

6.- Ayuda al proceso del central:

a) La caña cosechada mecánicamente por nuestras cosechadoras, llega trozada al ingenio.

b) La caña trozada fluye más fácilmente en la mesa de alimentación.

c) No se requiere lavar la caña trozada.

d) Se elimina la posibilidad de que lleguen piedras, troncos u otros objetos al ingenio, muchos de ellos recogidos por las cargadoras.

7.- Protección del medio ambiente.

La cosecha de caña en verde evita la quema de la misma, con los siguientes beneficios ambientales:

*.- Evita el daño a la flora y la fauna.

*.- Reduce el calentamiento global.

*.- Permite la incorporación de materia orgánica al suelo.

*.- Evita la erosión, al dejar los residuos sobre el suelo.

- *.- A corto plazo, reduce los gastos en fertilización.
- *.- Mejora la textura del suelo.
- *.- Conserva la humedad del suelo.
- *.- Se evitan los siniestros de cultivos adyacentes.

La cosecha mecanizada de caña de azúcar representa una gran oportunidad de reducir costos, hace más eficiente la operación de cosecha y entrega óptima de caña al central, rentabiliza la operación de transporte y minimiza los impactos negativos al medio ambiente, contribuyendo a la productividad de los ingenios.

Según Infoagro (2003), el sector azucarero ha sido, sin lugar a dudas, el más importante de la producción agroindustrial cubana a lo largo de estos siglos.

Ya a finales del siglo XVI, se inicia en Cuba la elaboración, aunque de forma rudimentaria, de la caña de azúcar, teniendo su mayor extensión entre 1778 y 1782, con posterioridad a la toma de La Habana por los ingleses, y mediante un grupo de medidas tomadas por el Rey Carlos III, lo que favoreció el comercio y la importación de mano de obra esclava.

Durante el comienzo del siglo XIX, se importaron los primeros trapiches horizontales de hierro y se introdujeron los llamados "trenes franceses". En la década de 1840 se inicia en Cuba la Revolución Técnica en la producción azucarera, manifestándose en la aplicación de procesos físicos y químicos en la actividad industrial.

Actualmente, la superficie total de tierra dedicada al cultivo de la caña en Cuba asciende a 1720791 hectáreas, lo que representa aproximadamente el 50 % del total nacional destinado a la agricultura.

La industria azucarera está compuesta por 156 centrales azucareros, que se distribuyen por todo el país de la siguiente forma:

Tabla I.1 Capacidad de molienda (t)

Capacidad de molienda de las centrales (t)				
Provincia	Total	Hasta 300 000	De 300 a 600 000	Más de 600 000
Pinar del Río	5	4	-	1
La Habana	16	10	5	1
Matanzas	21	14	5	2
Villa Clara	28	21	6	1
Cienfuegos	12	5	6	1
Sancti Spíritus	9	5	3	1
Ciego de Ávila	9	1	3	5
Camagüey	14	3	7	4
Las Tunas	7	-	1	6
Holguín	10	-	7	3
Granma	11	8	2	1
Stgo. de Cuba	8	5	3	-
Guantánamo	6	6	-	-
Total	156	82	48	26

Durante esta etapa, se ha mantenido de modo estable el número de trabajadores empleados en esta rama de la economía. En 1991, el total de trabajadores ascendía a 467 000, mientras que, en 1998, la cantidad de trabajadores fue de 499 000; de estos, 110 000 laboran en la producción industrial.

Según Rodríguez Belena, Raúl (2005), una vía para garantizar una producción cañera de gran magnitud es elevar la eficiencia de la maquinaria, y

su perfeccionamiento a través de modelos y proyectos cada día más fiables. El desarrollo de nuevas máquinas cosechadoras más potentes fue un paso importante en este sentido.

Como consecuencia de este lógico desarrollo que ha sufrido la industria azucarera, sobre todo en su eslabón de cosecha, se ha continuado el perfeccionamiento de los sistemas de equipos, específicamente en lo referente a las cosechadoras de caña, que, por la complejidad de la labor que realizan, al estar sometidas a altas y variables cargas, así como a un régimen de trabajo en condiciones muy duras, han llevado a estudios de perfeccionamiento, para sustituir las máquinas por otras más eficientes; de ahí, la importancia de definir sus principales índices de calidad y económicos.

Para lograr este objetivo, se hace indispensable realizar investigaciones que incluyan pruebas de laboratorio y de campo, que permitan establecer las características principales (explotativas, ergonómicas y agrotécnicas) y, a través de ellas, valorar si se ha cumplido el objetivo trazado de lograr una máquina superior.

Los estudios integrales de evaluaciones alrededor de las máquinas cosechadoras de caña permiten la corrección de posibles deficiencias de diseño, evitando que pasen con errores a la etapa de producción en serie, o que sean adquiridas por el país máquinas que no se adaptan a las condiciones reales del mismo, con una disminución de los gastos y el correspondiente tiempo.

Tanto las cosechadoras de caña de azúcar, diseñadas y fabricadas en el país, como algunos modelos importados, han sido sometidos a diversas evaluaciones con vistas a valorar su eficiencia y confort. En la actualidad, las pruebas que se realizan en las máquinas cosechadoras no consideran de manera integral las condiciones de explotación, fiabilidad, ergonómicas y agrotécnicas propias del país.

I.1. Hipótesis y Objetivos

Las condiciones propias de Cuba, elevada temperatura ambiente, suelo, humedad relativa, distintas variedades de caña, las condiciones reales para el mantenimiento (lo que implica una pérdida en los rendimientos de las máquinas), así como la reducción de la vida útil de la maquinaria, producen un número elevado de roturas y sobreconsumos energéticos (Zaldívar, Mario, 2006).

El problema científico consiste en la ausencia de una norma que contemple un sistema de pruebas para el control de las máquinas cosechadoras de caña bajo estas condiciones de explotación del país, de forma que se nos permita la evaluación y selección adecuada de estos equipos.

Hipótesis

Con los elementos antes mencionados, se puede plantear la siguiente **hipótesis:**

Si se dispone de un sistema de pruebas que sea integral, coherente y eficaz, y que considere las condiciones de explotación, ergonómicas y agrotécnicas, se obtendrá una valoración mucho más objetiva de la eficiencia y fiabilidad de la máquina, aspecto que ayudará a la toma de decisiones, tanto en el diseño como en la adquisición y certificación.

Objetivos

Para confirmar o no la hipótesis, se propone cumplir con los siguientes objetivos, general y específicos:

El **objetivo general** de esta tesis es estructurar un conjunto de pruebas validadas experimentalmente para el control integral de las cosechadoras cañeras, que aporten los elementos de juicio necesarios para el pase a la producción en serie, adquisición y certificación de este tipo de máquinas en el país.

Los **objetivos específicos** de esta investigación son:

Evaluar y caracterizar los principales parámetros de explotación que intervienen en el funcionamiento de las cosechadoras cañeras.

Caracterizar los principales parámetros agrotécnicos y ergonómicos que intervienen en la explotación de dichas cosechadoras.

Estructurar un sistema integral de pruebas y proponer nuevas condiciones de ensayo de las máquinas cosechadoras, de modo que permitan la evaluación de los parámetros de explotación y de diseño propuestos por el fabricante, así como mantener altos niveles de eficiencia, fiabilidad, ergonómicos, agrotécnicos y de vida útil en condiciones de funcionamiento, así como un bajo consumo energético.

Elaborar las metodologías necesarias para la realización de este sistema integral de pruebas.

I.2. Originalidad científica.

El aporte científico de este trabajo es el fundamentar científicamente la metodología para la aplicación de un sistema de pruebas y las condiciones de ensayo para el control integral de las cosechadoras cañeras en las condiciones reales existentes en Cuba, lo que aportaría los elementos de juicio suficientes para la evaluación y selección de los equipos a construir o adquirir por el país.

En esta investigación se utilizan diferentes métodos estadísticos: diseño y análisis de experimentos.

II. ESTADO ACTUAL.

II.1. Estructura general y proceso tecnológico de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar.

La cosechadora de caña de azúcar se dedica a la recolección mecanizada de la caña de azúcar tanto verde como quemada, en cualquier forma que ésta se encuentre: levantada, encamada, entrelazada, etc.

La cosechadora también se denomina combinada porque la cosecha, la limpieza y el desmenuzamiento han sido integrados en una sola máquina (Rodríguez Belena, Raúl. 2005).



Figurall.1. Cosechadora cañera KTP – 3000 S

II.1.1. Estructura general de las cosechadoras.

La máquina combinada cosechadora de caña de azúcar está destinada a la recolección de esta gramínea, tanto erecta como encamada, que se cultiva en campos típicos mecanizables. La combinada corta la caña, la secciona en partes y elimina la materia extraña que la acompaña, para luego descargar su

parte aprovechable limpia en el medio de transporte que marcha junto a la cosechadora.

Partes principales que conforman la máquina:

- Estructura portante.
- Sección receptora con el mecanismo de corte inferior.
- Sección troceadora y separadora (transportadores y ventiladores).
- Mecanismo corta cogollos (opcional).
- Fuente energética y tren de rodadura.
- Accionamientos (hidráulicos y mecánicos).
- Cabina del operador con los mandos de accionamiento y los instrumentos de control.

II.1.2. Proceso tecnológico de las cosechadoras.

Durante la marcha de la cosechadora a lo largo de la hilera, los divisores de la sección receptora levantan los tallos de caña, los separan de la hilera contigua y los dirigen hacia el mecanismo de corte inferior. Una vez cortados, los tallos son arrastrados por los tambores alimentadores hacia el mecanismo troceador, donde son seccionados en partes aproximadamente iguales. La masa vegetal pasa por los transportadores y el sistema de limpieza, donde se produce la separación de la materia extraña y la parte aprovechable, antes de ser descargada esta última en el medio de transporte.

II.2. Sistema de evaluaciones de las Máquinas Cosechadoras de Caña de Azúcar en Cuba.

El incremento del nivel técnico y la efectividad económica de las máquinas depende sustancialmente de la rigurosidad de los experimentos que

se realicen. A través de ellos, se obtiene la información experimental necesaria para comprobar las soluciones técnicas, tanto por métodos de cálculo (modelos matemáticos) como en bancos de pruebas aceleradas, de modo que, con los resultados aportados, podemos tomar decisiones técnicamente correctas. (Héctor Pupo, 2004)

Para perfeccionar el diseño de las combinadas, los elementos que la conforman deben cumplir en la práctica las exigencias propuestas en la tarea técnica en cuanto a la obtención de los mejores índices de calidad y económicos. (Batista Aerle, 2005)

La valoración sobre los índices de calidad, económicos y ergonómicos de las cosechadoras, aunque se realizan primeramente mediante métodos teóricos, no son de mucha fiabilidad, a pesar de contar con información previa. La práctica ha demostrado que la valoración más efectiva de estos índices, durante la etapa de desarrollo de la máquina, se consigue con el empleo de métodos experimentales de cálculo. De ahí que, para obtener información experimental, sea necesario realizar varios tipos de evaluaciones en condiciones reales de explotación (Lebeque, F y Pino, 2006).

En la actualidad, se realizan algunas investigaciones en máquinas de la producción seriada, modificadas o adquiridas en el exterior. Se ejecutan partiendo de la documentación suministrada por el fabricante.

A partir de los indicadores que se desea comprobar, se elabora el proyecto de investigación, que recoge las etapas en que se realizará ésta y el costo de la misma, para su aprobación por el Ministerio del azúcar (MINAZ); posteriormente, se realiza el programa de ensayos que incluye la metodología para ejecutar cada una de las evaluaciones necesarias con vistas a obtener los indicadores que se establezcan (Compendio de regulaciones sobre la zafra. MINAZ, 1983).

Se recibe el objeto de investigación (máquina) ya ensamblada y lista para su explotación. De forma general, las evaluaciones que se realizan son las siguientes::

- Peritajes técnicos primario, corriente y final.
- Tecnológico explotativa.
- Ergonómica.
- Pruebas aceleradas.
- Económica.

Como se puede comprobar, no existe un sistema integrador establecido de forma tal que se pueda realizar una investigación general de un objeto y la aplicación del resultado final en el diseño y fabricación de nuevos prototipos o la adquisición de otros equipos, superiores en calidad y menos costosos que la máquina de fabricación seriada existente hasta la fecha, con un mínimo de gastos y tiempo.

Según Lebeque, F y Pino (2006), de forma general, los principales problemas existentes en la actualidad, y que frenan la realización exitosa de las pruebas de las cosechadoras, son los siguientes:

1. Ausencia de la tarea técnica según lo establecido en la norma cubana al respecto, donde participen de manera activa el cliente y las entidades encargadas del diseño y construcción de los nuevos prototipos.

2. Falta de definición de los índices de calidad y económicos específicos de las cosechadoras cañeras y las diferentes etapas donde deberán ser evaluados los mismos.

3. No existe un sistema integrador de pruebas, donde de manera científica se plantee la secuencia a seguir en las mismas.

4. En la etapa de discusión de las diferentes proposiciones técnicas, no se tiene establecido qué índices de calidad y económicos permiten una discusión objetiva de la mejor variante técnica.

5. Existe problemas organizativos que atentan contra la búsqueda de soluciones a partir de los resultados obtenidos en las pruebas, así como en la veracidad de los resultados de algunas de ellas.

6. Aún no existe una aceptación por parte de la entidad fabricante sobre la necesidad de la aplicación de métodos científicos durante el diseño y desarrollo del nuevo equipo, utilizándose actualmente en lo fundamental el método de prueba-error.

7. No está claro cuales son las etapas en que deben intervenir el diseñador, el cliente y el fabricante en el sistema de pruebas, lo que tiene como consecuencia que se interfiera el normal desarrollo de las mismas.

En la bibliografía consultada, se hace referencia a que las diferentes máquinas fueron sometidas a pruebas por el fabricante.

Por lo antes expuesto, podemos llegar a la conclusión de que es necesario confeccionar una metodología para la realización de estas pruebas, que agrupe de forma coherente los principales parámetros a medir, para poder tomar decisiones mejor fundamentadas, a la vez que ésta se convierta en norma cubana para su obligatorio cumplimiento.

II.3 Etapas y Metodologías existentes para las evaluaciones de las cosechadoras cañeras en Cuba.

Antes de definir “tarea técnica”, en el anexo A, compendio del algoritmo empleado, hemos subrayado todos aquellos aspectos motivo de nuestra aportación.

II.3.1. Tarea técnica.

La tarea técnica es una etapa esencial en todo sistema; se elabora en base a los resultados de las investigaciones realizadas, pronóstico y análisis de logros científico-técnicos. En ella quedarán plasmadas las exigencias y características que debe reunir la nueva cosechadora, a fin de ser superior a la que se encuentra en línea de producción, según las exigencias planteadas por el usuario y el fabricante. En ésta se incluyen todos los índices de calidad y económicos deseados.

En la confección de la misma deberán participar la entidad diseñadora, la entidad fabricante y el cliente. Cualquier variación que posteriormente quiera hacerse a la misma será de mutuo acuerdo entre los participantes. Se confeccionará según la NC 02-01:78, establecida al efecto.

A partir de la tarea técnica, se elabora el proyecto y la documentación para la fabricación de la maqueta que dará origen al futuro prototipo. Esta es la etapa principal, ya que en la misma se establecen las exigencias y características que debe poseer la máquina en comparación con su antecesora, llegándose a cumplimentar los requisitos planteados por el cliente y el fabricante. En esta etapa es donde se plantean los índices de calidad y económicos que determinarán la efectividad de la máquina una vez fabricada.

II.3.2. Proposición técnica y documentación del prototipo.

En esta etapa, se discutirán las diferentes variantes existentes teniendo en cuenta la tarea técnica, con el fin de ganar el máximo de objetividad en la discusión de la misma, reflejar los índices de calidad y

económicos, valorándose cualitativa y cuantitativamente de acuerdo a las necesidades del cliente.

Si se elaboran diferentes variantes tecnológicas, se seleccionará la mejor desde el punto de vista económico.

II.3.3. Construcción del prototipo.

Una vez elaborada la documentación técnica del prototipo, se inicia la próxima etapa, que consiste en la fabricación del mismo, con el objetivo de poder evaluar sus índices de calidad y económicos, prestando especial atención al costo unitario de fabricación.

II.3.4. Peritaje técnico de las máquinas cosechadoras de caña.

Esta evaluación se realiza según la norma cubana NC - 34 - 41:87; en este documento se especifica que la misma deberá realizarse en una superficie que cumpla con las condiciones preestablecidas, efectuándose durante y después del ensamblaje del primer prototipo.

Para la realización del peritaje técnico debe tenerse en cuenta, sobre todo, los siguientes aspectos:

- Documentación técnica de la máquina.
- Instrumentos y medios de medición verificados.

Los Índices más importantes a evaluar serán:

- a) Transportabilidad.
- b) Tecnológicos.
- c) Parámetros geométricos (constructivos y funcionales).
- d) Presión específica de los neumáticos sobre el suelo.
- e) Ergonómicos.
- f) De seguridad.

II.3.5. Metodología para la evaluación tecnológico explotativa.

Esta metodología está basada en la Norma Cubana NC - 34 - 37:85, referida a la “Metodología para la evaluación tecnológico explotativa”.

Las máquinas combinadas experimentales se someten a los ensayos de explotación con el objetivo de:

- Llevar su construcción hasta el nivel de fiabilidad dado en la tarea técnica.
- Determinar la preparación de la máquina para los ensayos estatales durante los ensayos que realiza la fábrica productora de máquinas combinadas.
- Evaluación previa de la fiabilidad y determinación de la preparación de la máquina para su producción en serie.

La evaluación tecnológico explotativa comprende dos partes fundamentales:

- Evaluación de la nueva máquina durante todo el volumen de trabajo según el programa de pruebas.

- Comparación de la nueva máquina con la existente en la explotación, que se lleva a cabo mediante turnos de control.

II.3.6. Metodología para la evaluación de índices ergonómicos.

Estas evaluaciones se realizarán según las normas cubanas NC - 19-01-22, NC - 19-01-03, NC - 19-01-04 y la NC - 19-01-05; los parámetros más importantes a evaluar son:

Ergonómicos: expresan la interrelación hombre-máquina-medio ambiente:

- Nivel de vibraciones.
- Nivel de ruido (máximo permisible: 85 dB)
- Condiciones microclimáticas (temperatura: 32 °C, velocidad del aire: 1,0 a 3,0 m/s; humedad relativa: de 70 a 90 %).
- Nivel de polvo y toxicidad.

Antropométricos: determinan la correlación del puesto de trabajo (cabina) con la forma, dimensiones y masa corporal del operario. Además, se valora la distribución y operatividad de los mandos.

Fisiológicos: caracterizan la correlación de la máquina con las posibilidades de fuerza, velocidad, etc. del operario:

- Esfuerzos para accionar los órganos de mando.

Sicofisiológicos: valoran las posibilidades visuales, auditivas y táctiles del hombre:

- Visibilidad.
- Auditivas.

II.3.7. Pruebas aceleradas.

Las pruebas aceleradas se realizarán en un área con las condiciones requeridas y procurando que la máquina se encuentre en buen estado técnico; este ensayo se realizará según la norma cubana NC - 19-02-48.

El objetivo de las pruebas aceleradas es obtener la información necesaria de los indicadores de calidad (fiabilidad y longevidad, durabilidad o vida útil) en un tiempo más breve que en las condiciones de explotación.

Las pruebas aceleradas fuerzan los procesos de rotura por fatiga del metal y el desgaste de la máquina. Esto puede realizarse debido al aumento de las cargas o de la frecuencia de las influencias o factores que inciden.

Para hacer ésto posible, es necesario contar con resultados experimentales anteriores, lo cual permitirá simular las cargas y todo lo que influye sobre la máquina durante su explotación. Esto requiere la recopilación de información que abarque la mayor cantidad de factores incidentes sobre el objeto, incluyendo las condiciones en que se explota.

Es muy importante toda la información que se recoja durante los ensayos extensométricos, pues a partir de las cargas dinámicas de trabajo se simularán las mismas en el banco.

En el banco, el objeto se prepara con elementos encargados de simular las cargas que actuarán con una frecuencia determinada (circuito hidráulico con cilindros incidiendo sobre los puntos seleccionados).

Estos bancos trabajan a tiempo completo (24 horas); se imita el trabajo real en condiciones de explotación, lo que permite obtener resultados en un corto plazo. Para realizar una valoración mucho más fiable, se deben someter a ensayo cada uno de los conjuntos o partes que componen el objeto de investigación y su interrelación. Este tipo de ensayo resulta costoso ya que muchas veces se destruye el objeto pero, como investigación en sí, resulta necesario; es más factible destruir 2 o más prototipos que producirlo en serie con defectos, que provocaría un descalabro financiero.

II.3.8. Evaluación de los índices económicos.

Las evaluaciones a las máquinas siguen un orden lógico de realización que va desde la etapa de investigación y desarrollo de los prototipos hasta la puesta en explotación de la nueva máquina. A partir de la tarea técnica, se definen los índices económicos y financieros de cada propuesta, lo cual exigirá una revisión de los costos y las ganancias proyectadas para descubrir si satisfacen los objetivos y los volúmenes de producción que debe alcanzar la máquina.

La evaluación económica de las cosechadoras se realizará de la forma en que esté recomendado en este anteproyecto de norma: "Metodología para la evaluación económica de cosechadoras de caña de azúcar".

Una parte de la información necesaria para efectuar la valoración de los índices económicos de la máquina se obtiene durante la realización de las pruebas de campo (tecnológico – explotativas y de fiabilidad.).

La máquina más ventajosa será aquella que establezca una minimización de los gastos en la ejecución de una unidad de producción (Zorca, A. 2000).

Los principales índices para la valoración de los índices económicos son:

- *Valor de la producción (€).*
- *Costo de producción (€).*
- *Costo unitario de producción (€/Mg).*
- *Costo de explotación (€/Mg):* son los gastos en que se incurre durante la explotación de la máquina (salarios, combustibles, lubricantes, aceites, etc.).
- *Costo de investigación (€):* gastos en que se incurrió durante el proceso de investigación.
- *Precio unitario (€/máquina):* valor de venta de la máquina.
- *Ganancia neta (€).*
- *Período de recuperación de los gastos (año):* es el tiempo que se tarda en recuperar los gastos, teniendo en cuenta la ganancia neta.
- *Efecto económico anual (Eca).*
- *Efecto neto:* es el ahorro que se logra al fabricar algunas partes componentes de la máquina sin necesidad de realizar importaciones.
- *Efecto por la disminución de las pérdidas en cosecha (€).*
- *Efecto por el aumento de la calidad de la cosecha (€).*

(1 € ≈ 30 pesos cubanos)

II.3.9. Construcción de varios prototipos.

Partiendo de los resultados obtenidos durante la evaluación del primer prototipo, se pasa a esta etapa en la que se construyen varios más y se distribuyen en diferentes zonas, sometiéndolos nuevamente a ensayos para analizar el comportamiento de los mismos y tomar decisiones. Además, se controlarán los costos de producción (€/máquina).

Deben construirse al menos 3 prototipos para ser evaluados en cada una de la zonas geográficas del país con la finalidad de apreciar su eficiencia en lo diversos relieves y variedades de cañas existentes en el país.

II.3.10. Ensayo de aceptación o certificación.

Una vez realizados los ensayos de control y ajuste que se estimen necesarios y el ensayo preliminar, las máquinas podrán ser sometidas al ensayo de aceptación, que es donde se controlan las muestras experimentales, lotes experimentales o artículos de producción unitaria, que se realiza con el fin de decidir sobre la conveniencia o no de la introducción de las máquinas en la producción.

El ensayo de aceptación se realizará para controlar la calidad de la máquina, evaluando los índices de calidad y los índices económicos establecidos en la tarea técnica; lo preside una comisión de expertos, formada por representantes del usuario, productor, miembros del Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA) y otros interesados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

III.1 Materiales.

III.1.1. La caña de azúcar

En la realización de este trabajo se utilizaron diversos materiales y métodos, que describiremos a continuación, comenzando con el material primario en este proceso, que es la caña de azúcar; en la siguiente tabla, mostramos las variedades de caña que se cultivan en Cuba. y el porcentaje en área cultivadas.

Tabla III.1.- Variedades de caña cultivadas en Cuba y porcentaje del área total.

Variedades	Área cultivada %
Cuba 120-78 (C 120-78)	43
Cuba 323-68 (C 323-68)	21
Jaronu 60-15 (J 60-5)	12
Cuba 87-51 (C 87-51)	8
Canal Point (C P)	6
Otras	10

Humbert (1974) plantea que la caña de azúcar desarrolla dos tipos de tallos: el subterráneo, denominado rizoma, que es de tipo definido, y el aéreo, que es el que se aprovecha para la extracción de azúcar; este último es de forma cilíndrica y está dividido en nudos y entrenudos, formando de este modo el canuto; sus hábitos de desarrollo son diferentes, pero en general

producen tallos de 2 a 3 m de longitud por año, formando tres canutos por mes, con un número aproximado de tallos de 1 a 23 por macolla o cepa, según la variedad; éstos se dividen en primarios, secundarios y mamones; los tallos también sirven como tejido de transporte de agua y nutrientes extraídos del suelo para abastecer la punta, que está en crecimiento. El tallo está compuesto por la epidermis o corteza, los tejidos y fibras, que se extienden en toda la longitud del tallo y poseen aproximadamente un 75 % de agua; el tallo de la caña de azúcar se considera como el fruto agrícola, ya que en él se distribuye y almacena el azúcar. Se va acumulando en los entrenudos inferiores, disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia la parte superior del tallo, razón por la que siempre se elimina una pequeña parte del tallo al cortar el cogollo. El tallo es un elemento importante en la caña de azúcar, porque este órgano representa aproximadamente el 89 % de la masa verde total.

III. 1.2. Caracterización general de las cosechadoras (KTP).

La Empresa Mecánica, con domicilio en la carretera a San Germán, km 3 ½ y Circunvalación, ciudad de Holguín, fue concebida para la fabricación de cosechadoras cañeras desde su fundación, el 27 de julio de 1977.

El primer modelo de máquina fue desarrollado en cooperación con la antigua URSS, recibiendo el nombre de KTP - 1, al igual que el segundo modelo, denominado KTP - 2.

En 1997, se introduce en la línea de producción el modelo KTP - 2 M, una cosechadora con mejoras técnicas que sus antecesoras, desarrolladas por los técnicos cubanos.

Los cambios fundamentales se desarrollaron en cuanto a estructura y componentes:

- Motor MERCEDES BENZ OM 442 A Potencia 198 kW a 2100 r.p.m.

- Sistema de traslación hidrostático con bomba y motor hidráulico SAUER SUNSTRANDS.

- Sistema hidráulico, con bombas y motores DANFOSS para accionar cilindros sinfines y transportador de descarga.

- Sección receptora, que consta de dos discos con 6 cuchillas cada una que cortan la caña y la dirigen a los 6 tambores alimentadores que las conducen al picador.

- Conjunto picador, formado por dos tambores con cuchillas a ambos lados que cortan la caña en trozos de 30 - 40 cm.

- Sistema de limpieza por soplado mediante la actuación de dos ventiladores.

- Cabina opcional con aire acondicionado.

- Corta cogollos (opcional), compuesto por dos tambores giratorios, disco de corte y cilindro hidráulico para la regulación de la altura de corte.

- Capacidad de corte de 35 Mg/h.

Después de los estudios realizados por nuestros técnicos y con el propósito de presentar a nuestro principal cliente, el MINAZ, una cosechadora

con mayor eficiencia en cuanto a fiabilidad técnica, tecnológica y capacidad de corte, surgió el prototipo de la KTP- 3 S en 1999, que se continuó perfeccionando para dar lugar al modelo KTP – 3000 S, que se prueba como prototipo en 2003.

Esta cosechadora consta de:

- Motor MERCEDES BENZ o SCANIA de 224 kW a 2100 r.p.m.

- Sistema hidráulico en un 80 % de los mecanismos, con hidráulica DANFOSS o COMMERCIAL.

- Sección receptora, con modificaciones en cuanto a estructura y fiabilidad de sus elementos.

- Conjunto picador, con dos tambores y tres pares de aletas a 120° con cuchillas que cortan la caña en trozos comprendidos entre 25 y 30 cm.

- Sistema de limpieza por soplado de ventiladores accionados, el primero por un motor hidráulico que, a su vez, acciona el segundo mediante transmisión por correas.

- Cabina climatizada con excelente confort, además de señalización interior (lumínica y sonora) para detectar cualquier interrupción o avería en sus órganos de trabajo.

- Corta cogollos, con opción del tipo convencional o desfibrador.

- Capacidad de corte de 45 Mg./h.

III 1.2.1. Características de las cosechadoras cañeras KTP – 3000 S y KTP – 2 M.

III 1.2.1.1. Procesos tecnológicos.

KTP – 3000 S.

El modelo KTP – 3000 S posee mecanismo corta cogollos y cuchillas de corte lateral, además se puede invertir el sentido de giro de los órganos de trabajo (reversible) hasta el aparato trozador o picador, lo cual permite reducir el tiempo de eliminación de los fallos tecnológicos (atascos provocados por la acumulación de masa vegetal).

La caña es cortada en su base y pasa con el resto de la masa a través de los tambores de la sección receptora hasta el mecanismo trozador, donde es cortada en pequeñas porciones, luego caen al primer transportador donde es trasladada hasta el segundo, al pasar de uno a otro recibe una corriente de aire provocada por el ventilador primario para separar parte de las materias extrañas. Luego pasa del segundo transportador a la tolva del transportador de descarga, en este intermedio actúa el segundo ventilador culminando la limpieza neumática; posteriormente se traslada al medio de transporte.

KTP – 2 M.

Similar al del modelo anterior, con la diferencia que esta máquina no posee mecanismo corta cogollos, ni cuchillas laterales.

III 1.2.1.2. Observaciones ergonómicas.

KTP – 3000 S.

Este modelo posee cabina hermética con cristales que facilitan la visibilidad (superior - inferior y hacia los laterales), posee aire acondicionado lo que permite mantener una temperatura agradable en su interior, además se reducen los niveles de ruido y polvo tan dañinos al ser humano. Para el trabajo nocturno se montaron faros (delanteros y traseros) que aumentan la capacidad operativa de la máquina, el interior de la cabina es confortable, se observa una distribución armónica de los diferentes mandos y controles, posee iluminación interior, un asiento cómodo (según la opinión de operadores consultados), durante la noche los indicadores en la pizarra se observan perfectamente, además para accionar las palancas no se requiere de un gran esfuerzo. Además de garantizarse la protección al hombre, se ha logrado un aumento de la productividad del trabajo.

KTP – 2 M.

Este modelo posee una cabina totalmente abierta que solo protege al hombre de la acción directa de los rayos del sol, por lo demás, es todo lo contrario de lo explicado anteriormente, lo que trae aparejado muchos inconvenientes para el hombre y la efectividad laboral.

III 1.2.1.3. Comparación de los parámetros fundamentales de las máquinas.

Tabla III.2. Comparación de los parámetros Técnicos y Productivos.

PARÁMETROS TÉCNICOS Y PRODUCTIVOS						
No	Denominación			Unidad	KTP2M	KTP-3000S
1	Motor de combustión interna.				MB OM442 A	MB mod 404
2	Potencia del motor de combustión.			kW	198	224
3	Relación potencia - masa explotativa.			kW/Mg	17, 07	17, 06
4	Dimensiones máximas	Posición de Transporte	Largo	mm	13 170	14 440
			Ancho	mm	2 850	2 950
			Alto	mm	4 730	4 980
		Posición de Trabajo	Largo	mm	10 445	11 890
			Ancho	mm	5 090	5 440
			Alto	mm	4 730	4 980
5	Velocidad de	Transporte		km/h	0 - 20	0 - 20
		Trabajo en caña V		km/h	0 - 2, 75	0 - 5, 02
		Trabajo en caña Q		km/h	0 - 5, 86	0 - 6, 06
6	Productividad por horas de tiempo:		Limpio	Mg/h	39, 6	43, 9
			Explot.	Mg /h	17, 9	25, 5
7	Masa explotativa	Puente motriz		Mg	7, 63	9, 34
		Puente direccional		Mg	3, 51	3, 74
		Lateral derecho LD		Mg	4, 95	5, 36
		Lateral izquierdo LI		Mg	5, 17	6, 30
		Total		Mg	11, 17	13, 13

8	<i>Carga con el transportador de descarga a la derecha</i>		<i>LD</i>	<i>Mg</i>	5, 62	6, 30	
			<i>LI</i>	<i>Mg</i>	4, 48	5, 62	
	<i>Carga con el transportador de descarga a la izquierda</i>		<i>LD</i>	<i>Mg</i>	4., 33	4, 67	
			<i>LI</i>	<i>Mg</i>	5, 77	6, 96	
9	<i>Distancia entre ejes (batalla)</i>		<i>mm</i>		3 503	3 550	
10	<i>Despeje</i>		<i>mm</i>		340	310	
11	<i>Radio de giro</i>		<i>LD</i>	<i>mm</i>	7 280	7 378	
			<i>LI</i>	<i>mm</i>	7 955	8 062	
12	<i>Trocha</i>	<i>Puente motriz</i>		<i>mm</i>	2 150	2 030	
		<i>Puente direccional</i>		<i>mm</i>	1 782	1 865	
13	<i>Ancho de trabajo</i>		<i>mm</i>		1 450	1 450	
14	<i>Mecanismo Corta cogollos</i>		<i>Altura máxima</i>		<i>mm</i>	***	3 620
			<i>Altura mínima</i>		<i>mm</i>	***	1 330
			<i>Ancho de labor</i>		<i>mm</i>	***	1 994

Tabla III.3. Comparación de los parámetros cinemáticos.

CINEMATICA (r.p.m.)				
<i>N</i>	<i>Órganos de trabajo</i>		<i>KTP-2M</i>	<i>KTP-3000S</i>
1	<i>Motor de combustión interna</i>		2 105	2 106
2	<i>Mecanismo de corte inferior</i>	<i>Disco derecho</i>	655	585
		<i>Disco izquierdo</i>	655	585
3	<i>Sección receptora</i>	<i>Primer tambor superior</i>	83	81
		<i>Segundo tambor superior</i>	196	200
		<i>Tercer tambor superior</i>	196	200
		<i>Primer tambor inferior</i>	287	215
		<i>Segundo tambor inferior</i>	197	215
		<i>Tercer tambor inferior</i>	197	200
		<i>Transp.helicoidal derecho</i>	371	392
		<i>Transp.helicoidal izquierdo</i>	371	392
4	<i>Mecanismo Corta cogollos</i>	<i>Alimentador derecho</i>	***	141
		<i>Alimentador izquierdo</i>	***	141
		<i>Disco de corte</i>	***	775
5	<i>Mecanismo trozador (árbol motor)</i>		498	505
6	<i>Primer transportador</i>		236	240
7	<i>Primer ventilador</i>		873	925
8	<i>Segundo transportador</i>		175	193
9	<i>Segundo ventilador</i>		1 308	1 369
10	<i>Transportador de descarga</i>		294	322

III.1.3. Materiales empleados en los ensayos.

II.1.3.2. Medios de medición en los ensayos agrotécnicos:

- Cronómetro (determinar los tiempos de la jornada).
- Balanza (pesaje de las muestras recolectadas de la cosecha).
- Cinta métrica (mediciones geométricas de la máquina)
- Tacómetro (rpm de los órganos de trabajo).
- Báscula (pesaje de la máquina y medios de transporte)
- Penetrómetro (grado de compactación del suelo).
- Dinamómetro.
- Estufa (determinación de la humedad de la masa vegetal, fundamentalmente las hojas)

III.1.3.3. Medios y dispositivos utilizados en los ensayos tecnológico - explotativo y de fiabilidad.

1. Medición del tiempo.

- Cronómetro.
- Reloj electrónico.

2. Medición del peso de los materiales (masa vegetal: hojas, tallos, etc).

- Balanza.
- Báscula.

3. Medición del número de revoluciones.

➤ Tacómetro: se sitúa en un elemento rotatorio y se determinan las revoluciones a las cuales gira el mismo. Es un dispositivo con una punta para hacer contacto con el objeto de medición y una pantalla digital (o aguja con escala numérica en los mecánicos), para facilitar la lectura.

- Contador electrónico de impulsos.
- Captadores de frecuencia de rotación.

4. Medición de magnitudes lineales y angulares.

- Micrómetros.
- Pie de rey.
- Cinta métrica.
- Medidor de ángulos.
- Juego de calibres.

5. Medición de fuerza y momentos torsores.

- Eslabones extensométricos.
- Dinamómetros.

6. Medición de presiones y gastos de líquidos.

- Captadores extensométricos de presión.
- Manómetros.
- Flujómetro.
- Hidrotester (mide simultáneamente presión, temperatura y caudal de los líquidos).

7. Medición de aceleraciones.

- Acelerómetros.

III.1.3.4. Medios y dispositivos empleados en los ensayos extensométricos.

Medidor digital de esfuerzos estáticos. UCAM-5BT:

Sistema digital de medición de esfuerzos estáticos multipuntos. Se pueden determinar diferentes magnitudes simultáneamente en 10 puntos diferentes (deformaciones, presión, tensión, temperatura, etc.). La información puede imprimirse o transferirse a una computadora. Se alimenta con 220V.

Explorador de esfuerzos estáticos. GP-1B-UG-5A:

Es una extensión del anterior que eleva el número de puntos de medición hasta 20. Pueden conectarse otras unidades similares en cascada y aumentar la cantidad de objetos de medición simultánea.

Indicador de esfuerzos estáticos. SM-60D:

Se emplea para determinar el coeficiente de calibración de los dispositivos (piezas) y en mediciones reales. Su excitación es por corriente directa, lo que permite gran exactitud en la medición. Su alimentación es de corriente directa (CD).

Amplificador de esfuerzos dinámicos. YA-508A-DPM-602B:

Amplifica la señal que se produce en los sensores o dispositivos extensométricos. Cuenta con microprocesador interno que chequea posibles interrupciones en el circuito. Doble salida de la señal 5 V para osciloscopio o computadoras y 10 mA para oscilógrafos.. Alimentación con 12 V de CD o 220 V alterna.

Oscilógrafo RMS-200H o RMS-11RPT:

Registra en papel de impresión directa una huella equivalente al esfuerzo dinámico que actúa sobre el punto de medición. La alimentación es de 220 V, alterna.

Osciloscopio. CS-1012:

Permite monitorear las señales de los diferentes puntos o canales de medición. La alimentación es de 220 V, alterna.

Magnetógrafo RPT-600:

Registra en cinta magnética los valores analógicos de cada punto objeto de medición (hasta 14). Posee un canal de audio adicional, que permite registrar la descripción del evento. Tiene diferentes velocidades de grabación; permite regula el nivel o fijar un rango de registro. Alimentación con 24 V de CD o 220 V, alterna.

Polímetro. GT-7G:

Medición de corriente, voltaje, resistencia y potencia eléctrica.

Inversor (convertidor) CD/CA:

Convierte o transforma la CD de 24 V en alterna de 110 V o 220 V. Se utiliza en condiciones de campo, para el funcionamiento de los medios de medición.

Electroimán:

Borra los registros de las cintas electromagnéticas.

Equipo para ensayos hidráulicos (con turbina) GMBH:

Medición del caudal, temperatura y presión hidráulica. Alimentación con 24 V de CD o 220 V, alterna.

Computadora con tarjeta analógica digital (AD):

Permite transferir los datos a formato digital para su procesamiento con los “softwares” correspondientes.

Eslabón extensométrico:

Dispositivos utilizados para determinar esfuerzos de tracción.

Captadores de presión (100 a 200 atm):

Determinación de la presión hidráulica en dichos circuitos. Son dispositivos contruidos con los sensores en su interior colocados sobre un diafragma como parte deformable. Previamente se calibra dicho dispositivo da tal forma que, cuando actúa la presión del aceite sobre éste, la deformación provocada es equivalente a ésta.

Acelerómetro de proximidad:

Para determinar la desviación en árboles y ejes.

Sensores extensométricos:

El elemento sensor puede tener diferentes formas; en algunos casos, está formado por la propia galga extensométrica, cuando se trata de medir directamente las deformaciones y las tensiones que se producen en el elemento donde está colocada la misma; en otros casos, cuando se necesita medir alguna magnitud mecánica (fuerza, par, desplazamiento, presión, aceleración, etc.), el elemento sensor consistirá en un dispositivo extensométrico que contiene en su interior las galgas extensométricas.

La galga extensométrica debe ser conectada a un circuito eléctrico (generalmente a un puente de Wheatstone) que posibilita la captación de la señal eléctrica enviada desde ella y que, mediante cables, pasa al amplificador. El puente de Wheatstone puede conformarse con las propias galgas extensométricas o quedar formado por dispositivos conocidos como cajas extensométricas,

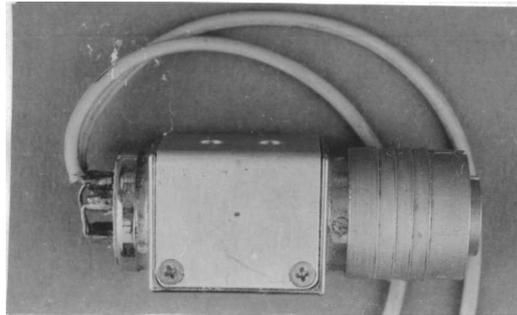


Figura III.1. Caja extensométrica

Colectores.

Para captar la señal de los sensores colocados en los elementos giratorios

III.2 Métodos.

Para organizar el sistema de pruebas de forma tal que las tareas lleven un orden que permita la toma de decisiones, tanto por el cliente como por el fabricante, se confeccionó el algoritmo (anexo A), Hemos dejado para el apartado III.2.1, la explicación referente a aquellos aspectos que representan nuestra aportación original y que hemos significado subrayándolos

Pensamos, además, que el propio algoritmo que mostramos en el anexo A es un importante aporte de cara a la organización de las evaluaciones a las cosechadoras de caña, lo que permite ahorrar tiempo y recursos; como se puede apreciar con esta metodología, para realizar las pruebas se propone el siguiente orden:

- En primer lugar, partiendo de la tarea técnica (resultado de la reunión inicial entre todas las partes implicadas: constructor, técnicos y usuarios, según se explico en el punto II.3.1) se realiza la proposición técnica, se hace la documentación y se pasa a construir el primer prototipo.

- Al prototipo se le realiza el peritaje técnico y los resultados se compararán con los requisitos exigidos en la tarea técnica; de no cumplirse con ellos, se rediseñará el prototipo; en caso de cumplirlos, se pasa a la siguiente etapa.

- La evaluación agrotécnica se desarrollará para comparar los resultados de la misma con la tarea técnica; en caso de no ser satisfactoria, procederemos a rediseñar el prototipo; en caso de serlo, pasamos a la próxima evaluación.

- La evaluación tecnológico explotativa y de fiabilidad valora varios índices que serán comparados, como siempre, con los que aparecen en la tarea técnica; se pasará a rediseñar la máquina si estos parámetros no son satisfactorios; en el caso de serlo, pasaríamos a la siguiente evaluación.

- La evaluación del estado tensional de los elementos principales de la máquina utiliza la extensometría y sus resultados nos permiten, a continuación, pasar a las pruebas aceleradas; en ellas, se obtienen unos resultados (principalmente, la vida útil de la máquina); estos resultados se comparan, una vez más, con la tarea técnica; en el caso de no cumplir con lo previsto, se cancela el proyecto o se rediseña la máquina; en caso favorable, se pasa a la evaluación económica.

- La evaluación económica calcula la rentabilidad y el tiempo de amortización, entre otros parámetros; los resultados de esta evaluación se comparan con la tarea técnica; de no ser satisfactorio, se tomaría la decisión de rediseñar o cancelar el proyecto; en el caso de serlo, se pasa a construir varios prototipos, que recibirán finalmente el visto bueno después de pasar la prueba de aceptación.

III.2.1. Metodologías propuestas para las evaluaciones de las cosechadoras de caña de azúcar en Cuba.

Una vez analizada esta situación, pasamos a confeccionar las metodologías propuestas, lo cual es otro aporte de este trabajo que harán posible la evaluación de forma integral de las máquinas cosechadoras de caña.

III.2.1.1, Metodología para la evaluación agrotécnica.

No existe una norma cubana que establezca la evaluación de indicadores agrotécnicos, por lo que fue necesario elaborarla; para esto, nos basamos en la experiencia de los especialistas en la ejecución de ensayos, además de consultar otros expertos en la materia.

La evaluación agrotécnica de la máquina se realiza mediante ensayos de laboratorio y de comprobación durante el proceso de cosecha, las máquinas sometidas a evaluación deberán estar integradas en un grupo que garantice todos los recursos materiales y humanos necesarios.

Para garantizar que la máquina alcance la alimentación previamente establecida de acuerdo a los índices de calidad de trabajo, se seleccionará la velocidad a la que se tomarán las muestras, logrando la máxima velocidad

de corte para el rendimiento seleccionado y, por tanto, la máxima capacidad de alimentación.

El personal de servicio debe tener la experiencia necesaria y haber recibido seminarios sobre la actividad a desarrollar.

No se debe considerar una excesiva cantidad de variantes que haga muy engorroso el trabajo o no permita realizar comparaciones entre los resultados obtenidos. Debe confeccionarse el programa de pruebas de acuerdo con los objetivos propuestos.

Los ensayos se realizarán en campos de 495 x 160 m, o sea, en campos típicos para la caña, según la costumbre cubana, además se realizarán en las variedades de caña predominantes en el país y con rendimientos que se correspondan con lo establecido en la tarea técnica. Se realizarán con no menos de 3 repeticiones.

La evaluación agrotécnica comprende:

- Selección del campo y determinación de sus características.
- Determinación de las condiciones de ensayo.
- Preparación de la parcela de control.
- Selección de los regímenes de trabajo.
- Determinación de parámetros agrotécnicos y procesamiento matemático para obtener los índices de calidad.
- Análisis y conclusiones de la evaluación de acuerdo con los requisitos agrotécnicos establecidos.

III.2.1.1.1. Evaluación del terreno.

III.2.1.1.1.1. Selección y determinación de las características del campo.

La selección del campo se realizará teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- El suelo será uniforme, correspondiendo a la clasificación de suelo seleccionada.
- Tendrá un macro y un microrrelieve parejo.
- Los surcos serán rectos, con anchura y profundidad uniformes.
- El campo será homogéneo en cuanto al cultivo, o sea, no presentará mezcla de variedades.

Determinación de las características del campo.

Una vez que ha sido seleccionado el campo, es necesario determinar sus características más importantes; para ello, se toman en cada uno cinco muestras según el esquema representado en la fig. III.5.:

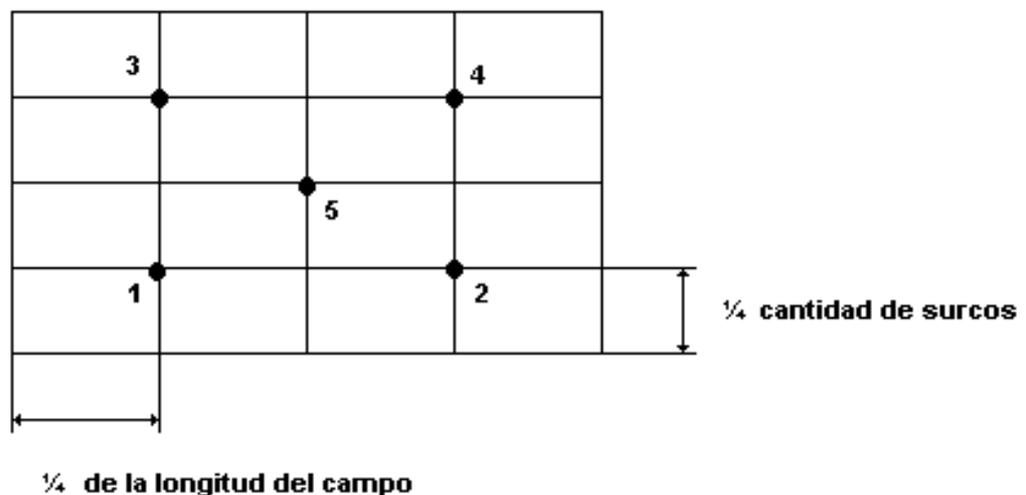


Figura III.2. Esquema para determinar los puntos de muestreo.

Para determinar los cinco puntos que se representan en el esquema, se cuenta la cantidad de surcos existente en el campo, y, conociendo la longitud de éste, se procede a su división en 4 partes aproximadamente iguales.

Después de determinados los puntos de muestreo, se procederá a delimitar zonas de 5 m longitudinales en cada uno, utilizando dos banderas. Con un machete, marcamos el centro del surco existente entre dos caballones contiguos; la paja situada a cada lado de la marca corresponde al caballón del mismo lado; por el otro lado del surco, y dentro de la zona señalizada, realizamos la misma operación.

Posteriormente, se procede a recoger y embalar en sacos debidamente tarados la paja suelta correspondiente a cada caballón en los 5 metros longitudinales, y le asignamos una etiqueta de identificación. Además, la paja que está adherida a las cañas se desprende y se embala en sacos debidamente identificados.

La caña seca se recogerá y se embalará en sacos con su etiqueta de identificación.

Las masas de paja suelta, paja adherida y caña seca se determinan y los resultados se registran en la hoja nº 5 del modelo nº 1 (ver anexo B).

Después de que las cañas quedan libres de paja, se determinan las características siguientes:

- *Altura total de la caña.* Se determina midiendo la distancia desde el extremo superior de la hoja verde del cogollo hasta el suelo, verticalmente.

Se realizarán 125 mediciones, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

- *Altura de la parte aprovechable.* Se determinará midiendo la distancia vertical desde el extremo superior de la parte aprovechable (inicio del cogollo) hasta 20 mm por encima del suelo. Se realizarán 125 mediciones, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

- *Uniformidad de la altura de la parte aprovechable.* La uniformidad se determina a partir del valor medio de la altura de la parte aprovechable, hallando la desviación media cuadrática y el coeficiente de variación.

- *Proyección de la parte aprovechable.* Es la proyección sobre el suelo de la parte aprovechable desde la raíz hasta el extremo superior. Se realizarán 125 mediciones, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

- *Situación de la parte aprovechable.* Se mide su situación con respecto al centro del plantón, tomándose la distancia perpendicular al suelo, desde el borde del cogollo hasta la línea de eje del surco. Se realizarán 125 mediciones, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

- *Caña acostada.* Se consideran cañas acostadas las que tienen un ángulo de inclinación de 0 a 0,52 rad (0 a 30°) con respecto al suelo. Se cuentan las cañas acostadas en los 25 m muestreados y se calcula el porcentaje respecto al número total de cañas.

- *Caña inclinada.* Se consideran cañas inclinadas las que tienen un ángulo de inclinación de 0,52 a 1,04 rad (30 a 60°) con respecto al suelo. Se procede del mismo modo.

- *Caña erecta.* Se consideran cañas erectas las que tienen un ángulo de inclinación de 1,04 a 1,57 rad (60 a 90°), con respecto al suelo. Se utiliza el mismo sistema.

- *Diámetro del tallo a ras del suelo.* Se realizarán 125 mediciones en la parte inferior de la caña, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

- *Diámetro del tallo a la altura del corta cogollos.* Se realizarán 125 mediciones en la parte superior de la caña, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

Para determinar las cantidades de caña por plantón y renuevos, se procede a cortarlos y realizar el conteo, determinándose la media aritmética. Los datos se reflejarán en la hoja nº 3 del modelo nº 1 (Ver anexo B).

A las cañas y renuevos cortados se les elimina el cogollo, calculándose la longitud real de la parte aprovechable. Se realizarán 125 mediciones en la longitud, a razón de 25 cañas en cada zona muestreada, determinándose la media aritmética.

La irregularidad de la longitud de la parte aprovechable se determina a partir del valor medio de la longitud de la parte aprovechable, hallando la desviación media cuadrática y el coeficiente de variación.

Seguidamente, se determinan las masas de caña limpia y del cogollo y los resultados se registran en la hoja nº 5 del modelo nº 1 (Anexo B).

También se corta la caña de los renuevos y se determinan sus masas, que se registran en el mismo modelo.

- *Rendimiento biológico.* Se calcula por la siguiente expresión:

$$R_b = \frac{C_L + M_E}{S} \cdot 10\,000 \text{ (kg / ha)}$$

donde:

C_L : masa de caña limpia en la zona muestreada (kg).

M_E : masa de materias extrañas en la zona muestreada (cogollo y paja)(kg).

S : área de la zona muestreada (m^2).

- *Rendimiento agrícola*. Se calcula por la siguiente expresión:

$$R_a = \frac{C_L}{S} \cdot 10\,000 \text{ (kg / ha)}$$

Ambos rendimientos se registran en la hoja nº 5 del modelo nº 1 (Anexo B).

Las siguientes características del campo se determinan y los resultados se registran en las hojas nº 3 y 4 del modelo nº 1 (Anexo B):

- *Longitud de la zona muestreada*. Se medirá de bandera a bandera en las cinco zonas muestreadas.
- *Ancho y longitud del plantón a ras*. Se medirán en todos los plantones existentes en la zona muestreada.
- *Ancho y altura del caballón*. El alto del caballón se medirá colocando una regla desde el caballón de interés hasta el caballón aledaño y se mide la distancia que existe desde el borde inferior de la regla hasta el fondo del surco. Se realizarán cinco mediciones en cada zona muestreada y se tomará el promedio.

- *Distancia entre plantones.* Se mide la distancia entre los centros de dos plantones contiguos. Se toman 30 mediciones a razón de 6 por zona muestreada.
- *Distancia entre hileras.* Se mide desde el centro del plantón de la hilera opuesta al centro del plantón de la hilera muestreada. Se toman 50 mediciones a razón de 10 por zona muestreada.
- *Rectitud de las hileras.* Es la desviación del centro del plantón con respecto al centro de la hilera. Se mide la distancia desde el centro de la calle aledaña al centro del plantón de la hilera muestreada. Se toman 50 mediciones a razón de 10 por zona muestreada.

III.2.1.1.1.2. Determinación de las condiciones de ensayo.

Las condiciones más importantes bajo las que se realizará el ensayo son las siguientes; se determinarán según se explica a continuación.

- *Tipo de suelo y su denominación.* El tipo de suelo y su denominación se tomarán en correspondencia con la clasificación genética de los suelos mediante los mapas existentes en la zona donde se ejecutan los ensayos.
- *Relieve.* Se tomará de los mapas de nivelación existentes en dicha zona.
- *Microrrelieve.* Se tomará de los datos existentes en la zona y se tendrá en consideración el criterio de los especialistas que realizan los ensayos.
- *Humedad del suelo.* Para determinar la humedad de las muestras de suelo tomadas en la parcela de control, se utiliza el método gravimétrico y se procederá de la siguiente forma:

En recipientes de capacidad superior a 250 cm³, se toman 5 muestras de suelo a una profundidad de 20 cm en puntos situados sobre la diagonal de la parcela de control a distancias de 4 m como mínimo, y se determinan sus masas en el instante de ser tomadas.

EL proceso de secado de las muestras de suelos se desarrollará introduciéndola en una estufa a una temperatura de 105 °C durante un período de 8 a 12 horas hasta llegar a alcanzar peso constante.

El contenido de humedad del suelo se calculará mediante la siguiente expresión:

$$H_s = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - T} 100$$

donde:

H_s : humedad del suelo (%).

P₁: peso del recipiente con la muestra húmeda (g).

P₂: peso del recipiente con la muestra seca (g).

T: peso del recipiente vacío (g).

Los resultados obtenidos de la humedad del suelo se registran en el Anexo B.

- *Humedad de la hoja.* Para la determinación de la humedad de la hoja, la toma de muestras se hará en puntos situados sobre la diagonal de la parcela de control a distancias entre ellas de 4 m como mínimo.

Se toman las hojas de los tallos en varios plantones y se fraccionan adecuadamente para depositarlas posteriormente en 5 recipientes con capacidad de 250 cm³.

A cada muestra se le determinará su masa. A continuación, se introducirán en una estufa a una temperatura de 105 °C, determinando sus masas con intervalos de 2 horas, hasta peso constante.

El contenido de humedad de la hoja se calculará mediante la siguiente expresión:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - T} 100$$

H: humedad de la hoja (%).

Los resultados de la humedad de las hojas se registran en el Anexo B.

- *Dureza del suelo*. Se determina en los mismos puntos donde se tomaron las muestras de humedad. Se realizarán 30 mediciones.

Para la determinación de la dureza del suelo en la parcela de control se empleará un penetrómetro.

La selección de la aguja estará en dependencia del tipo de suelo y su consistencia en el momento del ensayo.

El cálculo se realizará mediante la siguiente expresión:

$$D = \frac{PF}{A} K (kPa)$$

donde:

D: dureza del suelo (kPa)

P: media aritmética de las lecturas (kg).

F: factor de corrección del instrumento.

A: superficie de la aguja seleccionada (cm²).

K: factor de conversión (9,81. 10⁴).

Los resultados se registran en el Anexo B.

- *Densidad aparente del suelo*. Para la determinación de la densidad aparente se tomarán 5 muestras a una profundidad de 20 cm, en puntos situados sobre la diagonal de la parcela de control a una distancia de 4 m entre sí; para ello, se utilizarán cilindros de volumen conocido.

Se procederá al secado de las muestras mediante una estufa a una temperatura constante de 105 °C, determinándose el peso con intervalo de 2 horas hasta obtener valores constantes del peso de los recipientes.

Se calcula por la siguiente expresión:

$$D_a = \frac{G_n}{V_C} (g / cm^3)$$

donde:

D_a : densidad aparente del suelo (g/cm^3)

G_n : peso de la muestra de suelo después de secada (g).

V_C : volumen del cilindro (cm^3).

Los resultados se registrarán en el Anexo B.

- *Obstrucción del suelo por piedras.* Se determina en cinco áreas de muestreo de la parcela de control, de 1m de longitud, por la anchura de trabajo de la máquina y distribuidas aleatoriamente sobre la diagonal de la misma.

Se utiliza el método cuantitativo, que consiste en contar todas las piedras existentes en el área de muestreo y de ellas considerar las que tengan un diámetro mayor de 25 mm.

Esto se calcula por la siguiente expresión.

$$O = \frac{O_s}{S} 100$$

Donde.

O: Obstrucción del suelo por piedras en porcentaje.

O_s : Cantidad de piedras de diámetro mayor de 25 mm (u)

S: área de la zona muestreada (m^2).

los datos obtenidos se registran en el Anexo B.

- *Condiciones meteorológicas.* Las condiciones meteorológicas históricas de la zona donde se realizarán los ensayos se tomarán de la estación meteorológica más cercana a la misma.

III.2.1.1.1.3. Preparación de la parcela de control.

Esto incluye lo siguiente:

- Se cosecha a mano la caña de los cinco primeros surcos para eliminar el error de borde.
- Se cortan los diez primeros metros en los surcos y se limpian de materias extrañas, con la finalidad de que, al situar la máquina en posición de trabajo, no se introduzcan factores externos que puedan alterar los resultados.
- El surco anterior a aquél en el que se efectuarán las pruebas se corta con la máquina que se ensayará.

Seguidamente, se marcan tramos de 25 m y, a continuación, otro de 10 m; se cortan manualmente y se limpia toda el área. Esta operación se repite hasta preparar los tramos necesarios.

III.2.1.1.2. Evaluación de la máquina y selección de los regímenes de trabajo.

Esto incluye lo siguiente:

- Si la máquina viene ya rodada, deberá cosechar, al menos, una cantidad de caña de 230 Mg para que la prueba sea válida; en cambio, cuando llega nueva, esta cantidad deberá ser mucho mayor, hasta conseguir el asentamiento de las piezas; se puede tratar de unos 800 Mg.
- Se determinará cuál es el régimen óptimo de trabajo en dependencia de las condiciones agrotécnicas del campo y se mantendrá constante durante el ensayo.
- La máquina se limpiará de cañas y materias extrañas para evitar alteraciones en la muestra.
- Se colocarán mantas de lona en el medio de transporte a utilizar y debajo de los conjuntos de la máquina donde sea posible, así como mallas en las cámaras de limpieza para recoger la masa vegetal expulsada.

III.2.1.1.3. Procesamiento de la información experimental.

Para determinar las masas de caña limpia y las materias extrañas, se procede a separar aquélla de éstas, tanto en el medio de transporte como en las demás mantas de lonas y mallas, determinándose sus masas por separado. Las pérdidas para el transportador de descarga se determinarán colocando un trabajador que recogerá la caña que cae al suelo. Además, se determinará la masa de caña que se dejó de cortar, la cortada no recogida y la altura de corte. También se determinan las pérdidas originadas por la cuchilla lateral y el corta cogollos.

- *Pérdidas de caña.* Se dan en valores totales y desglosados, calculándose por la siguiente expresión:

$$PCT = \frac{M_{cpt}}{M_{cc} + M_{cpt}} \cdot 100$$

donde:

PCT: Pérdidas de caña (%).

M_{cpt} : masa total de caña perdida (kg).

M_{cc} : masa de caña en carreta (kg).

- *Materias extrañas*. Se dan en valores totales y desglosados, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$MET = \frac{M_{eot}}{M_{eot} + M_{mec}} \cdot 100$$

donde:

MET: materias extrañas (%).

M_{eot} : masa de materias extrañas eliminadas en órganos de trabajo (kg).

M_{mec} : masa de materias extrañas en carreta (kg).

- *Calidad del corte inferior*. Se determina simultáneamente con la medición de la altura media del corte inferior, observando todos los tocones y contando la cantidad de los mismos que presentan la superficie de la sección transversal con un corte limpio, escalonado o desgarrado, determinándose el porcentaje de cada una.

- *Calidad del material cosechado*. Se determina para conocer la calidad del producto que se envía a la industria, y se analiza por los

porcentajes de caña limpia y materias extrañas existentes en el medio de transporte.

- *Productividad.* Se expresa en (kg/h) y está dada por:

- *Alimentación de masa vegetal.* Se determina por la relación del peso total de masa vegetal que la máquina asimiló en la parcela y el tiempo empleado en recorrerla.

- *Alimentación de parte aprovechable.* Se considera la cantidad de caña limpia que la máquina es capaz de entregar en la unidad de tiempo y se determina por la relación existente entre la caña limpia que cae en el medio de transporte y el tiempo que tarda la máquina en recorrer la parcela.

- *Análisis y conclusiones de la evaluación de acuerdo con los requisitos agrotécnicos establecidos.*

Al finalizar la evaluación se compararán los valores de los índices de calidad del trabajo de la máquina con los establecidos en la tarea técnica y los parámetros agrotécnicos del MINAZ.

III.2.1.2. Metodología para la evaluación de la fiabilidad.

La evaluación (los ensayos) de los índices de fiabilidad se efectuará conjuntamente con la evaluación tecnológico explotativa.

Uno de los problemas fundamentales de la construcción de maquinaria, en general, es el del aumento de la fiabilidad como una propiedad integral que decide la competitividad de un artículo frente a otros semejantes.

Según Mendoza (2001), la fiabilidad refleja la propiedad de la máquina de mantener los indicadores cualitativos exigidos en el transcurso determinado de su explotación. La misma depende de muchos factores que se pueden dividir en tres grupos:

- Por el carácter de su construcción.
- Por la tecnología de su producción.
- Por la forma de explotación.

Sin la explotación de las máquinas es difícil juzgar sobre su fiabilidad; por éso es mucho más fácil juzgarla después de un estudio largo y profundo de sus fallos.

Los modelos experimentales de cosechadora deben realizar un volumen de trabajo equivalente a la media anual de trabajo, medida en horas de trabajo principal.

El régimen de ensayo de las máquinas debe garantizar el cumplimiento de las exigencias agrotécnicas; se establece en correspondencia con las instrucciones del fabricante.

Los combustibles y lubricantes recomendados por el fabricante deben aportar un pasaporte del organismo que lo suministra y controlar su calidad mediante un análisis de laboratorio.

El mantenimiento técnico de las máquinas en el período de ensayo se realiza de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

La información sobre la fiabilidad de las máquinas debe garantizar la posibilidad de determinar los índices de control de la calidad, para lo cual debe contener los siguientes datos:

- Cantidad de trabajo (Mg) realizado por las máquinas, hasta el momento del surgimiento del fallo, además de la duración en horas trabajadas.
- Posible causa del fallo, sus características y método de eliminación, además del número de fallos.
- Estado técnico de los elementos que han fallado, que han sido reparados o sustituidos.
- Resultado de los peritajes técnicos.
- Tiempo invertido en las operaciones de búsqueda y eliminación de fallos, mantenimiento técnico y reparación.
- Nomenclatura y número de piezas de repuesto gastadas, cantidad de combustible, lubricante y otros materiales consumidos.

La denominación y código de los sistemas y conjuntos de las máquinas en la recopilación y procesamiento de la información sobre fiabilidad debe corresponder con la documentación técnica.

Para valorar la fiabilidad de las máquinas, se tienen en cuenta los fallos siguientes:

- Fallo que imposibilite la utilización de la máquina en la cosecha y haya surgido durante el traslado de la misma hasta el campo (fallo de distribución).

- Fallo detectado en la máquina durante la recepción para el ensayo y que excluye la posibilidad de su empleo en la cosecha. Este fallo no se tiene en cuenta para los modelos experimentales.
- Los cambios constructivos realizados en la máquina con el objetivo de aumentar su fiabilidad durante el ensayo (fallo de proyecto).
- La no correspondencia de las máquinas con las reglas establecidas para la circulación por carreteras que prohíban su empleo con esta finalidad, si ésta no ha surgido durante el proceso de explotación (fallo de proyecto o utilización según corresponda).
- Las operaciones de mantenimiento técnico cuya necesidad de realización surja antes de lo establecido en instrucciones para la explotación (fallo de proyecto).
- Fallos que surjan en diferentes piezas o conjuntos y coincidan con la realización del mantenimiento técnico, si su eliminación no está prevista en las instrucciones para la explotación.
- Fallo de la máquina a consecuencia de roturas y desgastes límite de las piezas (conjuntos) establecidas por la fábrica, excluyendo la posibilidad de su utilización, si se manifiesta durante la realización del peritaje técnico final y si el trabajo útil del conjunto es menor que el recurso establecido hasta la reparación general.
- La superación de los valores límite de los índices fundamentales de trabajo que varían el proceso de explotación, establecidos en los documentos técnicos.
- El goteo de los líquidos de trabajo (combustible, aceite y agua).
- Fundido de los faros, lámparas de control y de señalización de las dimensiones.
- Accionamiento de los dispositivos mecánicos de seguridad sin causas externas en las condiciones de trabajo, relacionada en la regulación prevista por las instrucciones para la explotación.

Clasificación de los fallos según los grupos de complejidad.

Primer grupo:

- Fallos que se eliminan por reparación o cambio de piezas que se encuentran en el exterior de los conjuntos y no es necesario su desarme.
- Fallos que se eliminan realizando operaciones extraordinarias previstas en los mantenimientos técnicos 1 y 2.

Segundo grupo:

- Fallos que se eliminan por reparación o cambio de piezas en los conjuntos, de fácil acceso a sus partes.
- Fallos que para eliminar es necesario abrir el cuerpo del conjunto, sin llegar a su total desarme.
- Fallos que exigen realizar operaciones extraordinarias previstas en el mantenimiento técnico 3.

Tercer grupo:

- Fallos que, para su eliminación, se necesita desarmar los conjuntos.

III.2.1.2.1. Método para la ejecución del cronometraje.

Cronometraje: es la medición y anotación del tiempo de duración de cada operación durante el período de trabajo de la máquina, su preparación antes y después de cada jornada, el control de la labor y el personal de servicio, con las consideraciones de los resultados del trabajo diario del agregado.

En el modelo 1 de cronometraje (*Anexo C*) se anotan en un orden cronológico todas las operaciones y los elementos del tiempo de trabajo de la máquina y se especifican los datos sobre la organización de las pruebas, las condiciones existentes durante su ejecución, el régimen de trabajo de la máquina, las características de la caña, gasto de combustible, gastos de aceite y grasa, la cantidad de personal de servicio y otros tipos de datos vinculados con la prueba de la cosechadora.

Los datos de las condiciones meteorológicas que podrán incidir en los resultados tecnológico explotativos de las máquinas se determinarán por los técnicos y se reflejarán en el modelo de cronometraje, aunque se podrá tomar la información de las estaciones meteorológicas siempre que las mismas reflejen las condiciones del lugar donde se realiza la prueba.

Los datos del modelo de cronometraje donde se aclara "*subrayar*" se refieren a criterios aproximados de los especialistas que realizan la prueba y, por tanto, tienen carácter apreciativo, por lo que esos mismos elementos serán precisados en las evaluaciones agrotécnicas.

Los elementos del tiempo de trabajo de la máquina se obtendrán con un error máximo de $\pm 1,0$ %.

La cantidad de trabajo realizado se mide en ha, kg, Mg y otros, mediante la utilización de instrumentos que garanticen una precisión de 1,0 % en el caso de unidades de superficie y de un 0,5 % en el caso de unidades de masa.

El gasto de combustible se determina con un medidor de combustible. Si no existe éste, se determinará mediante la diferencia en peso antes y

después del trabajo. El gasto de combustible en traslados o en paradas organizativas se analiza por separado del gastado en el tiempo de trabajo. El gasto de combustible se determina con una precisión de $\pm 3\%$.

El cronometraje del día de trabajo se realiza ininterrumpidamente durante todo el turno. La observación se lleva desde el momento del comienzo del trabajo del personal de servicio. Si se produce un cambio en el frente de corte hacia otro, se abrirá una nueva cronocarta.

Cuando se realice en la máquina una serie de operaciones simultáneas (solo en casos inevitables), en la hoja de cronometraje se reflejarán todas las operaciones por separado (el tiempo se refleja en observaciones), indicándose el comienzo y el final de la que dio lugar a la parada.

Los días en que la máquina no trabaja, en el modelo de cronometraje se explicarán las causas de las paradas.

La codificación y revisión de los modelos de cronometraje la realiza y firma el técnico probador, conjuntamente con el que las realizó.

La cantidad de caña cosechada por la combinada se toma del centro de recepción y se pasa luego al modelo 1 (*Anexo C*). Los medios de transporte (normalmente, carretas) estarán enumerados consecutivamente y, cada vez que la combinada llene una en el campo, se anotará el número en la cronocarta, así como también se anotarán los números en el modelo 4.

Los consumos de piezas, combustibles, lubricantes y otros materiales se anotan en el modelo 5. (*Anexo D*).

Los resultados de los muestreos de pérdidas y materias extrañas se anotan en el modelo 6 (*Anexos E y F*). Durante el procedimiento y análisis de la información, se excluirán aquellos turnos con errores evidentes y los que no posean los elementos mínimos de la información (producción, tiempos y área cosechada).

Para procesar toda la información, se utilizará el programa estadístico-matemático elaborado por el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) para este efecto (SISCOMB).

Clasificación de los tiempos del modelo de cronometraje.

Para la determinación de los índices tecnológicos explotativos de calidad, se clasifican los tiempos del modelo de cronometraje como sigue:

T_1 : Tiempo limpio de trabajo: Es el tiempo transcurrido en la cual la máquina realiza la labor para la cual esta diseñada.

T_2 : Tiempo auxiliar.

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23}$$

Donde :

T_{21} : *Tiempo de viraje*: Es el gasto de tiempo al final de cada pasada, cuando se interrumpe el proceso tecnológico y la máquina realiza la maniobra de viraje para cambiar el trabajo.

T_{22} : Tiempo de traslado en el lugar de trabajo.

T_{23} : Tiempo de paradas tecnológicas.

T_3 : Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en prueba.

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33}$$

donde:

T_{31} : Tiempo de ejecución del mantenimiento técnico diario.

T_{32} : Tiempo para la preparación de la máquina para el trabajo.

T_{33} : Tiempo para realizar las regulaciones.

T_4 - Tiempo para la eliminación de fallos.

$$T_4 = T_{41} + T_{42}$$

donde:

T_{41} : Tiempo para la eliminación de los fallos tecnológicos (funcionales).

T_{42} : Tiempo para eliminar los fallos técnicos.

T_5 : Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina en prueba.

El tiempo T_5 será controlado para que no se produzca el uso inadecuado del mismo, comprobándose y ajustándose los resultados, si fuese necesario, de acuerdo a lo establecido.

T_6 : Tiempo de traslado en vacío.

$$T_6 = T_{61} + T_{62}$$

donde:

T_{61} : Tiempo de traslado hacia y desde el campo.

T_{62} : Tiempo de traslado de un campo a otro o de parcela a parcela para continuar el trabajo.

III.2.1.2.2. Determinación de los Índices de fiabilidad.

a) *Operatividad.*

- *Flujo de fallos.(solo para máquinas seriadas)*

$$W_t = \frac{N}{n \cdot \Delta t}$$

donde :

W_t : flujo de fallos.

N : número de máquinas que han fallado en el intervalo de tiempo considerado.

n : número de máquinas que se ensayan.

Δt : intervalo de tiempo considerado.

b) *Mantenibilidad.*

- *Tiempo medio de reparaciones (h)*: es la relación que existe entre la suma de todos los tiempos utilizados para la reparación y el número de reparaciones durante el tiempo considerado.

$$\bar{t}_\theta = \frac{\sum_{i=1}^{n_R} T_4}{n_R}$$

donde:

\bar{t}_θ : Tiempo medio de reparaciones (h).

T_4 : tiempo de eliminación de los fallos.

n_R : número de reparaciones durante el tiempo considerado.

- *Tiempo medio de restauración*: es la relación que existe entre la suma de todos los tiempos utilizados para la eliminación de fallos tecnológicos y el número de fallos tecnológicos durante el tiempo considerado.

$$\bar{t}_\theta = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} T_{4i}}{Nf}$$

donde

\bar{t}_θ : tiempo medio de restauración

T_{4i} : tiempo para la eliminación de fallos tecnológicos.

Nf : número de fallos tecnológicos durante el tiempo considerado.

- *Tiempo medio de mantenimiento diario (horas)*: es la relación entre la suma de los tiempos de ejecución del mantenimiento técnico diario y el número de mantenimientos durante el tiempo considerado.

$$\bar{t}_M = \frac{\sum_{i=1}^{n_M} T_{3i}}{n_M}$$

donde:

\bar{t}_M : Tiempo medio de mantenimiento diario en horas.

n_M : Número de mantenimientos durante el tiempo considerado.

- *Tiempo medio de búsqueda del fallo (horas)*. es la relación que existe entre la suma del tiempo utilizado para detectar el fallo y el número de fallos de la máquina durante el tiempo considerado.

$$\bar{t}_{\theta b} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} T_{421}}{n_k}$$

donde:

$\bar{t}_{\theta b}$: Tiempo medio de búsqueda del fallo en horas.

T_{421} : Tiempo utilizado para detectar el fallo

n_k : Número de fallos

III.2.1.3. Metodología para la realización de ensayos extensométricos.

Para mejorar el diseño de las máquinas cosechadoras, se necesita realizar una valoración lo más exacta posible de las cargas que actúan sobre los órganos de trabajo y los elementos que conforman la estructura portante, en condiciones de explotación.

No existe una norma cubana que establezca una metodología para determinar indicadores empleando la técnica de mediciones extensométricas, por lo que fue necesario confeccionarla.

Objetivo: Las pruebas extensométricas de la estructura metálica y los elementos de máquinas de las cosechadoras se realizarán con el objetivo de evaluar la resistencia y durabilidad de dichas piezas, además de realizar el balance energético.

Desarrollo:

La prueba extensométrica de las máquinas cosechadoras comprende las siguientes etapas:

A) Pruebas de laboratorio:

- Preparación de la máquina.
- Determinación de las tensiones y cargas estáticas.
- Determinación de las tensiones y cargas extremas.
- Determinación del coeficiente de calibración

b) Pruebas en condiciones de explotación.

- Determinación de las tensiones y las cargas en las condiciones de explotación.

III.2.1.3.1. Preparación de la máquina.

III.2.1.3.1.1. Puntos de medición.

Previo a la preparación de la máquina, deberá realizarse la selección de los diferentes puntos de medición en función del objetivo.

Por ejemplo, para determinar las cargas en los puntos de apoyo y otros órganos de trabajo de las cosechadoras, se medirá lo siguiente:

Q₁: fuerza vertical en la rueda delantera izquierda.

Q₂: fuerza vertical en la rueda delantera derecha.

Q₃: fuerza vertical en la rueda trasera izquierda.

Q₄: fuerza vertical en la rueda trasera derecha.

Estas cargas se medirán para obtener la relación entre Q y las tensiones en diferentes puntos de la estructura.

Mt_1 : momento torsor en la parte izquierda del cuerpo del puente motor.

Mt_2 : momento torsor en la parte derecha del cuerpo del puente motor.

Los momentos en el cuerpo del puente motor no han sido medidos con anterioridad y son necesarios para el cálculo de este elemento.

Q_5 : carga vertical en el centro de gravedad del conjunto corta cogollos.

P_3 : fuerza axial en el tirante del transportador de descarga.

Se medirán, asimismo, las aceleraciones verticales en los siguientes puntos:

A_1 : aceleración del centro de gravedad de la cosechadora.

A_2 : aceleración del centro de gravedad del asiento del operario.

A_3 : aceleración del centro de gravedad de la sección receptora.

A_4 : aceleración del centro de gravedad del transportador de descarga.

El conocimiento de la aceleración A_2 nos permitirá determinar el valor de las vibraciones que actúan sobre el operario; con A_3 podremos hacer investigaciones futuras sobre la estructura de la sección receptora en un banco de pruebas sin necesidad de realizar nuevos ensayos.

Las tensiones se medirán de manera que se obtenga el estado tensional de la estructura metálica; deberá tenerse en cuenta cualquier

simetría en la estructura o parte de ella que permita minimizar la cantidad de sensores a instalar.

Deberán hacerse las siguientes consideraciones:

a) Cada viga puede estar formada por varios tramos, considerándose por tramo aquella porción de ésta libre, entre la unión de dos barras, unión de otro elemento a la viga, etc.

b) En cada tramo, como norma general, habrá dos secciones de medición.

c) La distancia entre la sección y el concentrador de tensiones no deberá ser menor de 30 mm.

d) Deberán medirse todas las distancias existentes entre:

- Borde de la sección y los sensores en la sección transversal (se procurará, siempre que esto sea posible en cada barra, que esta distancia sea constante para todos los sensores en la sección transversal, así como en todas las secciones que conforman la viga).

- Distancia entre las secciones de un mismo tramo.

- Distancia entre los bordes inicial y final de un tramo y la sección donde se colocarán los sensores más próximos.

La distribución de las secciones en la estructura metálica se realizará de acuerdo con el tipo de sección (rectangular, angular, circular, etc.).

Se medirán las tensiones tangenciales utilizándose rosetas con dos sensores a 90°. Para la obtención de las tensiones principales en aquellos elementos de configuración compleja, se utilizarán rosetas triaxiales. Para el estudio de los concentradores de tensiones, se utilizarán extensómetros de 5 mm de base.

En todos los casos, deben quedar definidas con claridad las coordenadas de colocación de estos puntos:

Mx: momento en árboles y ejes de los órganos de trabajo, además del puente motor.

Cx: captadores de presión.

Rx: señalizadores de revoluciones.

III.2.1.3.1.2. Sensores y su instalación.

Existe diferentes formas de colocar los sensores; en las cosechadoras podremos hacerlo de la siguiente forma:

- Para la medición de las cargas Q_1 , Q_2 , Q_3 y Q_4 , se utilizará un esquema de semipunto con los sensores colocados uno en la parte superior y otro en la parte inferior del cuerpo del reductor de las ruedas motrices y de la viga del puente direccional. Para la medición de la carga Q_5 se colocarán dos sensores en un mismo plano de la superficie superior del soporte del corta cogollos, situados en ramas opuestas.

- Para la medición de la carga, se colocarán dos sensores situados en la superficie superior e inferior de una sección de uno de los tubos del tirante del transportador de descarga, conectados en ramas opuestas.

- Para la medición de las tensiones normales, σ , se colocará un sensor formando $\frac{1}{4}$ de punto, mientras que las tensiones tangenciales τ se medirán con rosetas de dos sensores a 90° conectados en la línea de intersección del plano de simetría de la sección, formando un semipunto; los sensores estarán en ramas adyacentes y a 45° respecto al plano neutro de la sección.

- Para la medición de las tensiones principales en los elementos de configuración compleja, se utilizarán rosetas de tres sensores colocados a 45° y conectado cada uno a $\frac{1}{4}$ de puente.
- Para medir el momento torsor, se utilizarán sensores uniaxiales (4), colocados a 45° respecto a la generatriz del árbol (eje) y conectados en puente completo.
- Para medir las aceleraciones se emplearán acelerómetros resistivos.
- Para medir las presiones de los fluidos, se emplearán captadores de presión.
- Para determinar las revoluciones, se empleará un tacogenerador, dispositivo que determina el número de revoluciones de un elemento que rota o gira sobre su eje. Consta de un medidor de revoluciones (rpm) y un generador (productor de impulsos). Estos impulsos se registran en una memoria

Pegado de las bandas extensométricas.

De la correcta realización de esta operación depende en gran medida la exactitud de la futura medición.

Los pasos a seguir son los siguientes:

a) Una vez señaladas en la estructura (con pintura o rotulador) las secciones de medición, deberá trabajarse sobre un área tres veces superior a la del sensor en cada punto de medición hasta que la superficie quede completamente pulida. Se trabajará primeramente con la pulidora y finalmente con papel abrasivo, haciendo pases en forma de 8.

b) Trazado de los ejes. Con un cartabón y una punta metálica o lápiz se trazarán los ejes longitudinales y transversales, cuyo centro indicará el punto respecto al cual quedará pegado el extensómetro. Este trazo será

suave. La distancia hasta los bordes y entre los sensores de una sección se tomará desde el eje longitudinal. La distancia desde el sensor y la sección contigua al extremo del tramo se tomará desde el eje transversal. Finalmente, se realizará un pase suave en forma de 8 con lija fina sobre los ejes para eliminar cualquier irregularidad, aunque sin borrar los ejes.

c) Limpieza de la superficie. Con una pinza y un algodón conteniendo acetona se pasará por toda la superficie pulida; estos pases se harán girando la pinza, barriendo la suciedad; esta operación se repetirá cambiando el algodón hasta que la superficie quede completamente impoluta. A continuación, se realizará un pase limpiando con alcohol de 95°.

d) Se colocará longitudinalmente un tramo de cinta adhesiva de tamaño dos veces superior al del extensómetro, fijándolo levemente sobre la superficie con los ejes de referencia. A continuación, se separará la cinta por uno de sus extremos (por donde salen los cables del extensómetro) y se alineará éste respecto a los ejes de referencia, extendiendo nuevamente la cinta de manera que quede pegado el extensómetro alineado a ella; nuevamente, se repetirá la operación para colocar el terminal.

e) Pegado del extensómetro. Se elevará la cinta con el extensómetro y el terminal y se limpiará con alcohol, esperándose varios segundos hasta quedar completamente seca. Se verterá la cantidad adecuada de pegamento realizando el pegado del extensómetro y el terminal deslizando inicialmente el dedo pulgar en una dirección determinada sobre la cinta adhesiva para eliminar cualquier exceso de pegamento o burbuja de aire. Se mantendrá la presión con el pulgar el tiempo establecido por el fabricante del pegamento.

f) Soldadura de los cables. Esta operación se realizará una vez secado completamente el pegamento. Se medirá la resistencia y el aislamiento del extensómetro con el polímetro: el resultado de esta medida no debe ser menor de 20 $M\Omega$.

g) Se cubrirá el extensómetro, el terminal y parte de los cables con resina epoxi.

Algunas consideraciones sobre el pegado de los extensómetros.

- Por la experiencia adquirida en trabajos anteriores, con vistas a proteger los extensómetros de las inclemencias del tiempo u otro agente mecánico que implique un desprendimiento prematuro, es conveniente que las operaciones de pegado, protección con la resina y cubrimiento con una cinta de goma se realicen en un mismo día. Un día antes, la superficie pulida con los ejes de referencia trazados debe ser protegida con una delgada capa de grasa.

III.2.1.3.2. Determinación de las tensiones y las cargas estáticas.

a) Medición de las cargas Q_1 , Q_2 , Q_3 , y Q_4 relativas al peso de la estructura metálica. Para la medición de estas cargas, deberá izarse la máquina por los puntos de apoyo hasta que deje de existir contacto entre las ruedas y el suelo. En este momento, se marcará el cero en el indicador de esfuerzo estático. A continuación, se dejará descender la máquina, fijándose el valor de las mediciones.

Medición de la carga Q_5 y las tensiones en la estructura provocadas por el peso del corta cogollos: se fijará el corta cogollos a la cosechadora. Se librarán los mecanismos de apoyo de éste y se izará por el centro de gravedad del mecanismo de corte hasta que quede libremente suspendido. En ese momento, se fijará el cero en el indicador de esfuerzo estático; a continuación, se suspenderá hasta que el corta cogollos quede apoyado sobre los puntos de apoyo, midiéndose en ese instante las deformaciones.

Medición de las tensiones relativas al peso de los diferentes órganos de trabajo.

a) Medición de las tensiones referentes al peso de los diferentes órganos de trabajo, exceptuando el transportador de descarga, la sección receptora y el corta cogollos.

Con la máquina desarmada, se pasará a medir el cero en cada punto de medición.

A continuación, se ensamblará la máquina sin los elementos antes señalados.

Se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La máquina deberá encontrarse en el mismo lugar para realizar el ensamblaje que donde se midió el cero.
- Para realizar la medición, deben encontrarse llenos los tanques de combustible, lubricante, y el operario en su puesto de trabajo.

b) Medición de las tensiones correspondientes al peso del transportador de descarga.

Se procederá a ajustar todos los puntos de medición con el objetivo de disminuir los errores debido a la deriva del cero en el instrumento de medición. A continuación, se procederá a colocar el transportador de descarga, tomándose la medición en los diferentes grupos con el transportador recto, a la izquierda y a la derecha.

c) Medición de las tensiones y las cargas debido al peso de la sección receptora.

Antes de montar la sección receptora, se procede a la grabación del cero. La medición de las cargas y las tensiones se hará en dos posiciones:

- Con la sección receptora en posición de trabajo.
- Con la sección receptora en posición de transporte.

III.2.1.3.3. Determinación de las tensiones y las cargas extremas.

Las tensiones y las cargas extremas se obtendrán pasando la máquina por obstáculos de forma sinusoidal.

La velocidad a que se desplazará la máquina sobre los obstáculos estará en dependencia del nivel de las aceleraciones verticales en el asiento del operador. Las aceleraciones en el asiento del operario no serán mayores de $3,7 \text{ m/s}^2$ (según ISO).

La máquina hará pases sucesivos sobre los obstáculos hasta obtener la aceleración indicada anteriormente en el asiento del operario. La velocidad de traslación de la máquina deberá procurar, además, preservar el eslabón débil de ésta que, en el caso de la cosechadora KTP, es el transportador de descarga y la estructura del corta cogollos.

La secuencia de realización de la prueba será la siguiente:

a) Balanceo de los canales de medición. El operador se encontrará en su puesto de trabajo.

b) Con el transportador de descarga y la sección receptora en la posición indicada, se pasa a grabar el cero en el magnetógrafo durante 5 s.

c) Se da la orden de encender el motor de la máquina hasta obtener las revoluciones nominales durante 5 s.

d) Se da la orden de movimiento (la velocidad de traslación de la máquina al comenzar a cruzar los obstáculos debe ser la establecida).

e) En la grabación debe quedar claro cuando la máquina va cruzando los obstáculos.

f) Después de llegar a la marca final, la máquina se detendrá, esperando durante 5 s para proceder al apagado del motor.

g) Se grabará 5 s y se procederá a apagar el magnetógrafo.

Deberá analizarse, según la longitud de los cables intercomunicadores, y si es factible, la colocación de los cuatros obstáculos; en otro caso, se dividirá cada prueba en dos.

Los grupos de medición para las pruebas de obstáculos deberán tener en cuenta la capacidad de los instrumentos registradores (12 canales o más) y la necesidad de abarcar en cada registro dos secciones de tensiones como mínimo en cada tramo.

El traspaso de los datos del magnetógrafo a la computadora se realizará teniendo en cuenta que deben traspasarse a la vez los procesos correspondientes a los sensores de dos secciones de un mismo tramo.

Según la experiencia de evaluaciones anteriores para las cosechadoras modelo KTP, el coeficiente de amplificación oscilará entre 25 y 100 microdeformaciones/V, tomándose el rango inferior para aquellos puntos con menor tensión estática y el superior para los de mayor tensión estática.

Para el procesamiento de los datos, con el objetivo de obtener los valores máximos instantáneos, se introducirán los ceros verdaderos de cada proceso; en cada lectura formada por varios procesos se tomarán varios valores instantáneos.

Determinación de las tensiones y las cargas en condiciones de explotación: una vez obtenido el valor de las tensiones máximas en cada sensor, se seleccionará el sensor sometido a mayor tensión (uno por sección) para realizar las pruebas en condiciones de explotación.

Cada grupo de medición estará formado por doce puntos, los cuales se conformarán una vez concluido el procesamiento de los datos de la prueba de obstáculos.

Los regímenes a que se someterá la máquina en condiciones de explotación serán los siguientes:

a) Régimen de transporte:

- *Caminos de buena calidad.* Donde la cosechadora pueda desarrollar el máximo de velocidad.
- *Caminos de calidad regular.* Con la velocidad máxima en el 2º escalón de velocidad.
- *Caminos de mala calidad.* Donde la velocidad de traslación sea igual a la desarrollada por la máquina durante el proceso de cosecha.

b) Régimen de cosecha: Según la experiencia de pruebas anteriores, este régimen tiene poca influencia desde el punto de vista de la durabilidad sobre los elementos de la estructura metálica. No obstante, para realizar el balance energético es fundamental probar en varios rendimientos; además, el movimiento de la máquina debe realizarse a favor y en contra del flujo de caña.

- Campos de rendimiento:
 - Alto, más de 103 Mg/ha.
 - Medio, entre 68,5 y 103 Mg/ha.
 - Bajo, menos de 68,5 Mg/ha.

Secuencia de realización de las pruebas en condiciones de explotación:

1- Se establece el cero en cada uno de los canales de medición, antes de ejecutar el ensayo (balanceo) de los diferentes canales de medición en el amplificador y el magnetógrafo. Esta operación se realizará sin estar funcionando los diferentes conjuntos de la máquina y la sección receptora en posición de trabajo o transporte según corresponda, al igual que el transportador de descarga. El operario de la cosechadora se encontrará en su puesto de trabajo. Debe prestarse especial atención a la posición de la sección receptora, que debe permanecer inalterable durante toda la prueba.

2- Se registra la señal de cada punto durante 5 segundos antes de comenzar el ensayo (grabación del cero en el magnetógrafo).

3- Se ordena encender el motor de la máquina (si estamos en la prueba de cosecha, se ponen a funcionar los órganos de trabajo) hasta alcanzar las revoluciones nominales (5 s).

4- Comienza la traslación de la máquina hasta alcanzar el máximo de velocidad permisible según el tipo de prueba (90 a 100 s).

5- Se ordenará detener la máquina y parar el funcionamiento del motor y los órganos de trabajo; se mantendrá la grabación durante 5 s.

Es conveniente la utilización de banderas para delimitar la zona de prueba.

Obtenidos los datos experimentales, se procede al procesamiento estadístico de toda la información, con el empleo del software elaborado para este fin, donde obtenemos:

- Características estadísticas de los procesos de carga.
- Balance energético.
- Estado tensional de la estructura portante.
- Longevidad aproximada de los puntos seleccionados.

III.2.1.3.4. Determinación de los coeficientes de calibración.

Determinación del coeficiente de calibración para la medición de las tensiones y las cargas.

El calibrado de los sensores para la medición de las tensiones se realiza tomando no menos de cinco sensores de la partida utilizada para la medición. Estos se fijan en la viga de igual resistencia, cargándose ésta con una carga calibrada y se toma la medición desde cada sensor. El número de repeticiones no será menor de tres.

El calibrado de las fuerzas verticales Q_1 , Q_2 , Q_3 , y Q_4 se realiza mediante el pesaje de la máquina. Para ello, en una báscula se tomará el peso en cada rueda..

El coeficiente de calibración tomado para cada posición será el siguiente:

$$K_c = \frac{Q}{E}$$

Donde :

K_c : coeficiente de calibración (kN).

Q : Fuerza kN

E: deformación medida con la posición de transportador de descarga y la sección receptora. $E = 10^{-6} \varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} : \text{Deformación lineal unitaria.}$$

Determinación de los coeficientes de calibración estática de árboles.

Para determinar el coeficiente de calibración, se fija el elemento por un extremo y en el otro se le coloca un brazo de 1 m de longitud. El circuito se conecta al indicador de esfuerzo estático para comenzar el calibrado de la pieza. Se le comienza a añadir peso (q) al brazo (l) y se registra la deformación. Esta operación debe realizarse 5 veces como mínimo en carga y descarga, sobrecargando al final para contrarrestar la histéresis.

La expresión para determinar el coeficiente de calibración es la siguiente:

$$K_{ct} = \frac{Q \cdot l_i}{E'}$$

donde:

K_{ct} : coeficiente de calibración estático (kN.m)

Q : Fuerza (kN)

l_i : longitud del brazo (m). Se usa 1 metro.

E' : deformación medida en el árbol

Determinación de los coeficientes de calibración estática de los captadores de presión.

Se efectúa en un banco destinado al efecto; debe poseer un manómetro y una bomba a la que se le conecta el captador. Al accionar la bomba, se registra la señal del captador y se compara con la indicación del manómetro. La expresión para determinar el coeficiente de calibración es la siguiente:

$$K_{cp} = \frac{C}{E''}$$

donde:

K_{cp} : coeficientes de calibración estática de los captadores de presión (kPa)

E'' : deformación medida en el captador

C: presión registrada en el manómetro (kPa).

Determinación de los coeficientes de calibración estática de los acelerómetros.

La calibración de las aceleraciones será de $1g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Para ello, se colocará el acelerómetro en posición horizontal, siendo la medida eléctrica en este instante igual a cero; luego, se pondrá en posición vertical.

III.2.1.3.5. Valoración de los índices de calidad obtenidos a través de la extensometría.

- *Potencia efectiva del motor:*

Se obtiene a partir del par motor y las revoluciones.

$$N_e = \frac{Mt \cdot n}{9550}$$

donde:

N_e : potencia efectiva del motor kW.

Mt : par motor (trabajo específico): N.m/rad

n : número de revoluciones rpm.

- *Consumo específico de combustible (g/kW.h):*

Se determinará a partir de la medición de la potencia efectiva y la determinación de la cantidad de combustible consumido simultáneamente en el período de tiempo previsto.

- *Nivel de vibraciones* (aceleraciones en el asiento del operario de la cosechadora). En este caso, se toma el eje de coordenadas cartesianas referidas al cuerpo humano.

- Eje Z, de los pies a la cabeza.
- Eje X, de la espalda al pecho.
- Eje Y, del costado izquierdo al derecho.

Los datos obtenidos se valoran determinándose el valor real de la aceleración y posteriormente se evalúa el tiempo de exposición del operario a las vibraciones, concluyéndose si son admisibles o no.

- *Durabilidad*: estos índices se pueden valorar en bancos de prueba a partir de la determinación de los bloques de carga, contándose con toda la información experimental aportada.

En estos casos, se simulan las condiciones reales de explotación a que se someten los órganos y, en poco tiempo, se llega a conocer la vida útil del elemento en cuestión.

No obstante, a través de la evaluación extensométrica, utilizando la teoría de las probabilidades, y teniendo en cuenta las características mecánicas del elemento objeto de medición (es decir, módulo de elasticidad,

límite de rotura del material, límite de resistencia a la fatiga de la pieza y los procesos de tensiones grabadas durante los regímenes de explotación de la máquina), se realiza un pronóstico de la durabilidad de los elementos medidos.

III.2.1.3.6. Programas empleados en la evaluación extensométrica

Para el procesamiento estadístico de la información experimental de las cargas de explotación, obtenidas en las pruebas extensométricas, se utilizó un paquete de programas que permiten determinar de forma rápida y adecuada los resultados necesarios para el análisis. El sistema consta de los programas siguientes:

a. *"Distribución de ordenadas de los procesos"*. Este programa determina todas las características estadísticas (media, desviación, valores máximos y mínimos, distribución de frecuencias, etc.) del proceso, y brinda la posibilidad de obtener los resultados en forma tabulada o gráfica.

b. *"Determinación de las revoluciones"*. El programa determina el valor de la frecuencia de rotación en función de la señal del sensor de impulsos en cualquier intervalo de tiempo deseado. Los resultados se obtienen en forma de valores discretos o de gráfico.

c. *"Determinación de la potencia"*. En función de los valores de par motor y frecuencia de rotación, determina los valores de potencia en cualquier intervalo de tiempo. Los resultados se obtienen en forma de valores discretos o de gráficos.

d. *"Suma de distribuciones"*. En función de las distribuciones obtenidas para los procesos de carga y el coeficiente de valoración de cada régimen de explotación, se obtiene la suma, o sea, el espectro de carga equivalente. Los resultados se obtienen en forma de tabla o gráfico o ambos a la vez.

e. *"Bloques de carga"*. Realiza la esquematización de los procesos por el método de los "ciclos completos" y suma los procesos esquematizados teniendo en cuenta el coeficiente de valoración de los regímenes de

explotación. Posteriormente, se determina el bloque de carga. Los resultados se obtienen en forma de tabla y gráfico.

f. "*Determinación de la velocidad de la máquina*". El programa permite determinar la velocidad de traslación de la máquina en función de los impulsos de la quinta rueda en cualquier intervalo de tiempo. Los resultados se obtienen en valores discretos y en gráficos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

IV.1. Prueba realizada a la cosechadora KTP - 3000 S

El sistema cubano de cosecha de la caña de azúcar necesita de una mayor eficiencia en toda su cadena para disminuir sustancialmente el tiempo de duración de la zafra, el consumo de piezas de repuesto, los porcentajes de pérdidas en la cosecha y las materias extrañas enviadas a la industria, y para aumentar el aprovechamiento de las áreas sembradas mediante el rendimiento agrícola, así como la frescura y el mejor empleo de las capacidades de carga en el transporte de tiro.

Dentro de todo este complejo sistema, la cosechadora tiene una alta responsabilidad, jugando un papel protagonista en la parte final del sistema.

A partir de la zafra 96 - 97 en la provincia de Holguín, en áreas de la central azucarera "Fernando de Dios", se desarrollan las evaluaciones de los nuevos modelos de cosechadoras cañeras; a continuación, mostramos el informe de una de estas pruebas, que fue realizada en diciembre del año 2003 sobre el modelo KTP – 3000 S, y se tomó como patrón la cosechadora KTP – 2 M.

IV.2. Objetivos y Organización de la prueba.

Durante la zafra, se sometieron a prueba dos modelos de máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar: el modelo KTP – 2 M (patrón), perteneciente a la producción en serie, y el nuevo modelo de máquina denominado KTP – 3000 S, diseñada y fabricada en la propia entidad.

Las máquinas trabajaron durante 25 días; de ellos, 3 fueron de asentamiento, y los 22 restantes estuvieron dedicados a los ensayos, debiendo señalar que se desestimaron dos muestras por no ser representativas. La cosecha se efectuó en caña verde, con un rango de rendimientos de los campos comprendido entre 51,42 y 85,71 Mg/ha.

La realización de las pruebas tuvo los siguientes objetivos:

1. Validar los índices de la tarea técnica aportados por el fabricante.
2. Obtener índices económicos y de calidad,
3. Comparar el desempeño del nuevo modelo respecto a la máquina patrón.

IV.3. Caracterización agrícola de los campos.

En la siguiente tabla, se exponen las características agrícolas principales de las variedades cosechadas durante las pruebas.

Tabla IV.1 Características agrícolas

Caracterización de los campos según la variedad de caña.					
Indicadores	U	J-60-5	C-120-78	C-323-68	Promedio
Cant. de cañas acostadas	%	55,8	22,8	51,9	30,1
Cantidad de cañas / m	U	17,5	13,13	18,5	14,11
Peso de las cañas	kg	134	878	117	376,3
Caña limpia	%	73,2	60,8	70,0	62,9
Materia extraña	%	26,8	39,6	30,0	37,1

Los rendimientos agrícolas o producción de los campos fueron bajos en forma general, aunque se cosecharon campos de más de 68 Mg/ha. Los campos no se encontraban en condiciones agrotécnicas idóneas, lo que provocó interrupciones en las máquinas y dificultó el cumplimiento del proceso tecnológico. Una parte importante de la caña perdida (entre el 15 y el 17 %) se debió a corte alto y por existir irregularidad en la altura de los caballones, lo que no permite mantener de forma estable la altura de corte de los segmentos (cuchillas bajas). El 34 % de las pérdidas fue provocado por cañas largas dejadas de recoger, siendo la causa fundamental las que se encuentran fuera del surco o por debajo del nivel de éste, así como las encamadas.

Los campos no presentaban un nivel muy elevado de pedregosidad, pero durante la cosecha se encontraron piedras, que provocaron interrupciones y roturas en las máquinas, que en ocasiones fueron prolongadas. Además de las piedras, se encontraron partes y piezas de máquinas e implementos agrícolas abandonados durante la cosecha en la zafra anterior o durante las labores agrotécnicas realizadas en las plantaciones. Estos objetos extraños, al ser muy consistentes, causan graves roturas, lo cual produce mayor cantidad de fallos.

Los campos para realizar la evaluación fueron seleccionados atendiendo a las condiciones promedio existentes en el país. Del análisis se concluye que la situación agrotécnica de los campos seleccionados no reúnen las condiciones necesarias que exige la cosecha mecanizada.

IV.4. Indicadores productivos.

Producción.

Las máquinas permanecieron cosechando bajo cronometraje durante 20 días; los resultados alcanzados se muestran a continuación.

Tabla IV.2. Resultados alcanzados.

Indicador	Unidades	KTP-2M	KTP-3000S
Tiempo de observación	Días	20	20
Producción total	Mg	3069,6	4641,3
Producción promedio	Mg/días	153,5	232,1

La KTP – 3000 S fue la que alcanzó mayor volumen de cosecha, con una producción de 4641,3 Mg, durante el período cronometrado, con un promedio diario 232,1 Mg de caña. La KTP – 2 M (patrón) solo logró cosechar 3069,6 Mg bajo cronometraje, promediando 153,5 Mg/día.

IV.5. Indicadores de calidad.

IV.5.1. Pérdidas en cosecha.

Las muestras para determinar las pérdidas durante la cosecha se tomaron antes de realizar su labor los recogedores. En la *Tabla IV.3* se muestran los valores porcentuales de las pérdidas en cosecha de todo el período.

Tabla IV.3. Valores de las pérdidas en cosecha de todo el período.

Pérdidas de caña durante la cosecha.					
Indicador	Unidad	KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
Pérdidas totales	%	Plan	Real	Plan	Real
		5 - 7	6,6	4 – 5	8.4
Desglose					
Pérdidas por corte alto	%	20,10		12,78	
Pérdidas por caña en el cogollo	%	***		4,52	
Pérdidas en caña larga	%	34,83		33,24	
Pérdidas por trozos caídos	%	45,07		49,46	

*** La máquina KTP – 2 M no tiene corta cogollos.

Al analizar estos resultados, vemos que la cosechadora KTP - 3000 S sobrepasa el límite superior del rango asignado a ésta máquina, que es de 4 a 5 %. Esta situación guarda una estrecha relación con el funcionamiento y regulación de los ventiladores del sistema neumático de limpieza. Por diseño, la regulación de la velocidad de los ventiladores se tiene que efectuar manualmente por el operario, en un rango que varía desde 380 r.p.m. hasta 980 r.p.m. Supuestamente, esta nueva posibilidad de trabajo del ventilador se realizó con el objetivo de lograr una correspondencia favorable entre pérdidas y materias extrañas mediante la aplicación de la velocidad óptima para cada tipo de variedad de caña y rendimiento de los campos. En la práctica, se pudo comprobar que, al no existir experiencia en este tipo de regulación, la misma se hace operativamente, sin tener en cuenta las características de la masa vegetal a que se enfrenta la máquina durante su

trabajo. Al desglosar las pérdidas que se produjeron en la KTP – 3000 S, observamos que el 49,46 % de las pérdidas que se produjeron fueron en concepto de trozos caídos, producto del flujo de aire, lo que confirma el análisis anterior. En futuras investigaciones hay que tener en cuenta estos aspectos.

IV.5.2. Materias extrañas.

La calidad del material cosechado se determinó con el muestreo realizado a cada una de las máquinas. En la tabla IV.4, se muestran los resultados de esta evaluación.

Tabla IV.4. Materias extrañas.

Materias extrañas en la cosecha					
Indicador	Unidad	KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
Materia extraña total	%	Plan	Real	Plan	Real
		12 –14	13.08	8 – 9	12.58
Desglose					
Caña limpia en el transporte	%	86,92		87,42	
Cogollos y hojas verdes	%	65,49		69,85	
Paja seca	%	34,51		30,15	

Al analizar los resultados, observamos que la máquina objeto de investigación, con 12,58 % de materias extrañas, no cumplió con lo previsto en la tarea técnica, a pesar de encontrarse dentro del rango admitido por el MINAZ. No obstante, aventajó al modelo patrón, que alcanzó un 13,08%.

Al desglosar los resultados, se observa que, de manera claramente contradictoria, en la KTP - 3000 S (con mecanismo corta cogollos), el 69,85 % de la materia extraña corresponde a cogollos y hojas verdes, lo que demuestra lo ineficaz de dicho mecanismo; cuando la caña está encamada, la plantación no crece uniformemente y la altura de corte no está bien regulada.

IV.6. Indicadores técnicos y tecnológicos.

Los indicadores expresan el grado de fiabilidad tecnológica y técnica de los modelos de máquinas experimentados cuando son sometidos a condiciones reales de trabajo. En estos indicadores hemos incluido el Coeficiente de Seguridad Tecnológica, el Coeficiente de Seguridad Técnica y el Consumo de Combustible. Analizaremos cada uno de estos indicadores en las tablas IV. 5 y IV. 6.

IV.6.1 Coeficientes de seguridad tecnológica y técnica.

Estos indicadores expresan el grado de confiabilidad tecnológica y técnica de los modelos de máquinas experimentados cuando son sometidos a condiciones reales de trabajo. Los mismos se obtienen dividiendo el tiempo de cosecha (T1) entre la suma de este y el tiempo de fallo tecnológico (T41) o técnico (T42), según corresponda.

Tabla IV.5 Coeficientes de seguridad

Indicador	KTP – 2 M		KTP- 300000 S	
	Plan	Real	Plan	Real
Coeficiente de seguridad tecnológica	0,85	0,97	0,99	0,97
Coeficiente de seguridad técnica	0,80	0,80	0,95	0,94

Coeficiente de seguridad tecnológica.

En este indicador, la KTP – 3000 S, a pesar de haber alcanzado buenos resultados (0.97), no llegó a lo previsto en la tarea técnica (0,99); por su parte, la KTP – 2 M logró el mismo resultado; pero, como se esperaba el 0,85 que se le asignó en el plan de diseño, superó, desde este punto de vista, a la KTP – 3000 S.

Coeficiente de seguridad técnica.

La KTP - 3000 S registró los mejores resultados, con 0.94, contra un 0.80 de la KTP - 2 MM; aunque la máquina objeto de investigación no llegó a lo planificado, el resultado obtenido es bueno, lo que demuestra que la introducción de mecanismos hidráulicos en la máquina reduce la pérdida de tiempo por concepto de eliminación de fallos técnicos. La máquina patrón cumplió con lo establecido en la tarea técnica, por lo que los resultados fueron buenos.

IV.6.2. Consumo de combustible.

Los resultados del consumo de combustible promedio en todo el período de prueba se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla IV.6. Consumo de combustible.

Consumo de combustible				
Unidad	KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
	Plan	Real	Plan	Real
L / Mg	1,4	1,2	1,4	1,6

Como se observa, la KTP – 3000 S tuvo un exceso de consumo respecto a lo establecido por los fabricantes en la tarea técnica; sin embargo, este valor se encuentra dentro del rango de consumo para el motor MB - 404 de 220 kW. La máquina patrón está por debajo de lo indicado por en el proyecto.

IV.7. Aprovechamiento de la jornada.

IV.7.1. Productividad.

Rendimiento productivo o productividad.

El aprovechamiento de la jornada se refleja principalmente mediante la determinación de las productividades por hora en los diferentes tiempos o momentos de trabajo de las máquinas. En éste se considera la cantidad de masa vegetal (Q en Mg) procesada por la máquina dividido por el tiempo que se determine. Se distinguen los siguientes tiempos:

- *Tiempo limpio o principal.*
- *Tiempo efectivo.*
- *Tiempo explotativo.*
- *Tiempo de observación.*

De estos tiempos, el tiempo limpio es aquel en el que la cosechadora realiza directamente el proceso tecnológico para el que está diseñada. Por ello, es de gran importancia la productividad en tiempo limpio de cada máquina. Para poder analizar los resultados obtenidos en las productividades hay que considerar inicialmente como responde cada máquina en campos de diferentes rendimientos.

La productividad horaria es un indicador que refleja el aprovechamiento de la jornada de trabajo. Se distinguen las siguientes:

- Productividad por horas de tiempo limpio o principal.
- Productividad por horas de tiempo efectivo.
- Productividad por horas de tiempo operativo.
- Por horas de tiempo productivo.
- Por horas de tiempo de turno sin fallos.
- Productividad por horas de tiempo explotativo.
- Productividad por jornada.

Para el análisis, resulta fundamental la productividad por horas de tiempo limpio o principal, tiempo en el que la máquina realiza el proceso tecnológico concebido en el diseño.

En la *Tabla IV.7*, se relacionan los valores generales de las productividades que obtuvieron ambos modelos, durante el proceso de explotación controlada.

Tabla IV.7. Productividad de las maquinas (Mg/h).

Productividad:	KTP – 2 M	KTP – 3000 S
Por horas de tiempo limpio	32,24	33,9
Por horas de tiempo efectivo	31,3	33,1
Por horas de tiempo operativo	26,7	28,4
Por horas de tiempo productivo	16,7	24,1
Por horas de tiempo de turno sin fallos	21,1	24,8
Por horas de tiempo explotativo	15,4	22,9
Por jornadas	12,0	17,9

Se observa que la diferencia de la productividad por horas de tiempo principal, efectivo y operativo no es muy significativa; es decir, que existe un comportamiento equilibrado; sin embargo, el nuevo modelo fue superior a la máquina patrón; ésto se debe a que la KTP – 3000 S posee un trabajo de cosecha más constante, emplea menos tiempo auxiliar que la KTP – 2 M, aunque en esta última hubo un menor tiempo principal, debido a las siguientes causas:

- ◆ Reducido número de virajes en las cabeceras del campo (cosechó fundamentalmente dando vueltas).
- ◆ Alto número de fallos y mayor tiempo invertido en darle solución a éstos, incluido los traslados, por la misma causa.
- ◆ Aumento del tiempo de necesidades personales del operario (almuerzo, meriendas y otros).

Esto se corrobora en la tabla, al observar el valor de las productividades antes mencionadas: las de horas de tiempo productivo, de turno sin fallos y de explotación, en las cuales intervienen los tiempos antes mencionados.

El análisis de las productividades obtenidas por las máquinas atendiendo a los diferentes rendimientos de los campos cosechados, se dan en las tablas IV 8.

Tabla IV.8. Productividad atendiendo a los rendimientos de los campos.

Indicador	U	KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
Rendimiento del campo	Mg/ha	51,42 – 68,56	68,56 – 85,71	51,42 – 68,56	68,56 – 85,71
Producción	Mg	1764,6	1305,0	2413,5	2227,9
Productividad tiempo limpio	Mg/h	31,6	32,2	32,5	35,7
Productividad tiempo explotativo	Mg/h	16,3	14,4	21,5	24,8

Los resultados expresados muestran cierta tendencia al incremento de las productividades por tiempo limpio y explotativo a medida que se elevan los rendimientos de los campos. Según los resultados de la productividad atendiendo a estos rendimientos de los campos, queda demostrada la superioridad del nuevo modelo sobre el antiguo.

IV.7.2. Eficiencia de campo de las máquinas.

La eficiencia de campo es un indicador porcentual que refleja la utilización de la cosechadora; expresa el porcentaje de tiempo en que la máquina realiza su tarea fundamental dentro del período de explotación (tiempo explotativo). En la siguiente tabla, se expresa el comportamiento general de este indicador.

Tabla IV.9 Eficiencia de campo.

Eficiencia de campo		
Unidad	KTP – 2 M	KTP – 3000 S
%	48,45	67,67

Al analizar esta tabla, se observa que la cosechadora más eficiente en el campo fue la KTP – 3000 S, con más del 50 % de tiempo de explotación dedicado al proceso de cosecha.

Comportamiento de los tiempos.

El análisis de los tiempos durante el trabajo de las cosechadoras da una visión sobre la labor en el campo de las máquinas y su aprovechamiento, lo que permite definir donde se encuentran las principales causas que dificultan el trabajo eficiente de las cosechadoras.

La representación de estos tiempos se muestra en la *tabla IV.10*. En la *tabla IV.11* se desglosan las pérdidas de tiempo que son causadas por la máquina y las no imputables a ésta.

Tabla IV.10. Tiempos por máquinas.

Indicadores				
Tiempo	KTP – 2 M		KTP -3000 S	
	hora	%	hora	%
Limpio	96,353	37,7	136,700	52,6
Auxiliar	18,64	7,3	26,80	10,3
Operaciones tecnológicas	15,54	6,1	14,43	5,6
Eliminación de fallos	53,315	20,8	14,70	5,7
Necesidades personales	5,234	2,0	1,32	0,5
Traslados	9,801	3,8	8,04	3,1
Causas ajenas a la explotación	56,91	22,3	57,67	22,2
Tiempo general de la observación	255,80	100	259,69	100
Perdido imputable a la máquina	56,86	22,2	15,03	5,80
Perdido no imputable a la máquina	83,93	32,8	81,15	31,3
Total de tiempo perdido	140,80	55,0	96,19	37,1

Tabla. IV.11. Pérdidas de tiempo.

Indicadores		
Tiempos	KTP – 2 M	KTP – 3000 S
	%	%
Pérdida de tiempo imputables a las máquinas		
Fallos tecnológicos	5,4	30,1
Fallos técnicos	41,8	58,9
Búsqueda y solución de los fallos	46,6	8,9
Traslados a causa de los fallos	6,2	2,1
Pérdida de tiempo no imputables a las máquinas		
Mantenimiento técnico diario	18,4	17,6
Regulación de los órganos de trabajo	0,2	0,2
Necesidades personales	6,3	1,6
Traslados, excepto los causados por fallos	7,4	9,5
Falta de transporte	25,8	19,4
Otras causas ajenas al proceso explotativo	41,9	51,7

Análisis del comportamiento de los tiempos por máquinas:

Modelo KTP - 2 M

Esta máquina estuvo el 37,7 % del tiempo total de la jornada cosechando. Comparándola con la KTP – 3000 S, la 2 M trabajó menos tiempo limpio y presentó mayor pérdida de tiempo por fallos técnicos y

tecnológicos, con 53 horas y 18 minutos. Además, en el tiempo perdido por causas ajenas a la explotación de la máquina con relación al tiempo total, el valor fue del 22,3 % (56 horas con 18 minutos); solo por falta de transporte, se perdieron 21 horas y 40 minutos (8,5 %); el resto correspondió a la falta de piezas de repuesto, falta de combustible y otras.

Considerando el valor de la productividad horaria (T1) de ésta máquina en el período bajo cronometraje, puede estimarse que, por falta de transporte, ésta máquina dejó de cosechar 698,6 Mg.

Modelo KTP – 3000 S:

Al comparar el trabajo de ésta máquina con la KTP – 2 M, podemos decir que estuvo realizando su actividad fundamental mayor cantidad de tiempo (136 horas con 42 minutos), correspondiendo al 52,6 %.

Esta máquina se observó durante más tiempo, aunque la diferencia no resulta significativa (3 horas con 53 minutos); esto se debió a la acumulación de tiempo en los cierres del cronometraje. En la tabla, se observa que fue sometida al mismo rigor que la máquina patrón, lo que se observa, por ejemplo, en la pérdida de tiempo por causas ajenas a la explotación, los traslados, etc. Ahora bien, esta máquina gana tiempo al presentar menos fallos y tener un operador que hacía un uso racional de su tiempo.

Las principales causas de las pérdidas de tiempo en ambos modelos fueron las siguientes:

- Fallos en la llegada a tiempo del transporte de tiro.
- Fallos en el suministro de combustible.

- Malas condiciones agrotécnicas de los campos (obstáculos y mala preparación de los campos).

IV.8. Resultados de la investigación de laboratorio.

Tabla. IV.12. Resultados de la investigación de laboratorio

CALIDAD DEL CORTE INFERIOR DE LA CAÑA					
		KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
CORTE INFERIOR	LIMPIO	45,86 %		45,29 %	
	ESCALONADO	13,54 %		12,94 %	
	DESGARRADO	40,60 %		41,77 %	
CALIDAD DEL TROZADO DE LA CAÑA					
		%	Promedio	%	Promedio
LONGITUD PROMEDIO DE LOS TROZOS	< de 250 mm	16,1	196,92	17,9	204,64
	e/ 250 – 350 mm	67,7	304,89	67,2	302,72
	> de 350 mm	16,2	394,42	14,9	384,65
ANÁLISIS DE LOS TROZOS DE CAÑA					
		%	Cantidad	%	Cantidad
PORCENTAJE DE TROZOS	ENTEROS	69,14	112	71,16	153
	DAÑADOS	30,86	50	28,84	62

Calidad del corte inferior de la caña.

Analizando los resultados de la tabla IV 13, se observa que el porcentaje de corte desgarrado, realizado por los segmentos de corte inferior, es elevado en ambas máquinas, siendo el motivo fundamental la excesiva altura de corte, producto de las malas condiciones agrotécnicas, que no permiten regular el corte de forma estable a lo largo del surco. De forma general, las máquinas tuvieron un comportamiento similar, no existiendo diferencias significativas.

Calidad del trozado de la caña.

La longitud promedio también se comportó de forma similar en ambos modelos, con un 67,2 % de trozos entre 250 y 350 mm contra 67,7 % la KTP – 2 M; y con un largo promedio de 304,89 mm de la máquina base contra 302,72 mm la máquina objeto de investigación.

La KTP – 3000 S alcanzó un promedio ligeramente superior a la KTP – 2 M en el porcentaje de trozos enteros, con 71,16 contra 69,14. En ambos casos, la cantidad de trozos dañados es alta, siendo la causa de ello la mala calidad de las cuchillas y el imperfecto diseño original del mecanismo tronizador.

IV.9. Desempeño de las máquinas.

En las tablas IV.13 y IV.14 se muestran algunos indicadores del desempeño de los modelos investigados, en primer lugar atendiendo a las variedades de caña y, con posterioridad, según los rendimientos agrícolas de los campos cosechados.

Los indicadores porcentuales de tiempos de viraje, mantenimiento, eliminación de fallos y traslados, están referidos al período de explotación, es decir que se excluye la pérdida de tiempo por causas ajenas al proceso explotativo.

Tabla. IV.13. Desempeño de las máquinas en las diferentes variedades.

Indicador	U	KTP – 2 M				KTP – 3000 S			
		C120 -78	C323 -68	C8751	J-60-5	C120 -78	C323 -68	C8751	J-60-5
producción	Mg	1680,9	203,9	105,8	1079,0	2443,3	205,3	244,1	1748,7
Tiempo limpio	h	54,69	5,64	3,07	32,94	72,91	7,38	5,48	50,90
Tiempo explotativo.	h	104,07	10,21	11,58	73,01	107,52	10,60	10,99	72,89
Tiempo de observación	h	129,56	13,25	14,12	98,86	129,65	13,25	14,10	102,67
Efic. de campo	%	52,5	55,2	26,6	45,1	67,8	69,7	49,9	69,8
Virajes	%	0,9	3,2	**	0,5	1,6	3,7	0,9	1,8
Mtto.	%	7,7	8,9	7,5	7,7	8,3	1,5	7,4	6,0
Fallos Tecnológicos	%	0,8	3,9	0,3	2,5	3,3	1,2	2,4	0,8
Fallos técnicos	%	10,7	1,9	27,9	12,6	4,1	0,2	5,7	5,1
Traslados	%	3,4	12,0	6,5	5,8	2,6	16,5	2,9	4,3

Tabla. IV.14. Desempeño de las máquinas en los diferentes rendimientos.

Indicador	U	KTP – 2 M		KTP – 3000 S	
Rendimiento	Mg/ha	51,42– 68,56	68,56 – 85,71	51,42 – 68,56	68,56 – 85,71
Producción	Mg	1764,6	1305,0	2413,5	2227,9
Tiempo limpio	h	55,79	40,55	74,24	62,45
Tiempo explotativo	h	108,35	90,53	112,16	89,84
Tiempo de observación	h	143,51	112,28	144,74	114,94
Efic. de campo	%	51,5	44,8	66,1	69,5
Virajes	%	1,3	0,4	1,8	1,7
Mantenimiento	%	6,8	8,9	8,9	4,7
Fallos tecnológ.	%	0,9	2,4	2,3	2,1
Fallos técnicos	%	12,1	11,8	4,3	4,5
Traslados	%	4,8	5,0	4,1	3,8

IV.10. Evaluación de la fiabilidad.

Para valorar los índices de la fiabilidad de las máquinas objeto de investigación, se partió de los datos experimentales obtenidos mediante el fotocronometraje.

En la tabla IV.15 se desglosan los tiempos invertidos en la eliminación de fallos técnicos ocurridos en los principales conjuntos que conforman la máquina. Aparece el tiempo perdido (T en horas), la cantidad de fallos que se produjeron (#), el tiempo promedio invertido en eliminar los fallos (Tm), así como el análisis de los mismos.

Posteriormente, se realiza una valoración de algunos índices simples y complejos de la fiabilidad, estableciéndose un paralelismo con parámetros internacionales, obtenidos mediante pruebas de máquinas similares.

Tabla IV.15. Tiempos invertidos en la eliminación de fallos técnicos.

FALLOS TÉCNICOS						
Sistemas, conjuntos, partes y piezas.	KTP – 2 M			KTP – 3000 S		
	T	#	Tm	T	n	Tm
Mecanismo corta cogollos.	***	**	***	0	0	0
Mecanismo de cuchilla lateral.	***	**	***	0	0	0
Sección receptora.	1,86	8	0,,23	0,25	1	0,25
Mecanismo tronzador.	0,93	11	0,08	0	0	0
1er. Transportador.	0	0	0	0	0	0
1er. Sistema de limpieza.	0	0	0	0	0	0
2do. Transportador.	0,01	1	0,01	0	0	0
2do. Sistema de limpieza.	0	0	0	0	0	0
Transportador de descarga.	0,18	1	0,18	2,45	4	0,61
Motor de combustión interna.	5,83	4	1,45	0,61	2	0,30
Sistema alimentación de combustible.	2,88	5	0,57	0	0	0
Sistema de enfriamiento del motor.	0,32	3	0,10	1,27	9	0,14
Sistema hidráulico de la dirección.	0,98	2	0,49	0	0	0
Sistema hidráulico de accionamiento de los cilindros.	0,85	3	0,28	0,51	1	0,51
Sistema hidráulico de accionamiento de los órganos de trabajo	2,98	3	0,99	0	0	0
Sistema hidrostático de la traslación	0,19	2	0,09	0	0	0
Sistema de enfriamiento aceite hidráulico.	***	**	***	0	0	0
Tren de rodaje.	1,60	2	0,80	0	0	0
Sistema eléctrico.	0,06	1	0,06	0,45	1	0,45

Transmisiones mecánicas.	3,10	18	0,17	0,31	2	0,15
Uniones.	0	0	0	0,49	1	0,49
Estructura portante.	0	0	0	0	0	0
Aire acondicionado.	***	**	***	0	0	0
Cambio de segmentos en el mecanismo . Corta cogollos	***	**	***	0	0	0
Cambio de segmentos en el mecanismo de corte inferior	1,37	2	0,68	0,44	2	0,22
Cambio de segmentos en la cuchilla lateral	***	**	***	0	0	0
Cambio cuchillas del mecanismo tronizador	0,53	2	0,26	2,01	3	0,67
Otros fallos	0	0	0	0	0	0
Búsqueda del fallo (detección)	3,36	10	0,33	0,48	3	0,16
Desarme y montaje necesarios al solucionar fallos	7,01	20	0,35	0,85	2	0,42
Reparación de piezas en taller.	16,10	11	1,46	0	0	0

IV.10.1 Principales fallos técnicos en el modelo KTP – 2 M.

➤ Sección receptora: con 1 hora y 51 minutos, este órgano tuvo 8 fallos, dados por las roturas de la cadena (tipo 25,4), sustitución de los discos de corte inferior debido a deformaciones en su superficie; también, además de provocar la rotura de los segmentos de corte por el choque entre sí, introducía altas vibraciones; incluso, por un fallo del proyecto, se modificó la punta elevadora de los transportadores helicoidales (sinfines) por no cumplir su función.

➤ Mecanismo trozador: falló 11 veces, por lo que se perdieron 55 minutos debido a reiteradas roturas del fusible (en el volante), por sobrecargas y roturas del rodamiento (tipo 22214).

➤ Motor de combustión interna: los principales fallos fueron la pérdida de potencia y el calentamiento de éste con 5 horas y 50 minutos,

dado por fallos localizados en la bomba de inyección (sistema de alimentación de combustible, 2 horas y 52 minutos), obstrucciones del filtro de aire y del radiador por el alto nivel de polvo (sistema de enfriamiento, con 19 minutos).

- Sistema hidráulico de accionamiento de los órganos de trabajo: las 2 horas y 58 minutos se invirtieron en cambiar mangueras rotas y solucionar el desacoplamiento de los hidromotores.

- Tren de rodaje: se perdió 1 hora con 36 minutos por rotura de los muñones en el puente direccional.

- Transmisiones mecánicas: en éstas se presentaron diversos problemas debido a los diferentes tipos de transmisiones, con 3 horas y 6 minutos; los fallos (18) estuvieron dados por roturas de cadenas, rodamiento, correas, pérdida de la tensión en poleas, poleas desalineadas; el que mayor incidencia tuvo fue el embrague agrícola (deformación del disco de fibra, rotura del eje y el rodamiento).

- Cambio de cuchillas del mecanismo de corte inferior: sustituciones de estos elementos en 2 ocasiones con 1 hora y 22 minutos, debido a desgaste prematuro (mala fabricación).

- Cambio de cuchillas del mecanismo tronizador: sustituciones de estos elementos en 2 ocasiones con 32 minutos, debido también a desgaste prematuro (mala fabricación).

IV.10.2. Principales fallos técnicos en el modelo KTP – 3000 S.

- Transportador de descarga: (2 horas con 27 minutos), pérdida de tornillos de sujeción de las tablillas (colocación y apriete de las uniones roscadas), modificación en las guardas para reducir las pérdidas de caña (fallo de proyecto) y pérdida de la tensión en las cadenas (fallo de explotación).

➤ Sistema de enfriamiento del motor de combustión interna: (1 horas con 16 minutos); por el alto nivel de polvo, se produjeron continuas obstrucciones del radiador (limpieza con aire y agua a presión).

➤ Cambio de cuchillas del mecanismo tronzador: (2 horas y 1 minuto) la sustitución estuvo dada, en algunos casos, por el desgaste prematuro (mala fabricación) y, en otros, por fallos consecutivos; es decir, el fallo detectado en el árbol motor, los rodamientos y los piñones de este mecanismo provocaba su cruzamiento y, por tanto, la rotura de los elementos de corte (fallo dependiente).

IV.10.3. Índices de fiabilidad.

Tabla IV.16 Índices de fiabilidad

INDICES	KTP – 2 M	KTP – 3000 S
Tiempo general de cronometraje (h)	255,80	259,69
Cantidad de fallos tecnológicos	25	31
Cantidad de fallos técnicos	68	21
Flujo de fallos (fallos/h)	0.36	0.23
Tiempo medio (TM) entre fallos (h)	1,23	2,63
TM de eliminación de fallos tecnológicos (h)	0,12	0,12
TM eliminación de fallos técnicos (h)	0,34	0,34
TM de eliminación de fallos (h)	0,57	0,23
TM de búsqueda de los fallos (h)	0,33	0,16
TM empleado en llegar a los fallos (h)	0,35	0,42
TM de espera de piezas para reparar (h)	1,46	0

TM de espera para reparar (h)	0,32	0,02
TM improductivo debido a los fallos (h)	0.61	0.24
TM de mantenimiento técnico (h)	0,35	0,3
Coeficiente de mantenimiento técnico	0,86	0,91
Coeficiente de seguridad tecnológica	0,97	0,97
Coeficiente de seguridad técnica	0,80	0,94
Coeficiente de disponibilidad	0,65	0,88
Coeficiente de utilización técnica	0,59	0,82
Coeficiente de disponibilidad operativa	0,67	0,92

Del análisis de la tabla anterior, se observa que existe diferencias entre los tiempos en que fueron cronometradas las máquinas; ésto se debe a la diferencia de hora en el cierre de las cronocartas.

La mayor incidencia de fallos ocurrió en la cosechadora KTP – 2 M con 93 (66,5 %); la KTP – 3000 S tuvo 52 para un 33,5 % del total de fallos que se produjo durante la prueba.

El flujo de fallos, es decir, la cantidad de fallos por hora de observación, es mayor en la KTP – 2 M que en el modelo KTP – 3000 S.

El mayor tiempo medio entre fallos le corresponde a la KTP – 3000 S, con 2 horas y 38 minutos de tiempo operativo entre paradas, para restituirle la capacidad de trabajo a la máquina; el otro modelo tiene 1 hora 14 minutos de diferencia entre fallos.

Se aprecia que, para la eliminación de los fallos tecnológicos (atascos), ambos modelos tienen un valor promedio muy parejos, aunque se invierte menos tiempo en la KTP – 2 M, a pesar de que el nuevo modelo posee reversibilidad en el sinfín y tambores tronzadores, pero solo es eficiente hasta el mecanismo de trozar; cuando se producen los atascos en los transportadores intermedios, se invierte mucho tiempo en eliminarlos, como realmente se comprobó durante el período de evaluación.

De forma general, el valor medio del tiempo invertido en la eliminación de los fallos técnicos resultó similar entre los modelos estudiados. Aunque se observa que, en la máquina patrón, el número de fallos es mayor que en el nuevo modelo, la similitud del valor se debe al tiempo gastado por este concepto en cada modelo: en la KTP – 2 M se invirtieron 23 horas y 44 minutos, mientras que en la KTP – 3000 S solamente 8 horas y 50 minutos.

El tiempo medio de eliminación de fallos resulta mucho mayor en la cosechadora modelo KTP – 2 M, debido a que en éste se incluyen la detección del fallo, el montaje y desmontaje, así como la reparación de la pieza en el taller, donde la máquina patrón consumió gran cantidad de tiempo por estos conceptos.

Los tiempos empleados en la búsqueda de los fallos se reducen en la medida en que se modernizan las máquinas por una serie de dispositivos que aceleran este proceso, pero se aumenta el tiempo empleado en llegar a los fallos (desmontaje de partes y piezas para poder llegar al elemento que falló y su posterior montaje).

El tiempo medio de espera de piezas para efectuar la reparación en el modelo de cosechadora KTP – 2 M es de más de una hora, lo que fue

debido fundamentalmente a las roturas del embrague agrícola y algunos componentes hidráulicos, que fueron reparados en el taller.

En general, el tiempo de espera para ejecutar las operaciones de eliminación de los fallos resulta más elevado en la máquina patrón que en el modelo experimental. Lo anterior se debe al mayor número de fallos que presentó; además, en este parámetro se incluye el tiempo gastado en las operaciones de búsqueda, desarme, reparación en el taller, así como los traslados que debe realizar la máquina debido al fallo.

El tiempo medio improductivo debido a los fallos fue mayor en la KTP – 2 M, debido a la gran cantidad de tiempo perdido en las operaciones relacionadas con la eliminación de éstos, así como en los traslados realizados por dicha causa.

En un indicador tan importante como es el mantenimiento técnico diario, cuya correcta ejecución garantiza el buen estado técnico de los equipos, se observa que, en los modelos investigados, el valor medio se acerca a los 30 minutos; éste se encuentra por debajo del valor establecido (1 hora); estas evidentes infracciones del tiempo de realización de dichas operaciones implican un aumento del surgimiento de fallos técnicos y la reducción de la vida útil de las máquinas.

En cuanto al coeficiente de seguridad tecnológica, aunque su valor fue similar en ambas máquinas (0,97), debe señalarse que el nuevo modelo se quedó por debajo del valor fijado en la tarea técnica (0,99); éste presentó mayor número de atascos y el tiempo de su eliminación también fue superior; en esto influyen los atascos que se producen en los transportadores intermedios. Por otra parte, ninguna llega al coeficiente de seguridad técnica fijado para estas máquinas, que era de 0,80 en la KTP – 2 M y 0,95 para el nuevo modelo, aunque esta última se acercó bastante. Todo lo anterior

indica que se debe continuar trabajando con vistas a obtener estos parámetros.

Como se aprecia en la tabla, los coeficientes complejos de fiabilidad presentan mejores valores en el modelo KTP – 3000 S que en el modelo patrón.

Tabla IV 17. Comparación de los índices fiabilidad

INDICES	MAQUINAS		
	CLASS	CAMECO	AUSTOFT
Disponibilidad técnica.	0,90 – 0,92	0,88 – 0,90	0,90
Coefficiente de seguridad técnica.	0,90	0,90	0,90
Coefficiente de mantenimiento técnico.	0,88	0,88	0,90

En la tabla anterior, se ofrecen algunos indicadores obtenidos en máquinas cosechadoras de caña de renombre internacional; se observa que algunos indicadores se acercan, se igualan o son superados. Desde el punto de vista cuantitativo, el coeficiente de mantenimiento técnico se puede considerar aceptable; incluso es superado por la KTP – 3000 S, pero la realidad es otra; parece que la calidad con que se efectúan los mantenimientos técnicos no es la mejor; además, se reduce el tiempo de las operaciones en aras de aumentar el tiempo de cosecha, sin tener en cuenta que se reduce la fiabilidad de la máquina en general.

IV.11. Conclusión de las evaluaciones.

Después de realizado el análisis de todos los índices, podemos concluir que la máquina combinada cosechadora de caña de azúcar modelo

KTP – 3000 S supera al modelo patrón KTP – 2 M en un 73,75 % de los indicadores evaluados, por lo que, desde el punto de vista cuantitativo, resulta mayor su fiabilidad. Debemos recalcar que se debió emplear en este tipo de valoración comparativa como patrón una máquina nueva de la producción en serie y no una reconstruida.

V. CONCLUSIONES.

1. Constatamos, a partir de las pruebas realizadas con las dos cosechadoras de caña, que se cumple la hipótesis, pues el sistema ha sido capaz de efectuar una diagnosis y nos ha ayudado a tomar decisiones.

2. Con los ensayos establecidos, se ha demostrado que existe grandes deficiencias en la forma de realizar las evaluaciones a las máquinas cosechadoras de caña.

Principalmente, estas deficiencias son las siguientes:

- la falta de una interrelación efectiva en la elaboración de la tarea técnica entre cliente, diseñadores y fabricante.

- no contar con índices de calidad y económicos específicos para evaluar la máquina, limitando la toma de decisiones sobre su posible introducción en la producción.

- presencia de gastos extras sin respaldo económico, debido a la falta de aplicación de métodos científicos avanzados durante el diseño y desarrollo de las nuevas máquinas.

3. El trabajo demuestra la posibilidad de realizar pruebas integrales a las máquinas cosechadoras de caña; actuando de esta forma, se comprueban los índices establecidos en la tarea técnica.

4. El sistema planteado en el trabajo permite efectuar evaluaciones de las máquinas en la etapa de investigación y desarrollo en breves

períodos de tiempo.

5. Se muestra la necesidad de la creación de una entidad rectora, para realizar las evaluaciones a las máquinas de forma integral, que satisfagan las necesidades, deseos y gustos del cliente.

VI. TRABAJOS FUTUROS.

1. Preparar el presente trabajo de forma y manera que permita su presentación al Comité Estatal de Normalización como anteproyecto de norma cubana.

2. Continuar el estudio sobre este trabajo con el objeto de perfeccionarlo.

VII. BIBLIOGRAFIA.

1. Batista Aerle y col. "Valoración del diseño de la cosechadora cañera KTP-3000 S". Primera Reunión Nacional de Mejoramiento de Diseño Mecánico. ACIM. La Habana. UNAIC. 2005.
2. Basserau, D. y Fauconnier, R. "La caña de azúcar". Editorial Científico técnica. La Habana. pp. 302-321. 1980.
3. Biswas, B. 1988. "Agroclimatology of Sugar Cane". Crop. WMO, Technical Note. No 193.
4. Casanova, E "Contabilidad Azucarera. Generalidades". ATAC. Villa Clara. pp. 3-2006
5. Domini, M. E."Las variedades de caña de azúcar y su regionalización en Cuba". La Habana, Cuba. ISCAH.1987
6. FAO. 2002. "Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Política y Acción de la FAO". Estocolmo. Italy, Rome. .1992
7. Fernández, J y col. "Sistema de mantenimiento preventivo planificado". 1ª Edición. Editorial Pueblo y Educación.La Habana. 1986
8. Hogarth, D. M. and Allsopp, P. G. 2000. "Manual of cane growing. Brisbane", 463 pp.
9. Infoagro. "El cultivo de la caña de azúcar". Disponible en: <http://www.producción.com.ar/96oct-07.htm>
10. INICA- MINAZ, 1997. "Variedades de caña de azúcar, uso y manejo". IMAGO .Publicaciones, La Habana.
11. Lebeque, Fernando. "Programa y metodología para la realización de las evaluaciones agrotécnicas a las cosechadoras cañeras KTP-3". CEDEMA. 1997.
12. Lebeque, Fernando. "Programa y metodología para la realización de las pruebas al corta cogollo instalado en las cosechadoras cañeras KTP - 2 M". Holguín. CEDEMA. 1996.

13. Lebeque, Fernando. y Guethón R "Programa y metodología para la realización de las pruebas a los elementos de corte". Holguín. CEDEMA. 1996.
14. Lebeque, Fernando. y Guethón R. "Programa y metodología para la realización de las pruebas a los segmentos de corte inferior instalados en las cosechadoras cañeras KTP-2M". Holguín. CEDEMA. 1997.
15. Lebeque, Fernando. y Guethón R. "Metodología para la determinación de los parámetros cinemáticos de las cosechadoras cañeras KTP-3S". Holguín. CEDEMA. 1997.
16. Lebeque, Fernando y Pino J. "Las evaluaciones a las cosechadoras cañeras". Revista Mecanización y Desarrollo Cuba.3 (2); 34-38. 2006.
17. Compendio de regulaciones sobre la zafra. MINAZ. 1983.
18. MINAZ. CD – ROM. "Seminario a Especialistas de Ciencia y Técnica del MINAZ". CNCA. La Habana. 2003
19. Mendoza. G. "La fiabilidad en las máquinas agrícolas". Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana. 2001.
20. Mulherin, K. S. "The economic importance of sugar and sugarcane—Problems and Perspectives". Disponible en: <http://www.Fao.org/docrep/003/s885E02.htm>.
21. Perso, L. "El cultivo de la caña de azúcar". Disponible en: <http://www.perso.manado.Framecadooaierscane14-esp.htm>.
22. Procaña. "Historia de la caña de azúcar": Disponible en: <http://www.procaña.orgcanazuc.htm>.
23. Pupo; H "Necesidad de la evaluación a las maquinas agrícolas" 2004. Revista Construcción de Maquinaria. Las Villas, Cuba
24. Rodríguez, Idalberto. "Curso de entrenamiento de postgrado, pruebas de máquinas agrícolas". Ciudad Habana. 2005.
25. Rodríguez, Alcides "Metodología para el diseño de cabinas para las cosechadoras cañeras KTP". Holguín. Trabajo de Diploma de fin de carrera. 1993.

26. Sánchez, R. "Utilización de los métodos experimentales para la valoración de parámetros de calidad y perfeccionamiento del diseño en función de las cargas explotativas". Holguín. Universidad de Holguín, 1993.

27. Sánchez, R, M. y col. "Sistema integral de pruebas de cosechadoras de caña. VI Seminario de Ciencias Técnicas Agropecuarias, Habana, 2005

28. Suárez, R. 1996. "Historia de la caña de azúcar en Cuba". Revista Cañaveral Marzo. pp. 7-9. MINAZ, Cuba.

29. Vara, F. y Alcolea, R. "Agrotécnica de la caña de azúcar". Santiago de Cuba. Editorial Oriental. pp. 4-6. 1979

30. Víctor Gómez Rodríguez y Col. "Enfoque multicriterial para la optimización de los diámetros de los cilindros oleohidráulicos I y II". Fluidos Volumen 34 y 35 . ISSN 0211-1136

31. Yagodin, B. A."Agroquímica". Tomo I Editorial MIR. Moscú, pp. 127-, 41. 1986.

32. Zaldívar, M. "Estudio de la mecanización en Cuba". Informe técnico. ISTH- 1994.

33. Zaldívar, M. "El diagnóstico técnico, vías para elevar la Fiabilidad de las máquinas agrícolas". ISTH, ponencia presentada en la VIII Conferencia Científica. ISPJAE- 2005.

34. Zaldívar, M. "Algunas consideraciones acerca de aplicaciones del diagnóstico técnico en sistemas determinantes de las máquinas agrícolas". Revista Ciencias Holguín. (Versión electrónica). 2006

35. Zaldívar, M. "Sobre la necesidad real de una nomenclatura para las piezas de repuesto de la cosechadora de caña". Evento MAQUINAG' 06. La Habana. 2006.

36. Zaldívar, M. y Pupo H. "Determinación de los índices técnico-explotativos y de productividad de la cosechadora de caña KTP-2 en el CAI Fernando de Dios". Mayo-Agosto 2006. Revista Construcción de Maquinaria. Las Villas, Cuba.

37. Zaldívar, Mario. "Cuestiones referentes a la necesidad real en la nomenclatura de piezas de reexpuestos para las cosechadoras de caña

KTP". Artículo publicado en la revista de Rostov del Don. Moscú. Serie monotemática. 2007

38. Zinchank, O, "Fundamentos de Ergonomía". Moscú. Editorial Progreso. 346 p.1999

39. Zorca, A "Metodología para la evaluación económica de máquinas agrícolas". CEDEMA. 2001

40. Anteproyecto de norma. "Metodología para la valoración económica de cosechadoras cañeras". CEDEMA. 1999.

41. Grupo Multidisciplinario Científico, "Combinada Cañera. Desarrollo de la cosechadora cañera". Holguín. 1998.

42. NC 19-01-22. Microclima laboral. Métodos y medios de medición. La Habana. Comité Estatal de Normalización. 1984.

43. NC 19-01-03. Aire de la zona de trabajo. La Habana Comité Estatal de Normalización. 1980.

44. NC 19-01-04. Ruido. Requisitos generales higiénico-sanitarios. La Habana. Comité Estatal de Normalización. 1980.

45. NC 19-01-05. Vibraciones generales. Requisitos higiénico-sanitarios. La Habana. Comité Estatal de Normalización. 1980.

46. NC 34-37. Metodología para la evaluación tecnológico explotativa. La Habana. Comité Estatal de Normalización. 1985.

47. NC 34-41. Metodología para la realización del peritaje técnico. La Habana. Comité Estatal de Normalización. 1987.

48. NC 34-48. Metodología para la realización de la evaluación energética. La Habana Comité Estatal de Normalización. 1988.

49. NC 34-47. Metodología para la determinación de las condiciones de prueba. La Habana Comité Estatal de Normalización. 1988.

50. NC 35-45. Métodos de ensayos combinadas cosechadoras de caña. 1982.

51. NC 19-02-48 Ensayos acelerados, metodología única para su realización La Habana Comité Estatal de Normalización. 1980.

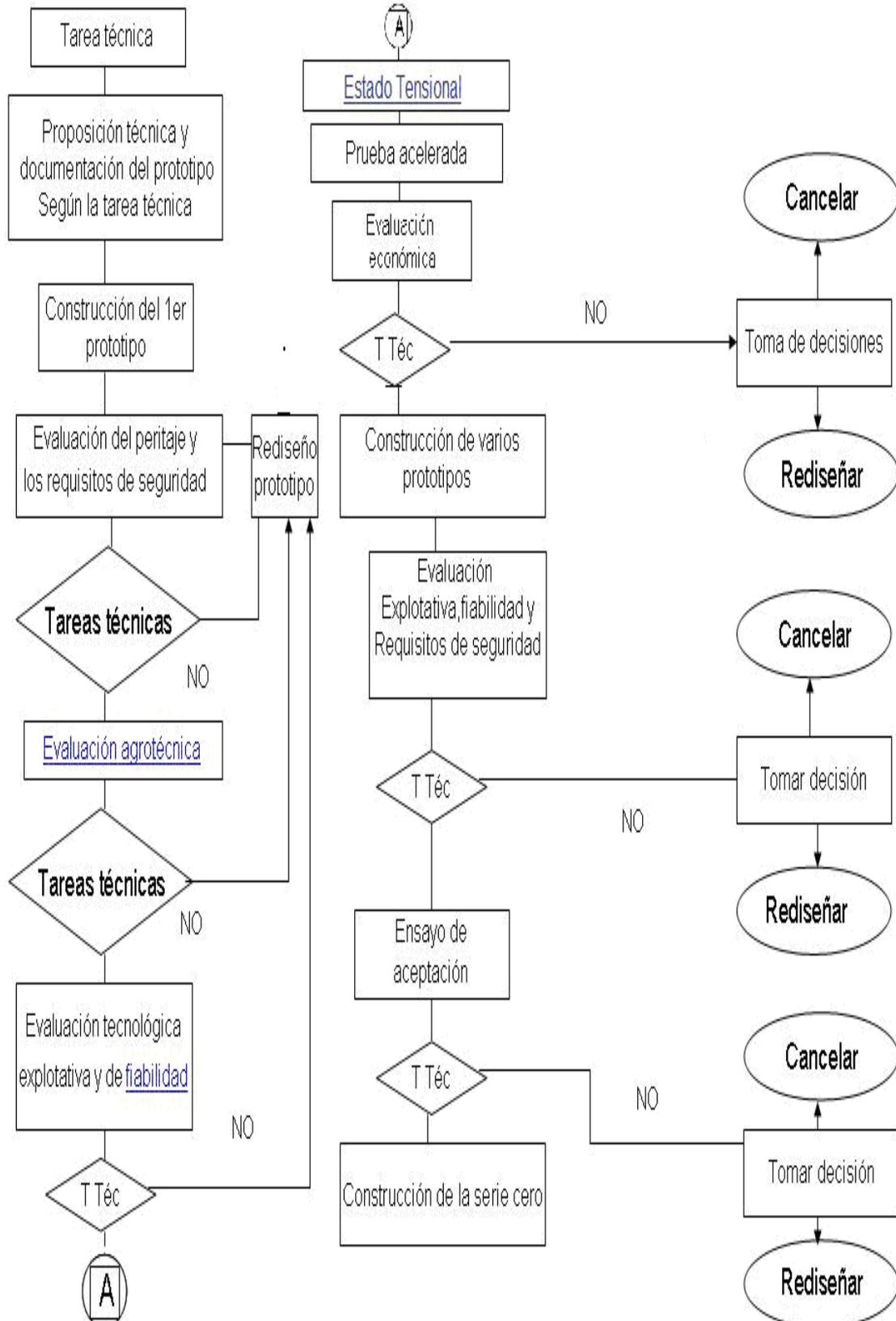
52. NC 23-45. Evaluación energética, metodología única para su realización. La Habana Comité Estatal de Normalización. 1986.

53. NC 13-21. Combinadas cosechadoras de caña. Términos y definiciones.

54. NC 13-22. Combinadas cosechadoras de caña. Requisitos técnicos.

Anexo. A

ALGORITMO DEL SISTEMA INTEGRAL DE PRUEBAS



Anexo B

Modelos para la caracterización del campo

CARACTERIZACION DEL CAMPO						MODELO Nr. 1			
CAI: _____ UBPC: _____						Fec ha:	D	M	A
Máquina: _____		Nr: _____		Variedad: _____					
Bloque: _____		Campo: _____.							
Tipo de Suelo: _____			Labor anterior: _____						
Relieve: _____			Duración de la labor anterior: _____ días						
Microrrelieve: _____			Edad de la plantación: _____						
Humedad del suelo: _____			Edad de la plantación: _____ meses						
Humedad de la hoja: _____			Esquema de siembra: _____						
Dureza del suelo: _____			Período de vegetación: _____						
Densidad aparente del suelo: _____			Regadío: _____						
Obstrucción del suelo por piedras: _____			Longitud de la zona muestreada: _____ m						
_____			Condiciones meteorológicas: _____						
COMPOSICION MORFOLOGICA									
Paja suelta kg	Paja adherida kg	Caña seca kg	Pedregosidad				Enyerbamiento kg	Altura total m	Altura de la parte aprovechable m
			- 25 mm		+ 25 mm				
			u	kg	u	kg			
Proyección parte aprovechable	Situación parte aprovechable	Cantidad de cañas			Cantidad de cañas por plantones	Cantidad de renuevos	Anchura del plantón a ras del suelo		
		Acostada	Inclinadas	Erectas					

Longitud del plantón a ras del suelo cm	Ancho del plantón a la altura del cogollo m	Ancho del caballón cm	Altura del caballón cm	Distancia entre plantones cm	Distancia entre hileras m	Cogollo	Renuevos	
							Cañas kg	Hojas Verdes kg
Longitud parte aprovechable m	Diámetro del tallo a la altura del cogollo mm	Diámetro del tallo a ras del suelo mm	Caña limpia kg	OBSERVACIONES				
				Elaborado por		Revisado por		

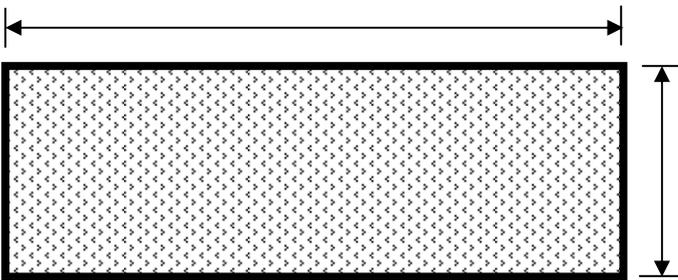
Resultados de la determinación de la humedad del suelo.								
Lugar de la prueba:						Fecha		
Equipo:						D	M	A
Tipo de suelo:								
Capa cm	No del recipiente	Masa del recipiente con muestra húmeda P1 (g)	Masa del recipiente con muestra seca P2 (g)	Masa del recipiente T (g)	Agua P1 – P2 (g)	Muestra seca P2 – T (g)	Humedad %	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Datos tomados por:				Procesados por:				

Resultados de la determinación de la humedad de la hoja.								
Lugar de la prueba:						Fecha		
Equipo:						D	M	A
Tipo de cultivo:			Variedad:					
Capa cm	No del recipiente	Masa del recipiente con muestra húmeda P1 (g)	Masa del recipiente con muestra seca P2 (g)	Masa del recipiente T (g)	Agua P1 – P2 (g)	Muestra seca P2 – T (g)	Humedad %	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Datos tomados por:				Procesados por:				

Resultados de la determinación de la dureza del suelo.							
Lugar de la prueba:					Fecha		
Equipo:					D	M	A
Tipo de suelo:							
No .	Capas de suelo (cm)	Superficie de la aguja (cm ²)	Lectura del instrumento (kgf/cm ²)	Dureza del suelo (kPa)	Observaciones		
1	2	3	4	5	6		
Datos tomados por:				Procesados por:			

Anexo C

Modelo de cronocarta. Hoja principal.

CRONOCARTA							No									
Tipo de máquina u equipo			Número de serie o modelo				Fecha									
							D	M	A							
Nombre del operador			Nombre del cronometrista													
CAI			UBPC - CPA				Bloque		Campo							
Labor			Cultivo		Variedad		Observación									
Volumen de producción			Rendimiento agrícola				Observación									
Datos para determinar la velocidad de trabajo																
Distancia de recorrido (m)																
Tiempo de recorrido (seg)																
Control de consumo de combustible diesel (l)																
Había		Agregado		Quedaron		En trabajo		En traslados								
Control de consumo de aceite hidráulico (lts)																
Había		Agregado		Quedaron		En trabajo		En traslados								
Control de la parcela																
Indicación de las dimensiones del campo y trayectoria seguida por la máquina						Surcos										
						Largo										
						Distancia										
						Cantidad										
						Medios de transporte										
						Tipo										
						Cantidad										
						Capacidad										
						Control del volumen de trabajo transportado										
						Medio	Mg	Medio	Mg	Medio	Mg	Medio	Mg	Medio	Mg	Mg

Modelo de cronocarta. Hoja de incidencias.(reverso)

N ro	Pasa da	Operación	H	M	S	Descripción

Anexo D

Modelo para el control de consumos.

Control de consumos					
CAI				Consumo de combustible de litros	
Fecha	Máquina			Durante la cosecha	
		Modelo	En traslados		
		Serie	Total		
Código	Detalles			Unidad	Cantidad

Anexo F:

Modelo para la captura de los datos primarios de las materias extrañas.

Materias extrañas en el material cosechado						
Fecha		Máquina			Rendimiento agrícola	
		Modelo			Variedad de caña	
		Serie			Variante de prueba	
Bloque	Campo	Cogollo y hojas verdes		Paja seca	Otras	Caña limpia
		kg		kg	kg	kg