



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
Carrera de Ingeniería Agrícola

Tema:

“Determinación de la Eficiencia de Campo para el Sistema de Máquinas de alza y transporte en el Ingenio Pantaleón utilizando diagramas cíclicos, en la zafra azucarera 2010/2011”

Elaborado:

Br. Gerardo Ariel Ríos Carrasco.
Br. Norwin Bianell Sánchez Murillo.

Tutor:

Dr. Ricardo José Rivera Medina



Lider en Ciencia y Tecnología

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

Introducción

En la agricultura y en especial en el campo de la mecanización agropecuaria es común encontrar dos tipos de operaciones mecanizadas: a) Secuenciales y b) Paralelas.

La ingeniería agrícola relacionada con los procesos mecanizados, no se limita a estimar sólo la operación de las máquinas agropecuarias en un estado fijo del sistema, sino que trata de predecir el estado exacto del sistema en cualquier instante, No solo con el objetivo de identificar las actividades de todo el sistema de máquinas, sino también encontrar las eficiencias de campo del sistema, la eficiencia de mano de obra y además, realizar un análisis de los tiempos de los ciclos en tiempo real.

Este estudio permitió elaborar un trabajo a nivel piloto, para determinar en la practica las eficiencias y rendimientos de campo; la eficiencia de mano de obra, e identificar los factores que restringen el sistema de máquinas en el proceso de Alza y Transporte de Cosecha de la caña de azúcar, Ingenio Pantaleón, ubicado en el municipio de El Viejo , departamento de Chinandega .



Lider en Ciencia y Tecnología

Trabajo en Grupo y Aprendizaje

Antecedentes

A pesar de que el país cuenta con cuatro centrales azucareras poseen un amplio historial de experiencia en el uso y explotación de maquinaria agrícola trabajando en paralelo, no se documentaron trabajos de investigación en el tema del uso de diagramas cíclicos para la determinación de la eficiencia.





Líder en Ciencia y Tecnología
Forma en Ciencias e Ingenierías

Justificación

- a) Es el primer estudio piloto en el área de la mecanización.
- b) Se pretende que con los resultados y hallazgos encontrados a partir de este estudio, se puedan recomendar acciones correctivas a los agentes que toman decisiones en el Ingenio Azucarero, con el objetivo de bajar significativamente sus costos de operación en los procesos de Alza y transporte.
- c) Contribuir a proyectar la capacidad de investigación e innovación de los egresados de la carrera de Ingeniería Agrícola, y apoyar al desarrollo del sector azucarero de Nicaragua.





Líder en Ciencia y Tecnología

Centro de Estudios e Investigaciones

Objetivos

Objetivo General:

Aplicar la metodología y el enfoque de los Diagramas Cíclicos, en el análisis del sistema de máquinas de Alza y Transporte de la caña de azúcar en el Ingenio Pantaleón, para determinar su eficiencia en paralelo.

Objetivos Específicos:

- a) Explicar la eficiencia y rendimientos de campo en los sistemas de máquinas de Alza y transporte en el cultivo de la caña de azúcar.
- b) Determinar los tiempos del ciclo del sistema de máquinas.
- c) Desarrollar el diagrama cíclico del sistema de máquinas.
- d) Aplicar y analizar el enfoque del diagrama cíclico del sistema de máquinas para la determinación del rendimiento de campo.



Líder en Ciencia y Tecnología

Centro de Ciencias e Ingeniería

Marco teórico

El desarrollo de este estudio fue fundamentado siguiendo las teorías y principios siguientes:

a) Fundamentos de los sistemas de máquinas agrícolas(Capacidad de las máquinas)

La capacidad de las máquinas agrícolas se puede medir en términos de la rapidez y la calidad con las que se efectúan las operaciones.

b) Estudio del trabajo. (Estudio de tiempos)

El estudio de tiempo es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida.

c) Eficiencia del tiempo

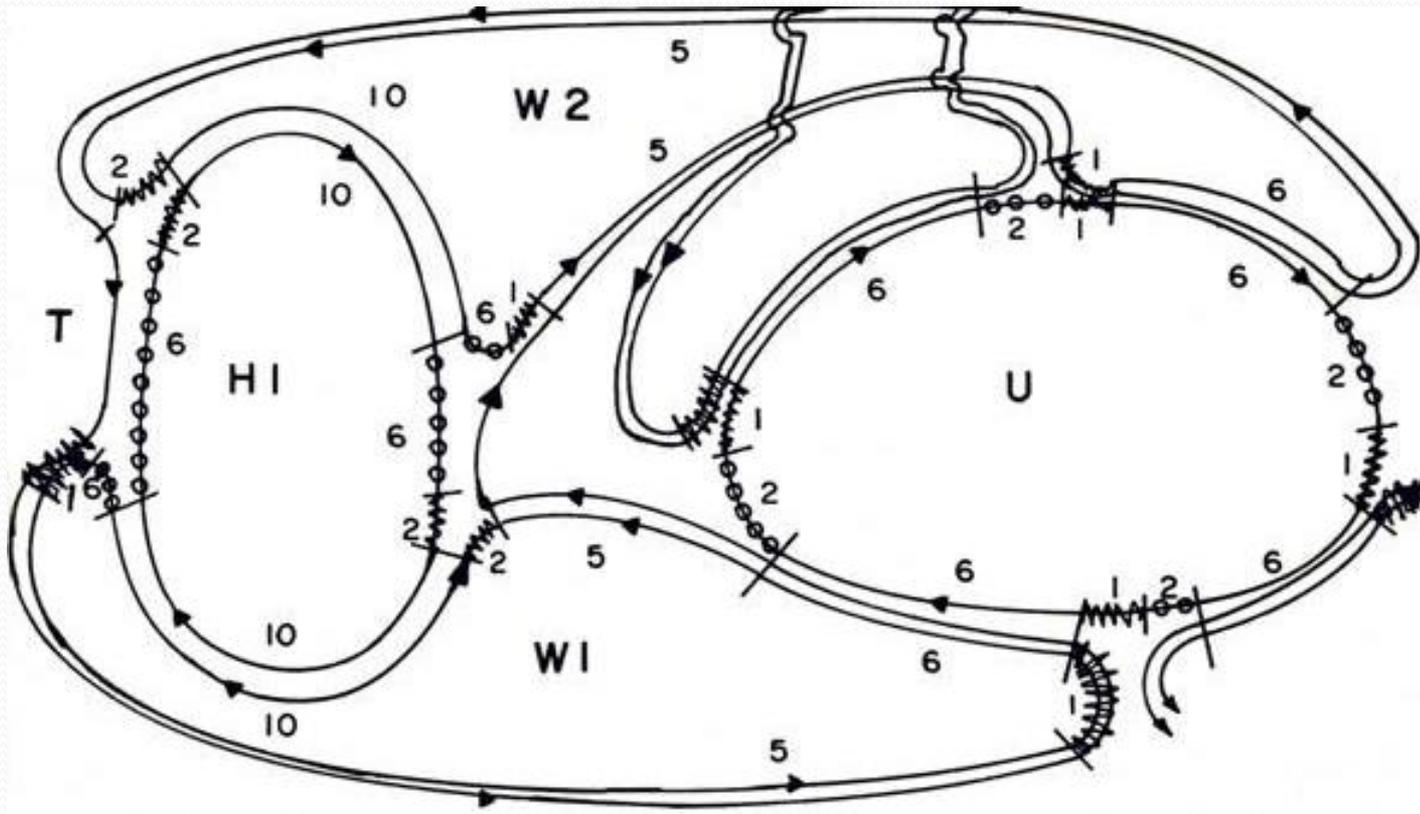
La eficiencia del tiempo es un porcentaje que expresa la razón del tiempo que una máquina funciona efectivamente con el tiempo total que se asigna a la máquina para la operación.

d) Método del Diagrama Cíclico

El Diagrama Cíclico es un método de apoyo para el análisis de un sistema de maquinaria de campo, estos diagramas indican la actividad de todo el sistema de máquinas.

e) Estadística descriptiva

La estadística descriptiva es un conjunto de procedimientos que tiene por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y otras medidas de resumen.





Diseño metodológico

Metodología

El presente estudio, utilizamos la metodología de tipo Directa o Investigación de Campo, la cual es recomendada cuando la misma se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren el o los fenómenos objeto de estudio.

1. Análisis documental de los sistemas de Alza y Transporte en las centrales azucareras

2. Observación y organización del trabajo de campo en el sitio del estudio

2.1 Sistema de cosecha mecanizada (Frente de cosecha mecanizada)

2.2 Sistema de Cosecha Manual (Frente de cosecha manual)





Lider en Ciencia y Tecnología

Través en Ciencias e Ingeniería

Especificaciones de Equipos

Sistema de máquinas Ingenio Pantaleón						
Descripción	Marca	Modelo	Motor	Capacidad de carga	Vel. cosecha/alce	Rendimiento
Cosechadora	Case IH	A7000/A7700	300 CV		20/9 km/hr	70 t/hr
Alzadora	Cameco	SP2254/SP1800	155/100 hp		5 km/hr	55/40 t/hr
Tractor	New Holland	T7-250	250 hp			
Tractor	New Holland	Tm-175	155 hp			
Camión	Freightliner	FDL	Detroit 450 hp	350 t		
Autovolteo	Cameco			8 t		8 t
Vagón	Cameco	Promesa/Fama		33 t		33 t



3 Trabajo de campo :

- a) Determinación del tamaño de la muestra de datos a recolectar
(67 F. mecanizado); (52 F. manual)
- b) Elaboración de formatos para la recolección de datos de campo

No	código	Conf.	Turno	DZ	Frente	Finca	Lote	km PC	t/Viaje.
Tipo de ciclo			(km) Inicio	(km) Fin	Hora (min) Inicio	Hora (min) Fin	Hora Motor (hora-motor) Inicio	Hora Motor Fin	
Salida									
chequeo de ida									
Llegada al Campo									
T/Desenganche									
T/Cargue									
T/Enganche									
Salida del campo									
chequeo de regreso									
Llegada a Bascula									
T/espera de pesaje									
T/pesaje									
T/descarga									
T/en Patio									



Líder en Ciencia y Tecnología

Centro de Ciencias e Ingeniería

4. Organización y planificación de la recolección de datos de campo

5. Procesamiento de la información estadística

6. Materiales y equipos:

Materiales.

a) Copias de formatos para la recolección de los tiempos.

b) Cronómetro digital.

c) Tablero de observaciones.

d) Excel Versión 2010. Microsoft Office

e) AutoCAD versión 2011.

f) Computadora portátil Acer modelo *ASPIRE one*.

g) Paquete Estadístico *Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) version 19*.



Lider en Ciencia y Tecnología

Trabaja en Ciencias & Tecnología

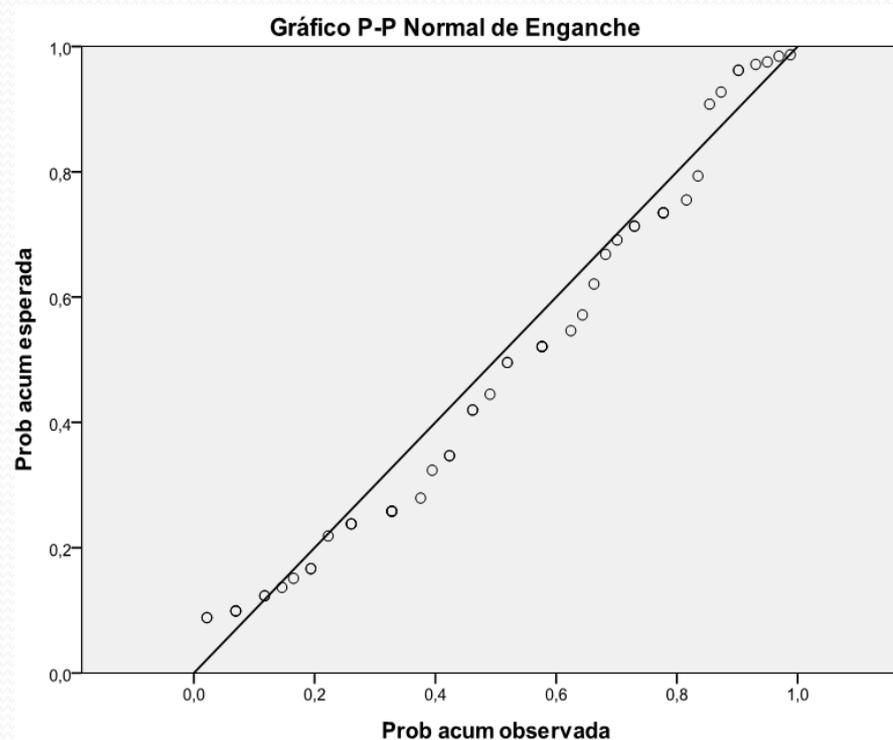
Resultados y Discusión

	Enganche	Desenganche	Carga camion	Carga cosechadora	Tiempo recorrido autovolteo	Tiempo de recorrido del camion			
codigo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo (min)	Tiempo ida (min)	Tiempo vuelta (min)	Frente	Ton./Vje.
1205	00:05:16	00:01:44	00:38:23	00:25:15	6	11	20	3	294.5
1202	00:05:05	00:01:10	00:26:20	00:27:54	5	11	56	3	295.26
1203	00:03:11	00:00:24	00:10:24	00:12:43	2	15	18	3	278.38
1202	00:00:00	00:00:00	00:50:07	00:18:13	4	46	41	4	303.64
1208	00:07:40	00:00:26	00:12:20	00:28:45	6	13	15	3	274.76
1807	00:03:11	00:00:42	00:31:41	00:23:12	4	10	12	6	108.66
1205	00:02:24	00:00:02	00:30:34	00:34:13	3	10	14	3	283.5
1204	00:08:11	00:00:15	00:53:15	00:21:18	4	76	94	5	236.92
4705	00:01:57	00:02:07	02:01:50	00:35:45	10	35	31	4	298.28
1202	00:01:42	00:00:17	01:52:02	00:37:25	5	49	60	4	278.44
4703	00:04:20	00:00:10	00:42:42	00:27:34	10	24	21	3	239.02
1813	00:05:10	00:02:36	00:09:32	00:31:11	3	54	51	5	259.02
1813	00:03:27	00:02:32	01:23:38	00:23:15	2	50	32	5	284.2
4704	00:03:42	00:03:02	00:43:48	00:26:11	5	18	20	4	259.32
1205	00:06:20	00:03:57	00:21:48	00:23:04	3	22	17	3	281.34
4704	00:06:25	00:01:39	00:16:36	00:28:13	6	6	8	6	284.02
4704	00:11:37	00:05:57	00:41:36	00:13:45	3	59	39	4	282.36
1201	00:02:17	00:01:25	00:33:15	00:28:16	1	13	13	5	283.48
1205	00:02:17	00:02:54	03:31:21	00:11:12	2	22	28	3	236.64
1815	00:10:10	00:00:38	00:27:02	00:15:17	3	36	68	3	289.4



Análisis de la calidad de los datos

Revisando la normalidad de los datos de tiempo de enganche, se puede observar que los puntos siguen aproximadamente a la curva teórica, lo que indica que los datos se distribuyen de forma normal con una confianza del 95%.





Posteriormente fueron procesados y analizados los eventos individuales de cada uno de los ciclos para cada una de las máquinas del sistema. (Un detalle de los resultados obtenidos son presentados a continuación:)

Tiempos promedios (min) Frente mecanizado					
Equipo \ Evento	Recorrido vacío	Desenganche	Carga	Enganche	Recorrido cargado
Camión	46.7	1.9	17.8	4.0	58.8
Cosechadora			45.6		
Autovolteo	3.1		22.8		3.1



● **Determinación de la eficiencia de campo para los frentes mecanizados.**

(Siguiendo la metodología establecida se procedió, a determinar el tiempo total del sistema para cada una de las maquinas)

P. ej. Para determinar el tiempo total del camión se tiene:

$$T = 46.7 + 1.9 + 17.8 + 4.0 + 58.8 = 129.2min$$

(de igual forma se calcula para todo el sistema de maquinas)

Una vez determinado los tiempos totales se determinan los tiempos muertos

P. ej. Para determinar los tiempos muertos de cada una de las maquinas.

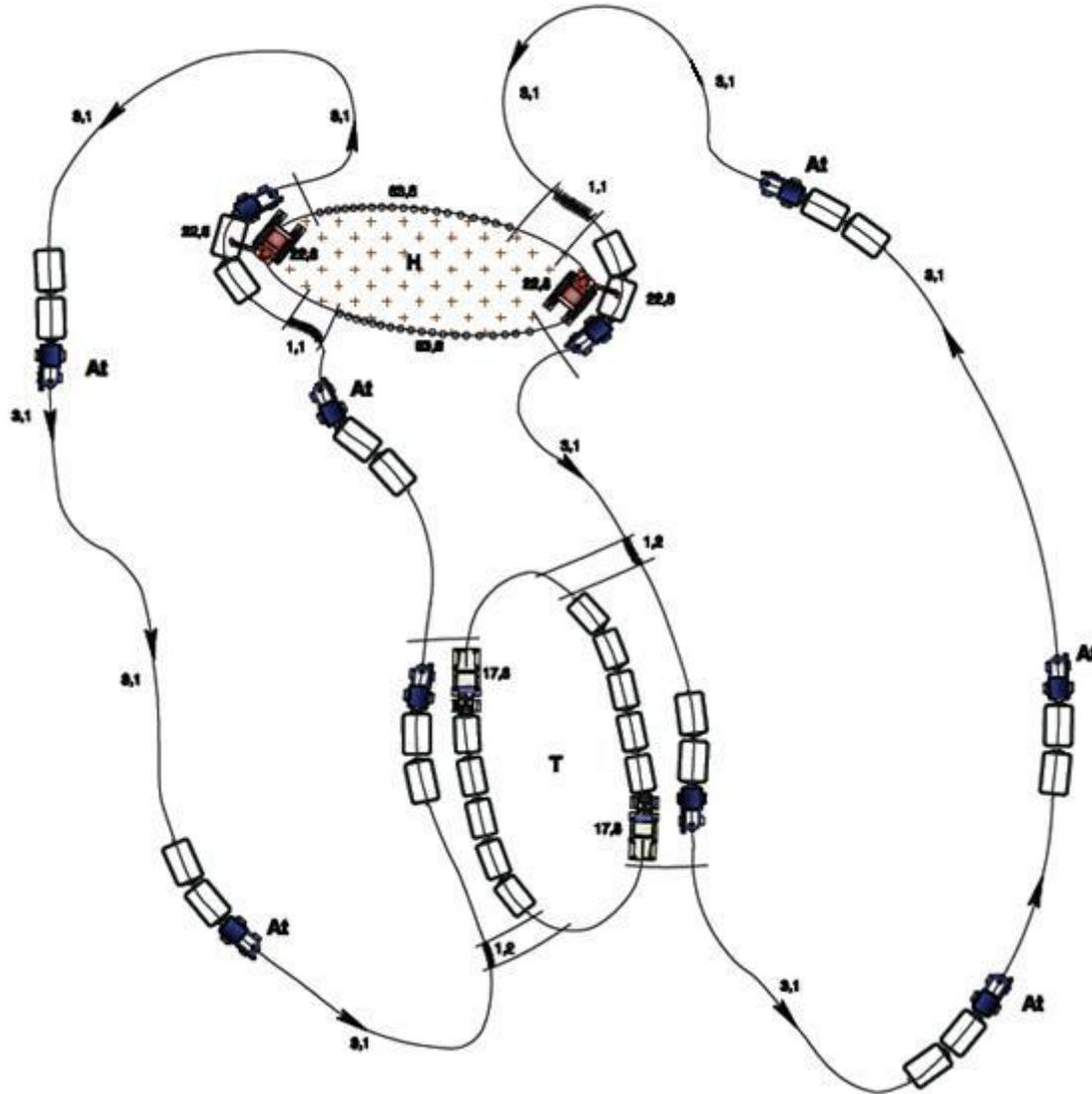
$$H = 129.2 - 45.6 = 83.6min$$

Una vez determinado los tiempos muertos se procedió a diseñar el diagrama de ciclos



Lider en Ciencia y Tecnología
Través de la Innovación y el Conocimiento

DIAGRAMA CICLICO COSECHA MECANIZADA





A continuación se procedió a calcular las eficiencias del sistema.

P. ej.

$$\frac{15.96}{(15.96 + 6.84 + 83.6)} = 15\%$$

Capacidad_Sistema_Estado_Fijo	Eficiencia Mano Obra	Eficiencia Real del Sistema
11.6 cargas/h, (1,914 tn/h)	0.6 cargas/h-hombre	15%

Como no existe un patrón establecido que nos permita comparar los resultados obtenidos, por lo cual, propusimos utilizar la hipótesis de que la eficiencia total del sistema es igual a la productoria de todas las eficiencias individuales de todas las maquinas del sistema.

$$\eta_{Sistema} = \eta_H \eta_T \eta_{At} \quad 51\%$$



Se utilizo el mismo procedimiento para medir la eficiencia del frente manual.

Capacidad_Sistema_Estado_Fijo	Eficiencia Mano Obra	Eficiencia Real del Sistema
8.7 cargas/h, (1,435 tn/h	0.7 cargas/h-hombre	9.80%



Lider en Ciencia y Tecnología

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Estudio comparativo de los resultados

A partir de la base de datos procesada, se procedió a elaborar un estudio comparativo de las eficiencias del sistema utilizando los valores de:

- a) Valores Moda.
- b) Valores Mínimo.

Luego de esto se aplicó un análisis de error donde se ocupó el Error absoluto y Error Relativo.

Error absoluto es la diferencia entre el valor de la medida y el valor tomado como exacto.

Error relativo es el cociente entre el valor absoluto y el valor exacto.



Medida	Errores Absolutos	Errores Relativos	En Porcentaje
Medio	0.36	0.71	71.0%
Moda	0.41	0.81	81.0%
Mínimo	0.06	0.11	11.0%

INDICE

CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	6
2.2 Fundamentos de los sistemas de máquinas agrícolas	6
2.2.1 Capacidad de las máquinas	6
2.2.1.1 Capacidad teórica.....	6
2.2.1.2 Capacidad efectiva	7
2.2.1.3 Uso de Nomograma para calcular la capacidad efectiva.....	7
2.2.2 Estudio de tiempos.....	9
2.2.3 Eficiencia del tiempo	9
2.2.3.1 La eficiencia de campo se basa.....	9
2.2.4 Sistema de máquinas en Paralelo	9
2.2.5 Método del Diagrama Cíclico.....	10
2.2.5.1 El desarrollo de un diagrama cíclico se basa en los siguientes principios	10
2.2.5.2 Pasos definidos en el desarrollo de un Diagrama Cíclico.....	11
2.3 Principios fundamentales del Estudio del trabajo y la productividad.....	12
2.3.1 Constitución del tiempo total de un trabajo	12
2.3.2 Técnicas el estudio del trabajo y su interrelación	13
2.3.3 Procedimiento básico para el estudio del trabajo	14
2.4 Estadística descriptiva	14
2.4.1 Tipos de frecuencias	15

2.4.2 Tipos de datos.....	15
2.4.2.1 Variables cuantitativas.....	15
2.4.2.2 Variables cualitativas.....	16
2.4.3 Medidas de tendencias centrales.....	16
2.4.3.1 La Media.....	16
2.4.4 Medidas de dispersión.....	16
2.4.4.1 La desviación típica (S_t).....	16
2.4.4.2 La Desviación Estándar (S_e).....	17
2.4.4.3 Histograma.....	17
2.4.4.4 Distribución Normal (X).....	17
2.4.4.5 Propiedades de la distribución normal.....	18
CAPITULO III DISEÑO METODOLOGICO.....	19
3.1 Introducción.....	19
3.2 Metodología.....	20
3.2.2 Análisis documental de los sistemas de Alza y Transporte en las centrales azucareras.....	20
3.2.3 Observación y organización del trabajo de campo en el sitio del estudio.....	21
3.2.3.1 Sistema de cosecha mecanizada (Frente de cosecha mecanizada).....	21
3.2.3.2 Sistema de Cosecha Manual (Frente de cosecha manual).....	23
3.2.3.3 Transporte de caña de azúcar.....	26
3.3 Trabajo de campo.....	27
3.3.1 Determinación del tamaño de la muestra.....	27
3.3.2 Elaboración de formatos para la recolección de datos de campo.....	29
3.3.3 Organización y planificación dela recolección de datos de campo.....	29
3.3.4 Procesamiento de la información estadística.....	30
3.4 Materiales y equipo.....	30
3.4.1 Materiales.....	30

3.4.2 Equipos.....	31
3.4.3 Localización	32
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION	33
4.1 Introducción.....	33
4.1.1 Proceso de recopilación de los datos de campos	33
4.1.2 Procesamiento de la información.....	33
4.1.2.1 Análisis de la calidad de los datos	37
4.1.3 Determinación de la eficiencia de campo para los frentes mecanizados	38
4.1.3.1 Determinación de los tiempos muertos (ociosos) para el frente mecanizado	38
4.1.3.2 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra para el Sistema Mecanizado para los tiempos medios	40
4.1.3.3 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando tiempos mínimos para el Sistema Mecanizado	40
4.1.3.4 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando para un ciclo de trabajo aleatorio (más preciso) para el Sistema Mecanizado	41
4.1.4 Determinación de la eficiencia de campo para el Frente Manual	41
4.1.4.1 Determinación de los tiempos muertos (ociosos) para el Frente Manual.....	41
4.1.4.2 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra para el Frente Manual	43
4.1.4.3 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando para un ciclo de trabajo aleatorio en el Frente Manual.....	43
4.1.4.4 Análisis de Error	44
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	46
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones.....	47

VI CRONOGRAMA	48
VII BIBLIOGRAFIA	49

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la agricultura y en especial en el campo de la mecanización agropecuaria es común que los conjuntos formados por el tractor y un implemento de trabajo laboren el campo en una serie de operaciones secuenciales, por ejemplo, después de la aradura, viene el gradeo, la siembra, y otras operaciones mecanizadas que se suceden una tras otras. En todas ellas es muy fácil encontrar sus capacidades de campo, tanto teóricas como reales, ya que todas responden a una misma unidad de trabajo, hectáreas por hora, [ha/h].

Pero no todas las operaciones en el campo son de forma secuencial tal y como se describió en el párrafo anterior, sino que también existen operaciones mecanizadas que se realizan en paralelo, es decir, de manera simultánea, o al mismo tiempo. Por ejemplo, en los ingenios azucareros, en las empresas arroceras, o en las explotaciones ganaderas, por lo general un equipo cosechador, corta el cultivo y a su vez alimenta y carga un tráiler, un camión transportador u otro equipo similar. En tales situaciones, se presenta un inconveniente a la hora de calcular la capacidad de campo, ya que la máquina cosechadora, utilizará unidades como hectáreas por hora [ha/h], o toneladas por hora [t/h], y el camión a su vez empleará unidades tales como kilómetros por hora [km/h] u otras unidades similares.

La ingeniería agrícola relacionada con los procesos mecanizados, no se limita a estimar sólo la operación de las máquinas agropecuarias en un estado fijo del sistema, sino que trata de predecir el estado exacto del sistema en cualquier instante. En tales estados, los diagramas cíclicos ayudan en el análisis de un sistema de máquinas en paralelo en el campo, ya que por medio de ellos no solamente se identifican de forma más fácil las actividades de todo el sistema de máquinas, sino que también a partir de los mismos es factible encontrar las

eficiencias de campo del sistema, la eficiencia de mano de obra y además, realizar un análisis de los tiempos de los ciclos en tiempo real.

El ingenio Pantaleón (Monterrosa) es un centro industrial azucarero que cosecha en un alto porcentaje con métodos mecanizados, se localiza a 147 km al oeste de Managua, en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega. Dentro del contexto de un convenio de colaboración, este centro azucarero y el departamento de Ingeniería Agrícola de la UNI, se desarrolló un estudio monográfico, el cual permitió elaborar un trabajo piloto, la determinación práctica de las eficiencias y rendimientos de campo; calcular la eficiencia de mano de obra y también identificar los posibles factores que restringen el sistema de máquinas en el proceso de alza y transporte de cosecha de la caña de azúcar, en la época de la zafra del ingenio.

1.2 Antecedentes

A pesar de que el país cuenta con cuatro centrales azucareras que poseen un amplio historial de experiencia en el uso y explotación de maquinaria agrícola, y en el empleo de sistemas de cosecha mecanizados, los cuales utilizan en sus operaciones sistemas de explotación en paralelo durante sus periodos de zafra, durante el análisis documental realizado no se evidenciaron trabajos de investigación, estudios, o referencias bibliográficas en que se evidenciaran la realización de evaluaciones de las eficiencias de campo en dichos sistemas.

A partir del estado del arte realizado previamente, se puede afirmar que existen trabajos similares a este en países extranjeros como Cuba y Colombia. En el caso de Cuba, se encontró un estudio realizado en la central azucarera de la provincia de Ciego de Ávila, en dicha investigación se planteaba la implementación de un nuevo sistema de máquinas y de movimientos, estudio en el cual se lograron balancear las relaciones de tiempos de espera en el transporte, de tal forma que la pérdida por esta causa fuese la mínima. Por otro lado, en las conclusiones del artículo, los investigadores afirmaron que lograron disminuir el tiempo perdido durante el transporte, reduciendo por ende los costos de operación.

Otro caso similar documentado, fue uno realizado en el Ingenio Del Valle del Cauca en Colombia, con este se planteaba la creación de un modelo de gestión logística para el transporte de caña de azúcar utilizando modelos matemáticos con el objetivo principal de disminuir los costos de operación del transporte de caña de azúcar, el cual equivale al 33% de los costos de cosecha en ese país, con este sistema se logró establecer un modelo en el cual fuese posible determinar la eficiencia del sistema de transporte.

No se documentaron trabajos de investigación en el tema del uso de diagramas cíclicos para la determinación de la eficiencia de un sistema de máquinas trabajando en paralelo.

1.3 Justificación

La motivación principal que se tiene para este estudio radica en ser un estudio piloto en el área de la mecanización, ya que como se menciona en el epígrafe II, no se tiene reportada ninguna evidencia de trabajos realizados en el tema del análisis de eficiencias de tiempos en sistemas de máquinas operando en paralelo, utilizando diagramas cíclicos en todo el país. El hecho de ser el primer estudio en este campo, más el interés mostrado por algunos directivos del área de mecanización del Ingenio Pantaleón por los resultados a encontrar, es lo que ocasionó el desarrollo de esta investigación.

Por otra parte se espera que con los resultados y hallazgos encontrados a partir de este estudio, se puedan recomendar acciones correctivas a los agentes que toman decisiones en el Ingenio Azucarero, con el objetivo de bajar significativamente sus costos de operación en los procesos de Alza y transporte, se conoce por el análisis documental, que estos estudios que se han desarrollado permitieron mejorar los rendimientos y por ende reducir sus costos hasta en un veinte por ciento.

Adicionalmente, y mediante el empleo del método de diagramas cíclicos, fue posible determinar algunos factores relacionados con la eficiencia de campo, que limitan su funcionamiento eficiente. Estos factores una vez determinados ayudarán a identificar otros problemas que afectan los sistemas mecanizados en paralelo, como son: el rendimiento y la eficiencia de la mano de obra, los tamaños y capacidades mínimas requeridas para las máquinas que intervienen en el proceso de transporte, etc.

Finalmente el desarrollo de esta investigación contribuirá a proyectar la capacidad de investigación e innovación de los egresados de la carrera de Ingeniería Agrícola, mediante el desarrollo de competencias genéricas en el campo de la investigación aplicada y el apoyo al desarrollo del sector azucarero de Nicaragua.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

- Aplicar la metodología y el enfoque de los Diagramas Cíclicos, en el análisis del sistema de máquinas de Alza y Transporte de la caña de azúcar en el Ingenio Pantaleón, para determinar su eficiencia en paralelo.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar los tiempos del ciclo del sistema de máquinas.
- Desarrollar el diagrama cíclico del sistema de máquinas.
- Aplicar y analizar el enfoque del diagrama cíclico del sistema de máquinas para la determinación del rendimiento de campo.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.2 Fundamentos de los sistemas de máquinas agrícolas

2.2.1 Capacidad de las máquinas

La capacidad de las máquinas agrícolas se puede medir en términos de la rapidez y la calidad con las que se efectúan las operaciones. (Alvarado, A., 2004)

Los cálculos de la capacidad de la máquina comprenden la medición de áreas [hectáreas, ha] o masas [toneladas, t] y de tiempos. [horas]. Se definen dos tipos de capacidad de máquina: a) teórica, y b) efectiva.

2.2.1.1 Capacidad teórica

El cálculo de la Capacidad de la máquina teórica [C_{TR} , ha/h] en términos de áreas se define como:

$$C_{TR} = 0,1VA \quad [2.1]$$

Dónde:

V = velocidad de avance, cuadro 2.1 [km/h]

A = ancho del implemento [m]

$0,1$ = factor de conversión para que el ancho del trabajo A se obtenga en metros

El cálculo de la Capacidad de la máquina teórica [C_{TR} , t/h] en términos de masas.

$$C_{TR} = 0,1VAy \quad [2.2]$$

Dónde:

y = rendimiento, unidades/áreas.

2.2.1.2 Capacidad efectiva

El cálculo de la Capacidad de la máquina efectiva [C_{ET} , ha/h] en términos de áreas se define como:

$$C_{ET} = \frac{CTR \left(\frac{ha}{hora} \right)}{R(\%)} \quad [2.3]$$

Dónde:

R = rendimiento del implemento, ver cuadro [2.1]

VELOCIDADES DE OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.
DATOS FAT (FOLLETOS DE DIVULGACIÓN)

IMPLEMENTOS	VELOCIDADES km/h	RENDIMIENTO % ³
Subsolador	2-5	60
Arado discos	4-7	60
Fresadora	2-5	63
Rotavator	2-5	63
Rastra discos	5-10	68
Rastra dientes	5-10	68
Cultivadoras	3-8	69
Distribuidora fertilizantes	6-9	64
Sembradora chorro	4-8	55
Sembradora precisión	4-8	55
Cultivadora hileras	3-8	70
Cosechadora granos	3-6	62
Fumigadora	5-10	40
Chapeadora	4-10	70

Tabla 2.1 velocidades de operación y rendimientos de implementos agrícolas

2.2.1.3 Uso de Nomograma para calcular la capacidad efectiva

Existen otros métodos con el que se puede calcular la capacidad de campo efectiva de una máquina. El uso de Nomogramas (representación gráfica de la ecuación de capacidad efectiva), es un método rápido y confiable para la determinación de la Capacidad efectiva.

Operación	Equipo	Eficiencias de campo, %	Velocidades de operación km/hr [mi/hr]
Labranza	Arado de vertedera	88-74	5-9 [3.1-5.6]
	Rastra de discos	90-77	6-10 [3.7-6.2]
	Rastra de dientes de resorte o de clavos	83-65	6-12 [3.7-7.5]
	Cultivadora de campo, arado de subsuelo	90-75	6-9 [3.7-5.6]
Cultivo	Cultivadora de surcos	90-68	3-9 [1.9-5.6]
	Escardadora rotativa	88-80	9-20 [5.6-12.4]
Siembra	Sembradora en hilera con fertilizador	78-60	7-10 [4.3-6.2]
	Sembradora de grano fino con fertilizador	80-65	4-9 [2.5-5.6]
	Esparcidora	70-65	6-10 [3.7-6.2]
Cosecha	Segadora y acondicionador de pastura	83-75	6-10 [3.7-6.2]
	Rastrilladora	89-62	6-12 [3.7-7.5]
	Empacadora	85-65	3-8 [1.9-5.0]
	Cosechadora de forraje	76-50	3-7 [1.9-4.3]
	Trilladora	81-63	3-6 [1.9-3.7]
	Cosechadora de maíz	70-55	3-6 [1.9-3.7]
	Andanadora, hileradora	85-75	6-10 [3.7-6.2]
	Cosechadora de papa	65-55	3-6 [1.9-3.7]
Otras	Cosechadora de aguja para algodón	65-80	3-5 [1.9-3.1]
	Aspersora	65-55	7-10 [4.3-6.2]
	Aplicador de amoniaco anhidro	65-55	6-9 [3.7-5.6]
	Desvaradora rotativa	85-65	6-10 [3.7-6.2]
	Esparcidor de fertilizante	90-60	6-10 [3.7-6.2]

Tabla 2.2 Eficiencias de campo de equipos agrícolas

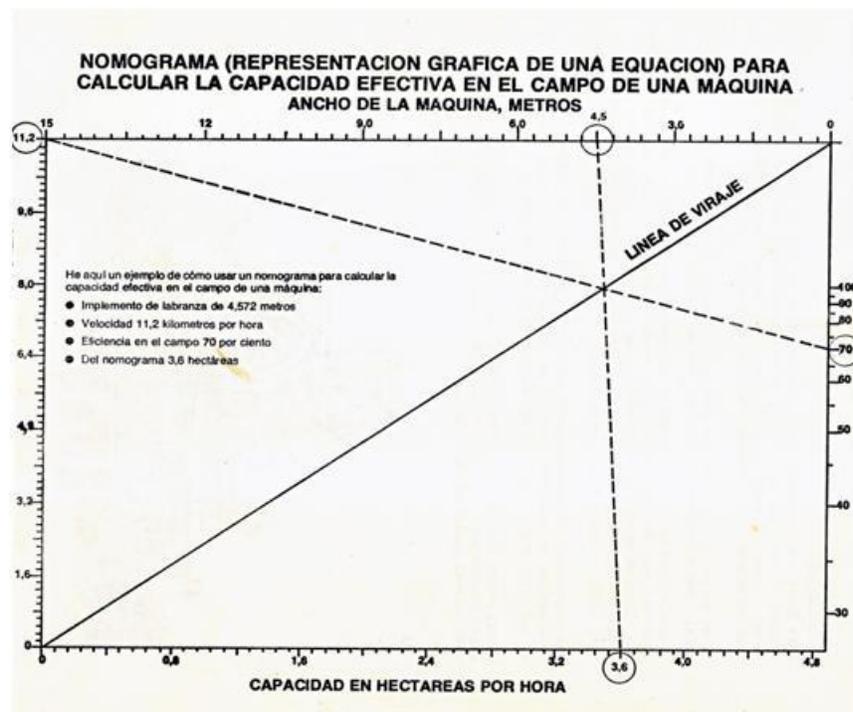


Ilustración 2.1 Nomograma para calcular la capacidad efectiva de una máquina en el campo

2.2.2 Estudio de tiempos

El estudio de tiempo es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida, y, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución establecida.

2.2.3 Eficiencia del tiempo

La eficiencia del tiempo es un porcentaje que expresa la razón del tiempo que una máquina funciona efectivamente con el tiempo total que se asigna a la máquina para la operación. Cualquier tiempo que la maquina no esté procesado efectivamente el campo se considera tiempo desperdiciado. Son necesarias definiciones bastantes estrictas de lo que en realidad deberá considerarse como tiempo desperdiciado atribuible a la máquina.

2.2.3.1 La eficiencia de campo se basa

1. El tiempo de preparación de la maquina
2. El tiempo de recorrido de ida y vuelta al campo
3. El tiempo de preparación de la maquina
4. El tiempo teórico de campo
5. El tiempo de viraje
6. El tiempo para cargar o descargar la maquina
7. El tiempo de ajuste de la maquina
8. El tiempo de mantenimiento
9. El tiempo para la reparaciones
10. El tiempo del operador

2.2.4 Sistema de máquinas en Paralelo

En mecanización agrícola, pocas operaciones de campo son completamente independientes de otras operaciones de producción. Como una característica

particular, la producción agrícola comprende la operación de un sistema de máquinas. Como resultado, la eficiencia de campo de cualquier máquina individual puede estar limitada por la capacidad de otras operaciones del sistema. Las operaciones de cosecha proporcionan el mejor ejemplo de un sistema de máquinas. La cosechadora, los remolques o los camiones de transporte y el equipo de descarga comprenden una operación en sistema en el cual las eficiencias de las máquinas individuales dependen del rendimiento del sistema en conjunto. La preparación de las camas para siembra y la siembra misma constituyen un sistema que debe estar habilitado para que en cualquier momento en que sea necesario sembrar inmediatamente después de la preparación del suelo. Incluso la labranza básica puede tener consideraciones de sistema cuando el barbecho es precedido por el picado de tallos y la aplicación de fertilizante. La cosecha de pastura, la cual comprende el secado al menos parcial de la pastura en el campo, es un sistema de producción muy importante y complicado. La oportunidad de una operación individual respecto a otra es el rasgo característico que define un sistema de máquinas. La oportunidad es meramente *Secuencial* cuando la labranza debe preceder a la siembra. Es *Paralela* cuando dos operaciones deben efectuarse simultáneamente, como por ejemplo en el curado de campo de la pastura, donde varias operaciones con implementos deben coordinarse con la capacidad de secado, a este proceso se le denomina *Sistema en Paralelo*. (Hunt, D., 1983).

2.2.5 Método del Diagrama Cíclico

El Diagrama Cíclico es un método de apoyo para el análisis de un sistema de maquinaria de campo, estos diagramas indican la actividad de todo el sistema de máquinas.

2.2.5.1 El desarrollo de un diagrama cíclico se basa en los siguientes principios

1. Todos los ciclos de las máquinas deben sumar el mismo tiempo total, T_S .

2. Los tiempos ociosos sólo se permiten después de haber completado la operación específica inmediata.
3. Es necesario calcular los tiempos y los diagramas cíclicos solamente para un ciclo representativo de cada tipo de máquina usado en el sistema para una solución de estado fijo.
4. Los tiempos de transporte se deben determinar para distancias de recorrido y velocidades promedios, para obtener un promedio del rendimiento del sistema.
5. La capacidad del sistema está limitada por la del ciclo con cero tiempos ociosos.

2.2.5.2 Pasos definidos en el desarrollo de un Diagrama Cíclico

1. Dibujar los ciclos para mostrar las interrelaciones adecuadas de las máquinas.
2. Marcar los tiempos productivos y de apoyo a lo largo de los ciclos.
3. Sumar los tiempos requeridos para cada ciclo.
4. Sumar el tiempo ocioso a los otros ciclos para hacer subir sus tiempos totales hasta T_s .

Un ejemplo de un Diagrama cíclico se puede observar en el gráfico 2.2

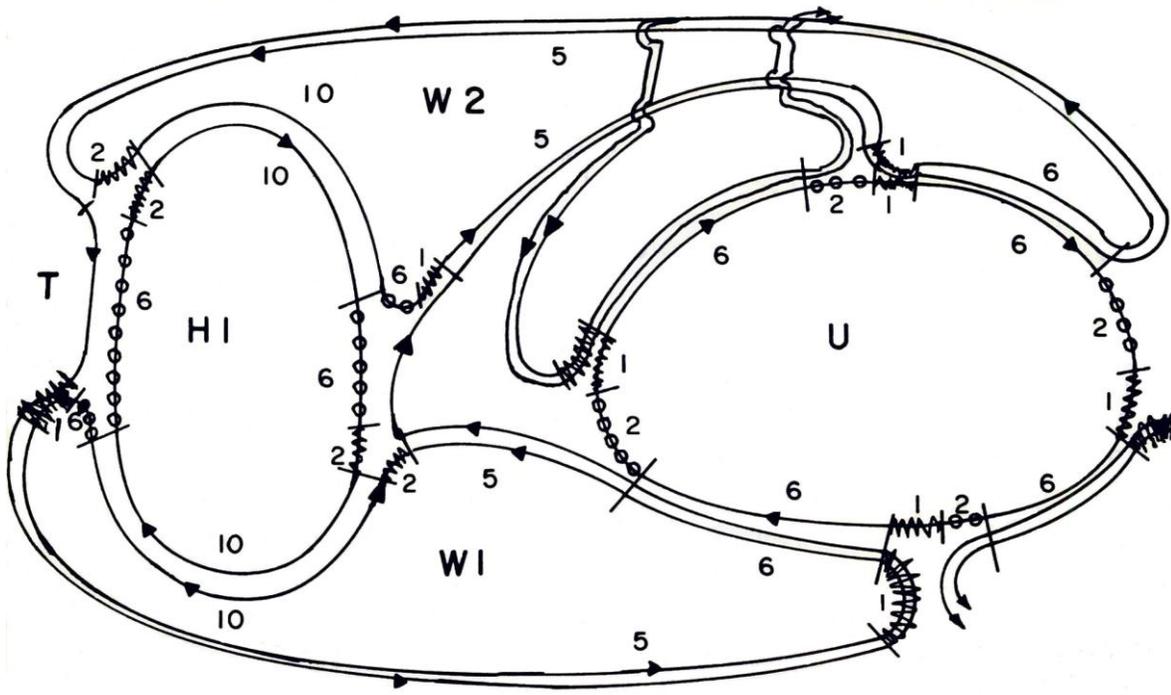


Gráfico 2.2 Ejemplo Diagrama cíclico de un sistema de cosecha de forraje usando camiones como transporte

2.3 Principios fundamentales del Estudio del trabajo y la productividad

El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimientos con respecto a las actividades que se están realizando (Kanawaty, G., 2004).

2.3.1 Constitución del tiempo total de un trabajo

Puede considerarse que el tiempo que tarda un trabajador o una máquina en realizar una actividad o en producir una cantidad determinada de cierto producto, está constituido por:

- a) *El contenido básico de trabajo de la operación.* Es la cantidad de trabajo contenida en un proceso medido en horas de trabajo o en horas de máquina. Es decir, es el tiempo mínimo irreductible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción.

- a.1 Una hora de trabajo es el trabajo de una persona en una hora.
- a.2 Una hora de maquina es el funcionamiento de una maquina durante una hora.
- b) Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño.
 - b.1 Deficiencia y cambios frecuentes del diseño.
 - b.2 Desechos de materiales.
 - b.3 Normas incorrectas de calidad.
- c) Contenido del trabajo suplementario debido a métodos ineficientes de funcionamiento.
 - c.1 Mala disposición y utilización del espacio.
 - c.2 Inadecuada manipulación de los materiales.
 - c.3 Interrupciones frecuentes al pasar de la producción de un producto a la de otro.
 - c.4 Método de trabajo ineficaz.
 - c.5 Mala planificación de la existencias.
 - c.6 Averías frecuentes de las máquinas y el equipo.
- d) Contenido de trabajo resultante principalmente de la aportación de recursos humanos.
 - d.1 Absentismo y falta de puntualidad.
 - d.2 Mala ejecución del trabajo.
 - d.3 Riesgo de accidentes y lesiones profesionales.

2.3.2 Técnicas el estudio del trabajo y su interrelación

El estudio del trabajo, comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo, las cuales se describen a continuación:

- a) El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras.

- b) La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte una máquina/hombre calificada en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.

2.3.3 Procedimiento básico para el estudio del trabajo

Es preciso recorrer ochos etapas fundamentales para realizar un estudio del trabajo completo:

1. Seleccionar: el trabajo o proceso que se ha de estudiar.
2. Registrar: todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizarlos.
3. Examinar: los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quien la ejecuta, y los medios empleados.
4. Establecer: el método más económico, teniendo en cuenta toda las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores y otros especialistas, cuyos enfoques deben analizarse y discutirse.
5. Evaluar: los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
6. Definir: el nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.
7. Implantar: el nuevo método, formando a las personas interesadas, con prácticas generales aceptada con el tiempo fijado
8. Controlar: la aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

2.4 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva es un conjunto de procedimientos que tiene por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y otras medidas de

resumen .De acuerdo a lo anterior, la estadística descriptiva es la primera etapa a desarrollar en un análisis de información (*Universidad de Chile, 2008*).

2.4.1 Tipos de frecuencias

1. Frecuencia absoluta.

Es el número de repeticiones que presenta una observación se denota por n_i

2. Frecuencia relativa.

Es la frecuencia absoluta dividida por el número total se denota por f_i .

3. Frecuencia absoluta acumulada.

Es la suma de los distintos valores de la frecuencia absoluta tomando como referencia un individuo dado .La última frecuencia absoluta acumulada es igual al número de casos se denota por N_i .

4. Frecuencia relativa acumulada.

Es el resultado de dividir cada frecuencia absoluta acumulada por el número total de datos se denota por F_i .

2.4.2 Tipos de datos

La naturaleza de las observaciones será de gran importancia a la hora de elegir el método estadístico más apropiado para abordar un análisis .Con este fin se clasifica la variable, en dos tipos: variables cuantitativas o variables cualitativas.

2.4.2.1 Variables cuantitativas

Son las variables que pueden medirse, cuantificarse o expresarse numéricamente .Las variables cuantitativas puede ser de dos tipos:

- a) Variables cuantitativas continuas, si admiten tomar cualquier valor dentro de un rango numérico determinado.
- b) Variables cuantitativas discretas, si no admiten todos los valores intermedios en un rango.

2.4.2.2 Variables cualitativas

Este tipo de variables representan una cualidad o atributos que clasifica a cada caso en una de varias categorías.

2.4.3 Medidas de tendencias centrales

Las medidas de tendencias centrales son valores numéricos que tienden a localizar la parte central de un conjunto de datos.

2.4.3.1 La Media

No es más que la suma de todos los valores de una variable dividida entre el número total de datos de los que se disponen.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad [2.4]$$

2.4.3.2 La Moda

Es el valor de la variable que más veces se repite, es decir, aquella cuya frecuencia absoluta es mayor. Puede haber más de una moda en una distribución se denota por *Mo*.

2.4.4 Medidas de dispersión

Las medidas de dispersión indican la mayor o menor concentración de los datos con respecto a las medias de centralización.

2.4.4.1 La desviación típica (S_t)

Es la raíz cuadrada de la varianza. Expresa la dispersión de la distribución y se expresa en la misma unidad de media de la variable. La desviación típica es la media de dispersión más utilizada en estadísticas.

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \text{Media}(X))^2}{n}} \quad [2.5]$$

2.4.4.2 La Desviación Estándar (S_e)

Es el promedio de la distancia de cada punto respecto del promedio. Se suele representar por una S o con la sigma, σ , según se calcule en una muestra.

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad [2.6]$$

2.4.4.3 Histograma

Está formado por rectángulos cuya base es la amplitud de intervalo puede representarse gráficamente una distribución de frecuencias o una distribución de frecuencias relativas. Al construir un histograma, los valores de la variable en consideración constituye el eje horizontal, mientras que el eje vertical tiene como escala a la frecuencia (o frecuencia relativas si se desea de ocurrencias). Por encima de cada intervalo de base sobre el eje horizontal se levanta una barra rectangular, o celda, como a veces se conoce, de modo que su altura corresponda con la frecuencia correspondientes.

2.4.4.4 Distribución Normal (X)

La distribución de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media y sus desviaciones estándar, denotadas generalmente por μ y σ . Con esta notación, la densidad de la normal vienen dada por la ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right\} \quad [2.7]$$

Que determina la curva en forma de campana que tan bien conocemos. Así, se dice que una característica X sigue una distribución normal de media μ y varianzas σ^2 , y se denota como $X = N(\mu, \sigma)$.

2.4.4.5 Propiedades de la distribución normal

- a) Tiene una única moda, que coincide con su media y su mediana.
- b) La curva normal es asintótica al eje de abscisas.
- c) Es simétrica con respecto a su media μ . Según esto, para este tipo de variables existe una probabilidad de un 50% de observar un dato mayor que la media, y un 50% de observar un dato menor.
- d) La distancia entre la línea trazada en la media y el punto de inflexión de la curva es igual a una desviación típica (σ) Cuanto mayor sea σ , más aplanada será la curva de la densidad.
- e) El área bajo la curva comprendida entre los valores situados aproximadamente a dos desviaciones estándar de la media es igual a 0.95. En concreto, existe un 95% de posibilidad de un valor comprendido en el intervalo $(\mu - 1.96\sigma; \mu + 1.96\sigma)$.
- f) La forma de la campana de Gauss depende de los parámetros μ y σ . La media indica la posición de la campana de modo que para diferentes valores de μ la gráfica es desplazada a lo largo del eje horizontal. Por otra parte, la desviación estándar determina el grado de apuntamiento de la curva. Cuanto mayor sea el valor de σ , más se dispersan los datos en torno a la media y la curva será más plana. Un valor pequeño de este parámetro indica, por tanto, una gran probabilidad de obtener cercanos al valor medio de la distribución.

CAPITULO III DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Introducción

El transporte de la caña de azúcar desde los campos cañeros hasta las centrales azucareras es una tarea compleja desde el punto de vista de su planificación, programación y ejecución.

La cosecha es la etapa del proceso productivo de azúcar que permite abastecer de caña a los ingenios azucareros, este proceso se inicia desde el momento en que se programa el corte, y concluye con la entrega de la caña cortada en los patios del ingenio con las características de calidad establecidas.

En esta etapa, el proveedor interno directo es el producto mismo cosechado en el campo, en cualquiera de sus modalidades de acuerdo: a) proveedores de caña de tierras propias del Ingenio, y b) de colonos, y la fábrica es el cliente interno directo.

Los ingenios azucareros en Nicaragua trabajan las veinticuatro horas del día, durante las zafra agrícolas, y se abastecen de caña desde los diferentes sitios ubicados en el campo a distancias que varían entre dos y cien kilómetros de la fábrica. Antes de la recolección de la caña, esta puede ser cosechada de dos formas: a) por corte manual, el cual es realizado por un trabajador (cortador) que con la ayuda de un machete, este corta los tallos de caña a ras de suelo, los descogolla (corte de la parte superior de la caña) y los acomoda en forma de chorra (apilamiento de la caña en el suelo) a lo largo de los surcos; y b) corte mecanizado, para el cual se utiliza una máquina especializada (cosechadora) que penetra entre los surcos, corta la caña en trozos y los deposita directamente en los autovolteos (sistema compuesto por 1 tractor y 2 vagones).

El transporte de caña se realiza con vagones, compuestos por un vehículo (tractor o camión) que hala los vagones de diferentes tipos pero de igual capacidad. Cada día, de acuerdo con las distancias y la cantidad de caña a transportar, se asigna una flota de camiones hacia los frentes de cosecha o grupos de máquinas, y se ubica personal en el sitio donde se realizará la recolección mecánica de caña.

Después de que la caña llega a la fábrica, los vagones de cada camión son descargados y regresan nuevamente al campo, donde son cargados, reiniciando su ciclo de movimientos.

En los diferentes países donde se cultiva caña los costos de la cosecha, incluido el transporte, conforman una gran proporción del coste total de producción, variando estos entre un 25 y 35% del mismo.

3.2 Metodología

El presente estudio, utiliza la metodología que se plantea en una de tipo Directa o *Investigación de Campo*, la cual es recomendada cuando la misma se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren el o los fenómenos objeto de estudio (Zorrilla, 1993). Este tipo de investigación es la primera en su género que se realiza en Nicaragua, y es por lo tanto puede considerarse como un estudio de investigación de campo a nivel *Piloto*.

3.2.1 Hipótesis

El producto de las eficiencias de cada máquina que interviene en el proceso es equivalente a la eficiencia del sistema.

3.2.2 Análisis documental de los sistemas de Alza y Transporte en las centrales azucareras

Esta etapa fue realizada con una exhaustiva revisión de la bibliográfica relacionada con el tema de investigación, bases de datos electrónicas y se procedió a consultar con docentes y especialistas en el área de Sistemas mecanizados trabajando en Paralelo (ver, Grafica 2.2). Una vez recopilada la información de las fuentes primarias y secundarias, se procedió a organizar, clasificar y analizar la información, con el objetivo de elaborar un estado del arte del estudio.

3.2.3 Observación y organización del trabajo de campo en el sitio del estudio

Esta etapa consistió en visitar el sitio (Ingenio Pantaleón) del estudio, con el objetivo de organizar, y coordinar el trabajo de campo con las autoridades del Ingenio Pantaleón, así como para asegurar el apoyo logístico requerido de las autoridades del centro. Adicionalmente se tomaron datos de los equipos que integran el sistema de Alza y Transporte. Se procedió a realizar la observación detallada del proceso de alza y transporte de la cosecha de la caña de azúcar, los cuales se describen a continuación:

3.2.3.1 Sistema de cosecha mecanizada (Frente de cosecha mecanizada)

En el Ingenio Pantaleón cuya zafra 2010/2011. Cuenta con cuatro frentes de cosecha mecanizados, los cuales trabajan las 24 horas del día con una actividad de asignación de recursos necesarios para que la actividad del frente de Cosecha no se detenga, y de esta forma, con el trabajo necesario de una jornada laboral lograr su abastecimiento a la central azucarera hasta su norma potencial de molienda.

La actividad de la cosecha mecanizada es parte de un proceso en cadena, que está considerado como la prolongación del proceso industrial de fabricación del azúcar en los campos de caña.

La cosecha mecanizada sólo es realizada en áreas aptas y acondicionadas para el mecanizado de las mismas, dichas áreas son aquellas que no presentan ningún tipo de limitante. Entre estas condiciones se encuentran, por. ej. Que la caña esté sembrada a 1.60 metros de ancho entre surcos, y que esté libre 6 metros como mínimo en su perímetro, permitiendo libremente la maniobra de la cosechadora y del autovolteos, es decir que no haya ningún obstáculo que dificulte el tráfico de la maquinaria. (Zanjas, tubos de riego, etc.).

En el Ingenio, están clasificados cuatro tipos de lotes, en función del suelo predominante, la variedad sembrada, la pendiente del terreno y la presencia de obstáculos, dichos tipos se describen a continuación:

- a) *Lotes Tipo A.* No presentan impedimentos, de manera que son aptos para cosechar el 100% del área con máquinas.
- b) *Lotes Tipo B.* Presentan diversos tipos de obstáculos, tales como piedras, troncos y canales de riego.
- c) *Lotes Tipo C.* Presentan un mayor grado de dificultad que los del tipo B, debido a que tienen canales profundos, mayor cantidad de piedras, suelos muy arenosos y variedades de caña no apropiadas para el corte mecánico; en estos lotes la eficiencia de corte mecanizado es muy baja y existen riesgos de daño de las cosechadoras.
- d) *Lotes Tipo D.* No son aptos para cosecha mecanizada.

Un Frente de Cosecha Mecanizado, está compuesto por las siguientes máquinas agrícolas: Cuatro cosechadoras marca Case IH (International Harvester), ocho tractores New Holland Tm-175, dieciseises autovolteos Cameco (un autovolteo se compone de 1 Tractor New Holland Tm-175 y dos vagones de 8 toneladas métricas), 1 tractor New Holland T7-250 y cuatro vagones de stock.

Un Frente de Cosecha Mecanizado es operado por: Un supervisor, cuatro operadores de cosechadora, nueve operadores de tractores y dos en boletadores y tres operadores auxiliares.

El proceso de trabajo de un sistema de cosecha mecanizado (Frente de cosecha mecanizado) trabaja de la siguiente forma: La cosechadora corta e impulsa la caña cortada desde el lote asignado y la deposita en los vagones del sistema de Autovolteos en forma paralela y simultánea, cuando la cosechadora completa este proceso el autovolteo sale del surco y se dirige hacia el área de carga o traspase, sitio en el cual están ubicados los vagones de transporte de caña de azúcar, y donde la misma es transferida por los sistemas hidráulicos del autovolteo hacia los vagones de transporte. Cuando el camión de transporte llega al campo éste es desenganchado de los vagones vacíos que trae de la fábrica y procede a enganchar los vagones cargados que están en el campo. A partir de ahí, se inicia el recorrido de la caña con la ayuda de camiones

remolcadores hasta la báscula de pesaje en la fábrica (ver Gráfica 3.1) e Ilustración 3.1.

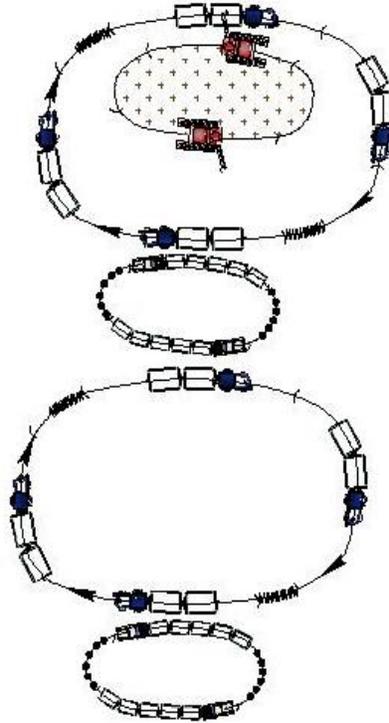


Grafico 3.1 Esquema de la cosecha mecanizada



Ilustración 3.1 Cosecha mecanizada, cosechadora y autovolteo trabajando en paralelo

3.2.3.2 Sistema de Cosecha Manual (Frente de cosecha manual)

El ingenio Pantaleón cuenta con dos frentes manuales que trabajan las 24 horas. La cosecha manual es una labor que requiere de cortadores habilidosos, corte tradicional que aún se realiza en Nicaragua debido a la gran disponibilidad de mano de obra.

Los cortadores (cañeros) utilizan diversos tipos de machetes especiales para el corte de caña, la lámina del machete utilizado es la más pesada para lograr el corte más eficiente de la caña.

Como algunas ventajas de este sistema de cosecha se pueden mencionar:

1. El correcto beneficio de la plantación al cortar los tallos al ras del suelo.
2. El descogollado de las hojas verdes y maduras, y, la colocación ordenada de los tallos en el suelo para el alce mecánico.
3. La Facilitación de la selección del material de la caña, que se puede moler desechando los tallos secos y podridos.

No obstante la quema y el corte manual están siendo cuestionados por los movimientos ambientalistas, por sus nocivos impactos en el medio ambiente.



Ilustración 3.2 Cortadores de caña trabajando con caña verde

El éxito de este frente manual de cosecha en el ingenio depende de la programación anual de actividades que debe ajustarse cada mes de acuerdo con el estado de maduración del cultivo, la eficiencia y disponibilidad de mano de obra y maquinaria.

El sistema de corte manual establece tajos de 6 surcos y 30 metros de longitud. Hasta hace dos años la caña se disponía en chorras continuas para el alce. En la actualidad se está implementando el sistema denominado “mini-chorra” o “chorra discontinua”, en el que se hacen pequeños cúmulos de caña cortada de 1.25 m. de alto por 1.20 m. de largo, que pesan aproximadamente 400 kg, equivalente a la denominada uñada (capacidad de manipulación de la garra de la máquina de alzar) de la maquina alzadora.



Ilustración 3.3 Sistema de arrume en chorra en el Ingenio Pantaleón

Para el control de corte, el ingenio dispone de un sistema de registro que incluye la condición del cultivo, la fecha de corte, la hora de inicio y finalización de corte y de códigos de los equipos de alce.

Un frente de Cosecha Manual está conformado por las siguientes máquinas agrícolas. Dos alzadoras marcas Cameco (modelo SP2254, SP1800), cuatro tractores New Holland T7-250, cuatro vagones de stock de 33 toneladas.

Un frente de Cosecha Manual es operado por: Un supervisor, dos operadores de alzadora, cuatro operadores de tractor, dos enboletadores y tres operadores auxiliares.

El proceso de trabajo de un sistema de cosecha manual (Frente de cosecha manual) es de la siguiente forma: La alzadora levanta la chorra de caña desde el lote asignado, y la deposita en un vagón de transporte el cual a su vez, es remolcado por un tractor (T7-250) en forma paralela y simultánea. Cuando la

alzadora completa este proceso, el tractor con el vagón sale del surco y se dirige hacia el área de enganche de vagones de ahí es transportado por un camión a la fábrica.

El ciclo de trabajo del camión es completado cuando el camión de transporte regresa al campo, y son desenganchados los vagones vacíos procedentes de la fábrica, donde nuevamente procede a enganchar los vagones cargados en espera que están en el campo.



Ilustración 3.4 Máquina alzadora Cameco modelo SP2254 alzando caña

3.2.3.3 Transporte de caña de azúcar

El transporte de caña de azúcar desde los campos cañeros hasta la central azucarera es una actividad compleja desde el punto de vista de su programación, el transporte de caña en Nicaragua es parte intrínseca del desarrollo de la industria azucarera la cual está caracterizada por unos exigentes estándares de calidad en términos de entrega oportuna.



Ilustración 3.5 Transporte de caña de azúcar en el Ingenio Pantaleón

En el Ingenio Pantaleón la distancia de los campos de caña hasta la fábrica es de 32km en promedio y el transporte, tanto de caña larga cortada a mano como de caña troceada cosechada con máquinas se realiza con camiones Freightliner modelo FDL que halan 5 vagones con 33 toneladas en promedio cada una el camión tiene un motor Detroit de 450hp y 350 toneladas de arrastres.

3.3 Trabajo de campo

3.3.1 Determinación del tamaño de la muestra

La recolección y toma de datos de campo, se llevó a cabo durante el periodo zafra 2010/2011. En dicha etapa se alcanzó la cantidad de datos previstos durante el cálculo del tamaño de la muestra. (*Jany, J., 2005*).

La determinación del tamaño de muestra a tomar, fue estimada por las ecuaciones de la teoría de *Muestreo Aleatorio Simple* que se presentan a continuación:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad [3.1]$$

$$n_0 = \frac{z^2 s^2}{e^2} \quad [3.2]$$

Dónde:

Z= Margen de confiabilidad= 95%(que corresponde a 1.96 desviaciones estándar)

S= Desviación estándar=0.5

e= Error de estimación=5%

N= Población (frente mecanizado 82, frente manual, 61, Fuente Ingenio Pantaleón)

n_0 = Primera aproximación (muestra si N fuera infinito)

n= Tamaño de la muestra

Cálculo del tamaño de la muestra para frentes mecanizados

$$n_0 = \frac{1.96^2 0.5^2}{0.05^2} = 384.16$$

$$n = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16}{82}} = 67 \text{ muestras}$$

Cálculo del tamaño de la muestra para frentes manual

$$n_0 = \frac{1.96^2 0.5^2}{0.05^2} = 384.16$$

$$n = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16}{61}} = 52 \text{ muestras}$$

Se tomaran 67 muestras para el frente mecanizado, y 52 para el frente manual.

3.3.2 Elaboración de formatos para la recolección de datos de campo

Una vez estimadas la cantidad de muestras, se elaboraron los formatos siguiendo los patrones de trabajo establecidos según los ciclos de trabajo de cada una de las máquinas. Una muestra de un formato se muestra en la (tabla 3.1).

No	código	Conf.	Turno	DZ	Frente	Finca	Lote	km PC	t/Viaje.
Tipo de ciclo			(km) Inicio	(km) Fin	Hora (min) Inicio	Hora (min) Fin	Hora Motor (hora- motor) Inicio	Hora Motor Fin	
Salida									
chequeo de ida									
Llegada al Campo									
T/Desenganche									
T/Cargue									
T/Enganche									
Salida del campo									
chequeo de regreso									
Llegada a Bascula									
T/espera de pesaje									
T/pesaje									
T/descarga									
T/en Patio									

Tabla 3.1 formato de toma de muestra

3.3.3 Organización y planificación de la recolección de datos de campo

Una vez elaborados los formatos de campo, e identificados los elementos principales de los ciclos de trabajo de cada uno de los equipos: a) rutas y recorridos, b) velocidades de trabajo, y, c) las mediciones de tiempo requeridas; se procedió a organizar el trabajo logístico con las autoridades del departamento de Alza y Transporte del Ingenio, para asegurar la calidad y precisión en la toma de los datos en los frentes de cosecha.

3.3.4 Procesamiento de la información estadística

Una vez finalizada la etapa descrita en el ítem anterior, se procedió a clasificar, organizar y procesar toda la información estadística recopilada en el campo, según los criterios estadísticos sugeridos por la Estadística Descriptiva. Durante el desarrollo de esta etapa, se utilizaron herramientas para el análisis de la información tales como las hojas de cálculo de *Excel versión 2010*, y también el paquete Estadístico IBM *Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) versión 19*.

Una vez procesada la información con ayuda de la Estadística Descriptiva, se procedió a aplicar la Metodología de los Diagramas Cíclicos para la determinación de las capacidades de campo del sistema y de la eficiencia de la misma, resultados y hallazgos que se discuten en el capítulo IV.

3.4 Materiales y equipo

3.4.1 Materiales

En este estudio se utilizaron los siguientes recursos materiales y logísticos y de procesamiento de la información recolectada. Los cuales se enlistan a continuación:

1. Copias de formatos para la recolección de los tiempos.
2. Cronómetro digital.
3. Tablero de observaciones.
4. Hojas electrónicas Excel para el procesamiento de datos.
5. Excel Versión 2010. Microsoft Office
6. AutoCAD 2011.
7. Computadora portátil acer modelo *ASPIRE one*.
8. Paquete Estadístico *Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) versión 19*.

Statistics Package for the Social Sciences (IBM) (SPSS) ver. 19

Por su importancia a la hora de procesar la información, se describen algunas características importantes de este Software:

Este Software fue inventado en 1968 por Norman H. por la IBM, SPSS Statistics, es un programa estadístico informático muy utilizado en las Ciencias Sociales y empresas de investigación, para el análisis de datos .SPSS, puede adquirir datos de casi de cualquier tipo de archivos y utilizarlos para generar informes tabulares, gráficos y diagramas de distribuciones y tendencias, estadísticos descriptivos y análisis estadísticos complejos. (Facultad de Ciencias y Sistemas UNI).

3.4.2 Equipos

Los equipos utilizados para el desarrollo de este trabajo, son los particulares del sistema de cosecha de cada uno de los frentes estudiados durante la Zafra azucarera. En las tabla 3.2, y en la Ilustración 3.6 se detallan e ilustran los equipos propios de los sistemas de cosecha.

Equipamiento y Especificaciones técnicas de los Sistemas de máquinas de Cosecha estudiados. (Tabla 3.2)

Sistema de máquinas Ingenio Pantaleón						
Descripción	Marca	Modelo	Motor	Capacidad de carga	Vel. cosecha/alce	Rendimiento
Cosechadora	Case IH	A7000/A7700	300 CV		20/9 km/hr	70 t/hr
Alzadora	Cameco	SP2254/SP1800	155/100 hp		5 km/hr	55/40 t/hr
Tractor	New Holland	T7-250	250 hp			
Tractor	New Holland	Tm-175	155 hp			
Camión	Freightliner	FDL	Detroit 450 hp	350 t		
Autovolteo	Cameco			8 t		8 t
Vagón	Cameco	Promesa/Fama		33 t		33 t

Tabla 3.2 Especificaciones técnicas de máquinas del Ingenio Pantaleón

Tractor New Holland T7-250	Tractor New Holland Tm-175	Camión Freightliner FDL
		
Vagon Cameco	Cosechadora Case IH	AutoVolteo Cameco
		



Ilustracion3.6 Fotos de equipos utilizados en los frentes de cosecha

3.4.3 Localización

El trabajo se realizará en los campos agrícolas del Ingenio Pantaleón, el cual se encuentra ubicado en el municipio de El Viejo departamento de Chinandega.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Introducción

Aplicando el procedimiento establecido por el Diseño Metodológico, el cual fue descrito en el capítulo anterior, a continuación se presenta una tabla Excel con una muestra de los datos de campo recolectados en el estudio (ver tabla 4.1).¹

4.1.1 Proceso de recopilación de los datos de campos

Una vez finalizado el proceso de recolección de los datos de campo en el periodo de Zafra 2010/2011, se procedió a trasladar, consolidar y organizar toda la información codificada en los formatos de campo (ver tabla 3.1), a hojas de cálculo electrónicas de Excel similares a la que se muestran en las tablas 4.1 y 4.2.

4.1.2 Procesamiento de la información

Para procesar la información de campo, se procedió a trasladar la misma desde los archivos Excel en formato *xps* a archivos *sav* adecuados para ser utilizados por el paquete estadístico, *Statistics Package for the Social Sciences* (IBM) (SPSS) (ver 19). Con esta herramienta informática, se procesaron las series de datos de tiempo para cada evento en su correspondiente ciclo de trabajo estudiado (Frente Mecanizado y Manual). Se obtuvieron las medidas de tendencia central: Media (\bar{X}), Moda (M_0), Desviación Típica (S), Mínimo y Máximo, además de los valores de Distribución Normal (X), y el gráfico P-P. A manera de evidencia, se presenta el ejemplo (ver tablas 4.1 a 4.2) de los resultados obtenidos para el evento: “*Tiempo de Enganche del camión*”, del Frente Manual.²

¹ La totalidad de los datos se muestran en el anexo A

² El registro completo de las Tablas se muestran en el anexo B

Determinación de la Eficiencia de Campo para el Sistema de Máquinas de alza y transporte en el Ingenio Pantaleón utilizando diagramas cíclicos, en la zafra azucarera 2010/2011.

Codigo del depto. de Alza y Transporte	Tiempo de enganche [min]	Tiempo de desenganche [min]	Tiempo de carga del camión [min]	Tiempo de Carga de la Alzadora [min]	Tiempo de recorrido del tractor [min]	Tiempo de recorrido del camión ida [min]	Tiempo de recorrido del camión vuelta [min]	Frente Manual	Rendimiento [ton/Viaje]
1203	1.6	1.2	20.8	28.6	3	26	45	2	271.7
4705	1.6	1.4	20.1	24.7	6	26	36	2	232.6
1201	4.4	1.7	12.8	32.2	1	54	44	2	223.1
1814	6.9	1.8	25.9	24.7	2	6	10	2	275.7
1814	6.2	1.4	13.5	32.2	2	67	104	2	269.4
1206	6.4	1.6	51.4	15.3	2	56	38	1	232.3
4703	6.2	1.8	17.6	22.1	4	32	36	2	226.3
1809	2.4	1.2	21.5	18.5	3	41	59	2	236.5
1813	2.2	1.9	12.3	16.2	2	39	47	2	230.8
1206	3.5	1.6	29.3	23.4	5	21	29	1	227.8
1204	5.7	2.6	15.4	14.5	2	97	44	2	218.8
4701	4.4	1.1	26.5	24.2	4	93	99	1	245.3
1204	4.1	1.5	18.5	14.5	2	101	112	2	225.1
1812	3.9	1.9	12.7	22.3	4	57	80	2	224.4
4701	6.5	1.3	15.4	15.5	2	60	103	1	265.7
1206	1.4	1.1	21.6	28.7	3	35	34	2	222.0
1209	6.8	1.2	20.3	24.3	4	51	115	2	223.2
1813	2.3	1.7	13.1	12.5	3	119	156	2	210.7
4706	3.5	1.5	14.6	11.9	5	120	106	1	263.3
1204	3.5	1.7	7.2	14.6	6	41	35	2	238.2
4702	3.7	1.9	24.5	25.3	2	28	69	2	244.2
4706	2.4	1.3	16.4	21.7	1	3	8	1	250.2
1205	4.3	1.8	17.8	23.5	3	78	43	1	272.2
1807	3.2	1.5	17.5	17.1	3	230	425	1	215.0
4702	1.7	1.2	21.4	20.2	2	98	121	1	205.2
1201	2.5	1.4	19.5	18.3	5	81	79	2	247.1
1810	5.5	1.2	10.3	24.2	3	22	38	2	100.3
1203	2.4	1.1	20.4	23.8	1	48	33	1	231.9
1813	3.4	1.4	10.8	24.7	4	31	51	2	257.5
4707	1.4	1.4	10.9	17.8	3	51	82	2	268.8
4701	2.3	1.9	14.3	29.9	2	22	33	1	223.8
1812	4.2	1.5	16.3	21.4	4	27	24	1	238.1
1812	3.1	2.4	13.6	23.4	2	37	43	2	223.3
1201	1.3	1.3	13.1	11.9	4	240	428	2	208.5
4706	2.3	1.1	14.9	17.9	2	123	109	2	246.8
4705	4.3	2.2	12.3	13.5	5	22	23	2	239.1
1811	3.1	1.7	17.3	17.8	4	27	37	2	233.5
4701	4.7	1.3	15.4	25.9	2	12	29	1	223.9
1808	4.4	1.5	12.3	25.5	1	19	36	2	209.1
1208	2.8	2.2	23.3	17.8	3	293	864	2	217.4
1201	1.8	2.5	13.7	17.5	4	26	40	1	304.5
1208	1.9	1.3	27.3	25.8	3	28	41	2	209.5
4704	1.3	1.6	12.3	26.2	4	25	25	2	225.2
4707	2.8	1.2	12.3	25.4	5	16	32	1	221.5
1202	3.4	1.3	18.3	24.3	2	111	172	1	188.4
1807	3.6	1.2	12.7	15.4	4	50	114	1	216.0
1202	2.4	1.6	13.4	17.2	5	20	34	1	262.5
1811	1.9	1.4	19.5	16.7	2	44	69	2	260.7
1807	4.5	2.1	12.3	27.8	5	30	42	1	243.6
1201	4.1	1.2	24.3	25.3	3	27	33	1	296.2
1209	4.3	2.8	18.3	21.1	3	29	39	1	304.1
1209	5.3	2.3	17.3	29.5	4	36	54	1	219.6
1202	3.5	3.1	11.2	17.8	3	122	142	2	260.6
1201	1.7	1.8	23.4	29.5	1	65	95	2	263.9
1810	3.8	2.4	16.8	19.4	3	31	45	1	313.5
1206	1.1	1.7	13.6	28.8	4	3	5	1	241.0
1807	2.4	1.7	15.7	28.5	1	30	29	1	272.6
1201	1.8	1.8	11.3	22.8	3	36	60	1	244.0
1811	2.3	1.8	16.9	20.4	4	21	35	1	234.4
4701	2.3	1.6	12.4	30.2	3	24	37	1	239.5

Tabla 4.1 Ejemplo de resultado de los tiempos del ciclo de cosecha manual. (Fuente propia)

Determinación de la Eficiencia de Campo para el Sistema de Máquinas de alza y transporte en el Ingenio Pantaleón utilizando diagramas cíclicos, en la zafra azucarera 2010/2011.

Codigo del depto.de Alza y Transporte	Tiempo de enganche [min]	Tiempo de desenganche [min]	Tiempo de carga de camion [min]	Tiempo de carga de la cosechadora [min]	Tiempo de recorrido del autovolteo [min]	Tiempo de recorrido del camion ida [min]	Tiempo de recorrido del camion vuelta [min]	Frente Mecanizado	Rendimiento t/Viaje
1205	5.2	1.70	38.30	25.20	6	11	20	3	287.56
1202	5.8	1.10	26.30	27.90	5	11	56	3	295.26
1203	3.1	0.40	10.40	12.70	2	15	18	3	278.38
1807	3.1	0.70	31.60	23.20	4	10	12	6	108.66
1205	2.4	0.30	30.50	34.20	3	10	14	3	283.5
4703	4.3	0.10	42.70	27.50	10	24	21	3	239.02
1813	5.1	2.60	9.50	31.10	3	54	51	5	259.02
4704	3.7	3.30	43.80	26.10	5	18	20	4	259.32
1205	6.3	3.90	21.80	23.10	3	22	17	3	281.34
4704	6.4	1.60	16.60	28.20	6	6	8	6	284.02
1201	2.2	1.40	35.20	28.20	1	13	13	5	283.48
4701	2.8	4.70	8.70	17.70	7	29	28	6	283.76
1204	3.2	0.50	30.40	17.10	3	17	25	6	238.36
4704	5.3	0.30	12.50	12.20	5	23	22	5	297.74
1807	4.6	0.40	14.40	16.20	4	27	40	6	271.96
1809	6.1	0.50	7.50	21.10	5	59	100	5	278.24
4704	4.3	0.80	30.50	12.50	1	31	42	3	284.86
1807	2.5	2.20	39.90	15.90	3	79	88	6	267.86
1810	6.1	1.1	15.40	12.30	3	58	42	6	321.46
4706	7.3	1.10	28.70	22.20	4	32	31	3	278.76
4701	5.6	0.90	31.10	20.40	1	93	216	6	101.72
4704	4.9	1.50	12.80	30.10	3	32	31	4	265.9
1810	5.9	1.40	8.10	26.30	3	51	54	6	245.2
1807	5.2	2.10	8.90	26.30	3	199	213	6	237.9
1208	7.3	0.30	13.80	32.10	1	28	34	5	263.44
1205	2.8	0.60	8.10	26.40	3	69	89	5	250.7
4704	2.4	2.30	21.60	20.20	4	27	41	4	165.05
1811	4.6	0.10	10.20	22.30	7	36	78	5	256.87
4705	1.6	1.30	13.40	29.10	2	16	28	6	236.66
4702	3.8	1.60	16.60	21.30	4	193	202	3	271
1811	1.4	1.20	5.50	27.90	1	53	83	4	207.52
1201	4.8	1.10	21.10	16.10	1	30	43	6	180.37
1809	3.1	1.10	18.20	21.30	1	83	96	5	211.53
1815	4.4	0.10	26.60	25.20	2	53	30	5	294.12
4707	1.3	0.20	21.30	30.30	2	101	191	3	295.08
4701	7.6	2.10	28.10	16.70	2	111	87	4	264.3
1201	4.9	2.30	9.80	24.80	2	129	64	4	297.4
4705	1.2	0.10	21.30	30.50	2	29	38	5	251.94
1206	3.5	1.10	27.20	28.50	4	48	29	5	253.88
4701	6.5	1.20	8.70	21.20	3	49	81	3	310.66
1207	1.5	1.10	15.50	39.10	2	40	43	3	227.4
1815	2.5	0.30	28.80	27.30	5	44	48	5	254.2
1201	4.8	3.90	15.20	12.30	5	32	49	3	289.26
1813	3.1	0.90	10.30	17.30	4	48	26	6	297.1
1203	5.6	0.20	16.60	37.90	2	47	66	6	295.78
1201	7.1	0.60	11.40	26.50	3	13	22	6	248.8
1206	6.4	0.10	7.30	18.10	4	19	41	6	313.56
1205	1.4	0.40	6.40	15.90	2	18	28	5	271.1
1209	2.1	0.90	5.90	28.90	2	54	117	6	253.58
1811	6.9	0.90	38.40	19.40	1	49	65	6	294.32
1807	6.5	0.60	7.10	23.30	3	47	57	6	253.14
4702	6.8	0.10	6.80	18.10	5	54	67	4	263.02
4705	3.9	0.10	5.10	13.50	1	30	38	4	311.3
4701	1.3	0.20	12.60	23.90	2	30	101	6	263.04
4702	4.2	0.10	5.40	26.70	2	93	49	4	295.77
1812	2.8	0.10	9.10	28.50	2	34	68	6	279.17
1205	2.4	0.10	13.20	28.30	1	44	52	6	279.62
4701	4.3	0.20	24.30	33.30	4	58	100	4	287.65
1201	4.4	3.10	24.30	10.10	2	16	34	6	272.92
4704	2.3	0.10	18.20	17.30	3	97	112	6	311.88
1202	3.2	0.60	12.10	15.20	2	28	49	4	222.88
1209	3.6	0.10	7.20	26.40	2	110	94	4	247.64
1205	2.3	0.40	27.40	11.20	3	32	40	4	253.8
4706	1.8	0.40	7.10	26.50	1	34	44	3	272.48
1205	2.5	0.10	7.20	12.90	4	26	49	3	239.69
1203	2.3	0.15	13.34	13.45	2	23	45	5	222.13
4704	2.4	0.18	16.45	14.34	1	36	59	6	245.56
1208	1.9	0.11	13.55	16.50	4	12	26	4	287.21
1202	2.1	0.13	17.56	15.32	2	22	45	3	254.54

Tabla 4.2 Ejemplo de resultado de los tiempos del ciclo de cosecha mecanizada. (Fuente Propia)

Evento :Tiempo de Enganche	
Validos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	3.417 min
Moda	2.4 min
Desv. típ.	1.5682 min
Mínimo	1.3 min
Máximo	6.9 min

Tabla 4.3 Tiempo Procesado en SPSS

Velocidad media del camión		
Descripción	Vel_media_vacio	Vel_media_cargado
Camión	23,5km/hr	17,7km/hr

Tabla 4.4 Velocidad Media del Camión

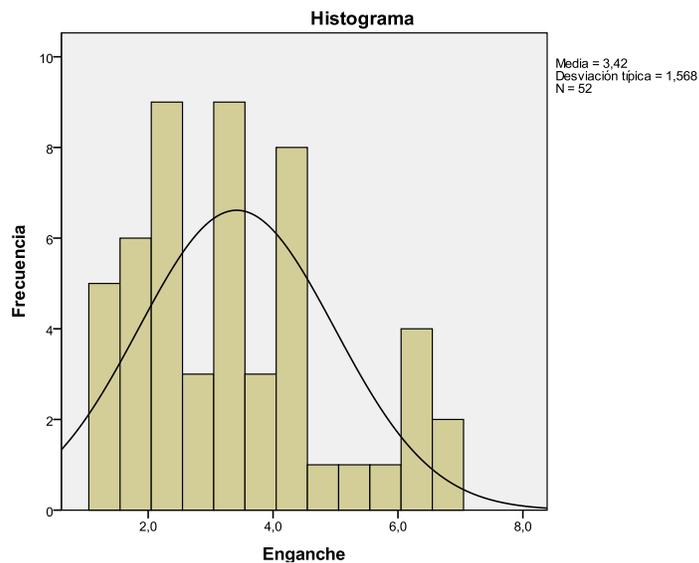
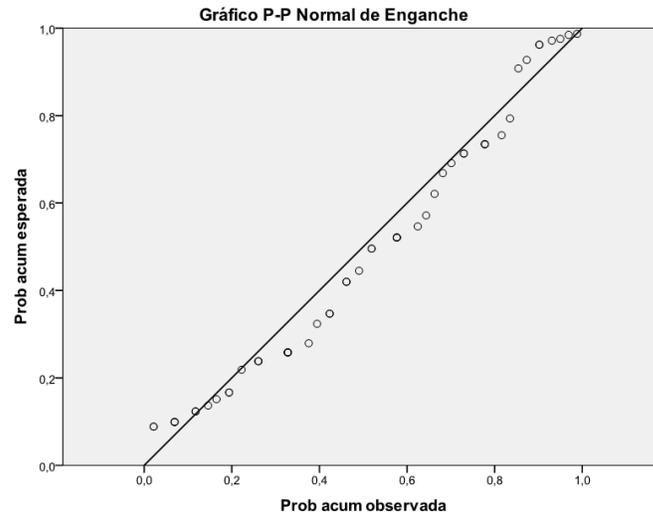


Grafico4.1 Distribución normal del evento: Tiempo de enganche



4.1.2.1 Análisis de la calidad de los datos

Revisando la normalidad de los datos de tiempo de enganche, se puede observar (ver gráfica 4.5) que los puntos siguen aproximadamente a la curva teórica, lo que indica que los datos se distribuyen de forma normal con una confianza del 95%.

Estudiamos esta normalidad para tener confianza que la estimaciones que se hicieron son válidas ya que se le puede distribuir normalmente (*Ampié J, 2011*)

De igual forma fueron calculados y analizados los eventos de todos los ciclos individuales para cada una de las máquinas de los sistemas. Un detalle de los resultados obtenidos es presentado a continuación:

Tiempos promedios (min) Frente mecanizado					
Evento Equipo	Recorrido vacio	Desenganhe	Carga	Enganche	Recorrido cargado
Camion	46.7	1.9	17.8	4.0	58.8
Cosehadora			45.6		
Autovolteo	3.1		22.8		3.1

Tabla 4.5 Tiempos medios del frente mecanizado

Tiempos promedios (min) Frente manual					
Evento Equipo	Recorrido vacio	Desenganche	Carga	Enganche	Recorrido cargado
Camion	60.1	1.6	17.2	3.4	88.7
Alzadora			42		
Tractor	3.2		21		3.2

Tabla 4.6 Tiempos medios del frente manual

4.1.3 Determinación de la eficiencia de campo para los frentes mecanizados

4.1.3.1 Determinación de los tiempos muertos (ociosos) para el frente mecanizado

A continuación se detalla el cálculo de la suma de los *tiempos requeridos* para cada ciclo:

$$T = 46,7 + 1,9 + 17,8 + 4,0 + 58,8 = 129,2 \text{ min}$$

$$H = 22,8 + 22,8 = 45,6 \text{ min}$$

$$At = 3,1 + 22,8 + 3,1 = 29 \text{ min}$$

El tiempo del ciclo más largo define el tiempo del sistema (t_s)

$$T_s = 129,2 \text{ min}$$

T = Camión

H = Cosechadora

At = Autovolteo

Ts = Tiempo total del ciclo

4.1.3.2 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra para el Sistema Mecanizado para los tiempos medios

La capacidad del sistema en estado fijo para el sistema mecanizado, se estimó como 11,6 cargas/hora [1.914t/h]. La eficiencia de la mano de obra, con un trabajador para cada máquina, es 0,6 cargas/hr._hombre. Habiendo sido la eficiencia de campo de la cosechadora normalmente del 70% (ver tabla 1.1 Hunt, D), los 22,8 minutos de carga del se podrían haber descompuesto en 15,96 minutos de tiempo teórico de campo, y 6,84 minutos de virajes, ajuste, mantenimiento de campo y reparaciones. Cuando se considera la operación del sistema, se deben incluir los 83,6 minutos de tiempo muerto (ocioso) lo cual significa que la eficiencia de campo real es:

$$15,96/(15,96+6,84+83,6) \cong 15\%$$

4.1.3.3 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando tiempos mínimos para el Sistema Mecanizado

La capacidad del sistema en estado fijo se estimó como 70,1 cargas/h [2,313t/h]. La eficiencia de la mano de obra, con un trabajador para cada máquina, es 3,6 cargas/hr._hombre. Habiendo sido la eficiencia de campo de la cosechadora normalmente del 70% (ver tabla 2.2) los 10.1 minutos de carga de la cosechadora, pueden distribuirse en: 7,1 minutos de tiempo teórico de campo, y 3 minutos de virajes, ajuste, mantenimiento de campo y reparaciones. Cuando se

considera la operación del sistema, se deben incluir los 5.5 minutos de tiempo muerto (ocioso) lo cual significa que la eficiencia de campo real es:

$$7,1/(7,1+3+5.5) \cong 45.5 \%$$

4.1.3.4 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando para un ciclo de trabajo aleatorio (más preciso) para el Sistema Mecanizado

La capacidad del sistema en estado fijo se estimó como 19,6 cargas/hora [3,234t/h]. La eficiencia de la mano de obra, con un trabajador para cada máquina, es 1.1 cargas/hr._hombre. Si se considera que la eficiencia de campo de la cosechadora es del 70% (ver tabla 2.2), los 25,2 minutos de carga de la misma se podrían descomponer en 17,6 minutos de tiempo teórico de campo, y 7,6 minutos por tiempos en: virajes, ajustes, mantenimiento de campo y reparaciones. Cuando se considera la operación del sistema, se deben incluir los 25,8 minutos de tiempo muerto (ocioso), que como resultado una eficiencia de campo real de:

$$17,6/(17,6+7,6+25,8) \cong 34\%$$

4.1.4 Determinación de la eficiencia de campo para el Frente Manual

4.1.4 1 Determinación de los tiempos muertos (ociosos) para el Frente Manual

A continuación se detalla el cálculo de la suma de los *tiempos requeridos* para cada ciclo:

$$T = 60,1 + 1,6 + 17,2 + 3,4 + 88,7 = 171 \text{ min}$$

$$Az = 21 + 21 = 42 \text{ min}$$

$$Tr = 3,2 + 21 + 3,2 = 27,4 \text{ min}$$

El tiempo del ciclo más largo define el tiempo del sistema (t_s)

$$T_s = 171 \text{ min}$$

El cálculo de tiempos muertos para cada máquina, es obtenido por la diferencia entre el tiempo del sistema menos los tiempos de cada una de las máquinas:

$$A_z = 171 - 42 = 129 \text{ min}$$

$$T_r = 171 - 27,4 = 143,6 \text{ min}$$

DIAGRAMA CICLICO COSECHA MANUAL

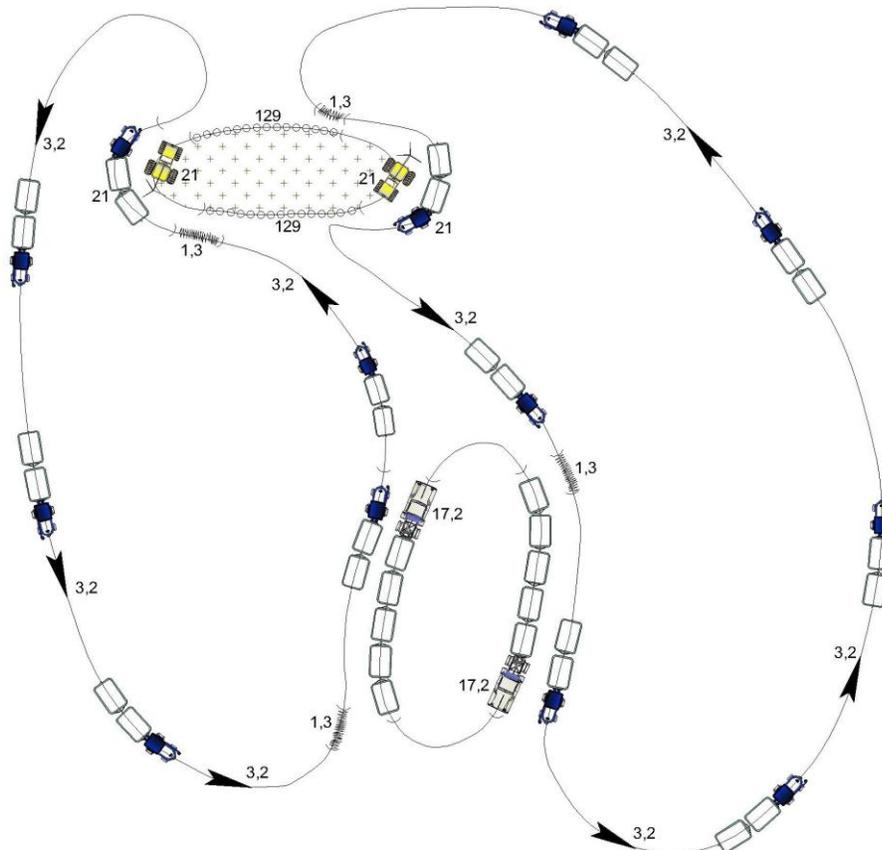


Gráfico 4.4 Diagrama Cíclico del Frente Manual (Fuente Propia)

Dónde:

T = Camión

Az= Alzadora

Tr= Tractor

Ts= Tiempo total del ciclo

4.1.4.2 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra para el Frente Manual

La capacidad del sistema en estado fijo para el sistema mecanizado, se estimó como 8,7 cargas/hora [1,435t/h]. La eficiencia de la mano de obra, con un trabajador para cada máquina, es 0,7 cargas/hr_hombre. Si se considera que la eficiencia de campo de la alzadora sea del 70% (ver tabla 2.2), los 21 minutos de carga del se pueden separar en: 14,7 minutos de tiempo teórico de campo, y 6,3 minutos por efectos de: virajes, ajustes, mantenimiento de campo y reparaciones. Cuando se considera la operación del sistema, son incluidos los 129 minutos de tiempo muerto (ocioso) lo cual genera una eficiencia de campo real de:

$$14,7/(14,7+6,3+129) \cong 9,8\%$$

4.1.4.3 Determinación de la capacidad del sistema en Estado Fijo y Eficiencia de mano de obra, utilizando para un ciclo de trabajo aleatorio en el Frente Manual

La capacidad del sistema en estado fijo se estimó como 15,8 cargas/hora [2,607t/h]. La eficiencia de la mano de obra, con un trabajador para cada máquina, es 1,3 cargas/hr._hombre. Habiendo sido la eficiencia de campo de la alzadora normalmente del 70% (ver tabla 2.2), los 28,6 minutos de carga l se distribuyen en:20 minutos de tiempo teórico de campo, y 8,6 minutos de virajes, ajustes, mantenimiento de campo y reparaciones. Cuando se considera la operación del sistema, son incluidos los 37,4 minutos de tiempo muerto (ocioso) lo cual permite estimar la eficiencia de campo real en:

$$20/(20+8,6+37,4) \cong 30\%$$

4.1.4.4 Análisis de Error

Se define el Error Absoluto como la diferencia entre el valor de la medida y el valor tomado como exacto. El Error Relativo se define como el cociente entre el valor absoluto y el valor exacto. Para evaluar los sistemas de Cosecha y Transporte se asume que como Valor exacto, el valor de la Eficiencia esperada para el sistema, como un producto de las eficiencias individuales de cada máquina (Ashbuner & Sims. B, 1984), tomada como:

$$e_a = | \text{Valor real} - \text{Valor medicion} | \quad [4.1]$$

$$e_r = \frac{e_a}{\text{Valor real}} \quad [4.2]$$

$$\eta_{\text{Sistema}} = \eta_H \eta_T \eta_{At} \quad [4.3]$$

Donde:

η_H = Eficiencia de la Cosechadora, (Tabla 2.2)

η_T = Eficiencia del Camión, (Tabla 2.2)

η_{At} = Eficiencia del Autovolteo, (Tabla 2.2)

Utilizando los valores de la Tabla 2.2 y sustituyendo en la ecuación 4.1, se determina que la Eficiencia teórica para el Sistema Mecanizado es de:

$$\eta_{\text{Sistema}} = (0,8)(0,85)(0,75) = 0,51$$

Asignando como Valor Real o aproximado, el dato de la Eficiencia de la Cosechadora (15%) calculada para tiempos medios, se tiene que el Error Absoluto es:

$$E = |0.51 - 0.15| = 0.36$$

El Error Absoluto obtenido representa una diferencia de 0.36. Es decir, la diferencia en la eficiencia teórica y real es, en términos porcentuales de un 70%. Con lo que se concluye que la eficiencia del Sistema Mecanizado actualmente utilizando en el Ingenio es ineficiente en términos de costos y de tiempo.

Medida	Errores Absolutos	Errores Relativos	En Porcentaje
Medio	0.36	0.71	71.0%
Moda	0.41	0.81	81.0%
Mínimo	0.06	0.11	11.0%

Tabla 4.7 Errores absolutos y relativos de cada medida

En la Tabla 4.7 se muestran los valores de Error Absoluto y Relativo, encontradas para los tiempos Medios, Mínimos y Moda para el Frente de cosecha Mecanizado.

Se puede observar que cuando se utilizan los tiempos mínimos en el cálculo de las eficiencias del sistema el error se reduce significativamente entre un 6% (e_a) y el 11% (e_r), pero nunca sobrepasa la eficiencia teórica del sistema.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- a) La calidad de los datos recolectados en el campo, una vez analizados obtuvieron una confiabilidad del 95%.
- b) Cuando son utilizados los valores de tiempos mínimos, el error relativo en términos porcentuales se aproxima al valor teórico solamente en un 10.8%.
- c) El método del diagrama cíclico resulta ser pertinente y eficaz para el análisis de un sistema de máquinas trabajando en paralelo durante la temporada de la cosecha mecanizada de la caña azucarera.
- d) La eficiencia estimada 15% para el Sistema Mecanizado, está muy por debajo de la eficiencia teórica esperada para un Sistema de Maquinas (51%).
- e) La eficiencia estimada en 9.8% para el Sistema Manual (Alzadora), está muy por debajo de la eficiencia teórica esperada para un Sistema de Máquinas trabajando en paralelo.
- f) La máquina que representa un cuello de botella para el proceso de cosecha y transporte de la caña de azúcar, tanto en el Frente de cosecha manual como en el frente mecanizado son los camiones transportadores.

5.2 Recomendaciones

- a) Para ajustar la precisión y exactitud del método del Diagrama Cíclico, se recomienda utilizar instrumentos de precisión como los equipos GPS (Global Positioning System).

- b) Es de mucha importancia que el Departamento de Alza y Transporte del Ingenio, normalice los Tiempos de apoyo, y los tiempos efectivos de trabajo, con el fin de asegurar la eficiencia y eficacia de todo el sistema, los datos y resultados de esta tesis podrían ayudar a determinar dichos tiempos.

- c) Se propone evaluar en otro estudio monográfico el sistema de autovolteo como una posible solución para elevar el rendimiento del sistema, como línea de investigación en el área de mecanización del departamento de Ingeniería Agrícola.

VI CRONOGRAMA

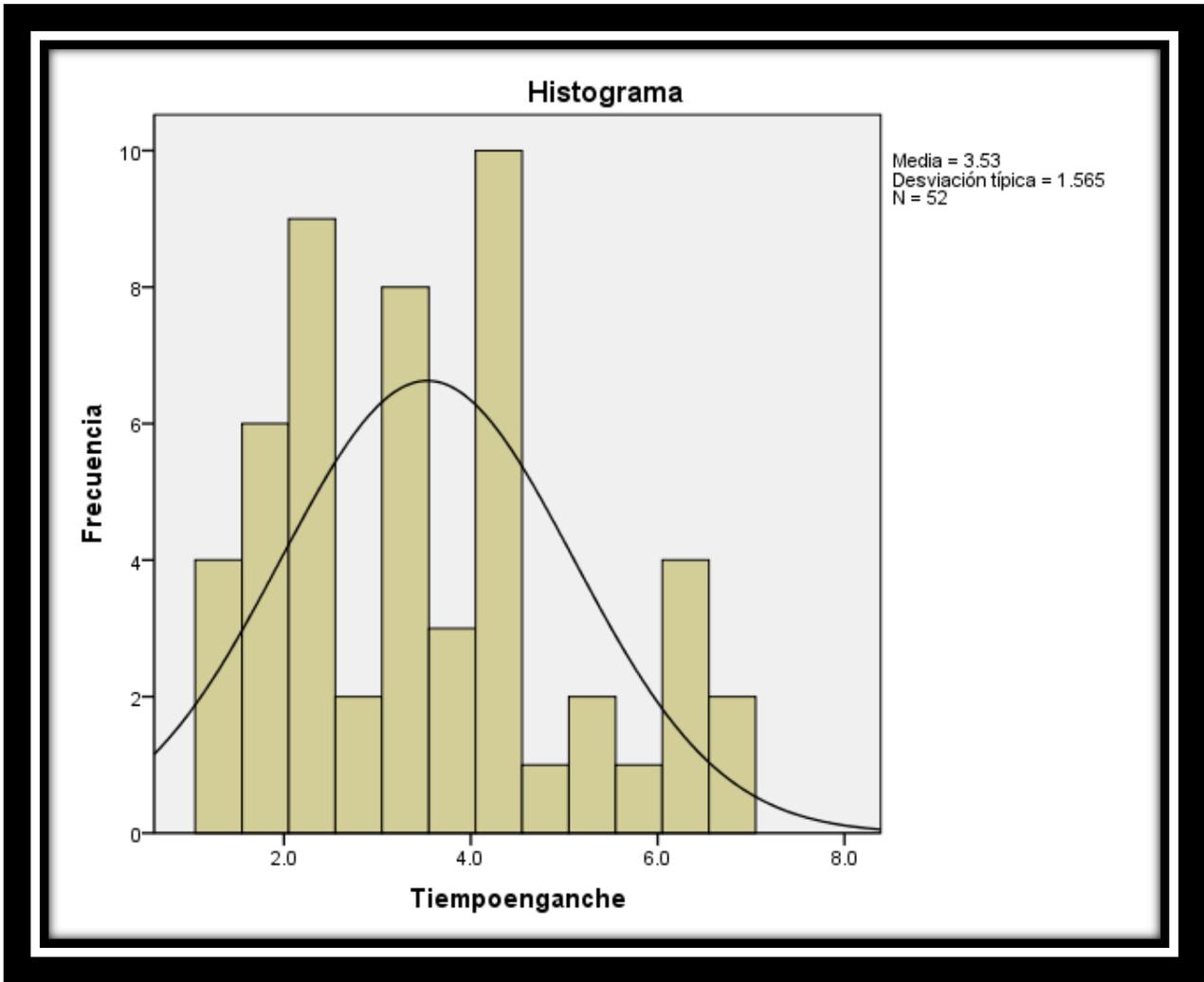
Actividades por mes	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase exploratiba y búsqueda de información.	x	x	x																	
Elaboración del protocolo.	x	X																		
Entrega del protocolo a Decanatura.		X																		
Aprobación de Decanatura.							X													
Obtención de datos e información.								X	x	x	x	x								
Procesamientos de los datos e información.													x	x	X					
Análisis y Discusión.																x	x			
Redacción del informe final.																		x	x	
Aprobación del informe final.																				x

VII BIBLIOGRAFIA

- ✓ Alvarado, A (2004). *Maquinaria y Mecanización Agrícola. (1ª edición)*Ed. *Universal Estata a Distancia.*
- ✓ Ashburner, J (1984) Elementos de Diseño del trabajo y Herramientas de Labranza. (2ª edición) Ed. *Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura Costa Rica.*
- ✓ Hunt, D. (1983). *Maquinaria Agrícola Rendimiento económico, costos operaciones potencia y selección de equipo. (7ª edición)*Ed. *Limusa México.*
- ✓ Jany, J. (2005) *Investigación Integral de Mercados. (3ª edición)* *Mc Graw Hill Colombia.*
- ✓ Kanawaty, G. (2004). *Introducción al estudio del trabajo. (4ª edición)* Ed. *Limusa. México.*
- ✓ Lesur, L. (2006). *Manual de Maquinaria Agrícola de potencias y selección de equipos .(1ª edición)* Ed. *Trilla*
- ✓ Stone, A. (1961). *Maquinaria Agrícola (6ª edición)* Ed. *John Wiley. México.*
- ✓ Giraldo, F. *Cosecha, alce y transporte.* [En línea]: documento electrónico en internet. 1995 [Fecha de consulta :15 de junio de 2011] : Disponible en : <http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p357-362.pdf>
- ✓ Piscano, S. *Transporte de Caña de Azúcar.*[En línea]: documento electrónico en internet. 2009 [Fecha de consulta 23 de junio de 2011] :Disponible en: <<http://www.piscano-sas.com/component/content/article/29-transporte-de-cana-de-azucar/57-transporte-de-cana-de-azucar.html>>

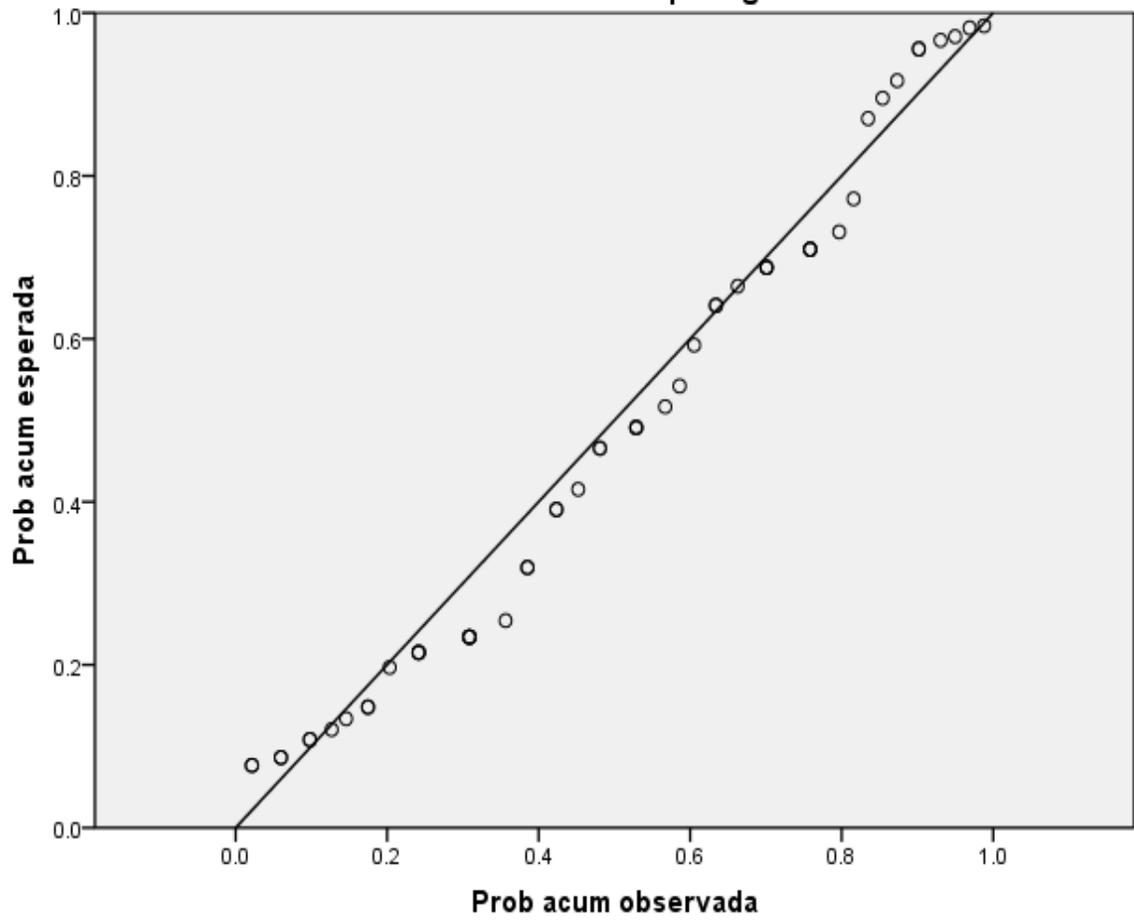
- ✓ Server, P. *El transporte de la caña de azúcar utilizando la modelación.* . [En línea]:documento electrónico en internet 2002 [Fecha de consulta 3 de julio]:Disponible en :<<http://www.revista.unam.mx/vol.3/num1/proyec1/index.html>>

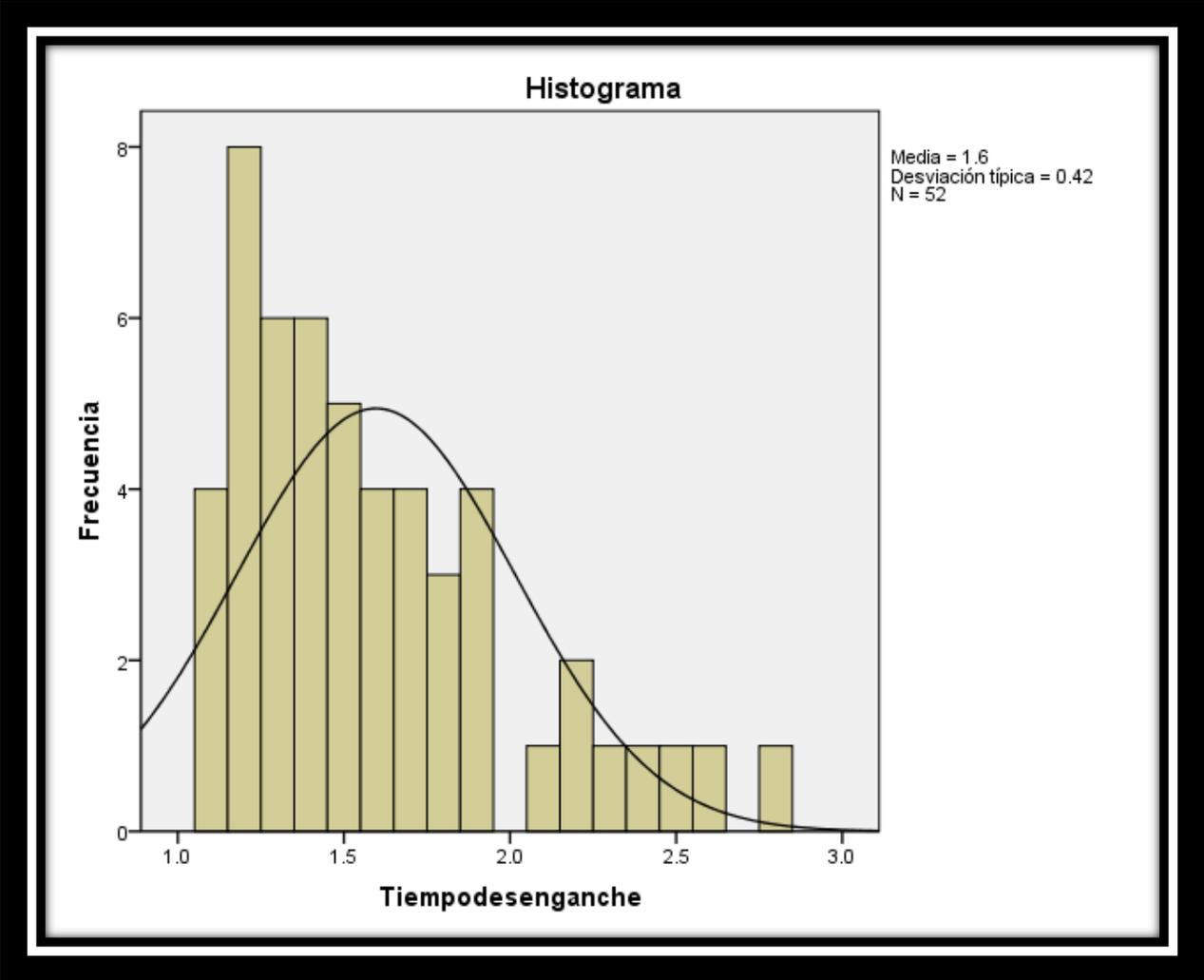
- ✓ Zaragoza, M. *Diagrama de actividades múltiples (Modalidades: hombre-máquina).* [En línea]:documento electrónico en internet .2011 [Fecha de consulta 21 de julio]:Disponible en: <<http://148.202.148.5/cursos/id209/mzaragoza/unidad2/unidad2cinco.htm>>



Evento : Tiempo de Enganche	
Validos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	3.417 min
Moda	2.4 min
Desv. típ.	1.5682 min
Mínimo	1.3 min
Máximo	6.9 min

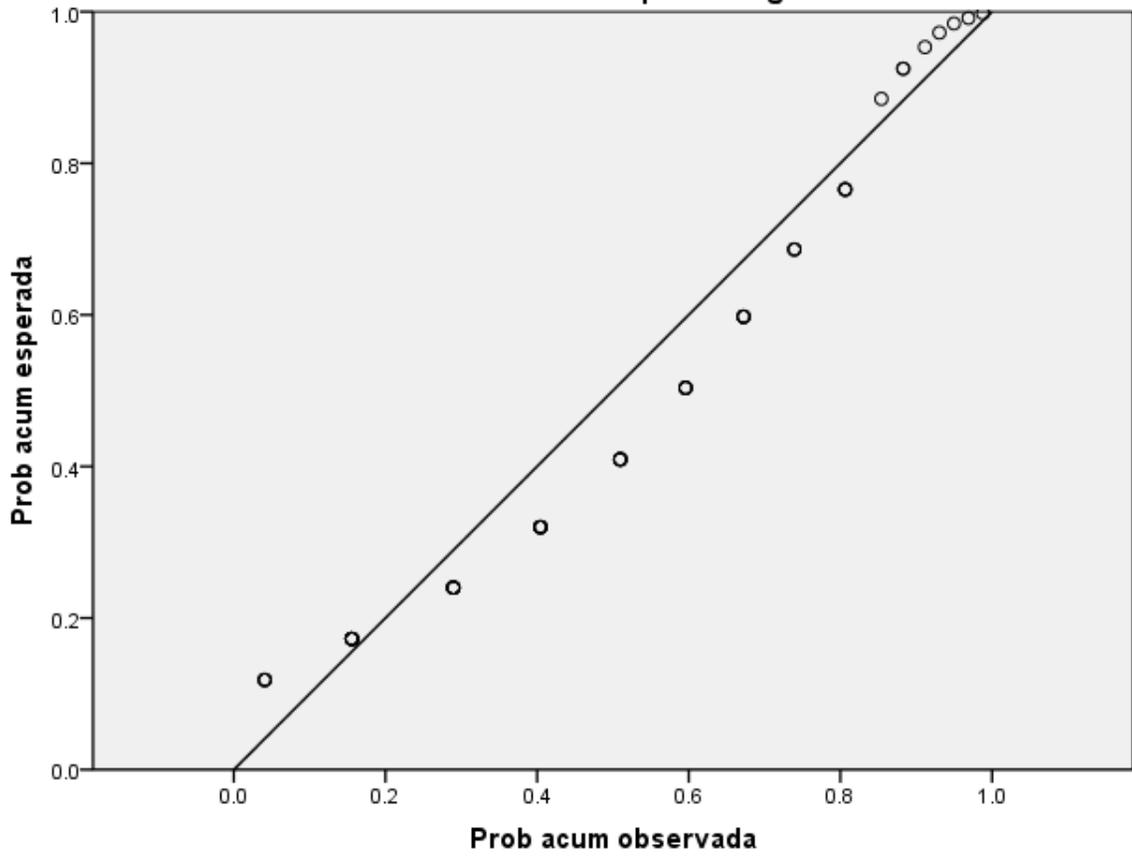
Gráfico P-P Normal de Tiempoenganche

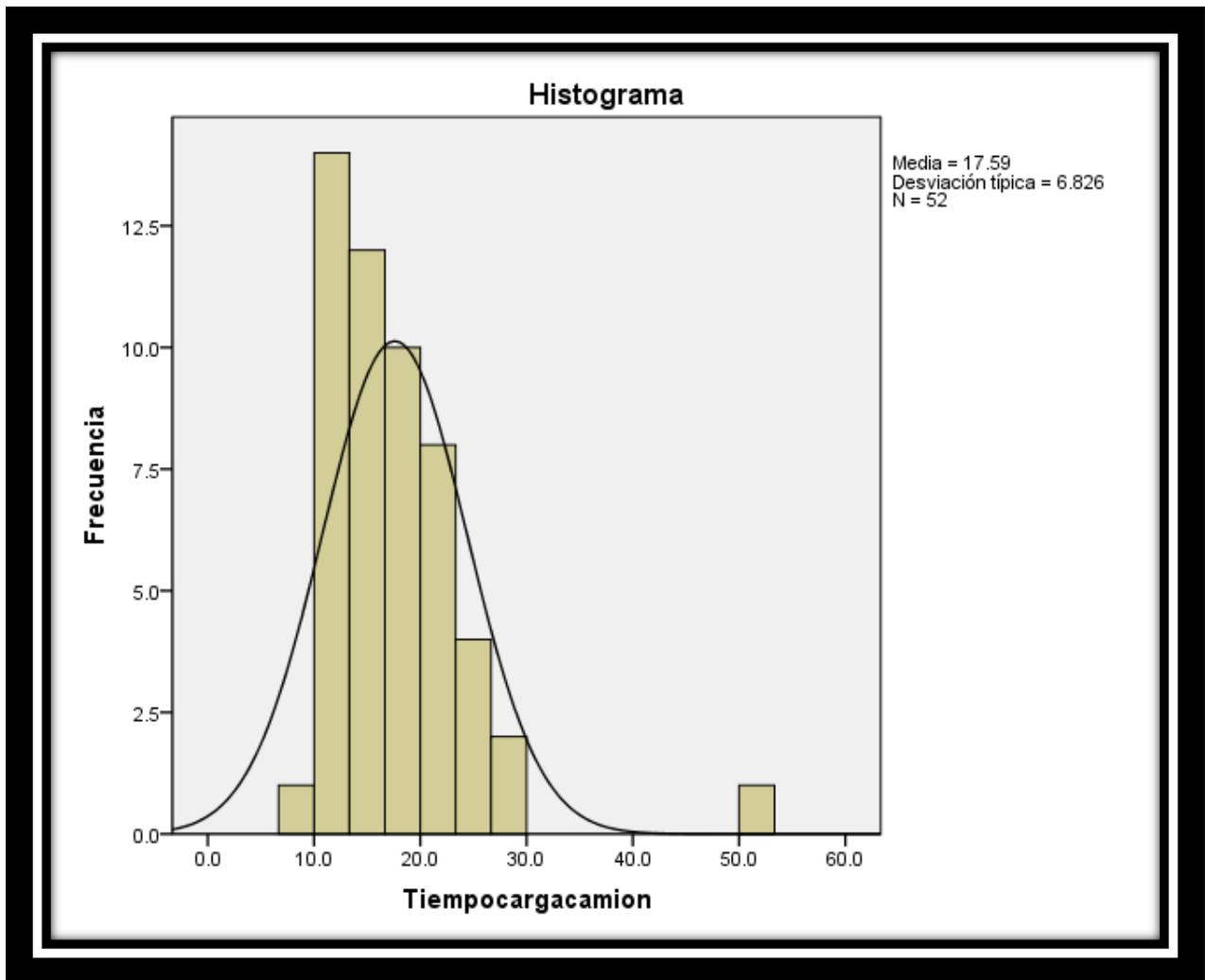




Tiempo de Desenganche	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	1,587 min
Moda	1,3 min
Desv. típ.	0,3794 min
Mínimo	1,1 min
Máximo	2,6 min

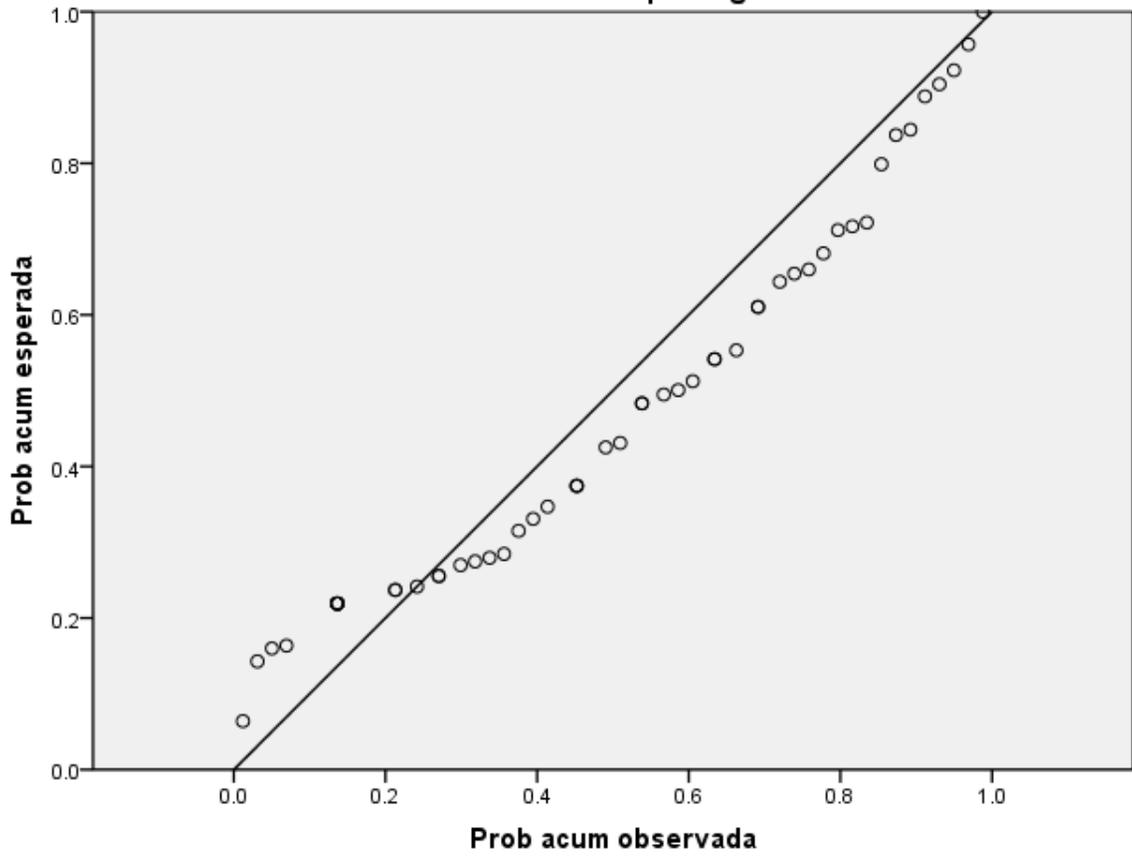
Gráfico P-P Normal de Tiempodesenganche

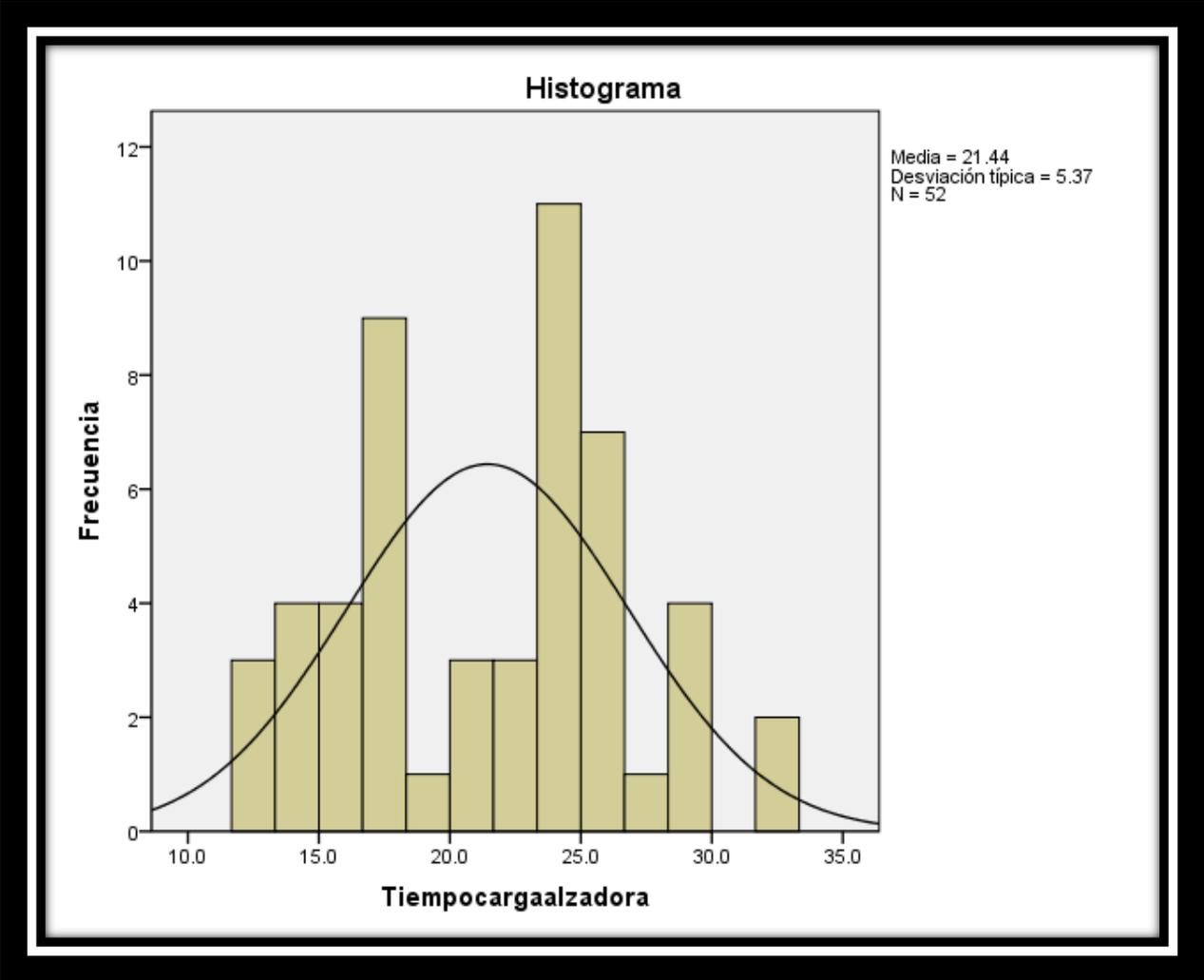




Tiempo de Carga del Camion	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	17,233 min
Moda	12,3 min
Desv. típ.	4,7082 min
Mínimo	10,3 min
Máximo	29,3 min

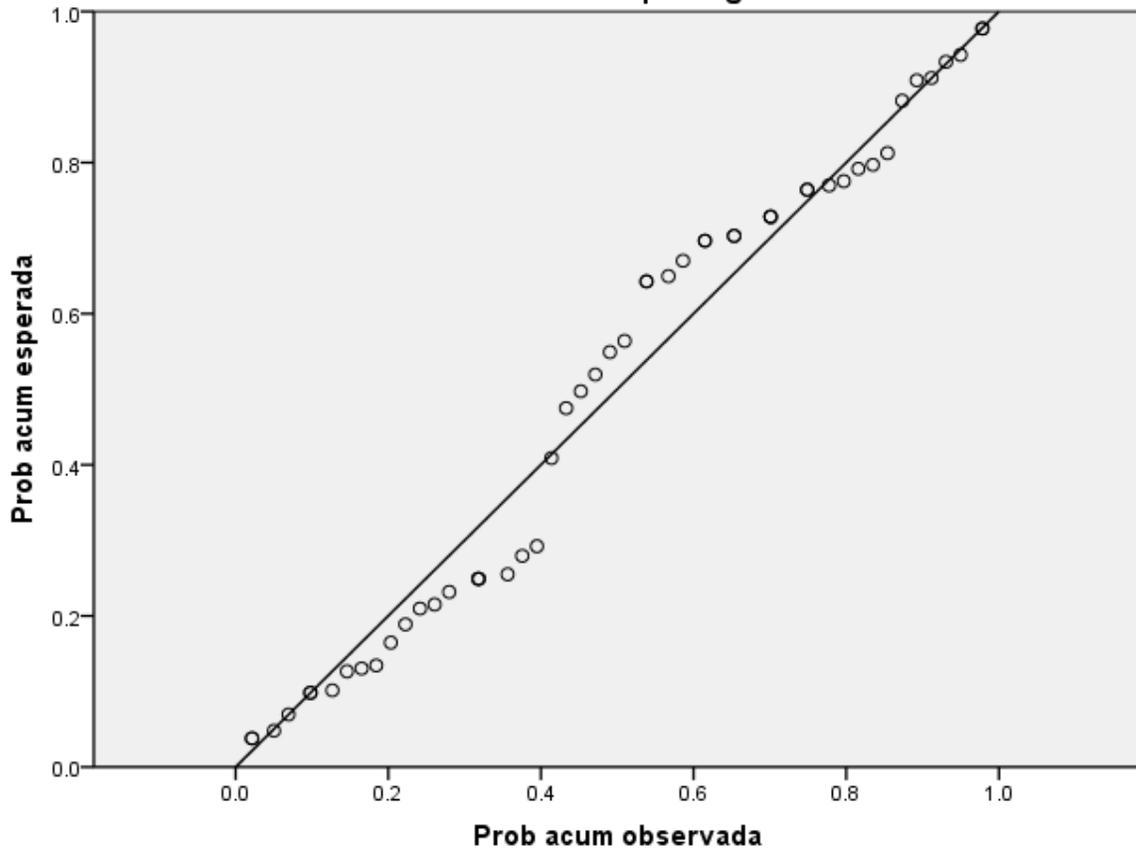
Gráfico P-P Normal de Tiempocargacamion

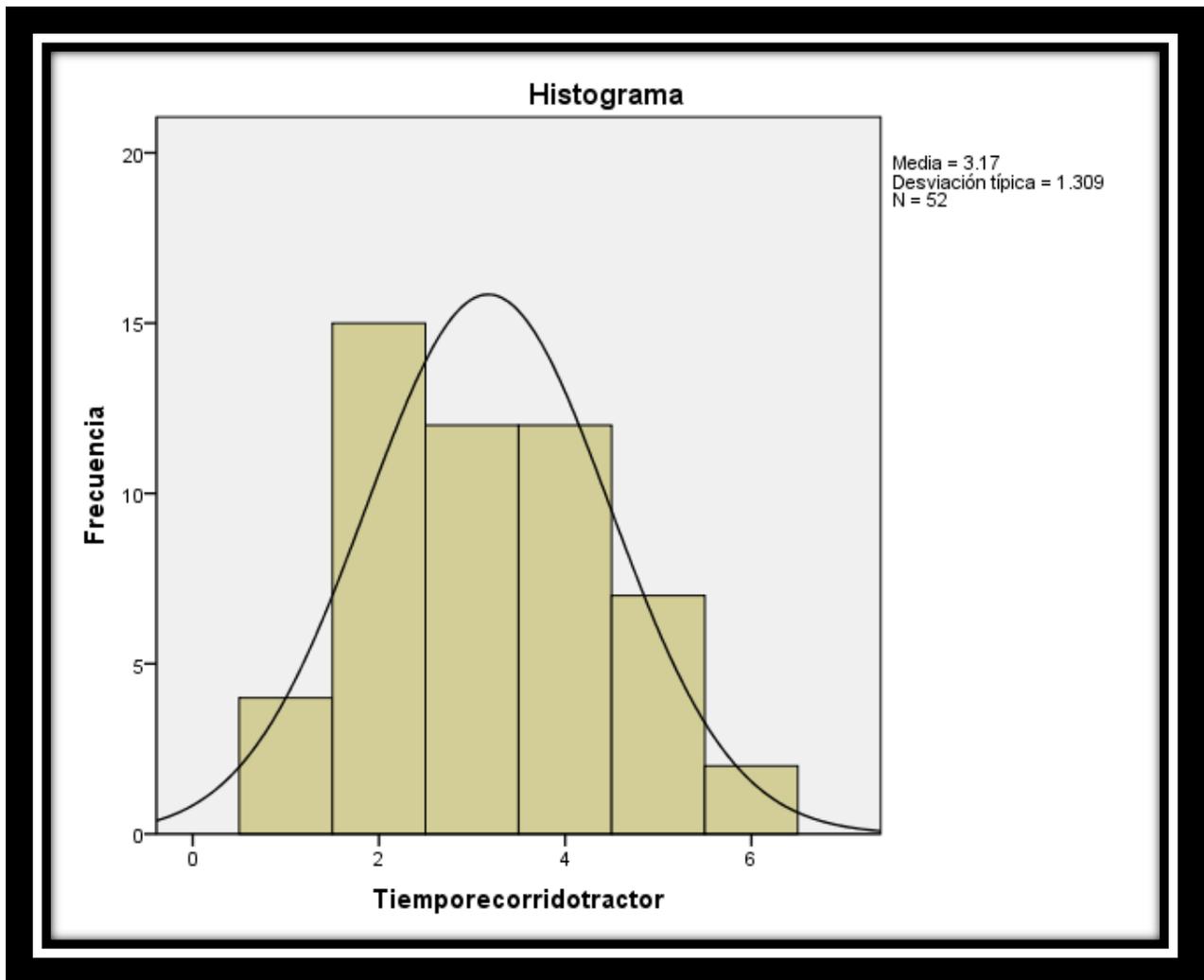




Tiempo de carga de la alzadora	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	20,983 min
Moda	17,8 min
Desv. típ.	4,9961 min
Mínimo	11,9 min
Máximo	32,2 min

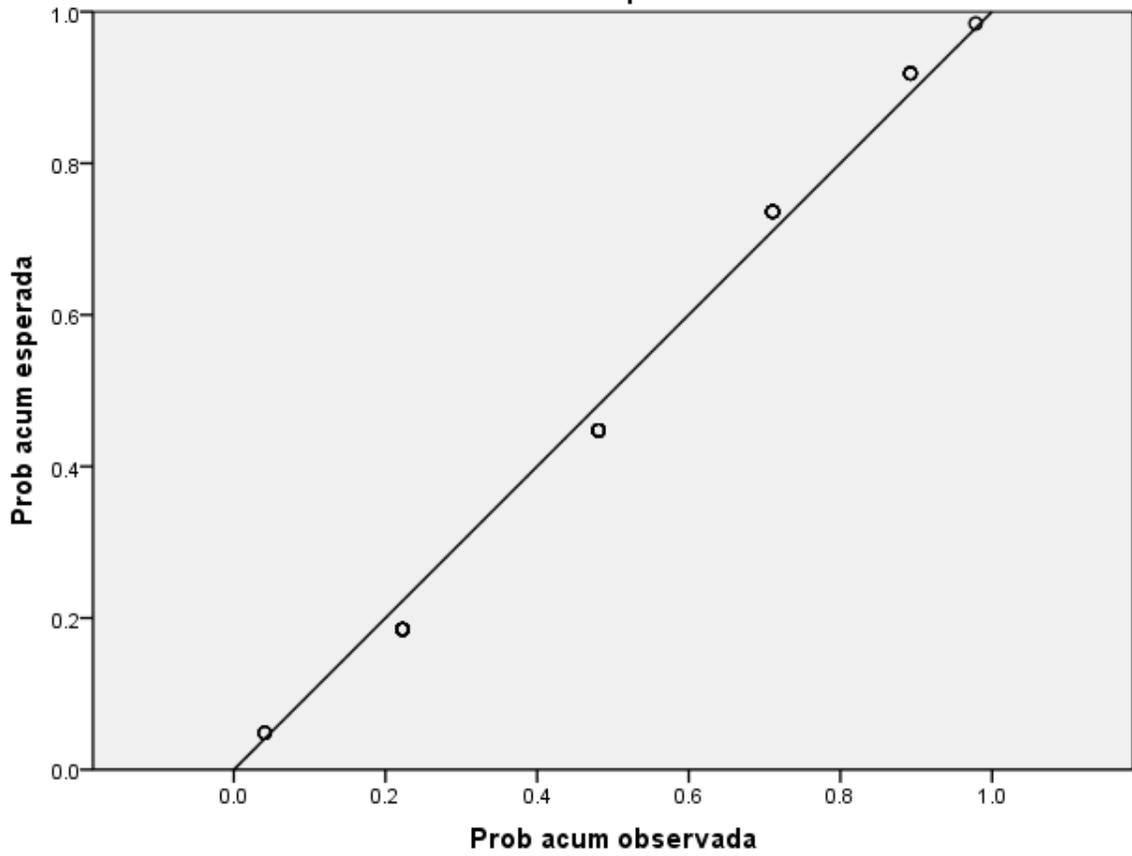
Gráfico P-P Normal de Tiempocargaalzadora

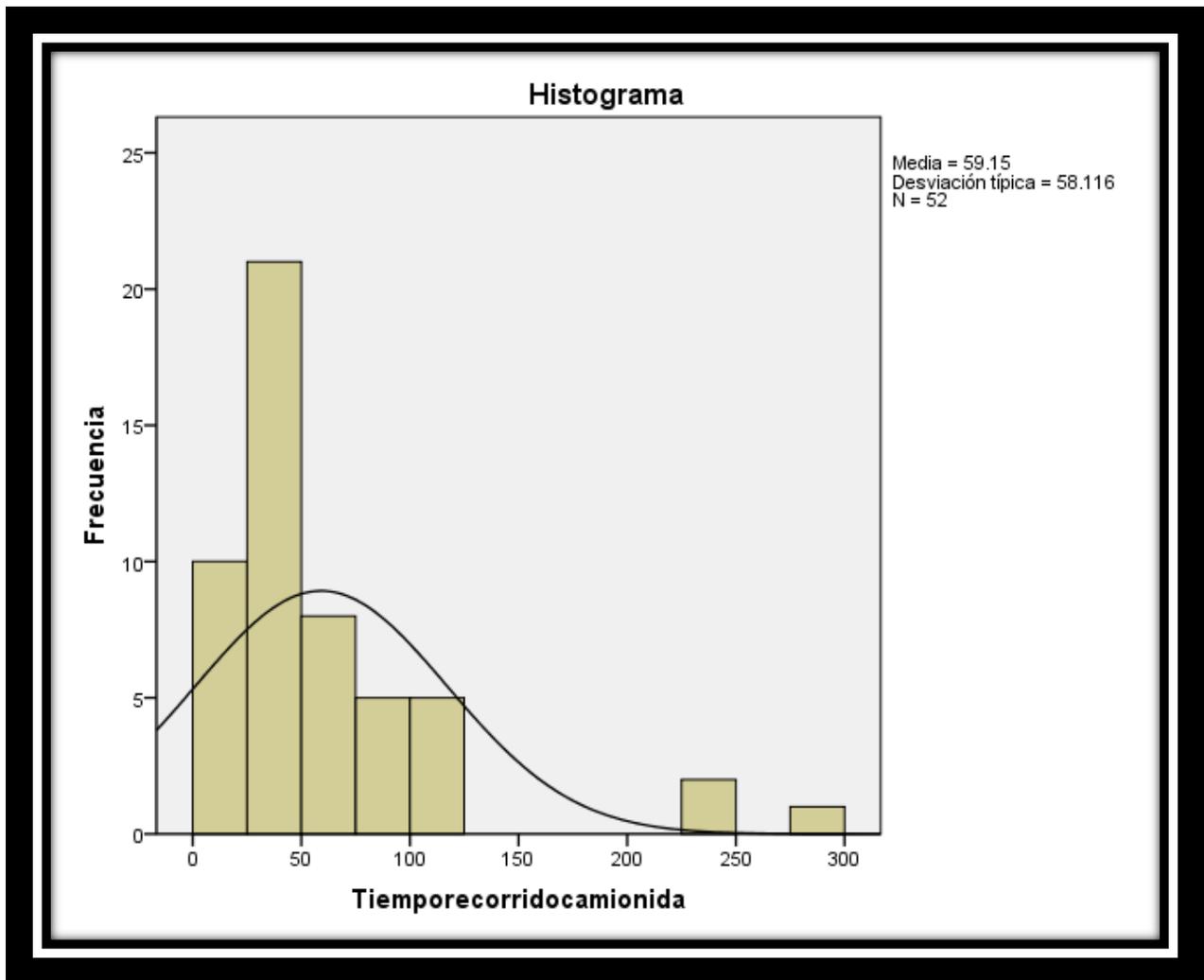




Tiempo de recorrido del tractor	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	3,19 min
Moda	2 min
Desv. típ.	1,314 min
Mínimo	1 min
Máximo	6 min

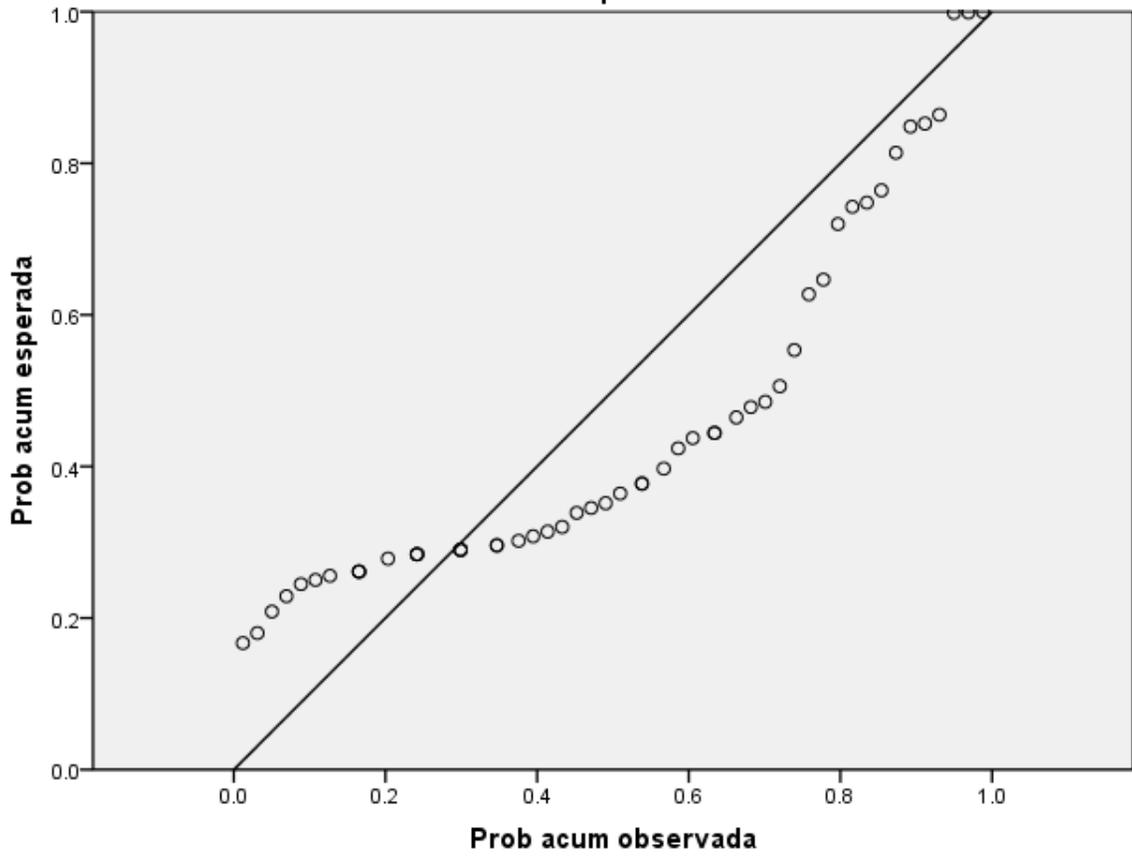
Gráfico P-P Normal de Tiemporecorridotractor

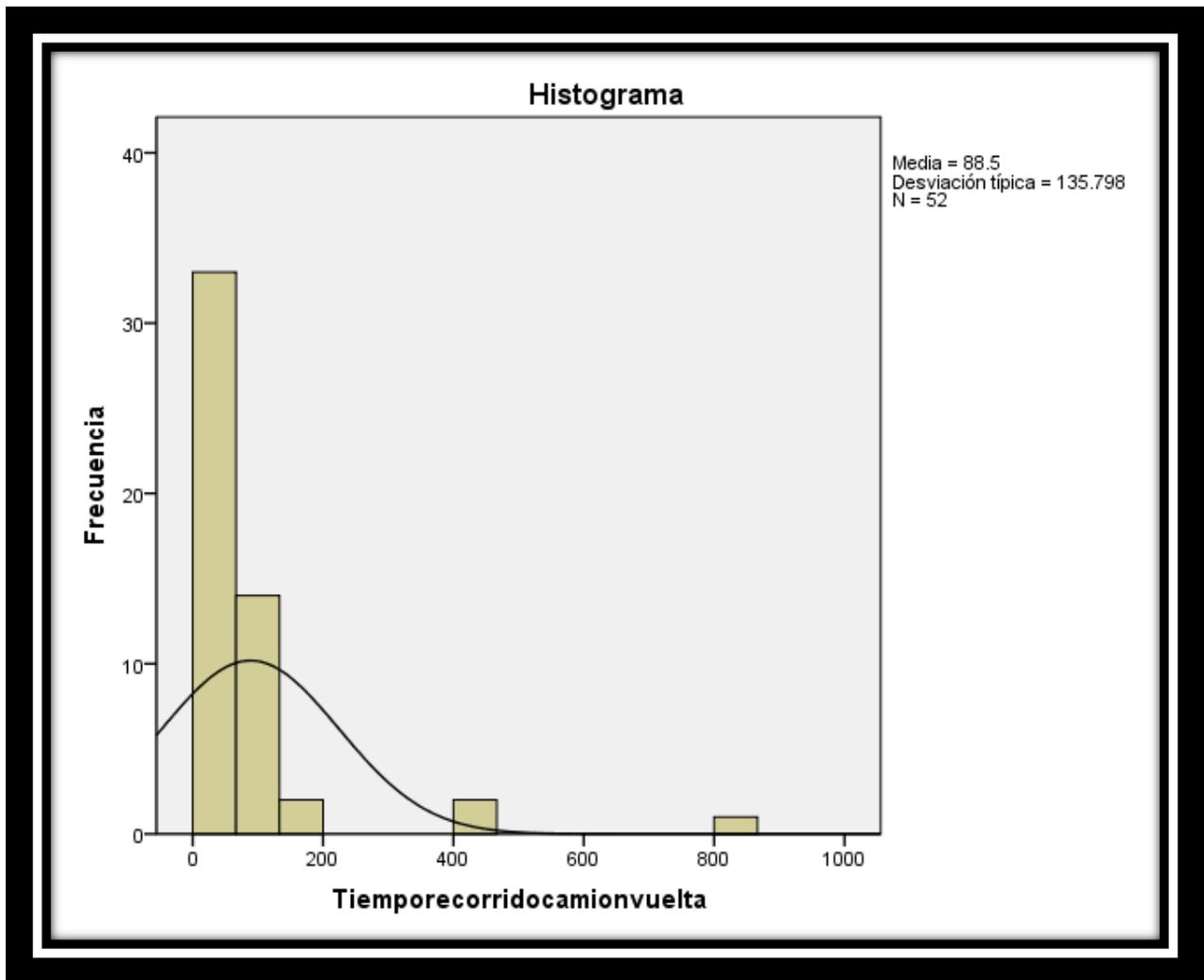




Tiempo de recorrido del camion ida	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	60,08 min
Moda	22 min
Desv. típ.	57,832 min
Mínimo	3 min
Máximo	293 min

Gráfico P-P Normal de Tiemporecorridocamionida





Tiempo de recorrido del camion vuelta	
Válidos	52 datos
Perdidos	0 datos
Media	88,67 min
Moda	36 min
Desv. típ.	135,894 min
Mínimo	8 min
Máximo	864 min

Gráfico P-P Normal de Tiempo corrido camion vuelta

