

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**EFFECTO DE DISTINTAS MODALIDADES DE ELASTÓMETROS (RESORTES) EN EL
TRANSPORTE POR CABLE-VÍA SOBRE LAS LESIONES MECÁNICAS EN GLOMÉRULOS
FLORALES DE BANANO (*Musa sp.*) EN LA COSTA NORTE DE GUATEMALA**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ANTONIO MOLINA PERDOMO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, febrero de 2006

DL
01
T(2326)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DECANO
VOCAL PRIMERO
VOCAL SEGUNDO
VOCAL TERCERO
VOCAL CUARTO
VOCAL QUINTO
SECRETARIO**

Ing. Agr.	Ariel Abderramán Ortiz López
Ing. Agr.	Alfredo Itzep Manuel
Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
Ing. Agr.	Danilo Ernesto Dardón Dávila
M.E.P.U.	Elmer Antonio Álvarez Castillo
P.M.P	Miriam Eugenia Espinoza Padilla
Ing. Agr.	Pedro Peláez Reyes

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, febrero de 2006

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Distinguidos miembros:

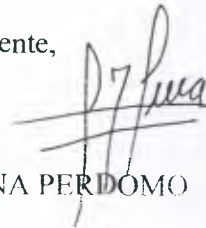
De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**EFFECTO DE DISTINTAS MODALIDADES DE ELASTÓMETROS (RESORTES) EN EL
TRANSPORTE POR CABLE-VÍA SOBRE LAS LESIONES MECÁNICAS EN GLOMÉRULOS
FLORALES DE BANANO (*Musa sp.*) EN LA COSTA NORTE DE GUATEMALA**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,



ANTONIO MOLINA PERDOMO

ACTO QUE DEDICO

A:

- MI PADRE:** Antonio Molina Murillo (QEPD), quien por sus enseñanzas me transmitió la apreciación y cariño hacia esta bella ciencia agrícola, este triunfo es suyo.
- MI MADRE:** Magda Perdomo de Molina, por su apoyo incondicional, de ella aprendí la constancia, camino para alcanzar las metas; Esta es una recompensa y agradecimiento a sus sacrificios y esfuerzos.
- MI ESPOSA:** Maria Adriana, por tener la tolerancia de ser la compañera de mi vida y formar parte de mis alegrías, tristezas y triunfos.
- MIS HIJOS:** Antonio y Laura, por ser mi inspiración, alegría y motivación en el camino de mi vida.
- MI HERMANA:** Belinda, por su confianza y su apoyo incondicional, con cariño.
- MI HERMANA POLITICA:** Elena Josefina, como muestra de su amistad.
- MIS SUEGROS:** Don Ranulfo (QEPD) y Doña Adriana, por haberme aceptado como su hijo.
- MIS AMIGOS:** Francisco López, Faustino Barrera y Alberto Morales.

TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía
Carrera en Sistemas de Producción Agrícola
A los productores de banano

AGRADECIMIENTOS

A:

- **Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez e Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes,** por su valiosa colaboración y asesoría en la realización del presente trabajo de investigación y, por su amistad brindada.
- **COMPAÑÍA BANANERA INDEPENDIENTE GUATEMALTECA (COBIGUA),** que contribuyó y confió en el desarrollo de la presente investigación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEORICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 HISTORIA DEL CULTIVO DE BANANO.....	3
3.1.2 ORIGEN DEL BANANO.....	3
3.1.3 BOTÁNICA.....	3
3.1.4 EL FRUTO.....	6
3.1.5 TAXONOMIA.....	6
3.1.6 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	7
3.1.7 REQUERIMIENTOS DEL SUELO.....	7
3.1.8 COSECHA DE RACIMOS.....	8
A. Corte de fruta.....	9
B. Concheo de fruta.....	9
C. Cableado de Fruta.....	10
3.1.9 SISTEMA DE TRANSPORTE DE FRUTA.....	11
3.1.10 COMPONENTES DEL CABLE VÍA.....	12
A. Alambre de acero.....	12
B. Soportes terminales.....	12
C. Torres.....	13
D. Switches.....	14
E. Carrito.....	14
3.1.11 PROCESO DE EMPAQUE.....	15
A. Recepción de fruta.....	15
B. Desflore.....	16
C. Desmane.....	16
D. Selección.....	17
3.1.12 ESTÉTICA O ASPECTO DE LA FRUTA.....	18
A. Principales fuentes de rechazo.....	18
3.1.13 RESORTES MECÁNICOS.....	20
3.1.14 MECÁNICA DE RESORTES.....	21
A. Tipos de resortes.....	23
B. Materiales para resortes helicoidales.....	23
C. Constante y deflexión de resortes helicoidales.....	24
D. Resortes de compresión.....	25
E. Proyecto óptimo de un resorte helicoidal.....	26
F. Fatiga de resortes helicoidales.....	27
G. Proyecto para cargas variables con resortes helicoidales.....	28
H. Resortes de Belleville (de disco).....	29
3.1.15 LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA TIPO A.....	31
A. Monitor.....	32
B. Temperatura.....	32
C. Humedad relativa.....	32

D.	Viento	33
E.	Precipitación	33
F.	Radiación solar	34
3.1.16	MODELO MATEMÁTICO	35
A.	Modelos cuantitativos	36
B.	Construcción de un Modelo Matemático	36
3.2	MARCO REFERENCIAL	39
3.2.1	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	39
3.2.2	VÍAS DE ACCESO	39
3.2.3	SUELOS	39
3.2.4	ZONA DE VIDA Y CLIMA	39
3.2.5	TIPOS DE ELASTÓMEROS (RESORTES) EVALUADOS	39
A.	RESORTE DE COMPRESIÓN (HELICOIDAL)	39
B.	RESORTE DE BELLEVILLE O ARANDELA	40
4.	OBJETIVOS	41
4.1	OBJETIVO GENERAL	41
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	41
5.	HIPÓTESIS	42
6.	METODOLOGÍA	43
6.1	LOCALIZACIÓN	43
6.2	TRATAMIENTOS	43
6.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	46
6.4	MANEJO DEL EXPERIMENTO	47
6.5	VARIABLES DE RESPUESTA	48
6.5.1	VARIABLES DE PRODUCCIÓN	48
6.5.2	VARIABLES DE SELECCIÓN	48
6.5.3	VARIABLES CLIMÁTICAS	48
6.6	MATERIALES	49
6.6.1	CAMPO	49
6.6.2	PLANTA EMPACADORA	49
6.7	RECURSO HUMANO REQUERIDO	49
6.7.1	EN CAMPO	49
6.7.2	EN PLANTA DE EMPAQUE	50
6.8	PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	50
6.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	50
6.10	REGRESIÓN MÚLTIPLE	50
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
7.1	DATOS DE CAMPO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
7.2	LESIÓN DE CUELLO ROTO	51
7.2.1	REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR CUELLO ROTO	53
Compresión doble	53	
7.3	LESIÓN DE CICATRIZ DE ACARREO (ENTRE MANOS)	54
7.3.1	REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR CICATRIZ ENTRE MANOS POR ACARREO	55
7.4	LESIÓN DE CICATRIZ DE FRICCIÓN (ENTRE DEDOS)	56

7.4.1	REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO TRANSPORTADO POR CICATRIZ ENTRE DEDOS POR FRICCIÓN.....	58
7.5	TOTAL DE LESIONES POR TRANSPORTE (CUELLO ROTO, CICATRIZ DE ACARREO Y CICATRIZ DE FRICCIÓN)	59
7.5.1	REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR EL TOTAL DE LESIONES POR TRANSPORTE	60
7.7	ANÁLISIS ECONÓMICO	61
8.	CONCLUSIONES	64
9.	RECOMENDACIONES	65
10.	BIBLIOGRAFÍA	66
11.	ANEXOS	69
	Anexo 1. Formato de captura de datos	70
	Anexo 2. Mapa del área cultivada con banano en finca Hopy	71
	Anexo 3. Cuadro 1A. Datos de campo de las variables estudiadas en el transporte por cable-vía de los racimos de banano	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Racimo de bananos y sus componentes (12).....	5
Figura 2.	Detalle apical del racimo de banano.....	5
Figura 3.	Corte y concheo del racimo de banano	9
Figura 4.	Concheo y cableado del racimo de banano	10
Figura 5.	Transporte del racimo de banano en forma manual por el cable- vía	12
Figura 6.	Diseño del anclaje del cable-vía.....	13
Figura 7.	Croquis del gancho del carrito	15
Figura 8.	Grafica del limite elástico	22
Figura 9.	Componentes de un resorte helicoidal de compresión	26
Figura 10.	Tabla para carga de resortes variables.....	29
Figura 11.	Dimensiones básicas de un resorte belleville	31
Figura 12.	a) Carrito que actualmente se emplea para transportar los racimos de banano por el cable-vía sin sistema de amortiguamiento y que corresponde al tratamiento testigo, b) clips, c) switches d y e) curvas del cable vía.	43
Figura 13.	Esquema de los elastómeros empleados en los tratamientos (a, b, c, d) y vista de su integración al carrito transportador de banano (e y f).....	45
Figura 14.	Unidad experimental a) los tres racimos unidad bruta, b) racimo central unidad neta ...	46
Figura 15.	Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo de la lesión cuello roto.	52
Figura 16.	Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión de cicatriz de acarreo.....	55
Figura 17.	Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión de cicatriz de fricción.	57
Figura 18.	Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo totales perdidos por el conjunto de lesiones de transporte.	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1A	Datos de campo de las pérdidas por transporte	51
Cuadro 2.	Rango de las variables de producción, variables climáticas y pérdidas por transporte de banano a través del cable-vía.	51
Cuadro 3.	Resumen del ANDEVA para la variable respuesta kg/racimo de lesión cuello roto.....	52
Cuadro 4.	Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión cicatriz de acarreo.	54
Cuadro 5.	Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión cicatriz de fricción.....	56
Cuadro 6.	Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo totales perdidos por el conjunto de lesiones de transporte.....	59
Cuadro 7.	Costo depreciado de modificar un carrito para transporte de banano con 1 y 2 resortes de compresión helicoidales	62
Cuadro 8.	Costos parciales por tratamiento e incremento neto por racimo y por finca por año como producto de pasar de una tecnología de transporte a otra.....	63

EFFECTO DE DISTINTAS MODALIDADES DE ELASTÓMETROS (RESORTES) EN EL TRANSPORTE POR CABLE-VÍA SOBRE LAS LESIONES MECÁNICAS EN GLOMÉRULOS FLORALES DE BANANO (*Musa sp.*) EN LA COSTA NORTE DE GUATEMALA

EFFECT OF DIFFERENT METALIC SPRINTING DEVICES USED FOR THE HIGH CABLE-WAY TRANSPORTATION SYSTEM ON MECHANICAL INJURIES TO SINGLE BANANA FRUITS (*Musa sp.*) IN NORTHERN LOWLANDS OF GUATEMALA

RESUMEN GENERAL

En el cultivo y producción de banano (*Musa sp.*), se tienen pérdidas de la fruta por diversas causas como plagas, enfermedades, manejo en plantación y post-cosecha entre otras. Una de éstas pérdidas es la que se presenta al transportar los racimos de banano (glomérulos florales), desde el punto de cosecha hasta la planta empacadora, y se debe, a que el carrito que transporta el racimo de banano al pasar por clips, switches y curvas que forman parte de la infraestructura del cable-vía, da “saltos” bruscos, lo que provoca lesiones de cuello roto (CR), entre manos (SRA) y entre dedos (SRF), las cuales en conjunto se conocen como lesiones vivas (SRV) y se clasifican con cero tolerancia para el empaque y exportación. Actualmente en finca Hopy por este tipo de lesiones debidas al transporte, se pierde alrededor de 1.73 kilogramos de fruta exportable por cada racimo transportado.

El objetivo principal de la presente investigación fue, evaluar la respuesta de cuatro elastómeros (resortes) metálicos acondicionados al carrito transportador de banano, sobre las lesiones debidas al transporte, expresadas en kilogramos de fruta perdida por racimo transportado, en la finca bananera Hopy, Morales, Izabal. Paralelo a ello se correlacionó las variables climáticas con la fruta pérdida.

Al finalizar la investigación se estableció que, es posible minimizar los daños por transporte hasta en un 64 por ciento, esto es, perder únicamente 0.61 kg de fruta exportable por racimo transportado, si se acondiciona al carrito, un elastómero helicoidal de 5.2 vueltas activas fabricado de hierro redondo ASTM A227. Al realizar esta modificación al carrito se tiene que, por cada racimo transportado se tendrá un incremento en la ganancia neta de diez centavos de dólar.

Se generaron modelos matemáticos que correlacionan las variables climáticas con las pérdidas por transporte; estableciendo que cuando aumenta la humedad relativa y la precipitación, se minimizan las pérdidas por transporte posiblemente a que contribuye a reducir la fricción y por lo tanto los “saltos bruscos” entre los rodos del carrito y el cable-vía.

1. INTRODUCCION

El banano (*Musa sp.*) es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz (*Oriza sativa*), el trigo (*Triticum sp.*) y el maíz (*Zea mais*). Es también considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países latinoamericanos y del Caribe que producen el grueso de los bananos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas (16).

Según estadísticas del Banco de Guatemala, BANGUAT (2), en el año 2003 se reportaron ingresos de divisas por Exportaciones: US \$ 2.2 millardos, de los cuales las principales exportaciones que incluye a café, banano, azúcar, petróleo, cardamomo, productos químicos y productos alimenticios (1, 13).

Siendo el banano un producto de exportación importante para Guatemala, es necesario continuar investigando y aportando conocimientos para su producción, cosecha y comercialización. Actualmente durante la cosecha y transporte del banano desde la plantación hasta la planta de embalaje o empaque se suscitan pérdidas por lesiones del glomerulo floral que se deben a que los carritos que transportan el banano por el cable-vía pasan por clips, switches y curvas que forman parte de la infraestructura del cable-vía provocando saltos y golpes en el racimo.

La presente investigación se realizó en la finca bananera Hopy en Izabal, y, se evaluaron cuatro modificaciones al carrito que trasporta el banano por el cable vía, que consistieron en acondicionar el carrito para amortiguar el golpe del racimo de banano mediante resortes de compresión helicoidal en forma simple (T1) y doble (T2), resortes de Belleville en forma simple (T3) y doble (T4), comparados con el testigo (T5). Los cinco tratamientos se distribuyeron en 20 repeticiones o bloques completos al azar, siendo cada repetición una jornada de corte, cosecha y transporte de banano del campo hacia la planta empacadora con sus condiciones específicas del medio ambiente.

Del estudio se identificaron y cuantificaron mediante sistemas de modelación matemática las variables climáticas que inciden en las pérdidas de banano por transporte y se identificó el tratamiento que contribuye a reducir de manera significativa las pérdidas por transporte en la producción de banano.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La fruta de banano para exportación es muy exigente en cuanto a la calidad. Varios factores intervienen en la pérdida de fruta como son: fitosanitarios, ambientales, de cultivo, manejo agronómico entre otros. Al momento de la cosecha también se tienen pérdidas, una de éstas pérdidas se debe al transporte del banano desde el punto de recolección hasta la planta empacadora ya que se presentan lesiones entre manos por el acarreo, lesiones entre dedos por fricción y cuello roto; éstas pérdidas se deben a que los carritos que transportan el banano pasan por clips, switches y curvas que forman parte de la infraestructura del cable-vía provocando saltos y golpes en el racimo. Actualmente no se conoce el efecto de elastómeros (resortes) de distintos tipos acondicionados al carrito transportador sobre las pérdidas por transporte.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 HISTORIA DEL CULTIVO DE BANANO

Según Soto (31) la historia del banano data de miles de años, las primeras noticias sobre esta especie se remontan a los dibujos existentes en las antiguas ruinas del monumento javanés a Buda, levantado en Bordour en el año 850 a.c. De acuerdo con Galán (11), los primeros registros escritos del banano datan en la India entre los años 600-500 a.c. Posteriormente en el primer milenio d.c. su registro aparece escrito en China en el año 200 d.c. A África llegó por medio de viajeros indonesios a través de Madagascar (500 d.c.), al mediterráneo por medio de la conquista Mahometana (650 d.c). La dispersión en la polinesia rondó por el año 1000 d.c. Ya en el segundo milenio d.c. se produce la introducción en las Islas Canarias por medio de los portugueses procedentes de África Occidental (comienzos del siglo XV d.c.)

Se tienen registros en el Nuevo Mundo (Santo Domingo), desde las Islas Canarias en el año 1516. El desarrollo del comercio de exportación del banano en sus tímidos inicios se da desde principios del siglo XIX y rápido desarrollo desde comienzos del siglo XX.

3.1.2 ORIGEN DEL BANANO

Su centro primario de origen se considera en la península Malaya e islas adyacentes según Champion 1967 citado por Galán (11). Dado que en estos lugares existen numerosos diploides y triploides en estado silvestre, se presume que la evolución generó la aparición de la partenocarpia (desarrollo del fruto sin fecundación) y ausencia de semillas en los tipos primitivos de *Musa Acuminata*. De ellos evolucionaron las 54 especies de triploides de *Musa* cultivados ampliamente en los trópicos y sub-trópicos del mundo según Contreras citado por Flores (10).

3.1.3 BOTÁNICA

El banano es una planta herbácea gigante "perenne", pues si bien tras la fructificación, sus partes aéreas se mueren, estas son remplazadas por los nuevos retoños que crecen desde su base (11). Esta base se denomina cormo, el cual tiene su crecimiento en su parte superior, de los cuales se desarrollan numerosas yemas laterales o "hijos". Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan el tallo (o cormo) dando origen al pseudotallo (31).

Sucesivamente aparecen hojas siguiendo un dispositivo helicoidal, estas hojas primero tienen forma de escamas (sin limbo desarrollado), luego son lanceoladas (limbo estrecho) y al final hojas normales (con limbo bien desarrollado) cada vez con mayor longitud de limbo y también anchura durante gran parte del período vegetativo, que representa hasta tres generaciones visibles; cada punto de crecimiento produce alrededor de cuarenta hojas antes de hacerse productivo (11, 25).

El meristemo experimenta una acción hormonal que detiene la diferenciación de brotes foliares y determina la inflorescencia. Se desconoce la naturaleza hormonal de esta acción e, incluso, nada permite saber con exactitud desde el exterior que ha sucedido con este cambio de fase vegetativa a floral, puesto que, por un intervalo de varias semanas, seguirán apareciendo en la cima del pseudotallo las hojas previamente diferenciadas.

Casi simultáneamente, se produce la proliferación del ápice originándose el tallo verdadero o eje floral; este comienza a crecer por el interior del pseudotallo mientras que, en su extremo apical, la inflorescencia se desarrolla y engrosa hasta aparecer, por fin, en la parte del pseudotallo. Es el momento conocido como emergencia del racimo, llamado vulgarmente "parición". Por posterior desarrollo, el racimo cuelga en posición invertida.

A lo largo del eje se hallan dispuestas en hélice, las espádices o brácteas de color rojo, que cubren un grupo de flores desprovistas de bráctea individual y situadas en dos filas pareadas (glomérulos), estas se levantan, se enderezan una a una por el mismo orden de formación, se repliegan y caen sucesivamente.

Todas las flores irregulares unisexuales; pistiladas con ovario trilobular, pero solo las primeras que se dejan ver tras el repliegue de las brácteas, de seis a quince manos normalmente, son de dominancia hembra y darán origen a los bananos (también llamados dedos). Los restantes son de dominancia masculina, o flores estaminadas con seis estambres, uno de ellos generalmente reducido a estaminodio; tanto el alargamiento del eje floral (o raquis) como la diferenciación de "manos macho" puede continuar hasta la muerte de la planta (corte del racimo) (Figura 1).

- 1 banano = 1 dedo
 5 - 7 dedos = 1 cluster
 15 - 20 dedos = 1 mano
 8 - 14 manos = 1 racimo (= 200 bananos)
- 1 - racimo a - raquis
 2 - mano b - corona
 3 - cluster c - pedicelo
 4 - dedo d - epidermis
 e - longitud externa

Fuente (10)

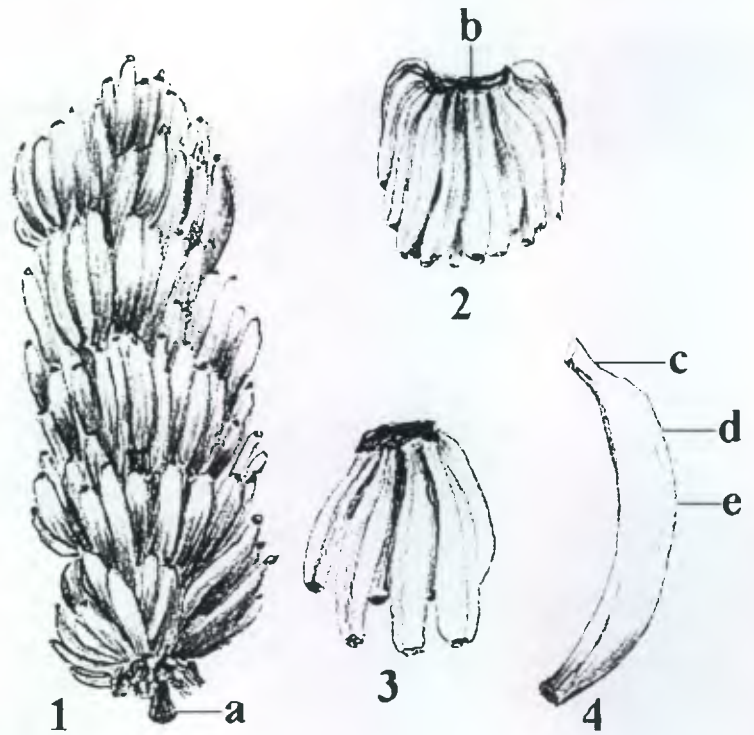
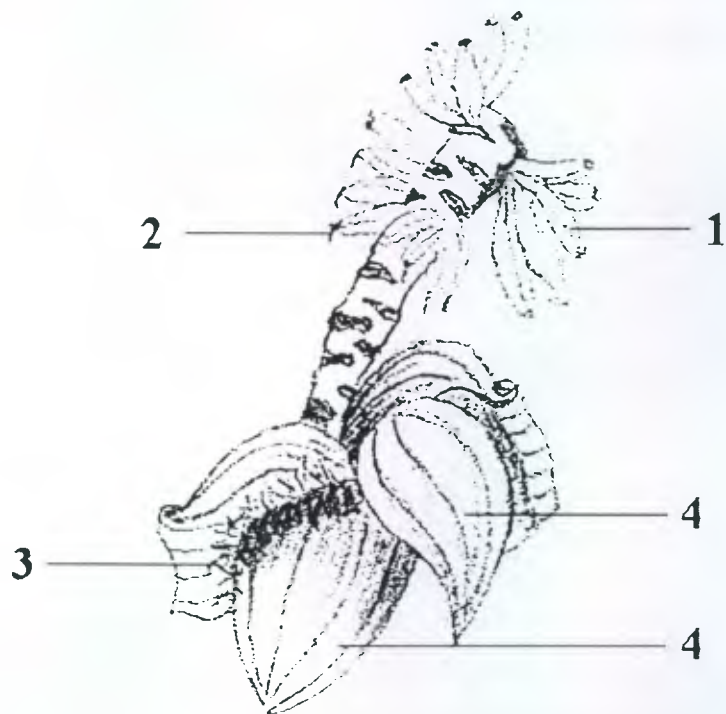


Figura 1. Racimo de bananos y sus componentes (12).

Es un hecho de que las brácteas que cubren las “manos masculinas” permanecen adheridas al eje del racimo y no se caen, formando lo que comúnmente se llama “bellota” o chira (2).

- 1 - Bananos jóvenes
 2 - Residuos de flores
 3 - Flores masculinas
 4 - bracteas



Fuente (12)

Figura 2. Detalle apical del racimo de banano

3.1.4 EL FRUTO

Menciona Núñez (22) que se desarrolla de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento del volumen de las tres celdas del ovario, opuestas al eje central. Los ovarios abortan y salen al mismo tiempo los tejidos del pericarpio o cáscara y engrosan, la actividad de los canales de látex disminuye, cesando por completo cuando el fruto está maduro.

La parte comestible que resulta del engrosamiento de las paredes del ovario, es una masa de parénquima cargada de azúcar y almidón, en la madurez no hay células activas de taninos, ni tejidos fibrosos. Los tres lóculos que forman el ovario se pueden separar longitudinalmente por sus planos de unión. En el lóculo inmediato a la cáscara se encuentra un surco fino longitudinal que corresponde a cada una de las haces vasculares principales.

En un corte transversal aparecen muchos haces vasculares como puntos de color más claro sobre el fondo blanco del parénquima y del endocarpio que está presentado por paredes de células delgadas radiales, que en la madurez permiten separar la cáscara de la parte central de la fruta (22).

3.1.5 TAXONOMIA

Reino	Plantae.
Subreino	Embryobiontha.
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Zingiberidae (5)
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Subfamilia	Musoidae (17)
Género	Musa

El genero *Musa* esta dividido en cinco secciones de los que la sección *Eumusa* comprende las dos especies *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla, originarias de todos los bananos partenocárpicos.

La especie esta identificada por C. Linneo a la que diferencia dos especies *M. paradisiaca* y *M. sapientum*, con flores masculinas persistentes la primera y caducas la segunda; los actuales frutos de exportación son triploides de *M. acuminata* Colla, de entre ellos destaca el subgrupo Cavendish (11).

3.1.6 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Según Lahav citado por Mora (20), en ambientes tropicales el ciclo del cultivo puede ser tan corto como de siete meses. El banano es sensitivo a temperaturas bajas, la tasa de asimilación neta del follaje del banano esta íntimamente relacionado con la radiación solar total, pero en los trópicos, densidades de siembra que reduzcan hasta un 50 % de la totalidad de la luz solar no reducen los rendimientos.

Los vientos normalmente rompen las láminas de los follajes y a altas velocidades puede incluso destruir la plantación (20).

La temperatura tiene un efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del banano. Este requiere temperaturas relativamente altas, que varían entre 21 y 29.5 °C , con una media de 27 °C. Su mínima absoluta es de 15.6 °C y su máxima de 37.8 °C. Exposiciones mayores o menores causan lentitud en el desarrollo, además de causar daños a la fruta (31).

La planta de banano, por su estructura botánica, requiere de una gran disponibilidad de humedad permanente en los suelos. Para obtener cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes para poder cumplir con los requerimientos necesarios de la planta (31).

El banano se cultiva en áreas que van desde climas áridos a trópicos húmedos que varían ampliamente en humedad relativa. Aun cuando se considera que se requiere alta humedad para el banano, esta planta es cultivada exitosamente en zonas áridas (20).

3.1.7 REQUERIMIENTOS DEL SUELO

Lahav citado por Mora (20), dice que el banano se cultiva con éxito en un amplio rango de suelos aun cuando se ha hecho poca experimentación para definir exactamente las condiciones de suelo

necesarias para obtener altos rendimientos. El rendimiento puede deprimirse en suelos con alto contenido de arcilla, o donde se encuentra una capa compacta o pedregosa a 30-60 cm de profundidad. El mal drenaje puede ser un problema en algunas de estas situaciones.

3.1.8 COSECHA DE RACIMOS

La cosecha es una de las ultimas operaciones del cultivo de banano y a la vez un punto clave para obtener la fruta de la calidad deseada en el mercado. Para decirlo de otro modo, de nada vale haber tenido un buen control fitosanitario, buen control de las poblaciones, del drenaje y fertilización, si luego, por un manejo inadecuado del grado y del aspecto fisico de la fruta, no se obtiene una fruta de buen peso y con calidad necesaria de vida verde que garantice al final de la etapa de transporte, una satisfacción plena al consumidor.

Contreras citado por Flores (10) dice, la cosecha se realiza mediante la combinación del sistema edad fisiológica y grado de madurez o calibración, de acuerdo con el destino y época del año. El método de calibración al corte es mediante la medición directa del grado en la parte central de la segunda mano basal en aquellos racimos que cumplan con la edad para la semana en turno, utilizando calibradores fijos con el grado máximo de cosecha. Este sistema permite mantener una eficiencia permanente del grado en una finca al procurar calibraciones máximas a la menor edad posible; es decir, se reduce el sacrificio innecesario de la relación caja / racimo que normalmente se da cuando, bajo condiciones normales se cosecha con grado al utilizar el sistema de la “ ultima mano” apical. Paralelamente, se minimiza la cosecha de racimos con sobre grado y permite sincronizar mejor el trabajo de recalibrado en patio con el trabajo de cosecha y sus posibles desviaciones. Los calibres de corte varían según el destino de la fruta.

Flores (10) cita a Ventura, quien indica que la cosecha se realiza diariamente con la ayuda de la cinta colocada durante el embolse de los racimos. El color de la cinta se cambia semanalmente en un orden preestablecido y todos los racimos embolsados durante la misma semana llevan el mismo color. Antes que la cuadrilla entre a cosechar a la plantación recibe las siguientes instrucciones:

Cosechar un color de cinta no importando que algunos racimos estén bajos en grosor (calibre), a esto se le denomina comúnmente como “cinta barrida”. Cosechar un color de cinta pero dándoles un

calibre máximo en la segunda mano basal, de esta manera se cosechan los racimos que tengan el calibre indicado de acuerdo al destino; a esto se le llama “cinta calibrada”, o la orden de cosechar una cinta barrida y otra calibrada.

A. Corte de fruta

La operación de cosecha se inicia con la calibración de la fruta; después se realiza el corte del cordón de puntal y de las hojas cercanas al racimo; Seguidamente se pica el pseudotallo con el mismo instrumento se sostiene para permitir la caída del racimo lentamente, de manera tal que pueda ser sujetado por el hombro del “conchero” por medio de una almohadilla. Posteriormente, se corta el raquis o pinzote con el machete, liberando la fruta de la planta; a continuación se corta la corona de hojas a una altura ligeramente superior a donde se dobló el pseudotallo. A esta conformación se le llama caballo o troncón en estado de siete, debido a la forma que adquiere; sin embargo, dependiendo de la compañía que se trate, el pseudotallo puede cortarse para formar un uno, es decir, por medio de un corte a 1.5 m sobre la superficie del suelo. En realidad lo que se busca es que las reservas nutricionales acumuladas en el pseudotallo sean utilizadas (movilizadas) por el hijo en crecimiento; posteriormente a la cosecha, el “caballo” se cortara en la medida que vaya descomponiéndose (Figura 3) (26).



Figura 3. Corte y concheo del racimo de banano

B. Concheo de fruta

Según Ventura citado por Flores (10), esta práctica consiste en el traslado del racimo cosechado, desde la planta cosechada hasta el cable vía (Figura 4), donde es colgado por unos rodillos para su traslado hacia la planta empacadora; la persona que realiza esta labor (el conchero) utiliza una

almohadilla a la que se le denomina “concha” y sirve para evitar golpes que alteren la calidad de la fruta. El conchero debe salir con el racimo en contra de la caída de la planta, para facilitar el corte, el cual debe ser lo mas recto posible para evitar manchas de látex en el racimo (10).

Algunas compañías acostumbran colocar almohadillas de espuma entre las manos con el objetivo de evitar el roce de los dedos y con ello preservar la calidad de la fruta (26).



Figura 4. Concheo y cableado del racimo de banano

C. Cableado de Fruta

El transporte a la estación de empaque que menor daño hace a la fruta es probablemente el cablecarril o cable vía (11).

Consiste en colocar el rodillo o carrito en el cable vía para que el conchero pueda colgar el racimo que esta trasladando. Además es halar los racimos cortados hacia un motor aéreo que pueda halarlos hasta la planta empacadora (10).

El número de racimos que pueden ser trasportados en el tren de fruta oscila entre los 15 (para tracción humana) y 100 (para tracción mecánica). Se utiliza una barra separadora de metal o madera, de longitud entre 1.20 y 1.5 m, cuya función es la de enlazar las rolas o carritos entre sí, repartir el peso en

el cable e impedir que los racimos se golpeen unos contra otros durante el proceso de transporte (26).

3.1.9 SISTEMA DE TRANSPORTE DE FRUTA

Según Ortiz (26) debido a las exigencias del mercado internacional en cuanto a calidad de la fruta, y a efecto de reducir el tiempo entre la cosecha y embarque de la misma, es necesario utilizar un sistema eficiente y rápido de transporte de fruta desde el campo hasta la empacadora.

El cablecarril o bien cable vía constituye una red de transporte muy eficiente que requiere un diseño apropiado de la organización y planeamiento de siembra, el diseño de drenajes y la instalación de la empacadora.

Este sistema esta constituido por el cable principal y la red de cables secundarios, los cuales a su vez constituyen la unidad básica, que permite delimitar las diferentes unidades administrativas de una finca de banano convencional.

El cable vía, es una red de transporte conformada por un alambre, que actúa como monorraíl sobre el cual se cuelgan los racimos de banano por medio de un dispositivo dotado con un sistema de ruedas (rolos), que permite desplazar la fruta desde el campo hasta la planta empacadora. Esta se ubica uniformemente dentro de la plantación en función del diseño del sistema de drenajes y caminos de la plantación (Figura 5).

El cable vía se ubica a una altura de 2.10 m sobre la superficie del suelo y debe ser constante a través de toda la plantación. Esta constituido por un cable vía principal doble, que se ubica perpendicularmente a la red de cables vías secundarios. Este cable principal es el que recibe toda fruta que se cosecha en los diferentes cables para llevarse hasta la planta empacadora. La red de cable vía secundaria se orienta en forma paralela y equidistante a los canales de drenaje secundarios y en general se ubica a una distancia de 30 m del borde de estos.

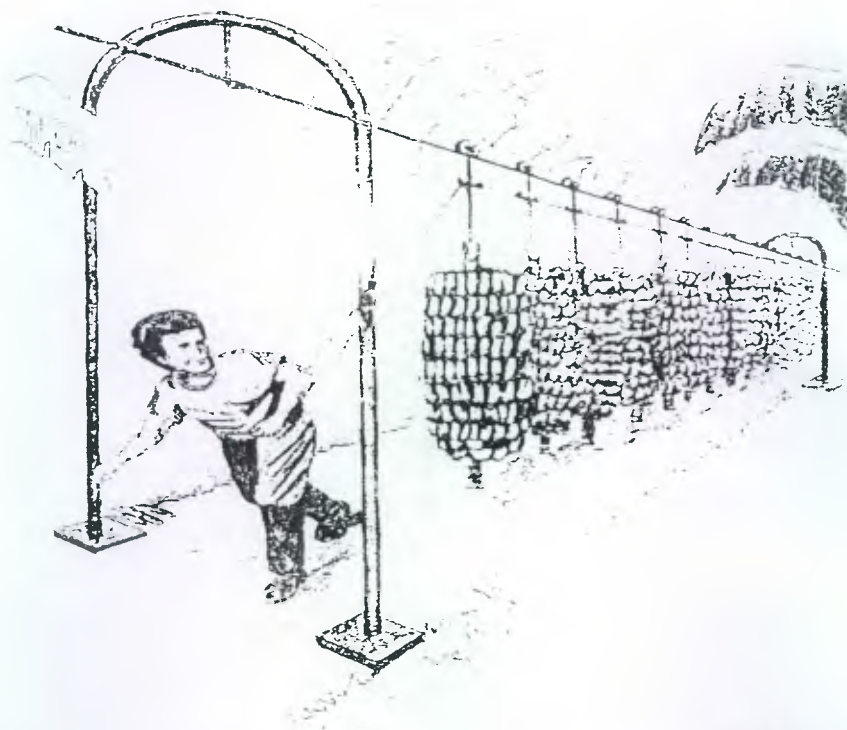


Figura 5. Transporte del racimo de banano en forma manual por el cable- vía

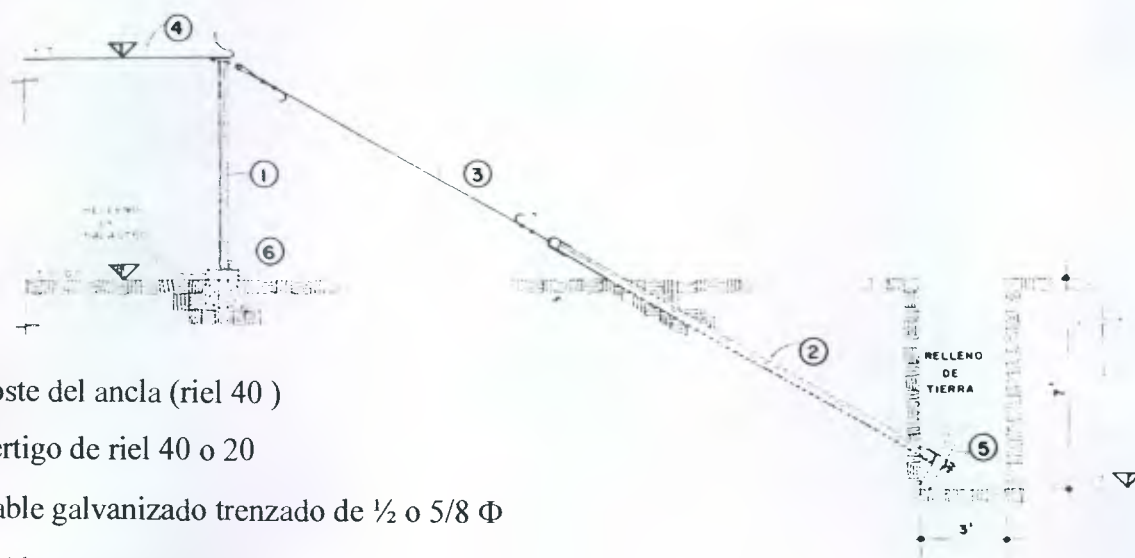
3.1.10 COMPONENTES DEL CABLE VÍA

A. Alambre de acero

El alambre de acero es una varilla de este metal, de aproximadamente 11 mm de diámetro, con una resistencia que varía entre 77 y 97 kg/mm² y una tensión de 7 kg/mm². Este material se construye especialmente para transportar banano y se presenta comercialmente en rollos cuya longitud varía entre 200 y 800 m. Los cables se unen por medio de soldadura de alta resistencia (26).

B. Soportes terminales

Los soportes terminales son los mástiles o postes de anclaje que se utilizan para sostener el alambre de acero. Generalmente se utiliza para este fin, rieles de ferrocarril o cualquier otro tipo de material que pueda soportar la tensión del alambre de acero. Normalmente, el poste se instala en forma inclinada en sentido contrario a la dirección del cable, y es sujetado por un cable de acero de 10 m de longitud que se fija al suelo por medio de una base de cemento (Figura 6). Una vez que se instala el soporte, se procede a darle la tensión necesaria mediante un equipo especializado (26).



- 1 Poste del ancla (riel 40)
- 2 Pertigo de riel 40 o 20
- 3 Cable galvanizado trenzado de $\frac{1}{2}$ o $\frac{5}{8}$ Φ
- 4 Cable acerado de $\frac{7}{16}$ Φ
- 5 Baldosa de concreto (ancla)
- 6 Baldosa de concreto para el poste

Figura 6. Diseño del anclaje del cable-vía

C. Torres

Las torres son arcos de tubo galvanizado de 32 mm de diámetro, que mantienen el nivel del cable y que se separan por distancias que varían entre 10 y 15 m. Los extremos de la torre se fijan al suelo por medio de baldosa de cemento. La torre esta formada por el arco, la zeta, la planchuela, la baldosa y la caña fijadora.

La zeta es una varilla de hierro sólida cuya función es la de unir el cable con la parte superior de la torre, de manera tal que pueda moverse libremente hacia los lados, gracias a un pasador de fijación que esta posee.

El cable es sujetado a la zeta por medio de una plancha de hierro (chicharra), provista de una gasa que envuelve al cable y que se sujeta a la base por medio de tornillos. De esta manera, el cable se mantiene en su posición horizontal. En el momento de la instalación y nivelación del cable vía secundario, debe tenerse el cuidado de ubicar las zetas en su posición correcta, para que los rodines de transporte de fruta puedan pasar sin dificultad a través del cable (26).

D. Switches

Los "switches" son los desvíos que se utiliza para interconectar el cable vía secundario con el primario y funcionan de manera análoga a un cruce de vía de una línea de ferrocarril, su operación es manual y sencilla (26).

E. Carrito

El carrito esta diseñado para llevar jalado los racimos del banano hasta la planta de empaque, dentro de las características cabe mencionar que éste, guarda el centro de gravedad debido a que los rodos y el gancho que soporta el peso quedan alineados, dando margen a que este pueda tener movimientos laterales sin que este caiga al piso.

F. Descripción de los componentes del carrito

Está compuesto por dos poleas (rodos) que sirven para el rodamiento sobre el cable-vía , estas poleas son de acero con un diámetro exterior de 63 mm, un diámetro interior de forma hexagonal de 35 mm , el grueso es de 22 mm, el paso es en forma de U con una profundidad de 8 mm. El interior de la polea lleva unos rodamientos o cojinetes de bolas radiales serie BEP-22 doble sello con medidas en el exterior de 35 mm y en el interior de forma hexagonal de 13 mm.

Los rodos están sujetos por un marco doble de hierro galvanizado con dimensiones de alto 25 mm, largo 126 mm y un grosor de 5 mm, tiene dos agujeros en los extremos de diámetro de 9.7 mm que son los que alojan los ejes de los rodos, los cuales van roscados al marco con un diámetro de 9 mm rosca fina y su cuerpo es hexagonal ya que es el interior del rodamiento, en el extremo opuesto este se fija por una tuerca de seguridad de interior 9 mm y exterior de 14 mm, además el marco posee un agujero en el centro de 13 mm que es donde se aloja el gancho del carrito, este a su vez tiene un tope el cual no permite que el gancho del carrito se salga del marco de los rodos, este tope tiene 30 mm de largo por 16 mm de diámetro exterior y 13 mm de diámetro interior, además posee un agujero en el centro de 3.5 mm que es donde pasa una chaveta de 3.2 mm de diámetro por 35 mm de largo.

El gancho es una estructura de hierro galvanizado de 13 mm en forma de "dos" con el final en forma de gancho que es donde se coloca la cadena o lazo que es el que sujeta el racimo cosechado, este gancho tiene soldada una pieza de acero fundido en forma de "T" y en los extremos es donde se

colocan los separadores que a la vez hacen jaladores en la conformación del tren (Figura 7).

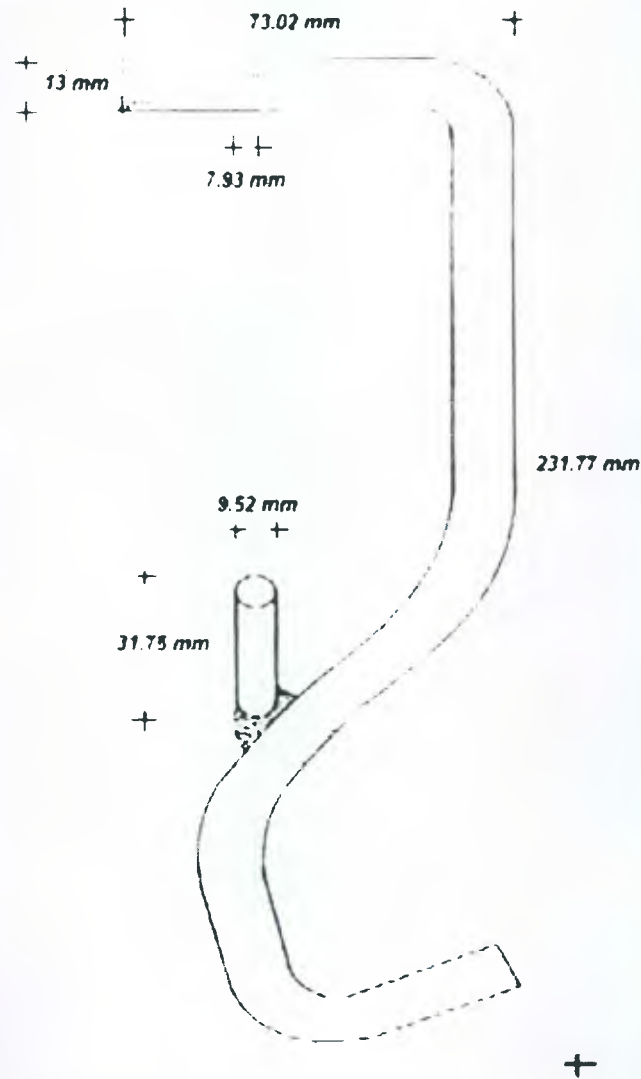


Figura 7. Croquis del gancho del carrito

3.1.11 PROCESO DE EMPAQUE

A. Recepción de fruta

Ventura citado por Flores (10), indica que esta actividad consiste principalmente en llevar el control del número de racimos que ingresan a la “araña” de la planta empacadora, clasificándolos de acuerdo al color de la cinta. Además, se lleva el control de la cantidad de fruta cosechada de los distintos colores de cinta, de los cables cosechados y el número de racimos rechazados.

Según Ortiz (26) entre los criterios para ser aceptados en las etapas sucesivas se tienen:

- a) Solamente se procederá a procesar fruta cosechada ese día, que este debidamente identificada con el color de cintas y cumpla con las especificaciones de grado indicadas en la orden de corte.
- b) No se procesará fruta que se haya caído durante la cosecha o el transporte y que presente mas de un 50 % afectado.
- b) Se desechará todo racimo deforme, pobre (generalmente menor de cinco manos, pero esto puede variar de acuerdo con la compañía de que se trate), que muestre algún grado de maduración, que presente algún daño químico, o que este afectado en grados severos por plagas, enfermedades como “speckling” (daños provocados por varios hongos, entre ellos *Fusarium sp.*), mancha de madurez (desorden fisiológico) u otro tipo de lesión fuerte.

B. Desflore

De acuerdo con Ortiz (26), este consiste en la eliminación de los residuos florales, práctica que puede efectuarse en el campo o en el patio de recibo; cuando esta se realiza en la empacadora, se debe ir de las manos inferiores hacia las superiores. Debido a que la liberación de látex es muy fuerte, es recomendable reducir al máximo el tiempo entre desflore y el desmane, con el objetivo de impedir que la fruta se seque y afecte la calidad de la mano.

C. Desmane

El desmane se realiza con el uso de cuchillos curvos o espátulas (cucharas) de acero, cuando el racimo se transporta y procesa en posición normal, es decir con las puntas de los dedos hacia arriba. Sin embargo, cualquiera que sea el método empleado, se debe tener todo el cuidado de realizar la práctica correctamente, ya que es durante esta etapa cuando ocurre la mayor cantidad de daño de fruta. A continuación, se anotan algunas recomendaciones para el éxito en la operación:

- a. Sea cual sea el instrumento utilizado este debe estar afilado correctamente.
- b. Las manos del racimo deben sujetarse firmemente con la mayor cantidad de dedos posible de la fila externa a efecto de evitar rasgaduras de estos o caída de la mano.

- c. Con el objetivo de facilitar la obtención de gajos durante el proceso de selección, es recomendable que el desmanador trate de separar las manos con la mayor cantidad posible de corona (tejido adyacente que une al raquis).
- d. Las manos se depositan lentamente sobre la superficie de la pila, tomando la precaución necesaria de no colocar manos sucesivas en un mismo lugar para evitar maltrato.
- e. La pila no debe ocupar mas de dos terceras partes de su capacidad, puesto que las pilas muy llenas causan daños a la fruta, dificultan la selección y atrasan el proceso. Esto ultimo es de mucha importancia porque la operación se paga por contrato, es decir por el número de cajas empacadas por día.
- f. La pila de desmane debe contar con flujo de agua limpia y con una carga no menor de 100 a 200 litros por minuto, que garantice contrarrestar la liberación de látex y permita la movilización de la fruta dentro de la pila (26).

D. Selección

Como su nombre lo indica, esta operación consiste en seleccionar la fruta adecuada y que reúna las especificaciones y tolerancias establecidas para exportar, lo cual se obtiene empleando personal técnicamente entrenado cuya función principal es seleccionar las manos recién separadas del racimo en gajos o "clusters" de un mínimo de 4 y un máximo de 10 dedos.

Esta etapa de proceso es muy delicada ya que de ella depende la calidad final de la fruta y puede realizarse con satisfacción aplicando correctamente las siguientes técnicas:

- a. Eliminación de dedos con defectos críticos (véase principales fuentes de rechazo).
- b. Hacer clusters compactos que faciliten el empaque.
- c. A cada cluster debe de dársele forma de cuadrado a la corona para obtener un empaque compacto.
- d. Cuando en una mano aparecen dedos deformes, y no se puede gajear bien se recomienda cortar el dedo y dejarle el pedicelo del banano de media pulgada de largo para no dañar la apariencia del gajo.

3.1.12 ESTÉTICA O ASPECTO DE LA FRUTA

Según Contreras citado por Flores (10), es la relación armónica entre las condiciones de la fruta y la ausencia de defectos en sus frutos individuales, aunado a la simetría del gajo en donde están agrupados.

Las condiciones de la fruta hacen referencia al grado de frescura, envejecimiento o madurez.

Los defectos más comunes valorados son de **tamaño**, relacionados con la longitud mínima, máxima y promedio, así como el índice de plenitud promedio. Defectos **superficiales**, como lesiones superficiales por raspadura, golpes y heridas ocasionadas durante su proceso productivo y el transporte. Defectos de **forma** y de **color**.

El último componente del aspecto es la simetría de gajo o “cluster”, que se refiere a la proporcionalidad, la configuración, el tipo de saneo y la confección de las coronas.

A. Principales fuentes de rechazo

Cardona citado por Flores (10), menciona las fuentes más comunes de rechazo de banano en Costa Rica:

a. Pecosos

Manchas por funguicida o por el hongo *Deightonella turulosa*.

b. Mancha de madurez

Mancha amarilla a café en la cáscara, similar a una madurez inicial del banano.

c. Fruta pobre

Fruta que no cumple con la longitud mínima o el grosor requerido debido a un mal desarrollo.

d. Quemadura de sol

Efectos del sol en épocas de días soleados o en áreas descubiertas como orillas de canales, carreteras, etc.

e. Látex

Produce una mancha de color pardo, desde oscuro hasta claro, ocasionado por derrames, consecuencia de heridas en la fruta, cortes de hojas u otros motivos, que permiten que el látex se seque sobre la superficie de los dedos (33).

f. Polvo

La acumulación de polvo en la cara de los dedos en época seca y a lo largo de caminos, puede ocasionar problemas con la calidad de la fruta (33).

g. Dedos con grasa

La presencia de grasa en los dedos, es un defecto grave en la calidad, esta irregularidad se debe al manejo de racimos durante la cosecha o el transporte, por operadores que han manipulado equipos con grasa (33).

h. Dedos con flor

Son producto de una mala desflora, y para empacarse, debe desprenderse la flor durante la selección (33).

i. Suciedades

Son residuos orgánicos descompuestos que se ubican en la base de la cara interna de las manos, las cuales pueden ser brácteas dejadas durante el embolsado, nidos de animales o porciones de hojas (33).

j. Maltrato de campo

Se clasifican como maltrato de campo, las magulladuras, raspaduras y golpes que presentan los frutos, resultado del manejo durante la cosecha y transporte a la planta de empaque (33).

k. Daño de punta de dedo

Se conoce así a la lesión causada por los florales endurecidos, en la superficie externa de los dedos de la mano superior, por roce durante el crecimiento natural, operaciones de cultivo, cosecha o transporte a la empacadora (33).

l. Daños por insecto

Son defectos que se presentan por lo general en la cara interior de las manos, como picaduras y rasgaduras causadas por insectos y otros animales como tacuazines y murciélagos (33).

m. Cicatrices vivas

Son raspaduras o cicatrices semicilíndricas de color negro o verde oscuro, de menor o mayor profundidad en la cáscara de los bananos (10), donde se ubican las lesiones de cuello roto, cicatriz de acarreo y cicatriz por fricción, todas localizadas en área del gajo, **con cero tolerancia a empaque**, y con estas características: daño reciente de la cáscara en el momento de la cosecha y transporte. La empresa chiquita en la planta de empaque las codifica de la manera siguiente: cicatrices vivas (SRV), cuello roto (CR), cicatriz de acarreo (SRA) y cicatriz de fricción (SRF) (4, 18).

n. Daño de cuello

Es una lesión del pedicelo de los dedos y es causada por el manejo de la fruta durante la cosecha, transporte, o desmane de las frutas con cuello quebrado, no se empacan (33).

o. Cicatriz de acarreo

Es una lesión producida entre la misma mano, la fila interna o inferior golpea con la punta de los dedos, a los dedos de la fila superior (10).

p. Cicatriz por fricción

Es una lesión producida entre la misma mano y entre los mismos dedos que se rozan en los costados entre sí (10).

3.1.13 RESORTES MECÁNICOS

Los resortes mecánicos se utilizan en las máquinas con objeto de ejercer fuerzas, proporcionar flexibilidad o absorber energía (21).

Los resortes actúan, frecuentemente, con tensiones de trabajo muy elevadas y con cargas que varían con continuidad. A nadie se le atribuye el origen del resorte, sino hasta que fue utilizado por primera vez en la maquinaria de relojería cuando sustituyó los pesados mecanismos de pesas usados

hasta entonces, donde fue introducido como una fuente de poder, esto fue usado en Italia aproximadamente en 1450, la siguiente introducción del resorte de espiral, fue inventado por Robert Hook en año de 1660 (32).

3.1.14 MECÁNICA DE RESORTES

Cualquier movimiento que se repita en intervalos de tiempo iguales, se llama movimiento periódico. El desplazamiento de una partícula en un movimiento periódico puede expresarse en términos de senos y cósenos, el término armónico se aplica a las expresiones que contienen estas funciones. Si una partícula en un movimiento periódico se mueve de ida y vuelta sobre la misma trayectoria, decimos que el movimiento es oscilatorio o vibratorio; muchos cuerpos oscilantes no se mueven en vaivén entre límites fijos bien definidos, porque las fuerzas friccionales disipan la energía del movimiento, estos movimientos reciben el nombre "*movimientos armónicos amortiguado*"(27).

La ecuación del movimiento del oscilador armónico amortiguado queda determinada por la segunda ley de movimiento ($F = ma$) en la que F es la suma de la fuerza restauradora $-kx$, que es una relación empírica conocida como la **ley de Hooke**; es un caso especial de una relación mas general, relativa a la deformación de los cuerpos elásticos, siempre que su deformación no sea demasiado grande. Si el sólido se deforma mas allá de cierto punto llamado **límite elástico**, ya no recuperará su forma original cuando cese de actuar la fuerza aplicada dado que paso al comportamiento plástico es aquella que no desaparece (irreversible) con la anulación de la causa. La plasticidad de los materiales está dada por su capacidad de poder deformarse sin por ello sufrir fractura.

Finalmente la fractura a medida que aumenta la resistencia de los materiales disminuye la deformación específica y por lo tanto su ductilidad. Se dice entonces que el material va ganando en **fragilidad** (9). El intervalo de fuerzas aplicadas en la que es válida la ley de hooke, se llama la "**región proporcional**" (27) como se nota en la Figura 8.

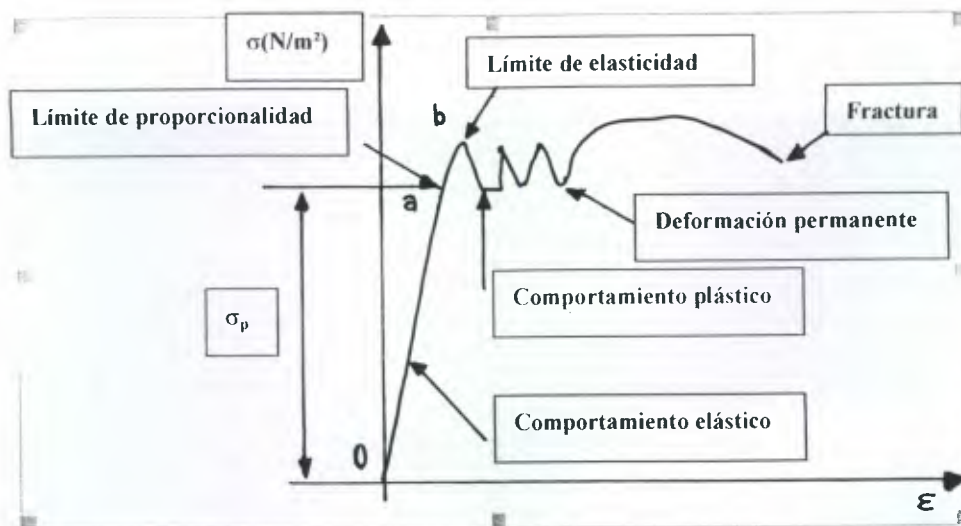


Figura 8. Grafica del limite elástico

La fuerza de amortiguamiento $-b \, dx/dt$, en la que b es una constante positiva, de aquí se obtiene $F=ma$

$$-kx - b \left(\frac{dx}{dt} \right) = m \left(\frac{d^2x}{dt^2} \right)$$

$$m \left(\frac{d^2x}{dt^2} \right) + b \left(\frac{dx}{dt} \right) + kx = 0$$

si b es pequeña, la solución de esta ecuación diferencial es

$$\frac{-bt}{2m}$$

$$x = Ae^{-\frac{bt}{2m}} \cos(\omega' t + \theta),$$

en donde

$$\omega' = 2\pi\nu' = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2m} \right)^2}$$

cuando existe fricción, la frecuencia es menor y el período mayor, la fricción hace mas lento al movimiento, como podría anticiparse. Si no hubiera fricción, b sería igual a cero y ω sería igual a $\sqrt{k/m}$ u ω , que es la frecuencia angular del movimiento sin amortiguación. Cuando hay fricción ω' es menor que ω , y la amplitud del movimiento disminuye gradualmente a cero. El intervalo de tiempo t durante el cual la amplitud disminuye a una fracción de $1/e$ de su valor inicial, recibe el nombre "*tiempo de vida promedio*" de la oscilación.

Si la fuerza de fricción es lo suficientemente grande b , se hace tan grande que la ecuación ya no

es una solución válida de la ecuación de movimiento. Entonces, el movimiento ya no tiene periodicidad alguna. El cuerpo simplemente regresa a su posición de equilibrio al soltarlo desde su desplazamiento inicial A.

En el movimiento armónico amortiguado, la energía del oscilador es disipada poco a poco por la fricción y tiende al valor cero conforme transcurre el tiempo.

A. Tipos de resortes

- a) Se consideran las **barras de torsión** para una relación no lineal de fuerza/deflexión en un intervalo limitado de deflexiones (24).
- b) **Resortes helicoidales** de tensión o de compresión para una relación aproximadamente lineal sobre un intervalo de deflexiones dependientes de sus dimensiones, con un margen amplio de posibilidades (24).
- c) **Resortes Belleville**, para grandes fuerzas y deflexiones pequeñas y con la posibilidad de relaciones no lineales de fuerza/ deflexión (24).
- d) **Resortes elastoméricos**, para añadir amortiguamiento al sistema (24).
- e) Resortes de aire, para los casos donde las características de fuerza/deflexión necesitan cambiarse frecuentemente (24).

B. Materiales para resortes helicoidales

Los resortes se manufacturan mediante procesos de trabajo en frío o en, caliente dependiendo del tamaño del material, el índice de resorte y las propiedades deseables. En general, el alambre pre-templado no debe utilizarse si $D/d < 4$ o si $d > 6$ o $\frac{1}{4}$ ". El devanado o enrollado de un resorte induce esfuerzos residuales de la flexión, pero estos son perpendiculares a la dirección de los esfuerzos traccio-torcionales en un resorte helicoidal (21).

Se dispone de muy diversos materiales para diseños de resortes, inclusive los aceros al carbono

simples, aleados y resistentes a la corrosión, así como materiales ferrosos, como bronce fosforado, latón para resortes, cobre-berilio y diversas aleaciones de níquel.

Los resortes helicoidales fabricados en frío, son alambres estirados en frío, teniendo los tamaños menores y mayor resistencia, debido a la mayor penetración del endurecimiento a partir del estirado en frío; el alambre estirado en frío es el barato y se utiliza allí donde las tensiones son bajas y solo hay carga estática, no debe utilizarse resortes de este material a temperaturas superiores a los 120 °C, ni para aplicaciones por debajo de 0 °C (32).

La cuerda de piano, es un acero de alta calidad y de gran contenido de carbono, utilizado con mucha profusión en los diámetros menores. Las restricciones en lo que se refiere a la temperatura son las misma que para los alambres estirados en frío (32).

Los alambres revenidos en aceite, se estiran en frío hasta alcanzar el tamaño deseado y entonces se les da un templado y revenido. Pueden utilizarse en muchos casos en los que los costos de los alambres cuerda de piano es prohibitivo, aunque normalmente no se consideran utilizables en donde necesitan una larga vida a la fatiga (32).

El acero inoxidable 302 (18% de cromo, 8% de níquel) tiene altas resistencias a la tracción y a la corrosión. Se puede utilizar a temperaturas de hasta unos 290 °C y por debajo de 0 °C. Tiene mejor resistencia a la deformación plástica para temperaturas mayores (32).

Acero al cromo-vanadio de uso extenso en aplicaciones que implican esfuerzos elevados, inadmisibles en aceros al carbono y donde se necesitan resistencia a la fatiga y alta durabilidad, también sirve para cargas de choque o impacto (21).

C. Constante y deflexión de resortes helicoidales

La constante del resorte se puede escribir como

$$R = \frac{Gd}{8c^3n}$$

Donde:

$$G = \text{módulo cortante} = \frac{E}{2(1+\nu)}, E = \text{módulo de young.}$$

d = diámetro de alambre.

c = índice c de del resorte (D/d).

n = número de vueltas activas.

El esfuerzo cortante en un resorte helicoidal cargado axialmente se puede escribir como

$$\sigma_{\theta z \max} = \frac{8Fc}{\pi d^2 q} \left(\left(4c - \frac{1}{4}c - 4 \right) + \left(\frac{0.615}{c} \right) \right)$$

donde :

F = fuerza

d = diámetro del alambre

c = para $c \geq 3$ y sometido a la ecuación que $\tan^{-1} \left(\frac{2p}{D} \right) < 10$

D. Resortes de compresión

La constante del resorte es en esencia lineal y concuerda con el valor que se ha calculado sobre el siguiente 60% del intervalo de deflexión y se incrementará en forma ligera sobre el valor calculado en el último 20 % del intervalo a medida que las bobinas sean presionadas progresivamente en firme contacto una con otra hasta que se llegue a la altura sólida (32).

El diseño de un resorte helicoidal de compresión se inicia usualmente seleccionando un diámetro de alambre d y un diámetro medio D de la bobina y comparando el esfuerzo cortante máximo para esta combinación, con el esfuerzo cortante de diseño, el cual se da como porcentaje del esfuerzo mínimo de tensión para diámetros estándares de alambres, si q representa la relación del esfuerzo cortante de diseño al esfuerzo mínimo de tensión, se puede calcular un esfuerzo cortante *comparativo* a partir de una modificación de la ecuación anterior

$$\sigma_{\theta z} = \frac{8Fc}{\pi d^2 q} \left(\left(4c - \frac{1}{4}c - 4 \right) + \left(\frac{0.615}{c} \right) \right)$$

Cuya magnitud corresponderá al esfuerzo mínimo de tensión listado para el diámetro seleccionado del alambre debido a que se puede especificar el diámetro interno D_i o el diámetro externo D_o (Figura 9).

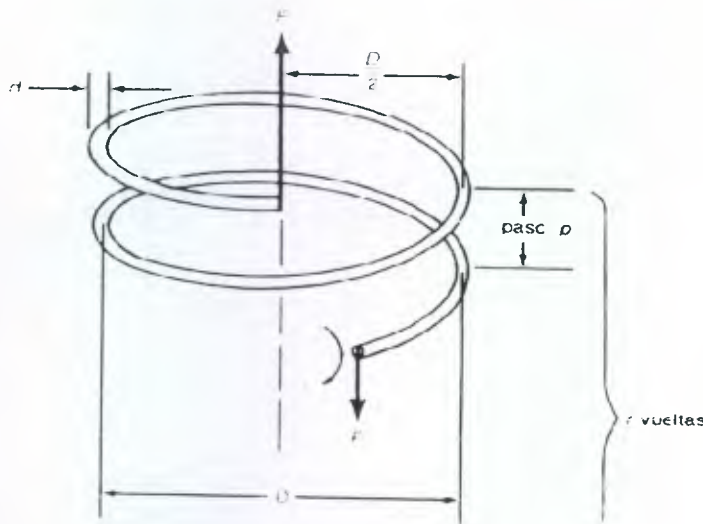


Figura 9. Componentes de un resorte helicoidal de compresión

E. Proyecto óptimo de un resorte helicoidal

La multiplicidad de símbolos en las ecuaciones de la tensión y deformación de los resortes helicoidales, hace en gran manera, que el problema general del proyecto de un resorte, sea un método de tanteo, con la posibilidad consecuente de la utilización de más material del necesario. Para muchas aplicaciones, debe proyectarse un resorte de manera que verifique las condiciones siguientes (32).

- a. El resorte debe ser capaz de ejercer la fuerza dada P , en su posición más alargada.
- b. En su posición más comprimida, la tensión cortante debida al momento torsor, no debe exceder el valor especificado.

Se considera únicamente el esfuerzo cortante debido al momento torsor, es fácil de demostrar que si se proyecta el resorte a fin de que la carga mínima, tensión y deformación, sean exactamente la mitad de la carga máxima, el resorte tendrá la cantidad mínima posible de material.

F. Fatiga de resortes helicoidales

Como la mayor parte de las roturas están producidas por la fatiga, una superficie irregular es el mayor defecto de los resortes formados en caliente. Usualmente se inicia una grieta de fatiga en una imperfección superficial en una zona de concentración de tensiones. La tensión límite de fatiga para las barras de acero simplemente laminado puede ser de 2,100 a 3,150 kg/cm. Se ve que estos valores para resortes reales son mucho más bajos que los límites de fatiga para el mismo material cuando se ensayan en laboratorio probetas pulimentadas (32).

También puede ser un origen de debilidad una capa de material decarburizado en la superficie como resultado del tratamiento térmico ya que el límite de fatiga de la superficie puede entonces ser inferior a la tensión de trabajo del resorte. La decarburización puede evitarse si se realiza el tratamiento térmico en una atmósfera controlada. La corrosión, incluso en sus formas más suaves, reduce mucho la resistencia a la fatiga. El cadmiado ofrece, en cierta medida, una protección contra la fatiga.

El chorreo con ranalla, que deja la superficie en compresión, ha demostrado ser muy eficaz para elevar la vida de los resortes en fatiga. También puede obtenerse una buena superficie mediante el empleo de material rectificado y atmósferas controladas pero los costos son relativamente altos. Tal superficie, sin embargo, se estropeará si se somete el resorte a un trabajo duro.

Si el resorte opera en condiciones de temperatura elevada, existe el peligro de termofluencia o deformación permanente a menos que se empleen tensiones muy bajas. Tales efectos se hacen apreciables por encima de 175 °C y los aceros ordinarios de resorte no pueden emplearse a temperaturas superiores a 200 °C. El acero inoxidable del tipo 18-8 resiste las temperaturas elevadas mejor que los otros aceros de resorte. Para temperaturas de 260 a 425 °C, debe emplearse acero de alta velocidad.

La rotura por impacto a baja temperatura puede evitarse frecuentemente disponiendo un tope que limite la deformación a valores seguros.

Muchos resortes de tipos especiales para diversos usos se estampan a partir de chapa plana. Para tensiones elevadas y condiciones de servicio duras, los bordes cizallados de los resortes planos

deben pulimentarse para evitar la formación de grietas de fatiga.

G. Proyecto para cargas variables con resortes helicoidales

Si la carga sobre el resorte varía continuamente, debe tenerse en cuenta en el proyecto la fatiga y las concentraciones de tensiones. El triángulo de tensiones de trabajo, debe modificarse, cuando el material del resorte se ensaya a esfuerzo cortante pulsátil desde cero a la tensión máxima. La relación entre el límite de fatiga en cortadura y la carga de rotura por tracción. Para tal ensayo, el intervalo de tensión es igual a la tensión media, o sea $\frac{1}{2} s'$ (32).

Por consiguiente, la recta por la que se sustituye aproximadamente la línea de rotura puede dibujarse a partir del punto A. La línea que da las tensiones de trabajo reales es paralela a ésta y puede dibujarse después de dividir la tensión de fluencia en cortadura por el coeficiente de seguridad.

El coeficiente de concentración de tensiones por curvatura, K_c , puede calcularse mediante la ecuación siguiente.

$$K_c = \frac{4c - 1}{4c - 4}$$

La tensión variable S_{sr} , según se determinó por la ecuaciones

$$S_s = \frac{2Pc^3}{\pi R^2} \left(1 + \frac{0.615}{c} \right)$$

para la carga variable P_r , se multiplica por K_c antes de llevar los valores a la Figura 10.

Como es usual al proyectar para cargas variables, se prescinde la concentración de tensiones cuando se utiliza la tensión media S_{sav} determinada a partir de la carga media P_{av} . Se supone también que las tensiones residuales por enrollado y debidas a la aplicación excéntrica de la carga son lo suficientemente pequeñas como para despreciarlas.

Estableciendo la proporcionalidad de los lados correspondientes de los triángulos semejantes, puede escribirse la ecuación siguiente:

En donde:

$$C_0 = \frac{4E}{D_0^2(1-\nu^2)}$$

$$C_1 = \pi \left(\frac{c+1}{c-1} - \frac{2}{\ln c} \right) * \left(\frac{c}{c-1} \right)^2$$

$$C_2 = \frac{\pi}{6} \left(\frac{c}{c-1} \right)^2 \ln c$$

En la cual ν representa la relación de poisson y $c = D_0/D_i$. Los esfuerzos en los puntos **a**, **b** y **c**, están dados por

$$\sigma_a = -C_0 \delta \left[C_3 \left(h - \frac{\delta}{2} \right) + C_4 t \right]$$

$$\sigma_b = C_0 \delta \left[C_4 - C_3 \left(h - \frac{\delta}{2} \right) \right] \delta$$

$$\sigma_c = C_0 \delta \left[C_5 \left(h - \frac{\delta}{2} \right) + C_6 t \right]$$

en donde:

$$C_3 = \left(\frac{c}{c-1} \right)^2 \left(\frac{c-1}{\ln c} - 1 \right)$$

$$C_4 = \frac{c^2}{2(c-1)}$$

$$C_5 = \left(\frac{6}{\pi \ln c} \right) \left(1 - \frac{c-1}{c \ln c} \right)$$

$$C_6 = \left(\frac{3}{\pi \ln c} \right) \left(\frac{c-1}{c} \right)$$

La fuerza para la posición plana de un resorte de disco se puede encontrar a partir de la condición de que $\delta = h$ así :

$$F_{plana} = C_0 C_2 h \zeta^3$$

Si los resortes de disco se apoyan solamente en sus bordes internos y externos, se pueden deflexionar el doble de su altura (Figura 11).

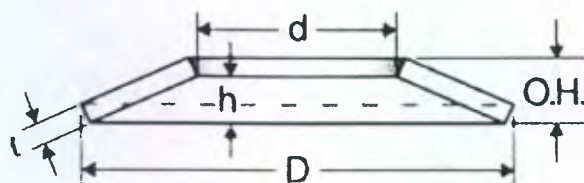


Figura 11. Dimensiones básicas de un resorte belleville

3.1.15 LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA TIPO A

El clima es estudiado por la climatología pero el tiempo lo es por la meteorología, los fenómenos meteorológicos que en forma conjunta constituyen y caracterizan el tiempo. Se entiende por tiempo el estado atmosférico característico de un lugar durante un momento dado.

Representan los elementos del tiempo los “hídricos” vapor de agua como nubes, humedad del aire, evaporación, precipitación, rocío, escarcha, granizo y nieve. Y los “energéticos” tales como la radiación solar, brillo solar, temperatura y viento (3).

La estación meteorológica está ubicada en la misma unidad productiva y es del tipo A, para poder evaluar la magnitud y ocurrencia de todos los parámetros meteorológicos, cuenta con una instrumentación electrónica.

El diseño de la instrumentación para medir variables climáticas se basa en el empleo de transductores analógicos, que se encargan de traducir un cambio de una variable física en una variable eléctrica. La salida de cada transductor es estandarizada para un rango de 0 a 5 voltios para la escala completa de cada transductor.

El muestreo de las señales se hace en forma multiplexado utilizando un ADC de 8 canales tomando muestras periódicamente, donde la velocidad de muestreo puede ser relativamente lenta, pues los parámetros a medir no presentan cambios bruscos en un instante.

El algoritmo de funcionamiento del sistema contempla el control del muestreo, el ordenamiento de la información, así como la transmisión de datos (14).

A. Monitor

Exhibe e indica: temperatura y humedad relativa interior o exterior, efecto enfriamiento por viento (wind chill), punto de rocío, velocidad y dirección del viento, lluvia caída, símbolos de predicción del tiempo, histograma de evolución, radiación solar, alarmas, presión barométrica en hPa, barograma del desarrollo de la presión barométrica, indicación de la tendencia de la presión. Posibilidad de calibración de la presión y cantidad de lluvia (7).

B. Temperatura

Este parámetro es de singular importancia como elemento constitutivo del clima, tomándolo desde el punto de vista meteorológico, las variaciones de la temperatura del aire son la causa inicial de un gran número de fenómenos meteorológicos, siendo por lo tanto un elemento generador o coadyuvante de todos los fenómenos atmosféricos, entonces es una medida de intensidad del calor y no una cantidad (3).

El sensor de temperatura funciona en base del hecho de que la corriente de gas inversa de una unión de material semiconductor es proporcional a la temperatura absoluta, para el caso del circuito integrado, utilizado se tiene una variación de 10 milivolts por cada grado Kelvin de temperatura, su área de linealidad es dentro de los -40 y los 100 °C, con una resolución de 1 °C (7).

La salida de este dispositivo es restada a un voltaje fijo regulado que representa el valor mínimo de temperatura que se va a considerar, una vez restado este voltaje se amplificara para lograr el rango que corresponda al ADC (14).

C. Humedad relativa

La humedad relativa no es mas que la cantidad de vapor de agua que se encuentra suspendida en la atmósfera.

El método utilizado para medir el porcentaje de humedad, es la relación de dos termómetros, uno de los cuales es humedecido, así cuando se hace circular aire que proviene del ambiente se manifestara entre los dos termómetros una diferencia de temperatura que será proporcional a la humedad que exista en el medio ambiente y a la temperatura de dicho lugar, su rango esta entre 0 y 100 por ciento (14).

D. Viento

El viento en su movimiento queda definido por su dirección y velocidad, así el anemómetro mide estas características del movimiento, el mas usado es el llamado molinete de Robinson que se compone de tres brazos horizontales que forman ángulos de 120° y fijos sobre un eje vertical que puede girar libremente, transmite los datos de dirección y velocidad del viento (3).

El sensor hace la velocidad lineal del viento que es convertida a una velocidad angular w , cuando una corriente de aire hace girar a un generador que transforma este movimiento en un voltaje de corriente directa a través de un convertidor de frecuencia de voltaje, expresado en km/hr, su rango esta entre 0 a 60 m/s (14).

El sensor de dirección encuentra la posición de una veleta, puede ser detectada con mucha precisión por medio de un elemento resistivo lineal donde la variación de posición representa una variación en el voltaje leído, expresado en grados sexagesimales (circulo de 360°) o bien por rumbos (14).

E. Precipitación

La formación y la disipación de las nubes esta íntimamente relacionada con los movimientos del aire, y los componentes verticales son de particular importancia. El aire ascendente encontrará condiciones de baja presión; el se enfriará por expansión y se puede alcanzar o sobrepasar el límite de saturación. Por el contrario, el aire descendente se calentará por compresión y el agua se evaporará.

El mecanismo que hace posible que la precipitación se manifieste es la condensación y la misma se debe al enfriamiento del vapor de agua. En condiciones atmosféricas normales existe una

sencilla relación entre la temperatura y la capacidad del agua de permanecer en estado de vapor de agua de elevada energía.

Cuando más elevada sea la temperatura del vapor, con más velocidad se mueven sus moléculas. Cuando las moléculas se mueven con rapidez suficiente pueden acumularse muchas de ellas en un espacio dado sin adherirse a objetos sólidos próximos, así el aire se enfría, las moléculas se retardan y al golpear superficies, partículas de sal, gotas ácidas (sulfatos) y partículas de suelo se hallan en la atmósfera y constituyen los núcleos de condensación, tienden a juntarse. El vapor comienza a condensarse (3).

La precipitación del vapor de agua de la atmósfera puede ser en forma de lluvia (líquido), nieve (sólido), así como rocío (líquido), escarcha y granizo (sólido).

El análisis de la lluvia implica que se debe estudiar su cantidad o sea el número de milímetros por día, su duración (el tiempo en que esta se presentó), la intensidad (la cantidad entre el tiempo) y la frecuencia.

Para su medición se utiliza el pluviómetro el cual se calibra en milímetros y transmite los datos de lluvia caída, con el rango de 0 a 991 mm/ hr con una resolución de 1 mm., el tiempo acumulado de 24 hrs. El tiempo de mediación es de 1 impulso por 1 mm equivalente a 1 litro por metro (14).

F. Radiación solar

Todos los cuerpos emiten energía radiante en la forma de ondas electromagnéticas cuando ellos tienen una temperatura sobre los cero grados absolutos. La fuente de esta radiación es el incesante movimiento molecular. Durante la colisión, o más generalmente como resultado de las interacciones entre las moléculas, parte de esa energía es transformada en radiación. Al contrario, la radiación puede ser absorbida por las moléculas y convertida en energía cinética o potencial, elevando la temperatura del cuerpo.

La cantidad de energía radiante emitida, transferida o recibida por unidad de tiempo es llamada "flux" (radiante) (3).

Flux es energía por unidad de tiempo, en meteorología la $\text{cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, una caloría es el calor requerido para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua de 14.5 a 15.5 °C.

La radiación, tanto solar como terrestre, es afectada por la atmósfera por medio de fenómenos como absorción, reflexión, dispersión, etc.

El ángulo de incidencia o la ley de "Lambert" establece que la intensidad de radiación (IO) emitida desde la superficie de un cuerpo, con una dirección cuyo ángulo es θ con respecto a la normal de la superficie, es proporcional al $\cos \theta$.

Se tiene ángulo de incidencia "horario", que es el formado por la vertical y los rayos solares de acuerdo a la hora del día, para un lugar dado.

El ángulo de elevación del sol produce cambios en la cantidad de energía recibida; en consecuencia una superficie recibe más rayos cuando caen perpendicularmente, cuando la elevación del sol es menor, sus rayos cubren una área mayor y por lo tanto la energía por unidad de superficie es menor.

El ángulo de incidencia determina no solo la intensidad de radiación que llega al suelo, sino que además, conforme aumenta la inclinación de los rayos, la distancia que ellos tienen que recorrer aumenta y a mayor distancia más grande será la absorción y difusión en el aire, especialmente en las capas inferiores.

La nubosidad, si es suficientemente espesa y completa, puede formar una barrera que impida la penetración de la insolación. Este efecto de la nubosidad opera también en sentido contrario, ya que ella retiene la mayor parte del calor que sería perdido por la tierra en forma de radiación (3).

3.1.16 MODELO MATEMÁTICO

Menciona Seidner (29) que los modelos simbólicos o matemáticos: son los más usuales en las ciencias cuantitativas. Representan los elementos, agentes o actores de un sistema a través de variables

matemáticas y el comportamiento del sistema: se define mediante ecuaciones o funciones. Pueden o no tener un resultado exacto, pues incluyen los términos de perturbación y error.

Existen varias interpretaciones de lo que un modelo significa, dependiendo del uso que se le pretenda dar o de la finalidad con que es construido. Sin embargo, todos los enfoques coinciden en definir que un modelo es "*una abstracción de la realidad que pretende representar un fenómeno existente o por existir, o que puede también reflejar cierta conducta o patrón de comportamiento*" (29).

La construcción de un modelo se asocia a la idealización de una realidad, que partiendo de ciertos supuestos y estableciendo determinados parámetros, trata de simplificarla y explicarla.

La clasificación e identificación de los modelos resulta muy extensa cuando se trata de analizar cada uno de ellos; para poder entenderla es necesario hacer una importante separación entre lo que son modelos cuantitativos o cuantificables y modelos cualitativos o no cuantificables (29).

A. Modelos cuantitativos

Como menciona Seidner, son aquellos que como su nombre lo indica, pueden cuantificarse o matematizarse. Generalmente se expresan mediante una función algebraica y geométrica y su resultado se presenta numéricamente.

Los modelos matemáticos se subdividen a su vez en: Modelos Determinísticos y Modelos Probabilísticos

La diferencia fundamental entre ambos tipos de modelos matemáticos es en la forma de calcular el valor de las variables consideradas por el modelo. Si el valor de alguna de las variables no es conocido con exactitud y se supone que su comportamiento puede aproximarse a alguna función teórica. De probabilidad se calcula así un valor esperado, el modelo resulta Probabilístico.

B. Construcción de un Modelo Matemático

De acuerdo con Seidner un modelo matemático intenta representar la realidad a través de funciones o ecuaciones que expresen de alguna manera el comportamiento esperado del sistema. Para

ello hace uso de expresiones matemáticas que se clasifican en constantes y en variables.

Una constante es aquella expresada por un valor numérico fijo (que no varía). Es un número o cantidad constante. Las variables por su parte, son expresadas a través de letras u otros símbolos similares, cuyo valor cambia de acuerdo con las circunstancias, período de tiempo, y demás factores que influyen en la puesta en marcha del modelo.

Como su nombre lo indica, las variables pueden tomar distintos valores, cuyo cambio puede estar o no bajo el control de quien analiza el modelo. Esta situación provoca una clasificación de variables en exógenas y endógenas.

a. Variables exógenas

Son aquellas cuyo valor puede ser manipulado por el analista del modelo. El valor asignado a estas variables es determinado desde "afuera" del propio modelo. Se les asigna una cantidad numérica, y se introduce al modelo. Estas variables están "bajo control" del investigador.

b. Variables endógenas

Son aquellas cuyo valor es determinado por la estructura "interna" del modelo, y dependen de su forma funcional. El valor de estas variables depende del valor asignado a las variables endógenas y se encuentra a partir de la operación del modelo. Su resultado no puede ser arbitrario, ni está sujeto a discreción del analista. La clasificación de estas variables puede ampliarse con la separación entre Variables de decisión y parámetros.

b.1 Variables de decisión

Son las incógnitas que deben determinarse con la solución del modelo. Su valor es completamente desconocido y puede variar infinitamente.

b.2 Variables paramétricas

Son variables cuyo valor oscila dentro de ciertos parámetros establecidos. Existe un rango que determina el valor que estas variables pueden tomar. Generalmente estas variables se expresan como valores pertenecientes a cierto intervalo.

En un modelo matemático, la combinación de constantes y variables determinadas por su constructor constituye las ecuaciones o funciones mediante las cuales se representa la realidad analizada. Estas funciones o ecuaciones son estructuras algebraicas que combinan números, letras, signos y símbolos, a las cuales se pretende dar solución. Estas ecuaciones pueden a su vez, ser clasificadas en funciones objetivo y restricciones.

c. Funciones objetivo

Son aquellas que representan la esencia del modelo. La solución de las mismas es el enfoque fundamental de la investigación.

d. Funciones de restricción

Representan condiciones bajo las cuales deben solucionarse las funciones objetivo. Son limitaciones a las cuales se encuentra sujeta la solución del modelo. Generalmente se establecen para hacer más consistente el modelo con la realidad.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Se localizó en finca Hopy, de la compañía Bananera Independiente (COBIGUA), la cual está ubicada en la parte noreste del departamento de Izabal. Las coordenadas de la finca son las siguientes: 15° 39' 07" latitud norte y 88° 24' 00" longitud oeste. Se encuentra a una elevación de 11 msnm (15).

3.2.2 VÍAS DE ACCESO

Desde la capital de la república de Guatemala, se llega por la carretera interoceánica CA-9, que va hacia puerto Barrios, luego se toma la carretera CA-13 que va hacia la frontera con Honduras, a la altura del kilómetro 302 (15).

3.2.3 SUELOS

Según Simmons *et al.*, (30) los suelos predominantes de la zona corresponden a la serie Inca, suelos aluviales profundos, mal drenados, por lo que se requiere de drenaje artificial, que están desarrollados en un clima cálido y húmedo. Ocupan relieves planos a elevaciones bajas al este de Guatemala. Se asemejan a los suelos Polochic que se encuentran en el valle del mismo nombre, pero estos son calcáreos a diferencia de los Inca. La vegetación consiste en un bosque alto con maleza baja y densa. Los suelos del área pertenecen a las tierras bajas inundables del petén-caribe y dentro de estos predominan los suelos aluviales no diferenciados con texturas que varían de franco-arcilloso-arenoso. Son suelos profundos con pH que oscila entre 5.5 y 7.0.

3.2.4 ZONA DE VIDA Y CLIMA

La finca se encuentran enmarcada dentro del Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido, bmh-Sc (c) (6). Según la clasificación Torntwaite, (23) esta zona se ubica en una región con clima húmedo, con invierno benigno, vegetación de bosque natural, sin una estación seca bien definida. La temperatura medio anual es de 26 ° C, la precipitación pluvial al año es de entre 2,500 y 3000 mm.

3.2.5 TIPOS DE ELASTÓMEROS (RESORTES) EVALUADOS

A. RESORTE DE COMPRESIÓN (HELICOIDAL)

Este tipo de resorte y material es el que se utilizó para los tratamientos 1 y 2. Esta compuesto por un resorte que trabaja con una carga de fatiga, a temperatura ambiente en un ambiente no corrosivo, En el diseño del resorte se empleó extremos cerrados rectificadas de hélice de mano derecha.

El material de fabricación es de alambre para resorte de hierro redondo ASTM A227, usando un modulo de elasticidad de 79289.70, el limite de elasticidad es de 44 – 55 % con un diámetro de alambre de 2.5 mm, el tipo de extremos es cerrado y rectificado, el trabajo máximo de carga está en el orden de los 180 N y la carga mínima es de 66 N, la razón de carga es de 21.87 N/mm; el diámetro del resorte externo es de 20.22 mm y el interno de 15.21 mm, el número total vueltas es de 5.2, vueltas activas 3.2, la deflexión máxima es 11.9 mm, la altura sólida es de 12.98 mm y la longitud libre es de 28.28 mm, el índice es de 7.1, una vida útil de 1,000,000 de deflexiones (8).

B. RESORTE DE BELLEVILLE O ARANDELA

Este tipo de resorte y material es el que se utilizó para los tratamientos 3 y 4. Esta compuesto por cuatro resortes belleville en arreglo en serie, la geometría del resorte individual tiene diámetro interior de 3.20 mm y un diámetro exterior de 8.0 mm, el grosor de material de aproximadamente 0.40 mm, con una altura libre aproximada de 0.45 mm y una altura plana ($s= 0.75$) de 0.037 mm.

El material es DIN 17221, 54SiCr6, el modulo de elasticidad a 20 °C es 206000.00 N/mm², el numero de poisson es de 0.310, las carga máxima es de 180 N y la mínima de 65 N, y son dinámicas.

Las propiedades del resorte individual son: razón de diámetro es de 2.50, coeficientes, $k_1= 0.761$, $k_2 = 1.328$, $k_3 = 1.563$ y $k_4 = 1.00$, la fuerza mínima es de 16.250 N, la máxima es de 47.250 N y la fuerza para aplanarla es de 59.91 N, la distancia que recorrerá con la fuerza mínima es de 0.436 mm, y con la fuerza máxima avanzará 0.410 mm.

El sistema en paquete de serie, posee las siguientes características, altura sin carga 1.650 mm, con la carga mínima 1.635 mm y con la máxima 1.610 mm, para un total recorrido de 0.04 mm, la fuerza en el sistema mínimo es de 65 N, la máxima de 189 N y para aplanar 239 N, el porcentaje de distancia recorrida por el paquete es de 106.66 %, el de fuerza usada es de 104.90 % y el uso de resistencia de fatiga es de 43.41 % (28).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar cuatro modificaciones con elastómeros metálicos (resortes) realizadas al carrito que transporta los racimos de banano por el cable-vía y su efecto sobre las lesiones mecánicas en los glomérulos florales de banano expresadas en kilogramos de pérdida por racimo transportado.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 4.2.1 Determinar con cual de las modificaciones realizadas al carrito para transporte de banano se presenta el menor daño físico sobre los glomérulos florales del banano expresado en kilogramos perdidos por racimo transportado.
- 4.2.2 Evaluar sí las variables independientes, peso del racimo, grado subbasal, longitud exterior, índice de curvatura del banano, distancia de transporte, temperatura, brillo solar, precipitación pluvial y humedad relativa afectan el transporte por el cable-vía de los racimos de banano desde el lugar de cosecha hasta la planta de procesamiento y empaque.
- 4.2.3 Generar modelos matemáticos que permitan predecir el daño mecánico de los glomérulos florales del banano en función del peso del racimo, grado subbasal, longitud exterior, índice de curvatura del banano, distancia de transporte, temperatura, brillo solar, precipitación pluvial y humedad relativa.
- 4.2.4 Identificar que alternativa de modificación al carrito transportador de banano por el cable-vía ofrece la mayor ganancia neta por racimo transportado.

5. HIPÓTESIS

- 5.1 Por lo menos una de las modalidades de elastómeros metálicos, producirá el menor daño mecánico en los glomérulos florales del banano expresado en kilogramos por racimo.
- 5.2 Las variables que tienen efecto directo sobre el daño físico provocado en los glomérulos florales del banano son: hora del día, peso del racimo, distancia del cable a cosechar, lluvia, brillo solar, grado del banano y longitud exterior del banano.
- 5.3 Es posible generar modelos matemáticos que relacionen el daño físico asociado a los glomérulos florales (cuello roto, cicatriz de acarreo, cicatriz de fricción y cicatriz viva) con las variables, peso del racimo, grado subbasal, longitud exterior, índice de curvatura del banano, distancia de transporte, temperatura, brillo solar, precipitación pluvial y humedad relativa.
- 5.4 Al menos una modificación al carrito transportador de banano reducirá las pérdidas de banano por transporte a un costo viable.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en la plantación bananera ya establecida de finca Hopy, la cual pertenece a la compañía bananera independiente (COBIGUA), que se localiza al noreste del departamento de Izabal en una extensión de 348.22 hectáreas.

6.2 TRATAMIENTOS

Para transportar cada racimo de banano por el cable-vía desde el lugar de cosecha hasta la planta empacadora se utiliza un “carrito” que se desplaza sobre el cable-vía y que dispone de un gancho al cual se sujeta el racimo; éste carrito actualmente no dispone de ningún sistema de amortiguamiento (tratamiento testigo = T5) que mitigue los saltos y golpes que se producen en el racimo de banano al pasar éste por los clips, switches y curvas que forman parte de la infraestructura del cable-vía (Figura 12).



Figura 12. a) Carrito que actualmente se emplea para transportar los racimos de banano por el cable-vía sin sistema de amortiguamiento y que corresponde al tratamiento testigo, b) clips, c) switches d y e) curvas del cable vía.

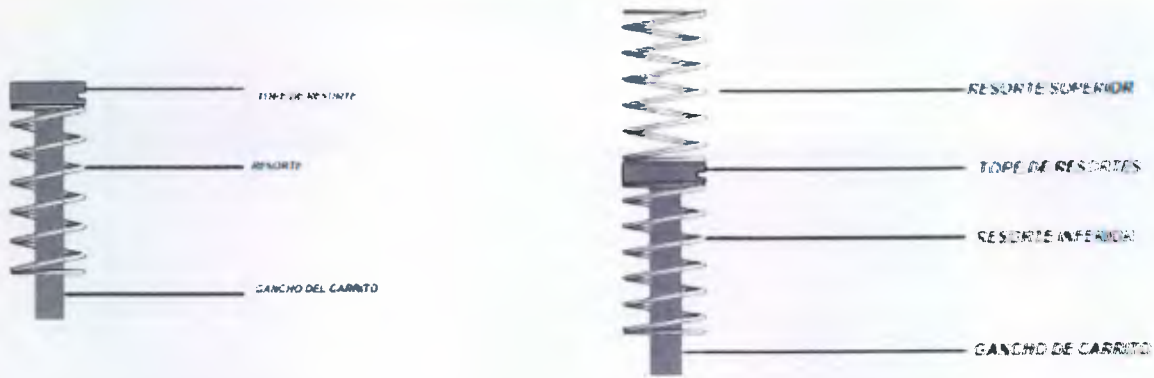
Al carrito base (tratamiento testigo = T5) para transportar los racimos de banano, se le realizaron modificaciones que consistieron en sistemas de amortiguamiento para evitar golpes bruscos al racimo, con lo que se buscaba reducir las pérdidas totales (cicatrices vivas) por lesiones mecánicas (cuello roto, cicatriz por acarreo "*lesión entre manos*" y cicatriz por fricción "*lesión entre dedos*") debidas al transporte por el cable-vía expresadas en kilogramos perdidos por cada racimo transportado desde el punto de cosecha hasta la planta empacadora. Se realizaron cuatro modificaciones al carrito base, cada modificación se constituyó en un tratamiento más el carrito sin modificar (testigo) se evaluó un total de cinco tratamientos como sigue:

- Tratamiento 1:** Carrito modificado con un elastómero (resorte) de compresión helicoidal.
- Tratamiento 2:** Carrito modificado con dos elastómeros (resortes) de compresión helicoidal.
- Tratamiento 3:** Carrito modificado con un elastómero (resorte) de Belleville o arandela.
- Tratamiento 4:** Carrito modificado con dos elastómeros (resortes) de Belleville o arandela.
- Tratamiento 5:** Carrito sin modificar (Testigo).

La descripción técnica de los elastómeros (resortes) de compresión helicoidal y los de Belleville o arandela en cuanto a la elasticidad, carga y geometría se indica detalladamente en el inciso 3.2.5 del marco referencial del presente documento.

El alojamiento de los elastómeros fue dentro de una carcasa de hierro de forma cilíndrica con dimensiones interiores de 22.25 mm y grueso de paredes de 2.5 mm. Así la medida exterior es de 25.22 mm, con fondo roscado y de 8 mm de grosor y con un orificio en el centro de 13 mm, por donde corre el eje del gancho que sostiene el racimo de banano, en la parte media interna está el separador de resortes el cual posee en la parte superior una guía soldada de 12.9 mm, y en la parte inferior estará atornillado al eje del gancho, este en forma de corona para que se pueda colocar un seguro (pasador) para evitar el desenrosque, las dimensiones de este separador son un diámetro externo de 21 mm y una altura de 8 mm, la parte superior o tope roscada con el fin de supervisar la disposición del dispositivo colocado.

Los esquemas de los elastómeros así como la forma de cómo se acondicionan los elastómeros al carrito base transportador de banano se presenta en la Figura 13.



a) Elastómero helicoidal simple (tratamiento 1) b) Elastómero helicoidal doble (tratamiento 2)



c) Elastómero Belleville o arandela simple (Tratamiento 3)

d) Elastómero Belleville o arandela doble (Tratamiento 4)



e) Integración de los componentes al carrito



f) Vista del carrito armado y listo para operar

Figura 13. Esquema de los elastómeros empleados en los tratamientos (a, b, c, d) y vista de su integración al carrito transportador de banano (e y f).

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación se empleó el diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y veinte repeticiones para un total de 100 unidades experimentales.

6.3.1 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistió de tres carritos de un mismo tratamiento (unidad bruta) unidos entre sí por medio de barras de metal, cada uno con un racimo de banano fijado a su respectivo gancho que fueron transportados desde el lugar de corte hasta la planta empacadora. Como unidad neta para la toma y lectura de los datos se consideró al racimo de banano del carrito transportador del centro de la unidad bruta, despreciando así los dos racimos adyacentes (Figura 14).

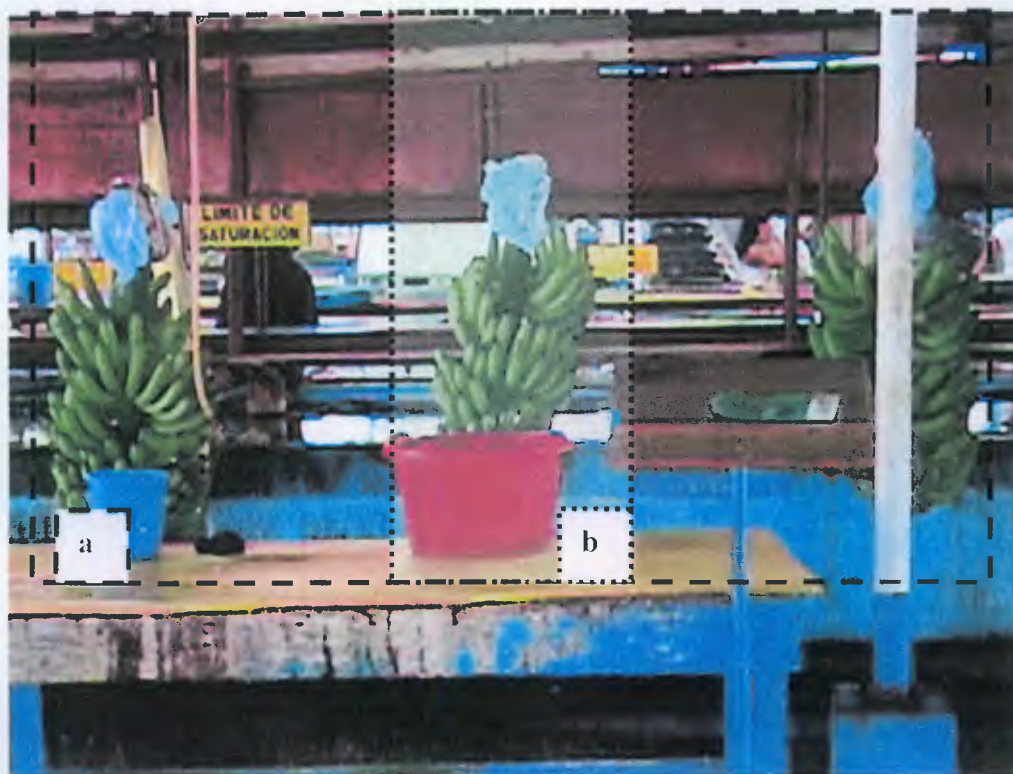


Figura 14. Unidad experimental a) los tres racimos unidad bruta, b) el racimo central unidad neta.

6.3.2 BLOQUE O REPETICIÓN

Cada bloque consistió de cinco unidades experimentales (una de cada tratamiento), lo cual hace un total de 15 racimos por bloque transportados desde el punto de cosecha hasta la planta empacadora.

Cada bloque de tratamientos se repitió veinte veces (dos bloques diarios durante diez días), bloqueando en cada oportunidad las variables siguientes: distancia transportada, precipitación, brillo solar, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura promedio durante el transporte de los racimos desde el punto de cosecha hasta la planta empacadora, las cuales fueron distintas en cada oportunidad.

6.3.3 MODELO ESTADÍSTICO

De acuerdo con Montgomery (19) los bloques completos al azar se modelan así

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde :

- Y_{ij} = variable de respuesta en la ij- esima unidad experimental
- μ = efecto de la media general del experimento
- T_i = efecto del i-esimo tratamiento
- β_j = efecto del j-esimo bloque
- ϵ_{ij} = error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental
- i = 1,2,3,4,5 tratamientos
- j = 1,2,3...20 repeticiones

6.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se le asignaron los carritos (tratamientos), a la cuadrilla de corte dos veces por día y lo repitieron hasta que dio la vuelta por el equipo de cuadrillas de corte, de esa manera los cables fueron tomados al azar según la orden de corte del día, es decir que las distancias del punto de cosecha hasta la planta empacadora fueron variables.

Los tratamientos (tres carritos con sus racimos de banano) dentro de un mismo bloque se distribuyeron al azar sobre el cable-vía. Para un mismo día los bloques de la mañana se corrieron entre 9:00 a 12:00 horas y los bloques de la tarde entre 13:00 a 18:00 horas.

Los racimos se cosecharon con el rango de grados sub-basal que la planta empacadora permitió, usualmente entre de 11 hasta 17.

El “Juntero-jalador”, recibió del cortero en una almohadilla en buen estado los racimos cortados, para llevarlos hasta el cable-vía, para hacer la operación el “juntero” esperó debajo del racimo mientras que el cortero doblaba la mata suavemente, y cortaba el racimo para recibirlo en la almohadilla sobre su hombro. Siempre se recibió el racimo justo por el frente de la segunda mano basal, para que las manos pares quedaran abajo recostadas sobre la almohadilla, y las manos impares quedaran arriba, para evitar daño de punta entre la primera y tercera mano basal que están entre las mas grandes y pesadas del racimo.

Luego se transportó cada bloque o tren de fruta de 15 racimos desde el lugar de cosecha hasta la planta empacadora, donde se recogieron los equipos y los materiales de trabajo (15 rodos y 14 varillas).

6.5 VARIABLES DE RESPUESTA

6.5.1 VARIABLES DE PRODUCCIÓN

- A. Peso bruto (kilogramos).
- B. Grado sub-basal (1/32 de pulgada).
- C. Longitud exterior del dedo (centímetros).
- D. Índice de curvatura (adimensional).

6.5.2 VARIABLES DE SELECCIÓN

- A. Cuello roto “CR” (kilogramos perdidos por racimo transportado).
- B. Cicatriz entre manos por acarreo “SRA” (kilogramos perdidos por racimo transportado).
- C. Cicatriz entre dedos por fricción “SRF” (kilogramos perdidos por racimo transportado).
- D. Total de lesiones por transporte “SRV” (cuello roto, acarreo y fricción) (kilogramos perdidos por racimo transportado).

6.5.3 VARIABLES CLIMÁTICAS

- A. Distancia del punto de corte hasta la planta empacadora (metros).
- B. Temperatura promedio (grados centígrados).
- C. Precipitación (milímetros).
- D. Brillo (Flux).

- E. Velocidad del viento (kilómetros por hora).
- F. Humedad relativa (Porcentaje).

Todas estas variables se midieron una hora antes y una hora después del momento inicial del transporte del banano.

6.6 MATERIALES

6.6.1 CAMPO

- A. Esponjas
- B. Carritos marcados (tratamientos)
- C. Varillas
- D. Calibrador
- E. Bolsones para esponjas
- F. Almohadilla para juntar
- G. Rodos o carritos
- H. Machete
- I. Pica
- J. Estación meteorológica tipo "A".

6.6.2 PLANTA EMPACADORA

- A. Una romana (50 kg) para el peso de racimo bruto y otra para la merma y peso de exportación
- B. Un vernier de 1/32 de pulgada
- C. Una cinta métrica (15 cm)
- D. Mesa para diagnosticar el perfil del racimo
- E. Bandejas para colocar la fruta
- F. Formatos de captura de datos
- G. Tablilla y lápiz 2HB

6.7 RECURSO HUMANO REQUERIDO

6.7.1 EN CAMPO

- A. Una cuadrilla de corte (1 "cortero" y 3 "juntero/halador").

6.7.2 EN PLANTA DE EMPAQUE

- A. Un selector entrenado en selección de banano
- B. Un encargado de diagnosticar y sacar perfil de racimo
- C. Un anotador de datos

6.8 PRÁCTICAS AGRONÓMICAS

El manejo agronómico de la plantación fue estándar, es decir el mismo manejo para cada uno de los puntos donde se tomaron los racimos de banano para la evaluación experimental.

6.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un análisis de varianza, a las variables de respuesta kilogramos perdidos por racimo transportado por cuello roto, cicatriz entre manos por acarreo, cicatriz entre dedos por fricción y cicatrices totales, se le practicó un análisis de varianza adecuado para un diseño de bloques completos al azar, luego como fueron significativos los ANDEVAS se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia.

6.10 REGRESIÓN MÚLTIPLE

Se realizó un análisis de regresión múltiple, tomando como variable dependiente a los daños físicos evaluados y expresados en kilogramos perdidos por racimo transportado, y como variables independientes o predictoras las variables de producción y las variables climáticas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 DATOS DE CAMPO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De acuerdo con lo propuesto en la metodología y cumpliendo los objetivos de la investigación se presenta en forma detallada los resultados obtenidos ordenados por cada repetición y tratamiento, según los requerimientos del programa estadístico SAS en el Cuadro 1A del anexo 3.

Las variables de producción (peso, grado sub-basal, longitud exterior e índice de curvatura), oscilaron en un rango que se ajusta a las condiciones de cosecha que normalmente se presentan en la región bananera del Norte de Guatemala (Cuadro 1A).

Por ejemplo, los racimos evaluados presentaron un peso entre 20.5 y 28.2 kg con grado sub-basal entre 11.8 y 15.2, longitud exterior del banano entre 20.5 y 28 cm, e índice de curvatura entre 0.59 y 0.84. Al transportar por el cable-vía racimos de banano con las modificaciones realizadas a los carritos (4 modificaciones más el testigo), en el rango de condiciones climáticas dadas se obtuvieron pérdidas por transporte de racimo de banano tan variadas como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rango de las variables de producción, variables climáticas y pérdidas por transporte de banano a través del cable-vía.

RANGO	Variables de producción				Peso (kg) de lesiones por racimo				Variables climáticas								
	Peso	GSB	LE	IC	SNV	CR	SRA	SRF	DIS	TEM	BRI	PRE	VEL	PPT	HUM	DIA	HORA
Minimo	20.5	11.8	20.5	0.59701	0.311225	0.045594	0.07781	0.1866	700	22.1	51.5	755	0	0	70.4	18	07:00
Máximo	28.2	15.2	28	0.84711	2.269021	0.803737	1.07574	1.0306	4400	32.8	921.2	759	3.8	2.7	100	30	18:00

Con los datos del Cuadro 1A, se realizaron los análisis de varianza respectivos, cuyos resultados se presentan en los incisos siguientes.

7.2 LESIÓN DE CUELLO ROTO

El resumen del ANDEVA para la lesión de cuello roto expresada en kilogramos de fruta con cuello roto perdida por racimo de banano transportado se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo de la lesión cuello roto.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	Pr>F
Elastómero	4	1.1959	0.2990	52.54	0.0001
Bloques	19	0.2369	0.0125	2.19	0.0086
Error	76	0.4325	0.0057		
Total	99	1.8654			

C.V.% = 31.72

El Cuadro 3 indica que el tipo de elastómero acondicionado al carrito que transporta el racimo de banano por el cable vía afecta significativamente la cantidad de fruta perdida, lo cual significa que algún tipo de elastómero de los empleados reduce las pérdidas de fruta por racimo con cuello roto.

Para establecer que tipo de elastómero acondicionado al carrito transportador de banano por el cable-vía permite que se pierda la menor cantidad de fruta por racimo debido a la lesión de cuello roto se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia (Figura 15).

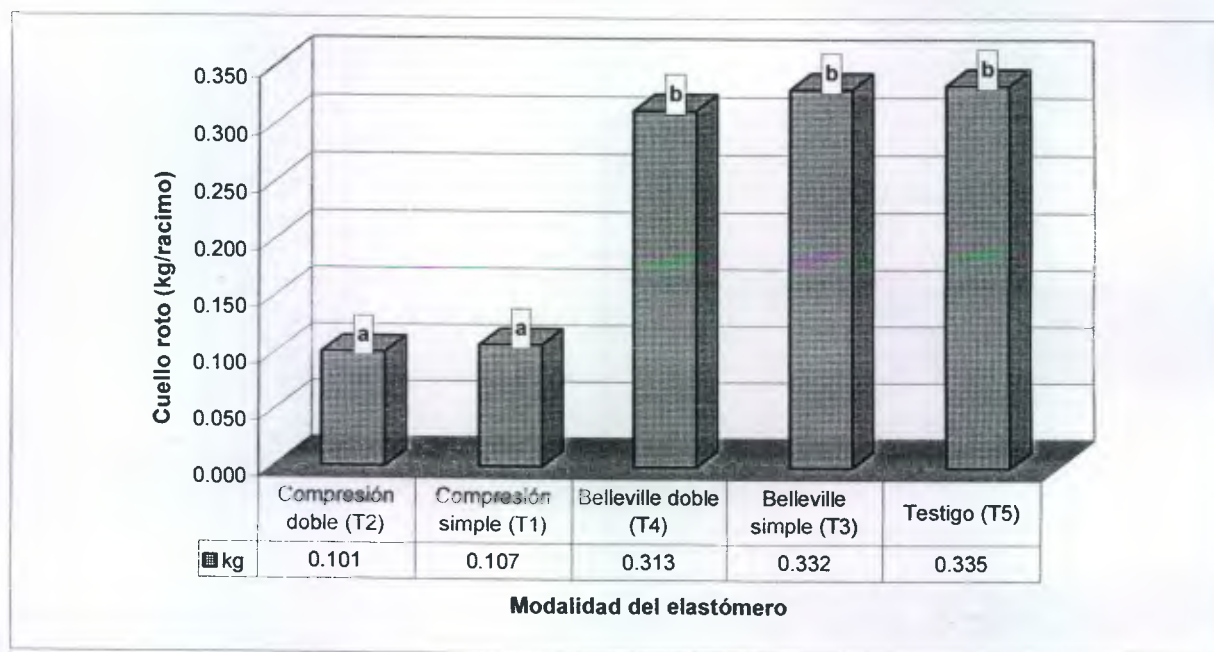


Figura 15. Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo de la lesión cuello roto.

Entre no acondicionar el carrito transportador de banano (testigo = T5) y acondicionarle resortes tipo Belleville simple (un resorte) o doble (dos resortes) no se presentan diferencias significativas, es decir que el daño de cuello roto se mantiene estadísticamente igual. Sin embargo al emplear el resorte tipo compresión o helicoidal, ya sea en forma simple (un resorte T1) o doble (dos resortes T2), respecto al testigo, el daño por cuello roto es estadísticamente diferente de tal forma que se reduce la cantidad de fruta perdida por racimo de 0.335 kg a 0.107 y 0.101 kg respectivamente. Expresada en porcentaje, la reducción de pérdida por cuello roto, respecto al testigo, es alrededor del 67 por ciento (Figura 15).

7.2.1 REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR CUELLO ROTO

Los kilogramos de fruta perdida (cuello roto) por racimo de banano transportado con el carrito modificado con un resorte tipo compresión y dos resortes tipo compresión, se relacionan como sigue:

kg/racimo cuello roto = 0.0097 Peso + 0.0037 Longitud exterior – 0.00159 HR – 0.1019
Compresión simple

$$R^2 = 0.87; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

kg/racimo cuello roto = 0.000005 Distancia – 0.0180PPT – 0.0021HR + 0.2692
Compresión doble

$$R^2 = 0.83 ; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

De todas las variables de producción y climáticas, la humedad relativa expresada en porcentaje, contribuye a que se pierda menos fruta por cuello roto por racimo transportado a través del cable-vía, tanto para el carrito modificado con un solo resorte de compresión como el modificado con dos resortes de compresión. Al emplear dos resortes de compresión la precipitación contribuye a reducir la pérdida por cuello roto.

Cuando al carrito para transportar el banano solo se le coloca un resorte de compresión (T1), el peso del racimo, así como la longitud exterior del banano influye significativamente en la cantidad de fruta perdida por cuello roto, de tal forma que por cada kg más de peso por racimo y cada centímetro que sea más largo el banano, se tendrá una pérdida de 0.0097 y 0.0037 kg de fruta con cuello roto por racimo respectivamente.

Al emplear dos resortes de compresión en el carrito (T2), el peso del racimo y la longitud del banano no contribuyen significativamente a las pérdidas por cuello roto, debido a que el segundo resorte amortigua el golpe de regreso cuando el carrito pasa por los clips, switches y curvas del cable vía.

7.3 LESIÓN DE CICATRIZ DE ACARREO (ENTRE MANOS)

El resumen del ANDEVA para la fruta perdida por la lesión de cicatriz de acarreo expresada en kilogramos por racimo de banano transportado se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión cicatriz de acarreo.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	Pr>F
Elastómero	4	8.2637	2.0659	199.28	0.0001
Bloques	19	1.1524	0.0607	5.85	0.0001
Error	76	0.7879	0.0104		
Total	99	10.2040			

C.V.% = 19.07

El Cuadro 4 indica que el tipo de elastómero acondicionado al carrito que transporta el racimo de banano por el cable vía afecta significativamente la cantidad de fruta perdida, lo cual significa que algún tipo de elastómero de los empleados ofrece menor cantidad de fruta por racimo perdida debido a la lesión de acarreo o lesión que se da entre las manos de banano.

Para establecer que tipo de elastómero, acondicionado al carrito transportador de banano por el cable-vía, permite que se pierda la menor cantidad de fruta por racimo debido a la lesión de acarreo se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia (Figura 16).

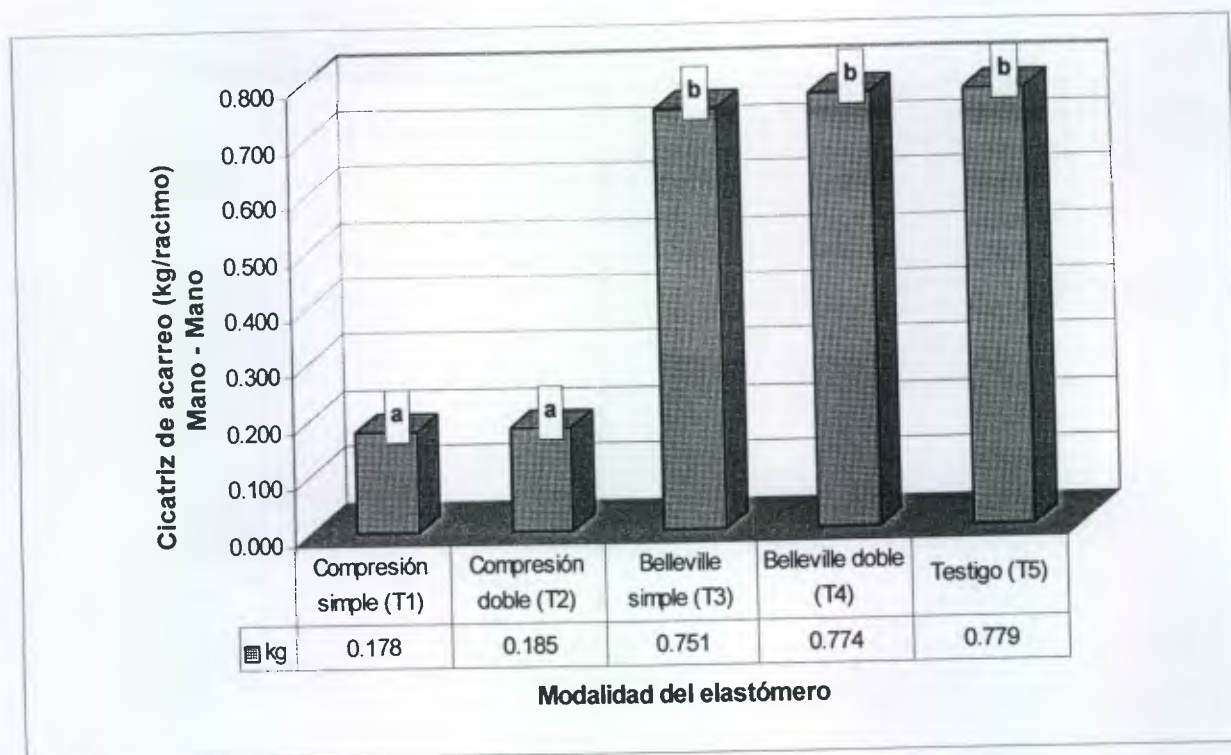


Figura 16. Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión de cicatriz de acarreo

De los tres tipos de lesiones por transporte, la cicatriz de acarreo (que se da por el roce entre la mano inferior y la mano superior) es en términos generales la que mayores pérdidas ocasiona. Al acondicionar los carritos para el transporte del racimo de banano con el resorte de compresión helicoidal ya sea en forma simple o doble se redujeron las pérdidas respecto al testigo alrededor del 75 por ciento siendo esta reducción significativa, puesto que por cada racimo transportado se pierden entre 0.178 y 0.185 kg por lesión de acarreo (T1 y T2), comparado con el testigo donde se pierden 0.779 kg/racimo.

7.3.1 REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR CICATRIZ ENTRE MANOS POR ACARREO

Los kilogramos de fruta perdida (por cicatriz de acarreo que se presenta entre las manos de banano) por racimo de banano transportado con el carrito modificado con un resorte tipo compresión y dos resortes tipo compresión, se relacionan como sigue:

kg/racimo con cicatriz de acarreo = 0.0134 Peso + 0.0080 Longitud exterior - 0.00306 °HR - 0.1155
Compresión simple

$$R^2 = 0.90; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

kg/racimo con cicatriz de acarreo = - 0.1789 Índice Curvatura - 0.0215PPT - 0.0041 °HR + 0.6651
Compresión doble

$$R^2 = 0.72 ; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

Como se aprecia en los modelos planteados, al igual que para la lesión por cuello roto, la lesión por acarreo que se presenta entre las manos de banano se reduce cuando la humedad relativa del ambiente (°HR) aumenta y mucho mejor si se presenta alguna precipitación. También se aprecia que al modificar el carrito con un solo resorte de compresión a mayor peso del racimo y longitud exterior del banano se tienen mayores pérdidas por lesiones entre las manos de banano.

Por aparte se aprecia, que al modificar el carrito con dos resortes de compresión helicoidales el índice de curvatura del banano afecta significativamente las pérdidas, de tal forma que a mayor índice de curvatura es decir cuando el banano es menos curvo, se tienen menores pérdidas y cuando el banano presenta menor índice de curvatura, es decir el banano es mas curvo entonces los dedos de abajo lastiman a la parte exterior de las manos de arriba incrementándose las pérdidas por cicatriz de acarreo o cicatriz entre manos.

7.4 LESIÓN DE CICATRIZ DE FRICCIÓN (ENTRE DEDOS)

El resumen del ANDEVA para la lesión de cicatriz de fricción expresada en kilogramos de fruta pérdida por racimo de banano transportado se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión cicatriz de fricción.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	Pr>F
Elastómero	4	2.0498	0.5124	31.85	0.0001
Bloques	19	0.4485	0.0236	1.47	0.1226
Error	76	1.2228	0.0161		
Total	99	3.7211			

C.V.% = 25.86

El Cuadro 5 indica, que el tipo de elastómero acondicionado al carrito que transporta el racimo de banano por el cable vía, afecta significativamente la cantidad de fruta perdida; esto indica que algún tipo de elastómero de los empleados ofrece menor cantidad de lesiones de fricción o lesiones entre dedos por cada racimo de banano transportado.

Para establecer que tipo de elastómero acondicionado al carrito transportador de banano, permite que se pierda la menor cantidad de fruta por racimo debido a la lesión de fricción, se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia (Figura 17).

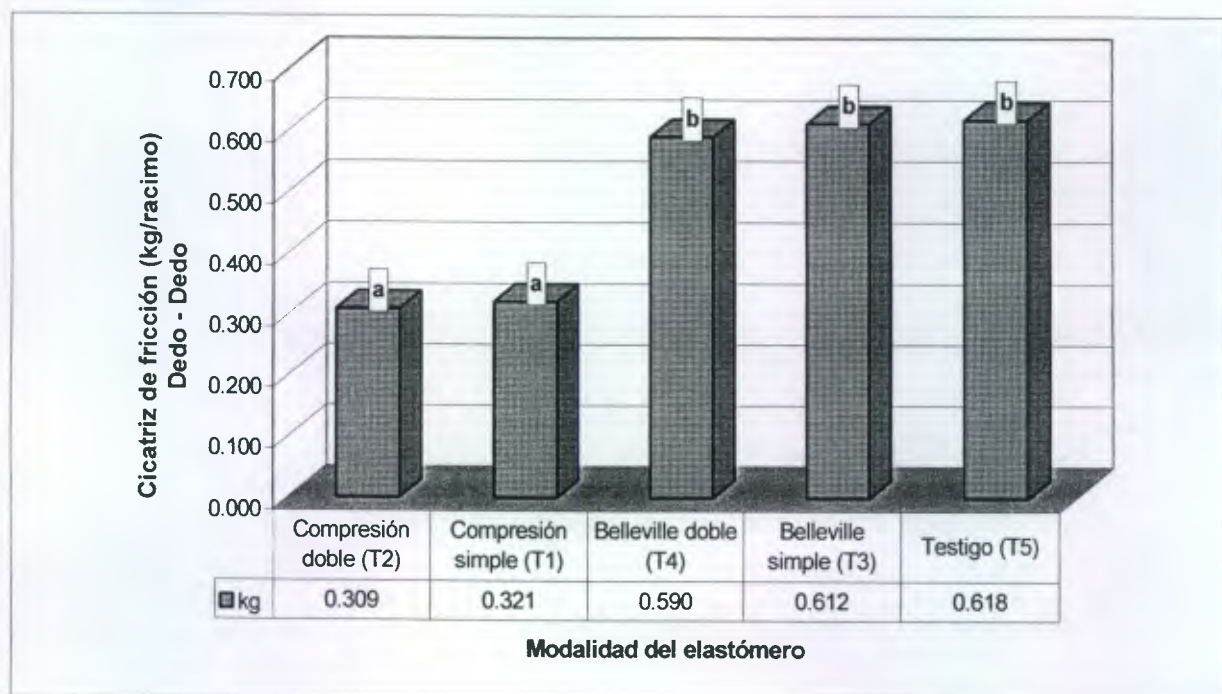


Figura 17. Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo perdidos por la lesión de cicatriz de fricción.

La lesión entre dedos o cicatriz de fricción es la segunda pérdida más importante que se da por el transporte de banano del lugar de cosecha hacia la planta empacadora.

Estadísticamente se formaron dos grupos, el primero que incluye a los tratamientos 1 (compresión simple) y 2 (compresión doble), donde se modificaron los carritos con elastómeros de compresión helicoidales y se presentó la menor cantidad de pérdidas por fricción entre dedos con 0.309 y 0.321 kg por racimo respectivamente; el segundo grupo incluyó al carrito normal empleado por las bananeras (Tratamiento 5) y los carritos modificados con uno y dos elastómeros de tipo Belleville o

arandelas (Tratamientos 3 y 4) donde las pérdidas fueron un 48 por ciento mayores respecto al primer grupo.

7.4.1 REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO TRANSPORTADO POR CICATRIZ ENTRE DEDOS POR FRICCIÓN

Los kilogramos de fruta perdida (por cicatriz de fricción que se presenta entre los dedos de banano) por racimo de banano transportado con el carrito modificado con un resorte de compresión helicoidal y dos resortes de compresión helicoidal, se relacionan como sigue:

kg/racimo con cicatriz de fricción = - 0.4157 Índice Curvatura - 0.0334 PPT - 0.0080 °HR + 1.3022
Compresión simple

$$R^2 = 0.87 ; \text{Prob} > F = 0.0001$$

kg/racimo con cicatriz de fricción = - 0.03028 PPT - 0.00605 ²HR + 0.8190
Compresión doble

$$R^2 = 0.80 ; \text{Prob} > F = 0.0001$$

Según se aprecia en los modelos planteados, al emplear un único resorte de compresión helicoidal, las lesiones entre los dedos se presentan de tal forma que, cuando los dedos de banano son más largos y menos curvos (mayor índice de curvatura), las pérdidas son menores, puesto que se encuentran más separados los dedos; cuando los dedos presentan menor índice de curvatura (mas encorvados), se encuentran menos separados entre sí y, por lo tanto, tienen mas contacto entre ellos, incrementando las perdidas por fricción. Sin embargo cuando se emplean dos resortes de compresión helicoidales, esta variable no es significativa, es decir que debido al amortiguamiento que permiten los dos resortes juntos se reduce la fricción entre dedos.

Para reducir la fricción entre dedos nuevamente la humedad relativa y la precipitación juegan un papel importante al reducir la fricción entre el carrito y el cable-vía y servir como lubricante.

7.5 TOTAL DE LESIONES POR TRANSPORTE (CUELLO ROTO, CICATRIZ DE ACARREO Y CICATRIZ DE FRICCIÓN)

El resumen del ANDEVA para el total de lesiones (cuello roto, cicatriz de acarreo, cicatriz de fricción) expresada en kilogramos de fruta pérdida por racimo de banano se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen del ANDEVA para la variable de respuesta kg/racimo totales perdidos por el conjunto de lesiones de transporte

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculada	Pr>F
Elastómero	4	29.0962	7.2741	44.9775286	0.0001
Bloques	19	3.0728	0.1617	9.32140149	0.0001
Error	76	1.3186	0.0174		
Total	99	33.4877			

C.V.% = 10.44

El Cuadro 6 indica, que el tipo de elastómero acondicionado al carrito que transporta el racimo de banano por el cable vía, afecta significativamente la cantidad de fruta perdida, lo cual significa que algún tipo de elastómero de los empleados ofrece menor cantidad de fruta por racimo perdida debido a al total de lesiones que se presentan durante el transporte como cuello roto, cicatriz entre manos por acarreo y cicatriz entre dedos por fricción.

Para establecer que tipo de elastómero acondicionado al carrito transportador de banano, permite que se pierda la menor cantidad total de fruta por racimo, se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia (Figura 18).

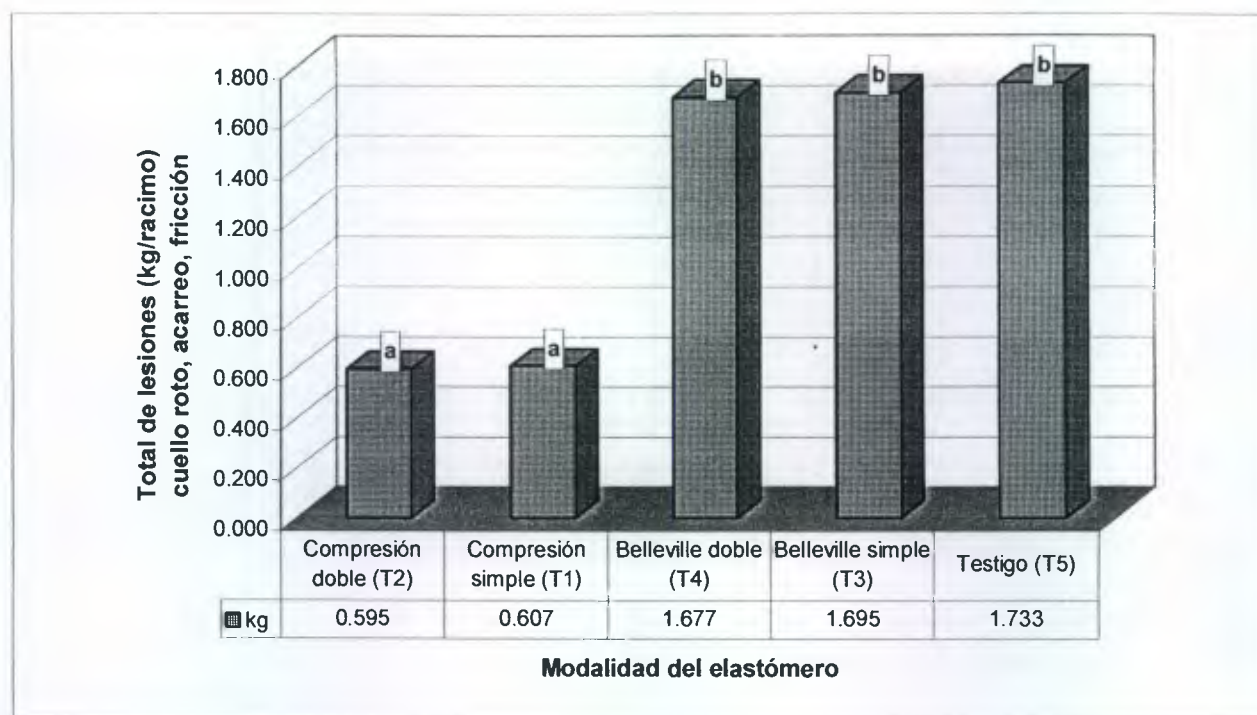


Figura 18. Resumen de la prueba de Tukey para la variable de respuesta kg/racimo totales perdidos por el conjunto de lesiones de transporte.

El total de lesiones en los glomerulos florales del banano, que se presentan durante el transporte desde el punto de cosecha hasta la planta empacadora, son estadísticamente igual cuando se emplea el carrito normal sin modificar (testigo) que cuando se emplean resortes de Belleville conocidos comúnmente como arandelas, ya sea en forma simple o doble. Sin embargo, al emplear resortes de compresión helicoidales el daño por lesiones totales se reduce significativamente respecto al testigo en un 64 por ciento.

Por lo tanto, estadísticamente es mejor emplear para el transporte de banano por cable-vía, carritos modificados con resortes de compresión helicoidales ya sea en forma simple o doble.

7.5.1 REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CLIMÁTICAS SOBRE LA FRUTA PERDIDA EN KG/RACIMO POR EL TOTAL DE LESIONES POR TRANSPORTE

Los kilogramos totales de fruta perdida por racimo de banano transportado y que incluye cuello roto, cicatriz de acarreo y cicatriz de fricción, empleando el carrito modificado con un resorte de compresión helicoidal y dos resortes de compresión helicoidal, se relacionan como sigue:

kg/racimo totales perdidos = 0.02829 Peso + 0.02005 Longitud exterior – 0.42914 índice de
Compresión simple curvatura – 0.03758 PPT – 0.01207 °HR + 0.6985

$$R^2 = 0.9684; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

kg/racimo totales perdidos = – 0.0623 PPT – 0.0125 HUM + 1.6504
Compresión doble

$$R^2 = 0.8890; \text{ Prob} > F = 0.0001$$

Según los modelos planteados, cuando el carrito para transportar banano se modifica con un solo resorte de compresión helicoidal, es posible evidenciar, con un coeficiente de determinación del 96 por ciento que las variables independientes: peso del racimo en kilogramos, longitud exterior del banano en centímetros contribuyen a que se pierda mas fruta por cada unidad en que éstas variables se incrementen a razón de 0.028 y 0.020 kg/racimo respectivamente, en tanto que la variable índice de curvatura cuando se incrementa (es decir el banano es menos curvo), las pérdidas totales por transporte se reducen.

Al modificar el carrito con dos resortes de compresión helicoidales, se amortigua de mejor forma los golpes que sufren las manos y dedos en el racimo, por lo que el modelo no permite evidenciar con un coeficiente de determinación de 0.88 la relación de las variables mencionadas en el párrafo anterior.

Para ambos casos, modificando el carrito con un resorte y con dos resortes, ya sea para el total de daños o para los daños individuales que se mencionaron en los incisos anteriores, se evidenció que las condiciones climáticas de alta humedad relativa y presencia de precipitación son variables que contribuyen a reducir las pérdidas totales o individuales por transporte desde el punto de la cosecha hasta la planta empacadora. Por lo tanto en ese sentido pueden surgir algunas recomendaciones para simular tales condiciones.

7.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el presente análisis económico se compara el carrito sin modificar (testigo) con los carritos modificados con resortes de compresión helicoidales por presentar diferencias significativas entre las cuatro variables de respuesta evaluadas.

En el Cuadro 7, se presenta el costo depreciado de modificar los carritos normales para el transporte de banano por cable-vía, considerando una vida útil de los resortes de cinco años. Importante es indicar que el costo unitario de los resortes de compresión, se refiere al costo del prototipo, por lo que al momento de implementar esta modificación a nivel de empresa, los costos se reducirán notablemente.

Cuadro 7. Costo depreciado de modificar un carrito para transporte de banano con 1 y 2 resortes de compresión helicoidales

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo 1 resorte	\$ 9.10
Racimos transportados por año por carrito	187.50
Racimos transportados en 5 años (vida útil)	937.50
Costo depreciado de 1 resorte	\$ 0.01
Costo depreciado de 2 resortes	\$ 0.02
Costo de un carrito modificado (1 resorte) \$ 5.00	\$ 0.01
Costo de un carrito modificado (2 resortes) \$ 8.00	\$ 0.01
Total de carrito modificado con 1 resorte	\$ 0.02
Total de carrito modificado con 2 resortes	\$ 0.03

Referencias:

La finca procesa 150,000 racimos por año

La finca cuenta con 800 carritos para transporte

El costo del resorte es para un pedido de 25 resortes (prototipo)

El costo depreciado de modificar un carrito con un resorte de compresión helicoidal es de dos centavos de dólar y el costo de modificar un carrito con dos resortes de compresión helicoidal es de tres centavos de dólar.

En el Cuadro 8, se presenta el análisis económico realizado considerando únicamente los costos parciales que involucra cada tratamiento.

Cuadro 8. Costos parciales por tratamiento e incremento neto por racimo y por finca por año como producto de pasar de una tecnología de transporte a otra.

TRATAMIENTO	kg perdidos por racimo transportado	Costo Depreciado	kg/racimo ganados	Precio Venta por kilogramo	Ingreso Bruto	Ingreso neto adicional	
						por racimo	anual
Sin modificar (Testigo)	1.733	\$ -	0	\$ 0.27	\$ -	\$ -	\$ -
1 elastómero helicoidal	0.607	\$ 0.02	1.126	\$ 0.27	\$ 0.30	\$ 0.10	\$ 15,227.69
2 elastómeros helicoidales	0.595	\$ 0.03	1.138	\$ 0.27	\$ 0.31	\$ 0.09	\$ 13,921.94

Referencias:

Precio de venta de la caja de 18.53 kg es de \$ 5.00

El margen de ganancia se estima en 40 % incluido en el precio de venta

La finca procesa 150,000 racimos por año

Como se aprecia en el Cuadro 8, al pasar de la tecnología actual de transporte (carrito sin modificar) a la tecnología de emplear el carrito modificado con un resorte de compresión helicoidal se tiene un incremento en el ingreso neto de \$ 0.10 centavos de dólar por racimo y de \$ 15, 227.69 dólares por 150,000 racimos transportados anualmente dentro de finca Hopy. Al pasar de la tecnología de emplear un resorte a emplear dos resortes, el costo de la nueva tecnología se incrementa y el ingreso neto se reduce, por lo tanto la mejor opción es emplear en el carrito modificado con un resorte de compresión helicoidal.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Estadísticamente el menor daño físico total por transporte expresado en kilogramos por racimo se obtiene al modificar el carrito de transporte adicionándole dos resortes de compresión helicoidales con 0.595 kg perdidos por racimo de banano.
- 8.2 Entre los factores climáticos que afectan el transporte de banano se encuentran: el peso del racimo de banano, longitud exterior del banano, de tal forma que a mayor peso y mayor longitud exterior mas kilogramos con lesiones mecánicas; a mayor índice de curvatura (banano menos curvado) las lesiones mecánicas de cuello roto, lesión entre manos y entre dedos se reduce; a mayor humedad relativa y mayor precipitación pluvial las lesiones mecánicas se reducen.
- 8.3 Se generaron 4 modelos matemáticos para predecir el daño total, daño por cuello roto, daño por acarreo (entre manos) daño por fricción (entre dedos) para el transporte por cable-vía con carrito modificado con un resorte de compresión helicoidal y con dos resortes de compresión helicoidal.
- 8.4 Económicamente, la mejor modificación es la de incorporar un solo resorte al carrito que transporta los racimos de banano puesto que se obtiene la mayor ganancia neta de \$ 0.10 centavos de dólar por cada racimo transportado.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Para el transporte de racimo de banano desde el punto de cosecha hacia la planta empacadora por el sistema de cable-vía, se recomienda modificar el carrito transportador actual incorporando un resorte helicoidal, esto permite reducir la pérdida actual de 1.733 kg/racimo transportado a 0.607 kg/racimo, lo que equivale a una reducción de las pérdidas del 64 por ciento, con lo que se logra incrementar la ganancia neta en \$ 0.10 centavos de dólar por cada racimo transportado.
- 9.2 Evaluar técnica y económicamente el uso de aspersores a lo largo del sistema de cable-vía para simular condiciones de alta humedad relativa y alta precipitación con el fin de reducir aún más las pérdidas por transporte.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2003. Información general (en línea). Guatemala, Ministerio de Economía. Consultado 11 Julio. 2004. Disponible en http://www.mineco.gob.gt/mineco/plataforma/perfil_del_pais.htm
2. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2004. Valor de exportaciones fob e importaciones cif (en línea). Guatemala, Banco de Guatemala, Boletín Estadístico. Consultado 14 Julio. 2004. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/estaeco/boletin/envolver.asp?karchivo=boescu44>
3. CATIE, CR. 1982. Agroambiente, unidad de capacitación. Turrialba, Costa Rica. 279 p.
4. Chiquita Banana, GT. 2002. Especificación mundial - criterio de empaque, Chiquita Premium 18,14 kg / 40 lb – empaque gajos (tabla). Guatemala. 1 p.
5. Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, US, Columbia University Press. 581 p.
6. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. DomoDesk.com, ES. 2004. Estación metereologica WMR-918pro: DD-0299 estación Meteo Pro RF sin cables touch screen (en línea). España. Consultado 28 Julio. 2004. Disponible en <http://www.domodesk.com/0299.htm>
8. ETB (ENGINEERSTOOLBOX, US). 2003. Helical spring design: an EngineersToolbox calculation module (en línea). US. Consultado 12 Agosto. 2004. Disponible en http://www.engineerstoolbox.com/doc/etb/mod/stat1/spring/spring_help.html
9. FisicaNet, US. 2000. Fuerza elástica (en línea). Argentina. Consultado 22 Julio. 2004. Disponible en http://fisicanet.com.ar/fisica/flap02/apfl_10a_Elasticidad.php
10. Flores Barrios, W. 2000. Efecto de dos frecuencias de desflore y embolse precosecha de las manos del racimo de banano en la estética de la fruta en Los Amates, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 59 p.
11. Galán Saúco, V. 1992. Los frutales tropicales en los subtrópicos. España, Mundi-Prensa. 147 p.
12. GDV (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, DE). 2004. Banane (en línea). Denamark. Consultado 19 Julio. 2004. Disponible en www.tisgdv.de/tis_c//ware/obst/banane/banane.htm
13. Guatemala sigue con el PIB más alto en la región (en línea). 2004. Guatemala, Guatemala, Prensa Libre, abril (1):1 p. Consultado 16 Julio. 2004. Disponible en <http://www.prensalibre.com.gt/pl/2004/abril/01/85120.html>

14. Hernandez Tejeda, S; Morán Olmos, J. 1999. Diseño e implementación de una estación metereológica instrumentación y digitalización de una estación metereológica. In Proyectos presentados en las memorias del Expodiel (en línea). México, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Departamento de Electrónica. Consultado 20 Julio. 2004. Disponible en <http://proton.ucting.udg.mx/expodiel/Enero94/FOLI4445.html>
15. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1965. Mapa topográfico de la republica de Guatemala; hoja El Cinchado, no. 2562-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
16. Infoagro, ES. 2002. El cultivo del plátano (en línea). España. Consultado 01 sep. 2004. Disponible en http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
17. Mabberley, DJ. 1997. The plant book. 2 ed. UK, Cambrige University Press. 585 p.
18. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Banano. Guatemala. Ficha Técnica. 1 p.
19. Montgomery, DC. 1991. Diseño y analisis de experimentos. México, Iberoamericana. 585 p.
20. Mora Minchez, CR. 2001. Evaluación y efecto de la poda con barreno en el crecimiento y desarrollo de las plantas del cultivo de banano (*Musa sapientuim* var. Gran Naine). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 42 p.
21. Norton, RL. 1999. Diseño de máquinas. México, Prentice Hall. 1,048 p.
22. Núñez Álvarez, R. 1989. El cultivo del banano. Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional del Banano, Sección Cooperativas. 78 p.
23. Obiols Del Cid, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala; según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1.000,000. Color.
24. Orthwein, W. 1996. Diseño de componentes de máquinas. México, CECSA. 1009 p.
25. Ortiz Loyo, M. 2004. Manejo del trips de la flor (*Frankliniella* sp.) en el cultivo de banano (*Musa sapientum*) en Entre Ríos, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
26. Ortiz Vega, R. 1999. El cultivo del banano. San José, Costa Rica, EUNED. 211 p.
27. Resnick, R; Halliday, D. 1983. Física: parte 1. México, CECSA. 626 p.
28. SCHNORR, US. 2003. Handbook for disc springs. Ann Arbor, MI, US. 85 p.
29. Seidner Aguado, E. 1992. Aplicación del modelo de la economía dependiente (MED): el caso de Guatemala. Tesis Lic. Econ. Guatemala, UFM. 120 p.

30. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
31. Soto, M. 1992. Bananos, cultivo y comercialización. 2 ed. San José, Costa Rica, LIL. 649 p.
32. Spotts, MF. 1976. Proyecto de elementos de máquinas. 4 ed. México, Reverte. 690 p.
33. United Fruit Company, HN. 1979. Bananos, manual de prácticas culturales. Honduras. 108 p..



Dr. Rolando Barrios.

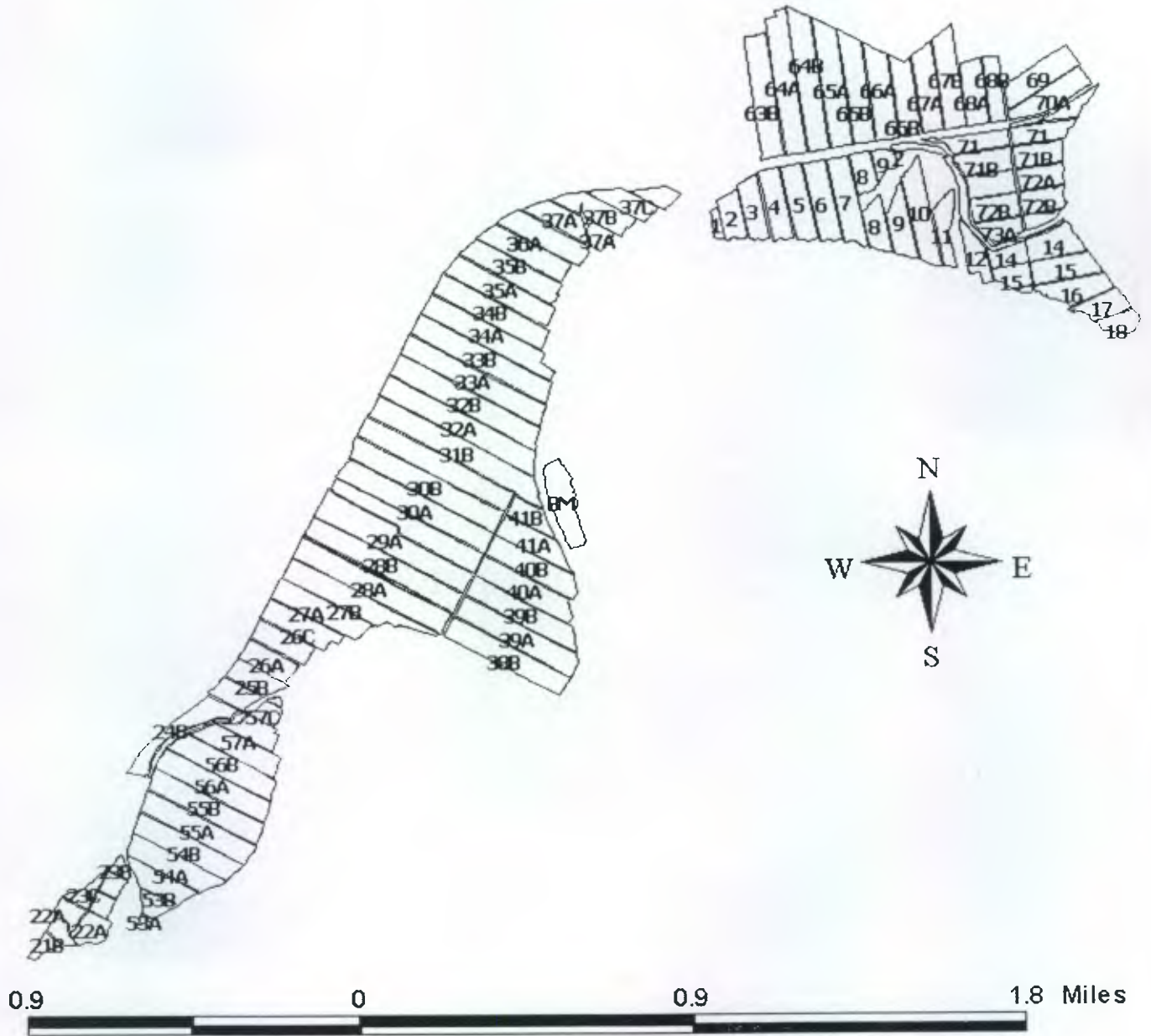
11. ANEXOS

Anexo 1. Formato de captura de datos

Boleta de captura de datos					Finca Hopy			
Fecha	<input type="text"/>							
hora	<input type="text"/>	<input type="text"/>	AM	<input type="text"/>	PM			
cable #	<input type="text"/>							
Distancia	<input type="text"/>				mts.			
tratamiento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
diagnosticator	<input type="text"/>							
peso bruto	<input type="text"/>				kg.			
daños por cosecha								
<input type="text"/>								
cuello roto		cicatriz de acarreo		cicatriz por friccion				
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>				
kg.		kg.		kg.				
otros daños y defectos	<input type="text"/>				kg.			
peso exportable	<input type="text"/>				kg.			
Clima								
Temperatura	<input type="text"/>			°c	Humedad relativa	<input type="text"/>	%	
Velocidad viento	<input type="text"/>		km/hr	LLuvia	<input type="text"/>			mm.
Presion barometrica	<input type="text"/>				hpa(mb)			
Brilo solar	<input type="text"/>							
Observaciones	<input type="text"/>							

Anexo 2. Mapa del área cultivada con banano en finca Hopy

HOPY



Anexo 3. Cuadro 1A. Datos de campo de las variables estudiadas en el transporte por cable-vía de los racimos de banano

Blo	T	Peso	GSB	LE	IC	Peso (kg) de lesiones por racimo				DIS	TEM	BRI	PRE	VEL	PPT	HUM	DIA	HORA	CABLE
						SRV	CR	SRA	SRF										
1	1	24.30	14.1	25.7	0.700	0.809	0.121	0.202	0.485	2820	32.8	731.4	755.5	0.3	0	70.4	18	11:00 - 13:00	63-B
1	2	26.40	15.2	24.8	0.766	0.796	0.135	0.225	0.435	2820	32.8	731.4	755.5	0.3	0	70.4	18	11:00 - 13:00	63-B
1	3	25.20	13.7	26.3	0.715	2.038	0.310	0.879	0.849	2820	32.8	731.4	755.5	0.3	0	70.4	18	11:00 - 13:00	63-B
1	4	21.40	12.1	25.1	0.717	1.708	0.274	0.790	0.645	2820	32.8	731.4	755.5	0.3	0	70.4	18	11:00 - 13:00	63-B
1	5	23.00	12.8	24.4	0.795	1.783	0.307	0.829	0.647	2820	32.8	731.4	755.5	0.3	0	70.4	18	11:00 - 13:00	63-B
2	1	25.40	13.0	27.8	0.719	0.572	0.095	0.160	0.317	3020	27.9	94.8	754.7	0.8	0	92	18	16:30 - 18:00	64-B
2	2	23.80	13.5	25.6	0.688	0.592	0.091	0.184	0.317	3020	27.9	94.8	754.7	0.8	0	92	18	16:30 - 18:00	64-B
2	3	27.50	12.4	24.3	0.782	1.831	0.333	0.769	0.728	3020	27.9	94.8	754.7	0.8	0	92	18	16:30 - 18:00	64-B
2	4	25.30	12.8	24.7	0.729	1.740	0.301	0.801	0.638	3020	27.9	94.8	754.7	0.8	0	92	18	16:30 - 18:00	64-B
2	5	24.10	13.4	24.3	0.782	1.822	0.308	0.911	0.603	3020	27.9	94.8	754.7	0.8	0	92	18	16:30 - 18:00	64-B
3	1	26.90	14.1	26.8	0.672	0.758	0.125	0.250	0.382	3750	31.0	888.6	757.3	3.8	0	75.8	19	9:00 - 11:00	68-A
3	2	25.40	14.4	27.1	0.627	0.715	0.126	0.243	0.346	3750	31.0	888.6	757.3	3.8	0	75.8	19	9:00 - 11:00	68-A
3	3	24.60	13.4	26.9	0.691	1.782	0.325	0.802	0.656	3750	31.0	888.6	757.3	3.8	0	75.8	19	9:00 - 11:00	68-A
3	4	24.80	12.6	24.4	0.717	1.718	0.364	0.773	0.580	3750	31.0	888.6	757.3	3.8	0	75.8	19	9:00 - 11:00	68-A
3	5	25.10	12.8	25.3	0.751	1.482	0.480	0.637	0.365	3750	31.0	888.6	757.3	3.8	0	75.8	19	9:00 - 11:00	68-A
4	1	27.20	14.6	24.8	0.778	0.702	0.135	0.232	0.336	3850	31.8	502.8	755.2	0.0	0	80.2	19	12:30 - 14:30	68-B
4	2	23.40	12.9	27.0	0.741	0.632	0.124	0.177	0.331	3850	31.8	502.8	755.2	0.0	0	80.2	19	12:30 - 14:30	68-B
4	3	24.50	14.6	24.5	0.755	1.694	0.410	0.764	0.520	3850	31.8	502.8	755.2	0.0	0	80.2	19	12:30 - 14:30	68-B
4	4	26.70	12.3	24.0	0.775	2.012	0.443	1.006	0.563	3850	31.8	502.8	755.2	0.0	0	80.2	19	12:30 - 14:30	68-B
4	5	24.50	14.1	25.8	0.729	2.180	0.371	0.959	0.850	3850	31.8	502.8	755.2	0.0	0	80.2	19	12:30 - 14:30	68-B
5	1	27.40	13.4	26.1	0.812	0.749	0.129	0.255	0.365	4100	31.0	811.4	757.1	1.6	0	73.4	21	9:00 - 11:00	71-A
5	2	26.90	12.8	26.5	0.732	0.745	0.159	0.208	0.377	4100	31.0	811.4	757.1	1.6	0	73.4	21	9:00 - 11:00	71-A
5	3	26.30	12.7	25.5	0.682	1.877	0.776	0.829	0.272	4100	31.0	811.4	757.1	1.6	0	73.4	21	9:00 - 11:00	71-A
5	4	25.50	12.6	27.1	0.775	1.867	0.396	0.863	0.608	4100	31.0	811.4	757.1	1.6	0	73.4	21	9:00 - 11:00	71-A
5	5	25.80	12.5	27.0	0.715	2.269	0.344	1.076	0.850	4100	31.0	811.4	757.1	1.6	0	73.4	21	9:00 - 11:00	71-A

Blo = Bloque; T = Tratamiento; Peso = Peso de racimo (kg); GSB = Grado subbasal; LE = Largo exterior (cm); IC Índice de curvatura (adimensional)
 SRV = Total de kg perdidos por transporte; CR = kg perdidos por cuello roto; SRA = kg perdidos por acarreo (manos)
 SRF = kg perdidos por fricción (dedos); DIS = Distancia (m); TEM = Temperatura (°C); BRI = Brillo (Flux); PRE = Presión atmosférica (mb);
 VEL = Velocidad del viento (km/hr); HUM = Humedad relativa (%); DIA = fecha del mes de octubre de 2004; CABLE = Código del Cable-Vía.

Continuación del anexo 3.

Blo	T	Peso	GSB	LE	IC	Peso (kg) de lesiones por racimo				DIS	TEM	BRI	PRE	VEL	PPT	HUM	DIA	HORA	CABLE
						SRV	CR	SRA	SRF										
6	1	25.10	12.8	25.9	0.776	0.701	0.113	0.203	0.384	4200	32.6	706.4	755.3	1.0	0	74.6	21	12:30 - 14:30	71-B
6	2	25.20	13.0	25.5	0.816	0.651	0.092	0.221	0.338	4200	32.6	706.4	755.3	1.0	0	74.6	21	12:30 - 14:30	71-B
6	3	23.40	12.1	25.7	0.735	1.680	0.271	0.806	0.602	4200	32.6	706.4	755.3	1.0	0	74.6	21	12:30 - 14:30	71-B
6	4	25.10	12.1	26.7	0.712	1.845	0.317	0.871	0.657	4200	32.6	706.4	755.3	1.0	0	74.6	21	12:30 - 14:30	71-B
6	5	22.90	12.8	27.0	0.722	1.822	0.294	0.854	0.674	4200	32.6	706.4	755.3	1.0	0	74.6	21	12:30 - 14:30	71-B
7	1	27.70	13.5	24.5	0.694	0.785	0.133	0.196	0.456	4300	29.9	719.2	756.8	2.2	0	76.4	22	9:00 - 11:00	72-A
7	2	27.10	13.4	25.4	0.764	0.781	0.134	0.273	0.373	4300	29.9	719.2	756.8	2.2	0	76.4	22	9:00 - 11:00	72-A
7	3	24.80	12.6	24.3	0.765	1.818	0.289	0.764	0.765	4300	29.9	719.2	756.8	2.2	0	76.4	22	9:00 - 11:00	72-A
7	4	24.60	12.4	24.1	0.743	1.813	0.293	0.779	0.740	4300	29.9	719.2	756.8	2.2	0	76.4	22	9:00 - 11:00	72-A
7	5	26.40	12.9	26.6	0.695	1.768	0.804	0.778	0.187	4300	29.9	719.2	756.8	2.2	0	76.4	22	9:00 - 11:00	72-A
8	1	25.70	13.9	25.1	0.717	0.453	0.105	0.150	0.199	4400	28.6	513.4	754.9	0.3	2.7	88.4	22	12:30 - 14:30	72-B
8	2	21.40	13.5	27.7	0.704	0.383	0.054	0.126	0.202	4400	28.6	513.4	754.9	0.3	2.7	88.4	22	12:30 - 14:30	72-B
8	3	24.15	14.9	26.9	0.706	1.429	0.303	0.657	0.469	4400	28.6	513.4	754.9	0.3	2.7	88.4	22	12:30 - 14:30	72-B
8	4	26.40	12.4	24.2	0.785	1.572	0.286	0.739	0.547	4400	28.6	513.4	754.9	0.3	2.7	88.4	22	12:30 - 14:30	72-B
8	5	25.20	13.8	25.4	0.728	1.590	0.241	0.763	0.586	4400	28.6	513.4	754.9	0.3	2.7	88.4	22	12:30 - 14:30	72-B
9	1	26.80	11.9	24.8	0.625	0.713	0.122	0.193	0.398	3200	27.7	662.2	757.1	0.3	0	79	23	8:00 - 10:00	7
9	2	23.40	12.8	23.9	0.795	0.606	0.128	0.188	0.289	3200	27.7	662.2	757.1	0.3	0	79	23	8:00 - 10:00	7
9	3	24.60	12.4	26.0	0.769	1.754	0.337	0.842	0.576	3200	27.7	662.2	757.1	0.3	0	79	23	8:00 - 10:00	7
9	4	25.10	12.6	24.5	0.788	1.751	0.354	0.875	0.522	3200	27.7	662.2	757.1	0.3	0	79	23	8:00 - 10:00	7
9	5	24.70	14.1	26.1	0.732	1.615	0.327	0.985	0.303	3200	27.7	662.2	757.1	0.3	0	79	23	8:00 - 10:00	7
10	1	26.70	13.4	25.9	0.783	0.666	0.141	0.220	0.305	1100	27.3	673.2	759.0	2.2	0	81.6	25	8:30 - 10:30	40-A
10	2	24.00	13.2	26.5	0.642	0.658	0.100	0.263	0.295	1100	27.3	673.2	759.0	2.2	0	81.6	25	8:30 - 10:30	40-A
10	3	26.40	14.1	27.2	0.735	1.830	0.277	0.988	0.565	1100	27.3	673.2	759.0	2.2	0	81.6	25	8:30 - 10:30	40-A
10	4	22.80	12.6	26.4	0.701	1.630	0.247	1.060	0.324	1100	27.3	673.2	759.0	2.2	0	81.6	25	8:30 - 10:30	40-A
10	5	26.90	12.4	24.1	0.749	1.751	0.265	0.840	0.645	1100	27.3	673.2	759.0	2.2	0	81.6	25	8:30 - 10:30	40-A

Blo = Bloque; T = Tratamiento; Peso = Peso de racimo (kg); GSB = Grado subbasal; LE = Largo exterior (cm); IC Índice de curvatura (adimensional)
 SRV = Total de kg perdidos por transporte; CR = kg perdidos por cuello roto; SRA = kg perdidos por acarreo (manos)
 SRF = kg perdidos por fricción (dedos); DIS = Distancia (m); TEM = Temperatura (°C); BRI = Brillo (Flux); PRE = Presión atmosférica (mb);
 VEL = Velocidad del viento (km/hr); HUM = Humedad relativa (%); DIA = fecha del mes de octubre de 2004; CABLE = Código del Cable-Via.

Continuación del anexo 3.

Blo	T	Peso	GSB	LE	IC	Peso (kg) de lesiones por racimo				DIS	TEM	BRI	PRE	VEL	PPT	HUM	DIA	HORA	CABLE
						SRV	CR	SRA	SRF										
11	1	24.10	14.6	26.5	0.755	0.656	0.099	0.197	0.360	1200	30.3	556.8	756.3	2.6	0	75	25	13:00 - 15:00	40-B
11	2	27.80	13.1	25.7	0.770	0.742	0.113	0.234	0.395	1200	30.3	556.8	756.3	2.6	0	75	25	13:00 - 15:00	40-B
11	3	26.40	13.4	24.3	0.757	1.907	0.270	0.954	0.684	1200	30.3	556.8	756.3	2.6	0	75	25	13:00 - 15:00	40-B
11	4	24.00	13.2	25.0	0.764	1.730	0.314	0.830	0.586	1200	30.3	556.8	756.3	2.6	0	75	25	13:00 - 15:00	40-B
11	5	26.40	12.1	24.9	0.717	2.056	0.338	0.884	0.834	1200	30.3	556.8	756.3	2.6	0	75	25	13:00 - 15:00	40-B
12	1	26.40	13.8	25.9	0.723	0.783	0.151	0.196	0.436	700	30.1	921.2	758.5	3.5	0	71.8	26	9:30 - 11:00	38-A
12	2	24.80	12.8	27.0	0.748	0.770	0.109	0.215	0.445	700	30.1	921.2	758.5	3.5	0	71.8	26	9:30 - 11:00	38-A
12	3	26.10	12.9	25.1	0.700	1.947	0.309	0.915	0.723	700	30.1	921.2	758.5	3.5	0	71.8	26	9:30 - 11:00	38-A
12	4	27.50	12.1	25.4	0.704	2.102	0.325	1.009	0.768	700	30.1	921.2	758.5	3.5	0	71.8	26	9:30 - 11:00	38-A
12	5	26.30	13.4	24.8	0.760	2.001	0.364	0.998	0.639	700	30.1	921.2	758.5	3.5	0	71.8	26	9:30 - 11:00	38-A
13	1	24.10	13.3	23.9	0.734	0.527	0.086	0.163	0.277	800	28.5	218.6	756.5	0.6	0	78.8	26	15:00 - 17:00	38-B
13	2	26.80	14.6	23.3	0.753	0.548	0.116	0.159	0.273	800	28.5	218.6	756.5	0.6	0	78.8	26	15:00 - 17:00	38-B
13	3	27.00	13.2	23.4	0.803	1.742	0.317	0.731	0.693	800	28.5	218.6	756.5	0.6	0	78.8	26	15:00 - 17:00	38-B
13	4	23.70	12.1	26.7	0.729	1.469	0.237	0.661	0.571	800	28.5	218.6	756.5	0.6	0	78.8	26	15:00 - 17:00	38-B
13	5	24.60	12.1	26.8	0.751	1.321	0.187	0.608	0.527	800	28.5	218.6	756.5	0.6	0	78.8	26	15:00 - 17:00	38-B
14	1	27.50	13.2	24.9	0.733	0.423	0.094	0.140	0.190	950	22.4	214.2	758.9	0.0	0.1	100	27	7:00 - 9:00	32-A
14	2	25.00	14.1	25.6	0.727	0.410	0.058	0.137	0.215	950	22.4	214.2	758.9	0.0	0.1	100	27	7:00 - 9:00	32-A
14	3	25.20	13.2	24.1	0.716	1.417	0.300	0.595	0.521	950	22.4	214.2	758.9	0.0	0.1	100	27	7:00 - 9:00	32-A
14	4	22.40	13.4	26.2	0.705	1.258	0.280	0.667	0.312	950	22.4	214.2	758.9	0.0	0.1	100	27	7:00 - 9:00	32-A
14	5	25.00	12.3	26.4	0.772	1.554	0.330	0.622	0.603	950	22.4	214.2	758.9	0.0	0.1	100	27	7:00 - 9:00	32-A
15	1	25.60	12.9	25.1	0.757	0.542	0.088	0.146	0.308	1050	27.6	448.8	757.6	1.0	0.5	86	27	12:00 - 14:00	32-B
15	2	26.10	12.1	24.2	0.707	0.532	0.091	0.144	0.297	1050	27.6	448.8	757.6	1.0	0.5	86	27	12:00 - 14:00	32-B
15	3	23.90	13.4	24.9	0.683	1.498	0.272	0.629	0.597	1050	27.6	448.8	757.6	1.0	0.5	86	27	12:00 - 14:00	32-B
15	4	22.50	12.6	25.5	0.706	1.537	0.326	0.692	0.519	1050	27.6	448.8	757.6	1.0	0.5	86	27	12:00 - 14:00	32-B
15	5	26.70	14.9	23.4	0.769	2.079	0.350	0.977	0.752	1050	27.6	448.8	757.6	1.0	0.5	86	27	12:00 - 14:00	32-B

Blo = Bloque; T = Tratamiento; Peso = Peso de racimo (kg); GSB = Grado subbasal; LE = Largo exterior (cm); IC Índice de curvatura (adimensional)
 SRV = Total de kg perdidos por transporte; CR = kg perdidos por cuello roto; SRA = kg perdidos por acarreo (manos)
 SRF = kg perdidos por fricción (dedos); DIS = Distancia (m); TEM = Temperatura (°C); BRI = Brillo (Flux); PRE = Presión atmosférica (mb);
 VEL = Velocidad del viento (km/hr); HUM = Humedad relativa (%); DIA = fecha del mes de octubre de 2004; CABLE = Código del Cable-Via.

Continuación del anexo 3.

Blo	T	Peso	GSB	LE	IC	Peso (kg) de lesiones por racimo				DIS	TEM	BRI	PRE	VEL	PPT	HUM	DIA	HORA	CABLE
						SRV	CR	SRA	SRF										
16	1	28.20	13.2	24.7	0.704	0.717	0.141	0.229	0.347	1200	28.0	590.2	759.4	3.2	0	81.4	28	9:30 - 11:30	55-B
16	2	24.30	11.8	28.0	0.725	0.601	0.105	0.189	0.307	1200	28.0	590.2	759.4	3.2	0	81.4	28	9:30 - 11:30	55-B
16	3	26.80	12.4	24.3	0.724	1.878	0.455	0.826	0.597	1200	28.0	590.2	759.4	3.2	0	81.4	28	9:30 - 11:30	55-B
16	4	24.40	12.3	26.8	0.730	1.832	0.296	0.825	0.712	1200	28.0	590.2	759.4	3.2	0	81.4	28	9:30 - 11:30	55-B
16	5	27.00	12.9	24.5	0.791	2.031	0.304	0.914	0.813	1200	28.0	590.2	759.4	3.2	0	81.4	28	9:30 - 11:30	55-B
17	1	20.50	13.6	27.0	0.735	0.311	0.046	0.078	0.188	1300	23.9	51.5	757.8	0.4	0	100	28	16:30 - 16:00	55-A
17	2	26.90	13.4	20.5	0.847	0.387	0.059	0.112	0.216	1300	23.9	51.5	757.8	0.4	0	100	28	16:30 - 16:00	55-A
17	3	22.50	13.8	26.9	0.716	1.239	0.175	0.545	0.519	1300	23.9	51.5	757.8	0.4	0	100	28	16:30 - 16:00	55-A
17	4	25.80	14.3	22.5	0.741	1.428	0.260	0.668	0.500	1300	23.9	51.5	757.8	0.4	0	100	28	16:30 - 16:00	55-A
17	5	25.10	14.4	25.8	0.726	1.455	0.279	0.709	0.466	1300	23.9	51.5	757.8	0.4	0	100	28	16:30 - 16:00	55-A
18	1	24.70	13.6	25.1	0.735	0.548	0.107	0.159	0.283	1400	26.6	475.0	758.7	0.3	0	85.2	29	10:00 - 12:00	54-B
18	2	24.10	13.4	24.7	0.693	0.578	0.093	0.202	0.282	1400	26.6	475.0	758.7	0.3	0	85.2	29	10:00 - 12:00	54-B
18	3	27.60	12.7	24.1	0.690	1.771	0.376	0.744	0.651	1400	26.6	475.0	758.7	0.3	0	85.2	29	10:00 - 12:00	54-B
18	4	25.40	12.6	27.6	0.709	1.664	0.370	0.732	0.562	1400	26.6	475.0	758.7	0.3	0	85.2	29	10:00 - 12:00	54-B
18	5	21.00	12.5	25.6	0.769	1.248	0.262	0.474	0.512	1400	26.6	475.0	758.7	0.3	0	85.2	29	10:00 - 12:00	54-B
19	1	24.80	12.4	21.0	0.629	0.346	0.056	0.090	0.200	1500	22.1	113.0	757.0	1.9	0.4	100	29	14:30 - 16:30	54-A
19	2	25.70	13.8	24.0	0.623	0.343	0.059	0.093	0.191	1500	22.1	113.0	757.0	1.9	0.4	100	29	14:30 - 16:30	54-A
19	3	24.30	13.6	25.7	0.664	1.348	0.286	0.539	0.523	1500	22.1	113.0	757.0	1.9	0.4	100	29	14:30 - 16:30	54-A
19	4	23.50	12.9	24.3	0.662	1.282	0.211	0.449	0.622	1500	22.1	113.0	757.0	1.9	0.4	100	29	14:30 - 16:30	54-A
19	5	24.20	13.4	23.5	0.695	1.399	0.248	0.121	1.031	1500	22.1	113.0	757.0	1.9	0.4	100	29	14:30 - 16:30	54-A
20	1	24.80	12.4	24.1	0.765	0.397	0.062	0.117	0.218	1800	22.8	288.2	758.5	3.8	0	96	30	7:00 - 9:00	21-B
20	2	25.70	12.5	24.2	0.779	0.444	0.072	0.113	0.259	1800	22.8	288.2	758.5	3.8	0	96	30	7:00 - 9:00	21-B
20	3	25.00	13.6	25.8	0.597	1.433	0.246	0.450	0.737	1800	22.8	288.2	758.5	3.8	0	96	30	7:00 - 9:00	21-B
20	4	26.40	14.2	25.6	0.823	1.591	0.370	0.393	0.828	1800	22.8	288.2	758.5	3.8	0	96	30	7:00 - 9:00	21-B
20	5	23.00	14.3	26.1	0.802	1.445	0.306	0.660	0.478	1800	22.8	288.2	758.5	3.8	0	96	30	7:00 - 9:00	21-B

Blo = Bloque; T = Tratamiento; Peso = Peso de racimo (kg); GSB = Grado subbasal; LE = Largo exterior (cm); IC Índice de curvatura (adimensional)
 SRV = Total de kg perdidos por transporte; CR = kg perdidos por cuello roto; SRA = kg perdidos por acarreo (manos)
 SRF = kg perdidos por fricción (dedos); DIS = Distancia (m); TEM = Temperatura (°C); BRI = Brillo (Flux); PRE = Presión atmosférica (mb);
 VEL = Velocidad del viento (km/hr); HUM = Humedad relativa (%); DIA = fecha del mes de octubre de 2004; CABLE = Código del Cable-Vía.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 01/2006

LA TESIS TITULADA:

"EVALUACION DEL EFECTO DE DISTINTAS MODALIDADES DE ELASTOMEROS (RESORTES) EN EL TRANSPORTE POR EL CABLE VIA Y SUS EFECTOS SOBRE LAS LESIONES MECANICAS EN LOS GLOMERULOS FLORALES DEL BANANO (*Musa sp.*) EN LA COSTA NORTE DE GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

ANTONIO MOLINA PERDOMO

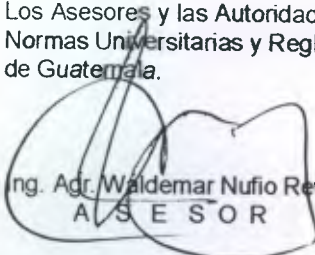
CARNE:


8114257

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

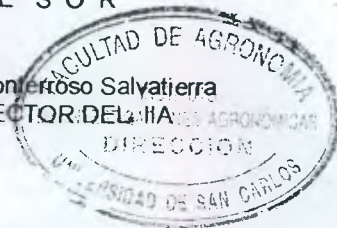
Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
Ing. Agr. Luis Rodolfo Montes Osorio
Ing. Agr. Carlos Humberto Godínez Orozco
Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello

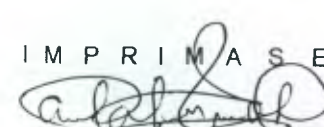
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
A S E S O R


Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez
A S E S O R


Dr. David Monterroso Salyatierra
DIRECTOR DEL IIA




Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
D E C A N O



DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico

