

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**“OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO Y  
TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
INGENIO LA MAGDALENA, S.A.”**

**PRESENTADO POR:  
LEAL ARTEAGA, SANDRA ELIZABETH  
MARTÍNEZ ESCOBAR, GISELA RAQUEL  
TORRES MUÑOZ, RONALD OMAR**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**MARZO DE 2005**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:  
DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ.**

**VICERECTOR ACADÉMICO:  
ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ.**

**VICERECTORA ADMINISTRATIVA:  
DRA. CARMEN ELIZABETH RODRÍGUEZ DE RIVAS.**

**SECRETARIA GENERAL:  
LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA.**

**FISCAL GENERAL:  
LICDO. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA.**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

**DECANO:  
LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA.**

**VICEDECANO:  
LICDO. ROBERTO GUTIÉRREZ AYALA.**

**SECRETARIO:  
LICDO. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA.**

**JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA:  
ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZÁBAL.**

**DOCENTE DIRECTOR:  
ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO.**

**DOCENTE DIRECTOR ADJUNTO:  
ING. SALVADOR ELISEO MELENDEZ CASTANEDA.**

**SANTA ANA, MARZO DE 2005.  
TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:**

**ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZÁBAL.**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO.**

## **AGRADECIMIENTOS GENERALES.**

### **A DIOS PADRE, HIJO Y ESPÍRITU SANTO:**

“Un día, Jesús entró en una barca con sus discípulos, y les dijo: — Vamos al otro lado del lago. Partieron, pues, y mientras cruzaban el lago, Jesús se durmió. En esto se desató una fuerte tormenta sobre el lago, y la barca empezó a llenarse de agua y corrían peligro de hundirse. Entonces fueron a despertar a Jesús, diciéndole: - ¡Maestro! ¡Nos estamos hundiendo!. Jesús se levantó, y dio una orden al viento y a las olas, y todo se calmó y quedó tranquilo”. *San Lucas 8: 22 – 24.*

¡Bendito seas Señor! por habernos hecho partícipes de tu obra, por habernos dado el privilegio de nacer y conocerte. Gracias Padre Celestial por darnos vida en abundancia para alabarte y adorarte.

Te agradecemos Dios nuestro porque ante los diversos problemas que atormentan y hundan nuestra barca, porque en esas circunstancias cuando sentimos perecer, Tú fortaleces nuestros ánimos y alegras nuestros corazones, porque sabemos que moras en nuestras barcas y las diriges exitosamente hasta llegar al otro lado.

Padre nuestro, te damos las gracias porque en este momento de nuestras vidas nos permites finalizar otro capítulo más, porque ahora hemos finalizado nuestros estudios superiores, brindándonos una oportunidad MÁS de ayudar a nuestras familias y a las personas que nos rodean. Te agradecemos porque durante la elaboración de nuestro trabajo de graduación permitiste que nos apoyaran enormemente las personas que laboran en ingenio La Magdalena y la Universidad de El Salvador; también porque hiciste que nuestros padres, hermanos y demás familiares fueran el eje impulsor de todos nuestros esfuerzos.

Gracias Señor, porque las dificultades que se nos presentaron y que eran similares a la tormenta del lago de Galilea, Tú las transformaste en victorias porque tu misericordia es infinita y grandes y maravillosas son tus obras. — “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” —.

Dios nuestro, en esta ocasión nos has entregado este galardón, ahora te entregamos nuestras vidas como profesionales en Ingeniería Industrial, presentándote cada vez nuestra lucha vigorosa y ferviente por ser mejor servidores tuyo y de nuestro prójimo, guardando tu ley en nuestros corazones, dando testimonio de ello para Gloria y Honra tuya por los siglos de los siglos. AMÉN.

“Más a Dios gracias, el cual nos lleva siempre en triunfo en Cristo Jesús, y por medio de nosotros manifiesta en todo lugar el olor de su conocimiento”. *II Corintios 2:14.*

***Ronald Omar Torres Muñoz.***  
***Gisela Raquel Martínez Escobar.***  
***Sandra Elizabeth Leal Arteaga.***

## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE:

Por brindarnos la oportunidad de formarnos académicamente y por ayudarnos a cumplir el ideal de ser buenos profesionales que aporten beneficios a la sociedad.

Agradecemos especialmente a:

**Ing. Mauricio Ernesto García Eguizábal**, coordinador de trabajos de graduación, por sus observaciones y colaboración para el desarrollo de este trabajo de graduación.

**Ing. Douglas García Rodezno**, nuestro Docente Director, por su paciencia, su apoyo y aportar sus conocimientos y amistad durante el desarrollo de este trabajo de graduación.

**Ing. Salvador Eliseo Meléndez Castaneda**, nuestro Docente Director Adjunto, por haber colaborado en la orientación y realización del desarrollo de este trabajo de graduación.

**A todos los docente** que imparten cátedras a la carrera de Ingeniería Industrial, por sus enseñanzas en esta especialización.

**A Sra. Zulma Jiménez de Beltrán**, secretaria del departamento de ingeniería, por su comprensión, apoyo y sus consejos a lo largo de nuestra estancia en la F.M.O.

***Ronald Omar Torres Muñoz.***

***Gisela Raquel Martínez Escobar.***

***Sandra Elizabeth Leal Arteaga.***

## **A INGENIO LA MAGDALENA, S.A.:**

Damos nuestros más sinceros y emotivos agradecimientos al **ingeniero** y muy estimado amigo **Nelson Augusto Arana**, gerente general de ingenio La Magdalena, S.A.; quien nos apoyó ferviente y constantemente desde el inicio hasta la finalización del presente trabajo de grado. Asimismo, agradecemos de todo corazón a nuestros amigos: **Ing. René Guevara** (Superintendente de Campo), **Ing. Carlos Francisco Lara Campos** (Superintendente de Fábrica), **Ing. Byron Monterrosa** (Superintendente de Pago por Calidad). A los agrónomos: **Don Dani y Carlitos Cruz**, al Señor **Noé Figueroa** (Encargado de Transporte), a **Don Guayito** (encargado de taller agrícola), a **Don Santiago Olivares** (motorista de rastra), y demás trabajadores, transportistas y cañeros que conforman la agroindustria azucarera de ingenio La Magdalena, S.A., quienes además de brindarnos todo el apoyo, también nos hicieron sentir parte de la institución. También se les agradece por todas sus acertadas recomendaciones que nos ayudaron a visualizar, investigar y diseñar nuestra propuesta acorde a las necesidades del ingenio.

## **ASOCIACIÓN AZUCARERA**

Agradecemos al **ingeniero Julio César Arroyo**, Presidente de Asociación Azucarera, el cual nos recomendó con el **ingeniero Nelson Arana** y le presentó nuestro interés por realizar nuestro trabajo de grado en ingenio La Magdalena, S.A.

***Ronald Omar Torres Muñoz.***

***Gisela Raquel Martínez Escobar.***

***Sandra Elizabeth Leal Arteaga.***

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES.**

### **A DIOS Todopoderoso y a mi Madre la Santísima Virgen María:**

Por haberme guiado durante todo este camino de aprendizaje, porque sin ellos, esta meta no pudo haber sido cumplida, por darme sabiduría, fuerza y resignación en los momentos más difíciles de mi vida, infinitas gracias Señor mi Dios.

### **A Mis Padres:**

**Domingo Orlando Leal (Q.D.D.G)** Por haberme enseñado a caminar por la vida haciéndole honor a nuestro apellido “LEAL”, siendo leales a Dios, a nuestra familia, nuestros principios, ideales y valores. A seguir el camino como Jesús lo dijo: “Yo soy el camino, la verdad y la vida, el que crea en mí aunque esté muerto vivirá”.

*Gracias Padrecito* por su inmenso amor este triunfo es para usted.

**María Irene Arteaga de Leal.** Por ser un ejemplo de fortaleza y rectitud, por su entrega total y su inmenso amor.

Por ser ahora el pilar de la familia y enseñarnos a seguir caminando hacia adelante, con paso firme de la mano de nuestro Señor Jesucristo.

*Gracias Madrecita* por ayudarme a lograr este triunfo que juntos en familia hemos logrado. Este título es para usted.

### **A mis hermanos:**

**Silvia Irene.** Por su amor y apoyo especial, propios de una niña con capacidades especiales. Te amo hermanita.

**Ing. Francisco Antonio.** Por ser mi ejemplo a seguir. Hemos logrado el objetivo que nuestros padres siempre quisieron, Gracias por tus consejos, por tu amor fraterno y por apoyarme siempre.

**José Miguel Martínez.** Por ser mi hermanito menor, por alegrar nuestra casa con tu presencia y por tu amor fraterno, gracias Chepito Leal.

## **A mis compañeros de tesis:**

### **Ronald Omar Torres Muñoz**

Mi novio. Por tu amor, paciencia y comprensión. Por ser tan excepcional conmigo. Te amo de todo corazón *Ronalito*. Gracias por todo.

Por tu entrega total y dedicación a nuestro trabajo de grado, ya que fuiste el alma, corazón y mente de esta investigación.

Un agradecimiento especial a tus padres *Leonardo Torres y Sonia Elizabeth de Torres* por que nos estuvieron apoyando en el transcurso de esta meta.

### **Gisela Raquel Martínez Escobar**

Por tu amistad demostrada a lo largo de nuestra carrera universitaria. Gracias por tus muestras de comprensión y estima en mis momentos más difíciles.

Una mención especial a tu madre la señora Teresa Escobar, por brindarnos su apoyo y comprensión a lo largo de esta carrera, Muchas Gracias *Niña Tere*.

## **A mis amigos y compañeros:**

**A las de la cuadra:** *Lic. Jenny de Salazar, Tec. Ana Patricia Rivas de Ramos, Srita. Ana Geraldine Mena Alvanéz y Srita. Lidia Beatriz Cisneros Sánchez*, por su verdadera amistad, por que me brindaron su mano amiga en todo momento... Hermanitas muchas gracias por su apoyo.

**A las de la “U”:** Judith Jeannette Aguirre de Mendoza, Ing. Claudia Roxana Díaz Grijalva, Ing. Diana Marlene Mendoza y Gisela Martínez; por compartir tantas experiencias universitarias, desvelos, parciales, noches de bohemia, y sobre todo el ideal de ser profesionales... Por que me brindaron su apoyo desinteresado, su compañía y saber comprenderme en los momentos que más lo necesité. Mil Gracias... Amigas.

**A mis compañeros de promoción:** Por compartir tantos momentos buenos y malos dentro de las aulas de la FMO, tan característicos de la universidad de El Salvador.

Una mención especial a dos de ellos: **Rudy Iván Barrera y Luís Omar** que al igual que mi persona perdimos a nuestro papá (que Dios nos los tengan en su gloria), un minuto de silencio en su honor y mis oraciones por ellos y nuestras familias.

**Al Ing. Carlos Arturo Ruano Salazar.** Por su apoyo, por ayudarme a formarme en mi carrera universitaria, le agradezco todos sus consejos y con todo mi respeto y admiración lo considero mi amigo Ingeniero Ruano.

A todos ellos y a los que me faltaron gracias por apoyarme a lo largo de mi vida cotidiana y estudiantil. Mis sinceros agradecimientos.

***Sandra Elizabeth Leal Arteaga.***

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

### **A Dios Topoderoso:**

Por llenarme de su gracia, su amor y su compañía a lo largo de toda esta jornada. ¡Que tu espíritu Santo siga guiando mis pasos!.

### **A mis Padres:**

**Elías Martínez y Teresa Escobar** por el sacrificio, amor y entrega que de ustedes he recibido a lo largo de toda mi vida: “Este triunfo es por ustedes y para ustedes”.

### **A Mario David:**

Por su ejemplo de perseverancia, rectitud y tenacidad. Por tu apoyo incondicional ¡Mil gracias Hermano!.

### **A Liliana Yesenia:**

Por su amistad, apoyo y amor fraterno. Espero hermanita que también podamos compartir tu triunfo.

### **A mis compañeros de tesis.**

Sandra Leal y Ronald Torres, por su comprensión, paciencia y amistad demostrada en el desarrollo de este trabajo, sólo me resta decirles gracias por permitirme culminar junto a ustedes el ideal de mis padres y el mío: ser profesional.

### **A la Sra. María Irene de Leal**

Por cada palabra de aliento y por sus oraciones en el transcurso de nuestro trabajo. “Que Dios la bendiga”.

***Gisela Raquel Martínez Escobar.***

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

“En paz me acostaré y asimismo dormiré; porque sólo tú, Señor; me haces vivir confiado”. *Salmo 4:8*.

Te agradezco bendito **Dios** porque me das vida para glorificarte, porque me das amor a través de mi familia, mi novia y su familia y mis amigos. Te doy gracias Padre Celestial por darme sabiduría, entendimiento y conocimiento para finalizar exitosamente mi carrera mediante Jesucristo tu hijo y la dirección de tu Espíritu Santo.

Agradezco a mis padres **Leonardo Torres Linares y Sonia Elizabeth Muñoz de Torres**, por haberme dado amor y comprensión, por haberme educado, por estar conmigo, en las buenas y en las malas, por brindarme todo el apoyo económico para subsistir y desarrollarme. Las palabras son muy pocas para decirles cuán agradecido estoy con ustedes, sólo puedo decirles que los AMO y los AMARÉ por siempre.

Doy gracias a mi hermano **Marlon Leonardo Torres Muñoz**, sos mi único “brother” y somos siameses porque estamos unidos por nuestras almas, como te lo he dicho en repetidas ocasiones, “Mi título de ingeniero es tuyo y mío”. Gracias por ser como sos y por apoyarme junto con **tu esposa Nelly y tus hijos** Gaby (“mi cuchita preciosa”) y Leonardo “baby junior”.

Le estoy muy agradecido a mi abuelita **Elsa del Carmen Muñoz Palma**, por preocuparse tanto por mí, por admitirme en su casa, por vitaminarme, por darme hasta lo que no tiene.

Agradezco a mi novia y compañera de clases y tesis **Sandra Elizabeth Leal Arteaga**, por ser como eres, por apoyarme, por tu amor incondicional que me das. Te amo y recuerda la promesa que te hice aquel noviembre del 2000: “Lucharé y haré lo imposible por hacer que tu vida se colme de felicidad y éxito”. También agradezco por el apoyo que me han dado tu papá Domingo Orlando Leal (que Dios me lo tenga en su santa gloria), tu mamá María Irene Arteaga de Leal, tus hermanos Francisco Antonio y José Miguel Martínez alias “Cefo”, sin olvidar a la Silvita.

Le doy gracias a mi tío **Álvaro Alfredo Muñoz** por sus consejos y al apoyo incondicional de mi gran amigo **Luis Mariano Arrazola Figueroa**, “ITO”... ¡Gracias por todo!.

También les agradezco a mis amigos:

**Enzo May García Chachagua:** por tu apoyo, por levantarme cuando caía, por ayudarme a tener encuentros cercanos con Dios.

**Óscar Stephen Servellón Padilla:** por tu apoyo, por tu buen sentido del humor.

**Claudia Roxana Díaz:** por tus consejos y tu amistad.

**Rudy Iván Barrera Flores y Ernesto Magaña:** por ser mis únicos compañeros de clase que me demostraron ser unos verdaderos amigos.

**Gisela Raquel Martínez:** por ser mi compañera de tesis.

Y finalmente agradezco a todos mis demás familiares y amigos que siguieron mi vida universitaria y que influyeron ya sea positiva o negativamente en mi esfuerzo por alcanzar tan esperado éxito.

***Ronald Omar Torres Muñoz.***

***OPTIMIZACIÓN DEL  
MANEJO Y  
TRANSPORTE DE  
CAÑA DE AZÚCAR  
EN INGENIO  
LA MAGDALENA, S.A.***



## INDICE.

	<b>Pág.-</b>
Introducción. . . . .	xxix
Planteamiento del problema. . . . .	xxxix
Objetivos. . . . .	xxxix
Alcances y limitaciones.. . . .	xxxiii
Justificación. . . . .	xxxiv
<b><i>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.</i></b>	
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS. . . . .</b>	<b>2</b>
1.1.1 Definición de sistema. . . . .	2
1.1.2 Definición de modelo. . . . .	4
1.1.3 Simulación. . . . .	6
1.1.4 Optimización. . . . .	6
1.1.5 Manejo. . . . .	8
1.1.6 Transporte. . . . .	8
<b>1.2 GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR.. . . .</b>	<b>9</b>
1.2.1 Origen de la caña de azúcar. . . . .	9
1.2.2 Taxonomía de la caña de azúcar. . . . .	9
1.2.2.1 Especies de saccharum. . . . .	10
1.2.3 Morfología de la caña de azúcar. . . . .	11
1.2.4 Ciclo de vida de la caña de azúcar. . . . .	12
1.2.5 Variedades de caña de azúcar. . . . .	13
1.2.6 Rozado de la caña de azúcar. . . . .	14
1.2.7 Deterioro de la caña. . . . .	15
1.2.7.1 Rendimiento de la caña de azúcar. . . . .	16
<b>1.3 GENERALIDADES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA. . . . .</b>	<b>19</b>
1.3.1 Clasificación de la Industria Azucarera. . . . .	21
1.3.1.1 Clasificación según la dimensión laboral. . . . .	21
1.3.1.2 Clasificación estadística internacional. . . . .	22



1.3.2	Historia de los ingenios azucareros de El Salvador.	.	.	.	23
1.3.2.1	Historia de ingenio La Magdalena, S.A.	.	.	.	26
1.3.3	La agroindustria azucarera en la actualidad.	.	.	.	27
1.3.3.1	Marco institucional.	.	.	.	27
1.3.3.2	Aportación al Producto Interno Bruto.	.	.	.	30
1.3.3.3	Mercados del azúcar salvadoreño.	.	.	.	31
<b>CAPITULO II. MARCO REFERENCIAL.</b>					
<b>2.1</b>	<b>GESTIÓN COMERCIALIZACIÓN.</b>	.	.	.	<b>39</b>
2.1.1	Producto.	.	.	.	39
2.1.1.1	Subproductos de la caña de azúcar.	.	.	.	41
2.1.2	Precio..	.	.	.	42
2.1.3	Plaza.	.	.	.	44
<b>2.2</b>	<b>GESTIÓN DE PRODUCCIÓN.</b>	.	.	.	<b>45</b>
2.2.1	Etapas del proceso de producción del azúcar.	.	.	.	45
2.2.2	Zonas de producción de caña de azúcar.	.	.	.	51
2.2.2.1	Características de las zonas cañeras.	.	.	.	53
2.2.2.2	Existencias de materia prima.	.	.	.	56
2.2.2.3	Rendimiento agrícola.	.	.	.	59
2.2.3	Sistema de manejo y transporte de caña de azúcar.	.	.	.	60
2.2.3.1	Características de vehículos de transporte.	.	.	.	63
2.2.3.2	Señalización de los vehículos de transporte.	.	.	.	68
2.2.3.4	Sistema de rutas.	.	.	.	70
2.2.3.5	Recursos requeridos durante la zafra 2003/04.	.	.	.	72
2.2.4	Descripción del proceso de manejo y transporte de caña.	.	.	.	75
2.2.4.1	Secuencia de actividades.	.	.	.	75
2.2.4.2	Descripción de las actividades.	.	.	.	76
2.2.4.3	Descripción de métodos.	.	.	.	79
2.2.4.4	Maquinaria y equipo.	.	.	.	83



<b>2.3 GESTIÓN DE ORGANIZACIÓN.</b>	<b>91</b>
2.3.1 Estructura organizativa.	91
2.3.2 Descripción de funciones.	93
<b>2.4 GESTIÓN FINANZAS.</b>	<b>96</b>
2.4.1 Estados financieros.	96
2.4.2 Porcentaje de participación.	97
2.4.3 Cálculo de ingresos.	99
2.4.4 Proyecciones.	102
 <b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	
<b>3.1 ÁREAS DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>104</b>
3.1.1 Enfoque de la investigación	105
3.1.2 Alcances de la investigación.	105
3.1.3 Diseño de la investigación.	106
3.1.4 Instrumentos de recolección de datos.	106
<b>3.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>109</b>
<b>3.3 DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.</b>	<b>110</b>
3.3.1 Listado de variables y definiciones.	110
3.3.2 Nivel de medición y codificación por ítem.	115
3.3.3 Prueba piloto y construcción definitiva.	115
<b>3.4 DISEÑO DEL PLAN OPERATIVO DE MUESTREO.</b>	<b>116</b>
3.4.1 Ciclo dentro del ingenio.	117
3.4.2 Ciclo fuera del ingenio.	119
3.4.2.1 Porcentaje de fallas de los vehículos de transporte.	121
3.4.2.2 Porcentaje de fallas de las cargadoras.	122
<b>3.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.</b>	<b>123</b>
3.5.1 Registro de resultados.	123
3.5.2 Análisis síntoma causa y efecto.	126
3.5.3 Lista de problemas encontrados.	127



## **CAPÍTULO IV. DISEÑO PROPUESTO.**

<b>4.1 ENFOQUE CENTRAL DEL DISEÑO PROPUESTO.</b>	<b>129</b>
<b>4.2 MODELO DE OPTIMIZACIÓN CAÑERO.</b>	<b>131</b>
4.2.1 Optimización de la cantidad de viajes de traslado de caña.	133
4.2.1.1 Análisis de la solución.	133
4.2.1.2 Planteamiento de la solución.	133
4.2.1.2.1 Variables.	134
4.2.1.2.2 Parámetros.	144
4.2.1.2.3 Función objetivo.	146
4.2.1.2.4 Restricciones.	148
4.2.1.3 Proceso de solución.	151
4.2.1.4 Resultados obtenidos.	152
4.2.2 Optimización de la programación de la cosecha.	155
4.2.2.1 Análisis de la solución.	155
4.2.2.2 Planteamiento de la solución.	156
4.2.2.2.1 Variables.	156
4.2.2.2.2 Parámetros.	162
4.2.2.2.3 Función objetivo.	166
4.2.2.2.4 Restricciones.	168
4.2.2.3 Proceso de solución.	170
4.2.2.3.1 Cosecha de caña larga..	171
4.2.2.3.2 Cosecha de caña corta..	176
4.2.2.4 Resultados obtenidos.	178
4.2.3 Optimización de la programación vehicular.	183
4.2.3.1 Estandarización de los métodos y tiempos.	184
4.2.3.2 Programación vehicular.	186
4.2.3.3 Contratación de vehículos.	191
4.2.4 Validación del modelo.	193
4.2.4.1 Flexibilidad del modelo.	194
4.2.4.2 Planes contingenciales.	195



<b>4.3 SITMA-CAÑA.</b>	<b>198</b>
4.3.1 Implantación de SITMA-Caña.	199
4.3.1.1 Descripción de las actividades.	199
4.3.1.2 Especificaciones del plan de trabajo.	202
4.3.2 Ejecución de SITMA-Caña.	205
4.3.2.1 Descripción de las actividades.	205
 <b>CAPÍTULO V. EVALUACIONES.</b>	
<b>5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.</b>	<b>210</b>
5.1.1 Determinación de los beneficios incrementales.	210
5.1.2 Determinación de los costos de implementar el modelo.	218
5.1.3 Razón beneficio – costo.	221
<b>5.2 EVALUACIÓN PRODUCTIVA.</b>	<b>222</b>
5.2.1 Productividad de los vehículos y cargadoras.	223
5.2.2 Productividad de libras de azúcar.	224
<b>5.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>229</b>
5.3.1 Relaciones de la agroindustria y el medio ambiente.	229
5.3.2 Marco legal ambiental.	230
5.3.3 Evaluación ambiental de SITMA-Caña.	230
<b>5.4 EVALUACIÓN SOCIAL</b>	<b>233</b>
 <b>CONCLUSIONES.</b>	<b>236</b>
 <b>RECOMENDACIONES.</b>	<b>238</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>240</b>
 <b>GLOSARIO.</b>	<b>243</b>
 <b>ANEXOS</b>	<b>247</b>



## ÍNDICE DE TABLAS.

### CAPÍTULO I.

Tabla No.1. 1	Clasificación de las empresas por su tamaño..	21
Tabla No.1. 2	Ingenios existentes en El Salvador.	25
Tabla No.1. 3	Producción y consumo mundial de azúcar.	32
Tabla No.1. 4	Cuota azucarera tarifaria de Estados Unidos.	34
Tabla No.1. 5	Producción zafra 1998-2003.	35

### CAPÍTULO II.

Tabla No.2. 1	Tipos de azúcar.	40
Tabla No.2. 2	Características de las zonas cañeras.	55
Tabla No.2. 3	Tipo y cantidad de variedad de caña de azúcar cultivada por zona.	58
Tabla No.2. 4	Requerimiento de cargadoras y vehículos.	61
Tabla No.2. 5	Longitud y peso máximo permisible por tipo de camión.	64
Tabla No.2. 6	Longitud y peso máximo permisible por tipo de rastra.	66
Tabla No.2. 7	Rutas de acceso a las zonas cañeras.	70
Tabla No.2. 8	Tarifa de rutas cañeras.	71
Tabla No.2. 9	Número de viajes realizados para la zafra 2003/04.	74
Tabla No.2.10	Ubicación de las cargadoras al inicio de la zafra 2003/04.	74
Tabla No.2.11	Descripción de las actividades.	76
Tabla No.2.12	Especificaciones técnicas de las cargadoras.	83
Tabla No.2.13	Funciones en el cargado de caña de azúcar realizadas por las cargadoras..	84
Tabla No.2.14	Proyección de precios y demanda de mercado nacional para ingenio La Magdalena, S.A.	102



### **CAPÍTULO III.**

Tabla No.3. 1	Operacionalización de variables. . . . .	111
Tabla No.3. 2	Error muestral de Eventos dentro del ingenio. . . . .	118
Tabla No.3. 3	Error muestral de descarga. . . . .	118
Tabla No.3. 4	Error muestral de Eventos fuera del ingenio. . . . .	120
Tabla No.3. 5	Tiempo de traslado del vehículo desde el ingenio hacia cada zona cañera. . . . .	120
Tabla No.3. 6	Tiempo de cargado de vehículos. . . . .	120
Tabla No.3. 7	Tiempo de traslado del vehículo desde cada zona cañera hacia el ingenio . . . . .	120
Tabla No.3. 8	Tiempo de demora fuera del ingenio. . . . .	120
Tabla No.3. 9	Resultados de la investigación de cada variable. . . . .	124
Tabla No.3.10	Síntoma causa y efecto. . . . .	126

### **CAPÍTULO IV.**

Tabla No.4. 1	Cuadro de variables. Fase 1. . . . .	137
Tabla No.4. 2	Detalle del cultivo de caña de azúcar en toneladas según su pendiente. . . . .	144
Tabla No.4. 3	Solución óptima. Fase 1. . . . .	152
Tabla No.4. 4	Tonelaje de caña larga cargada por hora. . . . .	158
Tabla No.4. 5	Establecimiento de variables para la fase 2 modelo cañero. . . . .	161
Tabla No.4. 6	Ofertas de la Tabla de Transporte para el primer día de zafra. . . . .	163
Tabla No.4. 7	Distancia entre subzonas por caminos transitables . . . . .	165
Tabla No.4. 8	Distribución del costo (distancia) en tabla de transporte. . . . .	166
Tabla No.4. 9	Tiempos de recolección de caña corta. Fase 2. . . . .	177
Tabla No.4.10	Respuesta Fase 2. Modelo Matemático Cañero. . . . .	180
Tabla No.4.11	Tiempos propuestos del ciclo completo de transporte. . . . .	187
Tabla No.4.12	Programación vehicular. Zafra 2003/04. . . . .	188



Tabla No.4.13 Requerimiento mínimo de vehículos Zafra 2003/04.	192
Tabla No.4.144 Cronograma de actividades para implantación.	203
Tabla No.4.15 Diagrama de Gantt. Ejecución de SITMA Caña.	208

## **CAPÍTULO V.**

Tabla No.5. 1 Beneficios incrementales del sistema de transporte de caña.	211
Tabla No.5. 2 Fletes de Low boy para cargadoras	213
Tabla No.5. 3 Costo por traslado de cargadoras.	214
Tabla No.5. 4 Costos por transporte de caña de azúcar.	217
Tabla No.5. 5 Costos de equipo de procesamiento de datos.	218
Tabla No.5. 6 Costo de documentación.	219
Tabla No.5. 7 Resumen de costos de implementar SITMA-Caña	220
Tabla No.5. 8 Tabla de beneficios y costos.	221
Tabla No.5. 9 Incremento en la productividad de los vehículos y cargadoras.	223
Tabla No.5.10 Tiempos de operación de transporte con SITMA-Caña.	224
Tabla No.5.11 Rendimiento de libras de azúcar para cada zona.	225
Tabla No.5.12 Mitigación de impactos ambientales.	232



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

### CAPÍTULO I.

Ilustración No.1. 1 Sección del tallo mostrando los nudos y entrenudos. . . . .	11
Ilustración No.1. 2 Etapas del ciclo vegetativo de la caña de azúcar.	12
Ilustración No.1. 3 Representación del deterioro de la caña de azúcar según el tiempo después del roce. . . . .	16
Ilustración No.1. 4 Gráfica de rendimiento versus días de atraso..	18
Ilustración No.1. 5 Proceso agroindustrial del azúcar. . . . .	20

### CAPÍTULO II.

Ilustración No.2. 1 Canales de distribución. . . . .	44
Ilustración No.2. 2 Sistema de producción de azúcar de ingenio La Magdalena, S.A. . . . .	45
Ilustración No.2. 3 Fase de Molienda (extracción del jugo) de la caña en los molinos. . . . .	47
Ilustración No.2. 4 Fase en la que se concentra la meladura en los tachos. . . . .	48
Ilustración No.2. 5 Equipo utilizado para la separación de los cristales de sacarosa de la moledura por centrifugación. . . . .	49
Ilustración No.2. 6 Adición de agua para eliminar la moledura de la superficie de los cristales. . . . .	49
Ilustración No.2. 7 Momento en que es llenado en cajones el azúcar cruda. . . . .	50
Ilustración No.2. 8 Desglose de Zonas y Subzonas Cañeras. . . . .	52
Ilustración No.2. 9 Ejemplificación de pendientes a 10% y 45%. . . . .	54
Ilustración No.2.10 Variedades de caña de azúcar utilizadas por ingenio La Magdalena para producción de azúcar. . . . .	57
Ilustración No.2.11 Sistema de Transporte de Caña de azúcar. . . . .	63
Ilustración No.2.12 Camión. . . . .	63



Ilustración No.2.13 Camión 2 ejes. . . . .	64
Ilustración No.2.14 Diseño de plataforma para camiones y rastras de caña larga. . . . .	65
Ilustración No.2.15 Camión para caña corta. . . . .	65
Ilustración No.2.16 Rastra de 3 ejes. . . . .	66
Ilustración No.2.17 Tractor con góndola. . . . .	67
Ilustración No.2.18 Carretas. . . . .	67
Ilustración No.2.19 Señalización de los vehículos de transporte .	69
Ilustración No.2.20 Organigrama del sistema de transporte de ingenio La Magdalena, S.A. . . . .	73
Ilustración No.2.21 Cargadora de caña de azúcar . . . . .	83
Ilustración No.2.22 Low boy.. . . . .	85
Ilustración No.2.23 Grúa de torre . . . . .	85
Ilustración No.2.24 Grúa móvil. . . . .	86
Ilustración No.2.25 Equipo de control de calidad de la caña de azúcar	88
Ilustración No.2.26 Mesa alimentadora de caña larga . . . . .	88
Ilustración No.2.27 Mesa Alimentadora de caña corta. . . . .	89
Ilustración No.2.28 Sistema de báscula. . . . .	89
Ilustración No.2.29 Equipo de volqueo . . . . .	90
Ilustración No.2.30 Proceso de recepción en la molienda . . . . .	90
Ilustración No.2.31 Organigrama de oficina central, ingenio La Magdalena, S.A. . . . .	91
Ilustración No.2.32 Organigrama de la planta de producción de azúcar. . . . .	92

#### **CAPÍTULO IV.**

Ilustración No.4. 1 Simulación del Modelo Matemático. . . . .	132
Ilustración No.4. 2 Promedio de capacidad de carga de vehículos de transporte. . . . .	145
Ilustración No.4. 3 Multiplicadores de ecuaciones restrictivas. . . . .	148
Ilustración No.4. 4 Proceso de Solución. Fase 2. . . . .	172



Ilustración No.4. 5 Inventario de seguridad. . . . . 185

**CAPÍTULO V.**

Ilustración No.5. 1 Gráfica comparativa de Rendimiento. . . . . 227



## **ÍNDICE DE ANEXOS.**

- Anexo No.1 Producto interno bruto por actividad económica.
- Anexo No.2 Balanza Comercial.
- Anexo No.3 Contrato de caña de azúcar.
- Anexo No.4 Ubicación de zonas Cañeras.
- Anexo No.5 Resolución de Viceministerio de Transporte.
- Anexo No.6 Certificado de taller.
- Anexo No.7 Contrato para transportistas.
- Anexo No.8 Comprobante de envío de caña.
- Anexo No.9 Estados financieros.
- Anexo No.10 Informe final de producción zafra 2003/04.
- Anexo No.11 Formatos para tomas de tiempos.
- Anexo No.12 Cursograma analítico. Tiempos actuales.
- Anexo No.13 Diseño de entrevista.
- Anexo No.14 Ejemplo de combinatorio para primer día de zafra.
- Anexo No.15 Cursograma analítico. Tiempos propuestos.
- Anexo No.16 Histórico de viajes realizados en zafra 2003/04.
- Anexo No.17 Formato de control de costos para cargadoras.



## INTRODUCCIÓN

Casi todos los salvadoreños, desde su niñez, consumen *azúcar*, pero la mayoría de la población desconoce la importancia económica y social que ésta tiene para el país y menos aún su valor energético y el porqué en la actualidad se enriquece con vitamina “A”.

La *agroindustria azucarera* es uno de los rubros más importantes dentro de la economía salvadoreña que se manifiesta mediante su contribución al Producto Interno Bruto nacional, por su capacidad de creación de empleo, su aporte a la generación de divisas y por ser una de las principales fuentes de calorías para las familias salvadoreñas.

Existen diversos cultivos para la producción de azúcar: caña de azúcar, remolacha, mango, plátano entre otros, pero para el caso particular de la agroindustria azucarera salvadoreña la producción de azúcar se basa en el jugo contenido en la caña de azúcar.

Para llevar a cabo la transformación del jugo de la caña en azúcar, es necesaria la participación de industrias conocidas como Ingenios, los cuales hacen posible la extracción de la sacarosa contenida en el jugo, haciendo que durante el proceso, ésta se cristalice y llegue a la mesa de los consumidores en la forma que se conoce como azúcar.

En vista de su importancia, se pretende brindar, a uno de los ocho ingenios del país, el aporte técnico que le permita solucionar uno de los problemas que más le afectan, con el fin de contribuir a la mejora continua del mismo.

Tomando en cuenta la ubicación geográfica y el interés presentado por el mismo, se definió a ingenio La Magdalena, S.A., como la empresa en estudio.

Dicha institución muestra diferentes problemas, pero según entrevistas realizadas a entidades del ingenio, manifiestan que el problema de mayor relevancia radica en que los vehículos que transportan la caña de azúcar deben esperar días completos fuera del ingenio para poder ingresar al mismo



---

a descargar la materia prima, lo que perjudica el *rendimiento* de libras de azúcar por tonelada de caña.

El presente trabajo de grado consta de cinco capítulos, en los cuales se describe sistemáticamente el proceso solucionador a las problemáticas referentes al Manejo y Transporte de dicha materia prima, las cuales fueron identificadas mediante una investigación especializada para detectar síntomas, causas y efectos. Posteriormente se analizaron dichos fenómenos para plantearlos como ecuaciones matemáticas y elaborar el proceso de solución más adecuado para resolver dichos problemas de una manera óptima.

Asimismo, se realizaron las evaluaciones productiva, económica, social y de medio ambiente entre el diseño propuesto y la forma actual de laborar del ingenio en estudio.

También como parte de la propuesta, se desarrolló un plan de implementación del modelo de optimización con el fin de facilitar la incorporación del mismo a la realidad laboral del ingenio.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el ingenio en estudio, no ha logrado procesar su caña en menos de 48 horas por lo cual se vuelve un problema de bajo rendimiento para el mismo por la cantidad de azúcar que se deja de extraer a la caña.

Este aspecto involucra directamente al manejo y transporte de la misma desde los cañales hasta que ingresa al ingenio. Este proceso actualmente puede llegar a tardar hasta 60 horas según transportistas de la zona, haciendo que la caña se procese con bajo rendimiento, cabe preguntarse que si la razón de este hecho se deba a una inadecuada administración del transporte por parte del ingenio, hecho que trae como consecuencia la aglomeración de vehículos fuera del ingenio esperando en fila hasta ser atendidos; haciendo que durante el periodo mas fuerte de zafra se puedan llegar a acumular hasta 70 rastras lo que hace pensar en la incomodidad que este suceso presenta para los motoristas de los vehículos debido a que se ven obligados a permanecer vigilantes en los mismos hasta que puedan ingresar al ingenio. Además esta situación podría generar a largo plazo la posibilidad que el ingenio deje de ser competitivo debido a su bajo rendimiento, lo que conllevaría al cierre definitivo del mismo, situación que dejaría sin empleo a los 350 empleados directos en el ingenio y 600 empleos indirectos \* sin dejar a un lado los beneficios sociales que la ciudad de Chalchuapa, específicamente, cantón la magdalena, dejarían de percibir debido a la presencia del ingenio en la zona. Por tales motivos, en el presente trabajo de graduación denominado “Optimización del Manejo y Transporte de Caña de Azúcar en ingenio La Magdalena, S.A.” se pretende analizar el sistema actual del manejo y transporte con el fin de diseñar un sistema más eficiente, que promueva el mejoramiento del rendimiento, además de permitir contribuir a la población del cantón la magdalena que son los beneficiarios directos.

---

\* <http://www.asociacionazucarera.com>



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- Diseñar un modelo de optimización de manejo y transporte de caña de azúcar para Ingenio La Magdalena, S.A., que coadyuve a la mejora del rendimiento de la producción de azúcar.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Exponer la forma actual en que labora el ingenio en estudio, para conocer con mayor detalle los factores que inciden en el manejo y transporte de caña de azúcar.
- Elaborar un diagnóstico de la situación actual del manejo y transporte de caña de azúcar entre zonas de producción de caña e ingenio La Magdalena para identificar las variables que intervendrán en la solución del modelo de optimización.
- Diseñar propuestas de optimización del manejo y transporte de caña de azúcar, que ofrezcan al ingenio La Magdalena un mecanismo de mejoramiento de rendimiento de su principal materia prima.
- Realizar evaluaciones productivas, económicas, sociales y ambientales para comparar la situación actual contra las propuestas designadas en el diseño.



## **ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **ALCANCES**

- El presente trabajo de graduación consistirá en desarrollar un modelo de optimización del manejo y transporte de caña de azúcar en ingenio La Magdalena, S.A., proporcionándole a esta empresa una propuesta cuya aplicación les permita mejorar su productividad.
- El beneficio social que se pretende lograr corresponde a la estabilidad laboral de los trabajadores tanto directos como indirectos del ingenio, mediante el mantenimiento de niveles aceptables de productividad.
- El estudio comprenderá el diagnóstico de la situación actual a través del desarrollo de su marco teórico, marco referencial y metodología de la investigación; posteriormente se presentará el diseño de una propuesta de optimización y sus correspondientes evaluaciones sociales, económicas, productivas y de medio ambiente.

### **LIMITACIONES**

- El estudio debe adaptarse a las cinco zonas de producción de caña, puesto que no existe la posibilidad de buscar productores de caña más cercanos al ingenio, debido a que las zonas existentes en el país se encuentran asignadas mediante convenios entre los mismos.
- El diseño propuesto del estudio debe restringirse a los recursos actuales del ingenio tales como: capacidad de molienda, *rutas cañeras* y velocidades permitidas para vehículos de transporte de caña exigidas por el Viceministerio de Transporte.



## JUSTIFICACION

Para el Ingenio La Magdalena S.A., la forma actual de administrar el manejo y transporte de caña de azúcar le ha permitido obtener resultados favorables hasta la fecha; sin embargo, como toda industria y bajo el principio de mejora continua, está conciente que actualmente no cuenta con la administración óptima y que una adecuada planificación del transporte de la materia prima hacia el mismo, contribuiría en gran medida a la mejora de su eficiencia y productividad ya que se le estaría dando solución a un problema de gran trascendencia a nivel de ingenios.

Con el desarrollo del estudio, se pretende analizar el sistema actual de transporte, con el propósito de diseñar un sistema más eficiente que le permita obtener mayores beneficios para las principales involucrados en el proceso: productores de caña, transportistas y para el propio ingenio, ésto de la siguiente manera:

- A. **Productores de caña.** Si se logra que la caña de azúcar cultivada por los cañeros sea procesada en menos de 24 horas, desde su roza, se estaría garantizando una mayor extracción de azúcar, y por ende, la obtención de mejores resultados en cuanto a la calidad de la misma, lo que les permitiría recibir a los involucrados, una mayor remuneración en concepto de ventas.
- B. **Transportistas.** Éstos se verán beneficiados en la medida que logren descargar la materia prima en el mínimo de tiempo requerido, ya que esto les permitirá incrementar el número de viajes durante la zafra y por consiguiente, su salario, así como también mejores condiciones en su horario de trabajo, ya que no tendrán que estar mucho tiempo vigilantes en sus vehículos.
- C. **Ingenio La Magdalena S.A.** Al reducir el tiempo de espera de la caña de azúcar desde su corta hasta que llega a la molienda, el ingenio podrá producir más azúcar a más bajo costo en la medida que logre extraer mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña, es decir, a través del



incremento de su productividad. Y por consiguiente beneficiara a sus empleados proporcionándoles estabilidad laboral.

Por lo tanto, el desarrollo de la agroindustria azucarera contribuirá a lograr adelantos importantes en el crecimiento económico y social, aprovechando las potencialidades que el sub-sector representa como lo son la capacidad humana y productiva de los ingenios por lo que el estudio se considera oportuno.

Desde el punto de vista de Ingeniería Industrial se justifica la realización de este estudio, ya que a lo largo de la carrera se ha desarrollado un sentido de análisis para la resolución de problemas, además la carrera presenta diversidad de técnicas y conocimientos aplicables al diagnóstico de una situación y propuestas de solución, por lo que los aportes por parte de Ingeniería Industrial pueden ser valiosos y provechosos para la solución de problemas en sectores de interés e importancia nacional como es el área agroindustrial.



# ***CAPÍTULO I.***

# ***MARCO TEÓRICO.***



## 1.1 DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS.

Los conceptos básicos que se emplearán durante el desarrollo del presente trabajo de graduación, se muestran a continuación:

### 1.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA.

Conjunto de elementos Interrelacionados para la consecución de una meta, propósito u objetivo común.

**A. CONCEPTO DE SUB-SISTEMA:** Es un sistema contenido en un sistema más amplio.

**B. MODELO GENERAL DE UN SISTEMA:** Una representación adecuada de un sistema consta de:

#### *Definiciones*

Entradas: Todo lo que entra al sistema en relación directa a su objetivo.

Salidas: Todo lo que sale del sistema en relación directa a su objetivo.

Procesador: Todas las actividades que transforman las entradas en salidas.

Control: Todas las actividades que detectan desviaciones con relación al objetivo y emite señales de corrección.

Frontera: Es la delineación del espacio, real o virtual en el cual está contenido el conjunto de elementos del sistema.

Ambiente: Es todo lo que está fuera de la frontera del sistema.

Estado: Es el conjunto de valores de las características más relevantes del sistema.



**C. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS.** Los sistemas en general pueden clasificarse de acuerdo a las siguientes características: Tangibilidad, Conducta, Medio Ambiente y Actividad.

**C.1 Tangibilidad:** de acuerdo a esta característica se subdivide en:

Abstractos:

Aquellos sistemas en los que sus elementos son intangibles y están formados por: ideas, axiomas, etc. Ejemplo: Sistemas de ecuaciones diferenciales, sistema de ecuaciones algebraicas.

Concretos:

Aquellos en los que al menos dos de sus elementos son físicos.

**C.2 Conducta:** de acuerdo a esta característica se sub-dividen en:

Determinísticos:

Opera de una manera perfectamente predecible. Dado un estado del sistema y una descripción de su procesador, puede predecirse su próximo estado. Ejemplo: Un reloj, un programa de computadora, etc.

Probabilísticos:

Aquellos cuya conducta solo puede predecirse en términos de probabilidad. Siempre está implicado un cierto grado de error en la predicción de los próximos estados del sistema.

**C.3 Medio Ambiente:** de acuerdo a esta característica se divide en:

Abiertos:

Son aquellos que intercambian información, materia o energía con su ambiente. Ejemplo: Sistemas biológicos, el ser humano, sistemas organizacionales, etc.

Cerrados:

Aquellos que no intercambian ninguna información materia o energía con su ambiente.



**C.4 Actividad:** Se clasifica en:

Estáticos:

Éstos no cambian nunca de estado, no toman en cuenta la variable tiempo. Ejemplo: Una mesa.

Dinámicos:

Son los que manifiestan varios estados en un lapso de tiempo dado.

### **1.1.2 DEFINICIÓN DE MODELO.**

#### **MODELO:**

Es una abstracción de algún sistema real, tiene posibilidad de ser utilizado como herramienta en la toma de decisiones por los siguientes motivos:

a) Reducen los problemas complejos a problemas sencillos, reemplazando el universo bajo consideración, por un modelo de estructura similar pero más simple.

b) Proporcionan un medio para predecir cual será el resultado de una decisión antes que ésta sea hecha.

#### **A. TIPOS DE MODELOS:**

Se han utilizado muchos tipos de modelos en los estudios de los sistemas, éstos pueden ser:

##### **A.1 Modelos Físicos:**

Aquellos que guardan semejanza física con los objetos de la vida real y se denominan representaciones físicas o incógnitas.

##### **A.2 Modelos Esquemáticos:**

Representan en forma simbólica, un objeto real.

##### **A.3 Modelos Matemáticos:**

Son los medios de predecir los valores de una propiedad cuando se conocen otros valores.

Las expresiones matemáticas pueden manipularse hasta obtener predicciones útiles de lo que debe esperarse según determinadas condiciones.



#### **A.4 Modelos Probabilísticas:**

Son aquellos que interrelacionan variables estocásticas o probabilísticas, y predicen los resultados en términos de probabilidad.

#### **A.5 Modelos Determinísticos:**

A ninguna de las variables se les permite ser variables al azar en tanto que se suponen relaciones exactas para las características de operación en lugar de funciones de densidad de la probabilidad.

### **B. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EN LOS MODELOS.**

Las variables que aparecen en los modelos se emplean para relacionar un complemento con otro y se clasifican convenientemente, como variables exógenas, variables de estado y variables endógenas.

#### **B.1 Variables exógenas.**

Son las independientes o de entrada del modelo y se supone que han sido predeterminadas y proporcionadas independientemente del sistema que se modela. Puede considerarse que estas variables actúan sobre el sistema pero no reciben acción alguna de parte de él. Es posible clasificar las variables exógenas en controlables y no controlables.

*Las variables exógenas controlables* reciben también el nombre de variables instrumentales y son aquellas variables o parámetros de manipulación o control por quienes toman decisiones o crean políticas para el sistema.

*Las variables no controlables* son generadas por el medio ambiente en el cual el sistema modelado existe y no el sistema en sí o los encargados de tomar decisiones.

#### **B.2 Variables de Estado.**

Estas describen el estado de un sistema o uno de sus componentes ya sea al comienzo, al final o durante un periodo de tiempo.



### **B.3 Variables Endógenas.**

Son las dependientes o de salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas con las de estado, de acuerdo con las características de operación del último.

#### **1.1.3 SIMULACIÓN.**

Es la operación de un modelo (simulador) el cual es una representación del sistema. Este modelo puede sujetarse a manipulaciones que serían imposibles de realizar, demasiado costosas o imprácticas.

La operación de un modelo puede estudiarse y con ello inferirse las propiedades concernientes al comportamiento del sistema o subsistema real.

#### **1.1.4 OPTIMIZACIÓN.**

##### **A. DEFINICIÓN.**

La optimización es el proceso de buscar el valor, la condición o la solución óptima.

Puede decirse que es una situación en que se presenta una variable dependiente llamada criterio, en la que influye una variable manipulada y un valor de esta última para la cual la variable dependiente es máxima (o mínima) y que recibe el nombre de valor óptimo. La variable que se ajusta en cada uno de estos casos tiene un valor óptimo con respecto al criterio indicado

El concepto de valor óptimo es importante, para casi todo problema hay una solución óptima, cada característica específica de una solución tiene un valor óptimo. Por ejemplo, existe una combinación óptima de los productos que una empresa debe tener en existencia, un proceso óptimo de fabricación de un producto, una mezcla o combinación óptima de los rubros o cultivos de una unidad agropecuaria con el objeto de maximizar los ingresos y la rentabilidad del capital.



## B. MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN.

Existen dos métodos básicos de Optimización que son el método analítico y el método iterativo o numérico.

### **B.1 Método analítico:**

El método analítico, que recibe también el nombre de método clásico opera de la siguiente forma:

a) Se define un modelo matemático o función de criterio expresado en función de la variable manipulada. Este modelo puede contener una o varias variables por optimizar.

b) Luego la función de criterio se convierte en una forma que proporcione directamente el valor óptimo de la variable o variables manipuladas, haciéndolo por medio de las técnicas del cálculo diferencial. Este método presupone que la función o funciones que se consideran poseen primera y segunda derivadas continuas y derivadas parciales en todas partes.

### **B.2 Método Iterativo o Numérico:**

El método iterativo o numérico en general consiste en lo siguiente:

a) Se define un modelo matemático o función de criterio expresado en función de la o las variables manipuladas.

b) Se supone un valor para la variable o variables manipuladas que puede ser óptimo o bien se eligen una serie de valores que parezcan prometedores para encontrar la solución óptima.

c) Luego se predice o calcula que efecto tendrá el valor o valores supuestos sobre la función de criterio.

d) Se selecciona uno o más valores nuevos de las variables manipuladas esperándose que los nuevos valores estarán más cerca del valor óptimo.

e) Se predice nuevamente, como antes, el efecto sobre la función de criterio y se selecciona un nuevo valor de ensayo si es necesario, continuándose sucesivamente hasta encontrar la solución óptima.



Este método comprende una serie de aproximaciones sucesivas en las que se acerca gradualmente al valor óptimo de una variable manipulada.

### **1.1.5 MANEJO.**

#### ***Definición:***

El manejo o transporte de materiales puede definirse como:

El traslado y almacenamiento al menor costo posible, mediante el uso de métodos y equipos adecuados, ahorrando dinero, tiempo y horas hombre.

La preparación, colocación y aprovisionamiento de materiales para facilitar los movimientos o almacenaje.

Depositar, recoger, mover por cualquier medio, materiales o productos de cualquier clase en estado bruto, semiacabado o completamente terminados.

### **1.1.6 TRANSPORTE.**

Transportar los materiales sin retroceso con un mínimo de transporte y entregarlos en los centros de trabajo o centros de producción, agrupados de tal manera que eviten los retrasos y manipulación innecesaria.



## **1.2 GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR.**

La caña de azúcar se cultiva mucho en países tropicales y subtropicales de todo el mundo por el azúcar que contiene en los tallos; El Salvador no es la excepción, ya que por las características propias de este cultivo, se ha convertido en una de las fuentes más importantes para el comercio de la región. Por tal motivo es de vital importancia conocer sus características principales las cuales se describen a continuación.

### **1.2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR <sup>1</sup>.**

La planta caña de azúcar, fue descubierta por Alejandro Magno en el año 327 A. de J.C. cuando invadió La India, llevándola a Persia. Posteriormente los árabes llevaron la planta al norte de África y al sur de Europa; al mismo tiempo, los chinos extendieron su cultivo hacia Java y las Filipinas. Ya estando la planta en Europa, fue gracias a Cristóbal Colón, en su segundo viaje, que ésta llega a América en 1493, siendo plantada en primera instancia en República Dominicana y Haití. Propagándose posteriormente a otros lugares de las Antillas, como en Jamaica en 1,498 y luego en Puerto Rico en 1,515. En la época de la conquista, Hernán Cortés lleva la caña de azúcar a México en 1,520 para finalmente llegar a El Salvador, desconociéndose la fecha de ingreso al mismo.

### **1.2.2 TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR <sup>2</sup>.**

La caña de azúcar esta ubicada taxonómicamente de la siguiente manera:

División:	Embryophita siphonogama.
Subdivisión:	Angiospermae.
Clase:	Monocotiledónea.
Orden:	Glumiflorae.

---

<sup>1</sup> Revista GEPLACEA, No.5 noviembre 1997.-

<sup>2</sup> Fermín Subiros Ruiz, El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad estatal a distancia, Costa Rica, 1995, Pág. 11-13.-



Familia: Gramineae.  
Tribu: Andropogonae.  
Subtribu: Saccharae.  
Género: **Saccharum.**

La clasificación de las especies que se presenta no tiene como propósito principal analizar detalladamente este tema por lo que se hará una breve descripción de las principales especies, teniendo en cuenta que la ubicación taxonómica podrá variar dependiendo del autor.

#### 1.2.2.1 ESPECIES DE SACCHARUM

**a) *Saccharum Offcinarum.*** Es conocida como la caña noble. Se caracteriza por su alto contenido de sacarosa, tallos gruesos y pesados, con bajo contenido de fibra y altura media.

**b) *Saccharum Edule.*** Sus características son similares a *S. Robustum*.

**c) *Saccharum Barberi.*** Se caracteriza por su altura media, tallos delgados, entrenudos largos, hojas algo angostas y cortas. También por que su contenido de sacarosa es bajo.

**d) *Saccharum Sinense.*** Se caracteriza por tener tallos altos, de grosor medio; en algunas variedades los tallos son delgados; tiene alto contenido de fibra y es pobre en sacarosa.

**e) *Saccharum Spontaneum.*** Se caracteriza por sus tallos delgados, de mediana altura, hojas angostas, entrenudos largos y rectos, alto contenido de fibra y bajo en sacarosa.

**f) *Saccharum Robustum.*** Es un tipo de caña alta, de gran porte, gruesa y vigorosa, con alto contenido de fibra y bajo en sacarosa.

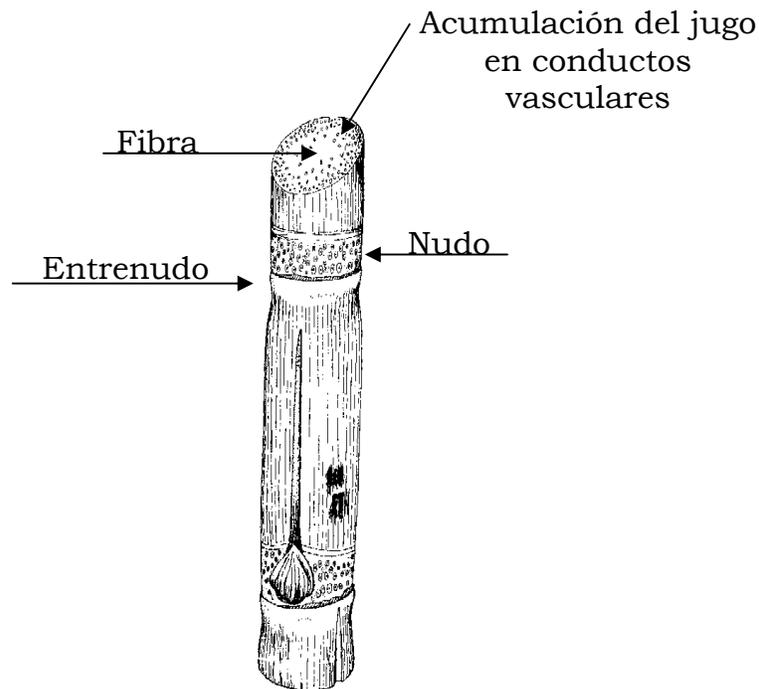


### 1.2.3 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR<sup>3</sup>.

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, la cual, al igual que otras plantas, está constituida por raíces, tallos, hojas y flores (cogollo).

**La Raíz:** la función principal del sistema radical es la de absorber agua y sales minerales, proporcionar anclaje y almacenar materias de reserva.

**El Tallo:** es el órgano de mayor importancia (desde el punto de vista económico), debido a que en él se almacenan los carbohidratos producto de la fotosíntesis de la planta. Posteriormente por medio del proceso industrial se obtiene la sacarosa y otros derivados como la melaza, bagazo y cachaza. Este se divide en dos partes principales: Nudo y Entrenudo. El primero se define como la parte del tallo donde nace la hoja, el segundo es el espacio comprendido entre dos nudos. (Ver ilustración 1.1).



**Ilustración No.1.1 Sección del tallo mostrando los nudos y Entrenudos**

<sup>3</sup> Fermín Subiros Ruiz, El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad estatal a distancia, Costa Rica, 1995, Pág. 19-33.

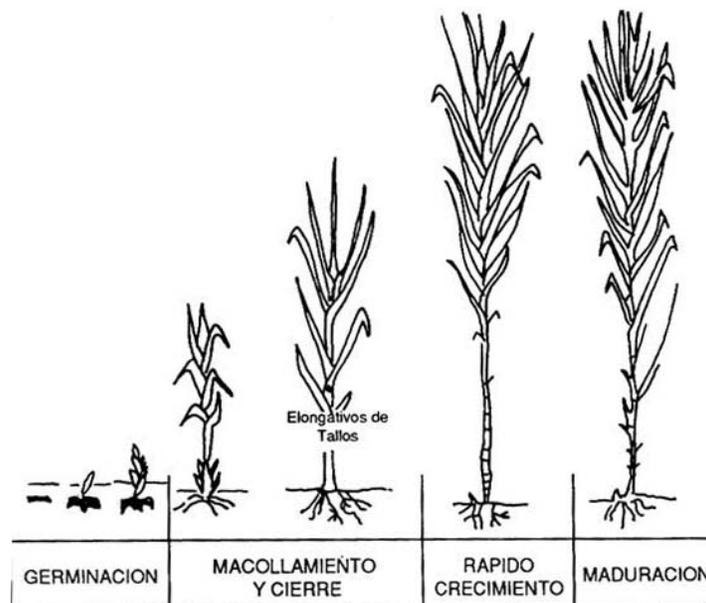


**La Hoja:** es un órgano especializado cuya principal función es la de llevar a cabo la fotosíntesis, que es el proceso mediante el cual los cloroplastos convierten la energía lumínica en energía química.

**La Flor:** ésta es comúnmente conocida como cogollo y se encuentra ubicada en el extremo superior de la planta. La formación de la flor de caña tiene aspectos beneficiosos y negativos. La principal ventaja es que constituye una fuente de material para trabajar, en los programas de mejoramiento genético. La desventaja desde el punto de vista agronómico es la paralización del crecimiento, muchas veces asociado con la formación del corcho, aspecto indeseable en el cultivo de la caña por causar pérdidas de sacarosa como se ampliará en el siguiente apartado.

#### 1.2.4 CICLO DE VIDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR <sup>4</sup>

El ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende cuatro etapas principales: germinación, macollamiento, crecimiento y maduración (Ver ilustración No.1.2).



**Ilustración No.1. 2 Etapas del ciclo vegetativo de la caña de azúcar**

<sup>4</sup> Fermín Subiros Ruiz, El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad estatal a distancia, Costa Rica, 1995, Pág. 121-122.

**Etapa 1. Germinación:**

Ésta comienza cuando el cultivo ha sido recién sembrado y aún no ocurre la emergencia o cuando el retoño no ha emergido.

**Etapa 2. Macollamiento:**

En esta fase, la planta macolla, se desarrolla mayor cantidad de follaje y la plantación comienza a cerrar.

**Etapa 3. Crecimiento:**

Comprende desde que cierra la plantación hasta el inicio de la maduración de los tallos. Se caracteriza porque se presenta un crecimiento rápido, así como una elevada acumulación de materia seca. Por lo general, el porte de los tallos puede permanecer erecto.

**Etapa 4. Maduración:**

Es el proceso fisiológico por el que la producción de materia verde de la planta se reduce para dar paso a la acumulación de carbohidratos en forma de sacarosa en las células de parénquima del tallo.

La etapa de madurez puede ser natural o provocada mediante maduradores químicos. Para la aplicación de éstos es necesario considerar la variedad, nutrición (especialmente nitrógeno), edad de la planta, entre otras. Este método es utilizado cuando la planta no ha llegado a su madurez y se está en período de zafra.

**1.2.5 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR <sup>5</sup>.**

Las variedades de caña de azúcar tienden a alcanzar su grado de madurez en diferentes períodos con respecto a la época de cosecha. Algunas variedades alcanzan la madurez más temprano que otras en idénticas condiciones de campo. Esta propiedad genética de la caña de azúcar permite clasificarla en tres tipos de variedades:

---

<sup>5</sup> CASSA (2000), Caña de Azúcar, Manual de Variedades, El Salvador.

**A. Variedades Tempranas:**

Alcanzan su madurez óptima al inicio de la zafra. (08 de Diciembre-06 de Enero). Entre éstas podemos mencionar: CP 86-1664, CP 81-1384, CP 81-1425, CP 88-1165, CGCP 9555.

**B. Variedades Intermedias:**

Alcanza su madurez en el periodo intermedio de la zafra (07 de Enero-25 de Enero). Entre éstas se encuentran: PGM 89-118, SP 79-2233, SP 79-1011, PR 76-3358.

**C. Variedades Tardías:**

Este tipo de variedad alcanza su punto de madurez al final del periodo de zafra (21 de Febrero-Fin de la zafra). Entre éstas se mencionan: CGCP 9579, B 80-251, BJ 7504, EROS, SP 81-3250, SP 81-1842.

**1.2.6 ROZADO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.**

Cuando la caña de azúcar cultivada alcanza un determinado índice de madurez, comienza una coordinación mayor entre productores de caña e ingenios para poder fijar la fecha en que dará inicio el periodo de producción de azúcar, donde, según la variedad sembrada en cada una de las zonas se programa la corta de la misma para luego ser trasladada hacia el ingenio. Esta operación de corte de caña es conocida como *ROCE*.

Para rozar la caña existen dos métodos los cuales son: rozado manual y rozado mecánico. El primero consiste en retirar todas las hojas de la planta de caña cortándolas mediante una herramienta corta-punzante (machete o cuma), para luego seccionar el tronco en pequeños fragmentos de aproximadamente 60 centímetros de largo para el caso particular de la caña corta, y en dos partes de aproximadamente 1.5 metros de largo para la caña larga.

Para el rozado mecánico, se utilizan mecanismos conocidos en el mercado como cosechadoras mecánicas, las cuales facilitan grandemente la corta y alza de la caña con la restricción que solo se pueden utilizar en terrenos con topografía plana.



### **1.2.7 DETERIORO DE LA CAÑA.**

La caña de azúcar por naturaleza, es una planta que posee la peculiaridad que, al ser cortada, inicia un rápido deterioro, el cual se acelera 48 horas después de haber sido segada, lo cual permite cualquiera que fuera la calidad o la variedad, reducir su calidad y por consiguiente, obtener menor rendimiento al ser procesada por los ingenios.

En este deterioro se presentan un conjunto de reacciones enzimáticas, químicas y microbianas, las cuales actúan según se muestra a continuación:

**A. Deterioro Enzimático.** La caña de azúcar es una planta que por naturaleza contiene enzimas, a pesar de ello, éstas no afectan sustancialmente al cultivo cuando aún se encuentra sembrado en campo. Sin embargo, en el momento en que ésta es cortada, la planta es considerada sin vida, por lo cual pierde paulatinamente su sistema de defensa anti-enzimático, dando lugar al deterioro de la misma.

Este deterioro puede observarse al comparar, a través de muestreos por laboratorio, cañas recién cortadas contra otras que poseen varios días de atraso, siendo notoria la disminución de la pureza del jugo contenido en la misma, cuyos resultados son debidos a la conversión de sacarosa en azúcares invertidos (glucosa y fructuosa).

**B. Deterioro Microbiano.** Este deterioro, como su mismo nombre lo indica, consiste en la proliferación de microbios en la caña de azúcar, principalmente en cañas cortadas. Este efecto es causado principalmente por un conjunto de bacterias de género *Leunostoc*, las cuales consumen la sacarosa, produciendo largas cadenas de glucosa (Dextrana), dando lugar a la fermentación de la fructuosa provocando ácidos orgánicos que deterioran la cosecha.

**C. Deterioro Químico.** Este es un efecto secundario producido por el crecimiento microbiano. Este deterioro consiste en el incremento de la acidez del jugo de caña conforme mayor sea el tiempo transcurrido desde el rozado de la planta.

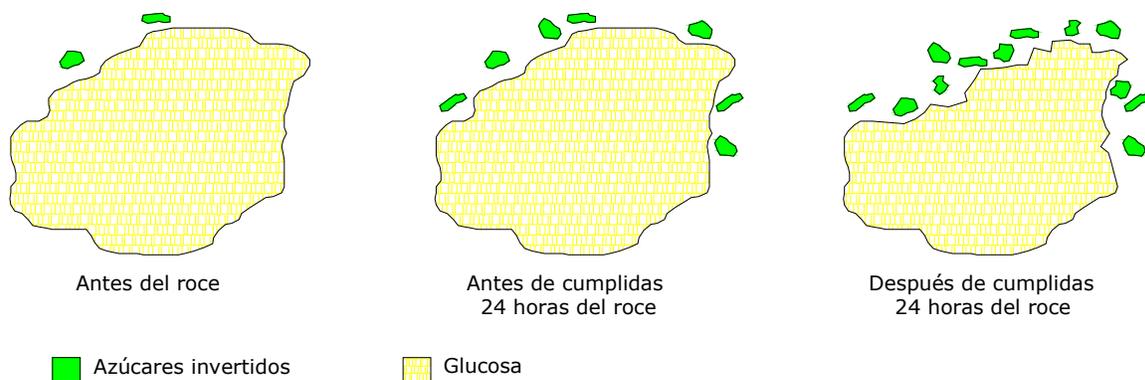


### 1.2.7.1 RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

El rendimiento está relacionado con la cantidad de libras de azúcar que se pueden extraer por cada tonelada de caña molida. Este resultado es afectado directamente por el deterioro del jugo de la caña, la quema, el tiempo comprendido entre la quema de la caña hasta la molida de la misma en el ingenio y la incorporación de materia extraña durante el proceso.

Durante las primeras horas las pérdidas de sacarosa por deterioro del jugo son despreciables, sin embargo, durante este corto tiempo se registran leves incrementos en el contenido de sacarosa, los cuales son ocasionados por la pérdida de humedad (agua).

Este leve aumento aparente en sacarosa significa el inicio del proceso de deterioro, ya que en este instante es cuando comienzan a proliferarse las bacterias y enzimas en forma de glucosa y fructuosa (azúcares invertidos). Aproximadamente al cumplir la caña 24 horas desde el corte, el proceso enzimático actúa directamente sobre la sacarosa. (ver ilustración No.1.3)



**Ilustración No.1.3 Representación del deterioro de la caña de azúcar según el tiempo después del roce.**

Actualmente diferentes investigadores alrededor de todo el mundo han estudiado este fenómeno, quienes han tomado diferentes muestras que permitan definir el comportamiento de este acontecimiento.



Nuestro país no es la excepción, puesto que cada ingenio posee información de diferentes muestras a las cuales se les ha aplicado la Prueba de Rendimiento.

Para normalizar dicho comportamiento, se ha compilado la información existente y luego se ha procedido a llevar a cabo el Método de Regresión y de esta forma obtener una ecuación estándar de las pérdidas de azúcar en función del tiempo transcurrido desde el corte de la caña hasta el inicio del procesamiento de la misma en el ingenio. De esta forma se ha logrado obtener una “*Curva de Regresión Cúbica*”, cuya ecuación viene dada por:

$$\%R = - 0.0216627 T^3 - 0.3061771 T^2 + 0.31280497 T + 100$$

Donde:

%R: Porcentaje de rendimiento.

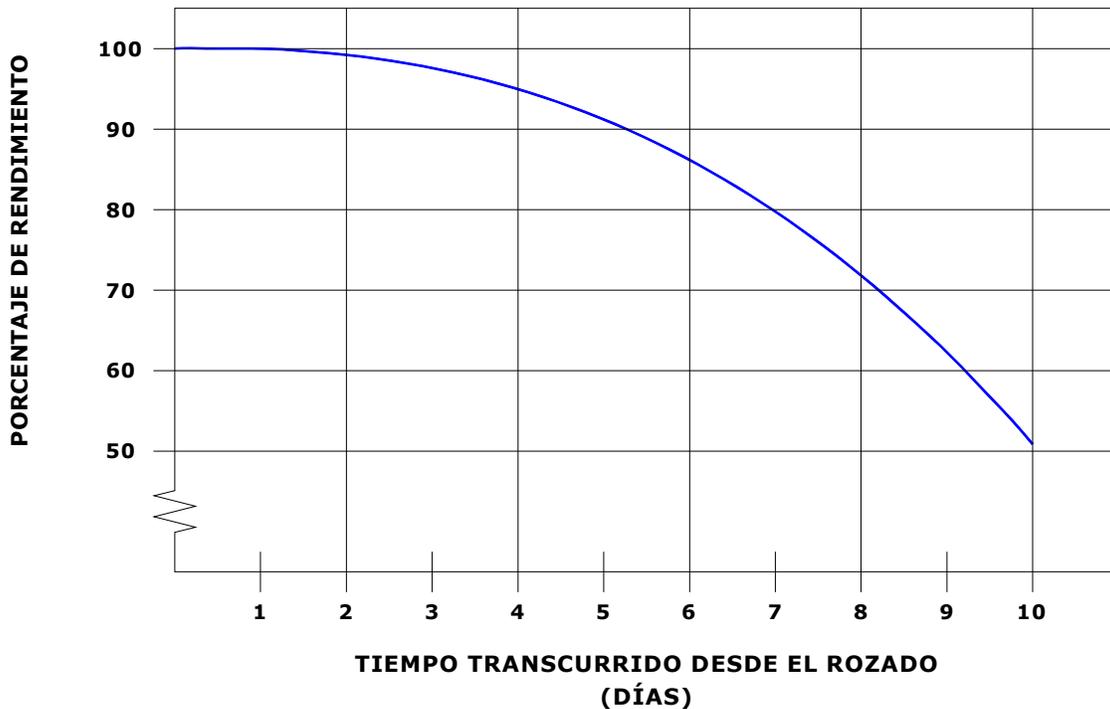
T: Tiempo transcurrido en días desde el corte de la caña.

En la ilustración No.1.4, se puede observar la tendencia de esta ecuación, la cual puede ser utilizada para cualquier variedad de caña, y es válida en un marco que incluye los siguientes aspectos:

a) Las pérdidas por quema no deben ser mayores de 10 libras de azúcar. Para garantizar este resultado, la quema tuvo que haber sido en la noche o durante la madrugada.

b) La cantidad de materia extraña mezclada en cada tonelada de caña debe oscilar entre 5 y 10%.

c) Las condiciones climáticas durante el ciclo de vida, debieron ser de tal forma que no se hubiese padecido sequía ni depresiones tropicales que propicien las inundaciones en los cañales.



**Ilustración No.1. 4 Gráfica de rendimiento versus días de atraso.**

Estos retrasos, además de causar pérdidas importantes de sacarosa, obligan a los ingenios a moler mayor cantidad de caña para producir una misma unidad de azúcar; además, cuando se procesa jugo deteriorado, el proceso de producción se vuelve más problemático debido a la aglomeración de jarabes o mieles que no alcanzan la cristalización, provocando usualmente demoras en la fabricación que finalizan hasta que el jugo en exceso haya sido evacuado.

Es por esta razón que el tiempo y el rendimiento son factores muy importantes en la industria azucarera ya que a menor pérdida de sacarosa, mayor es la producción de azúcar, conllevando al mejoramiento de la productividad.



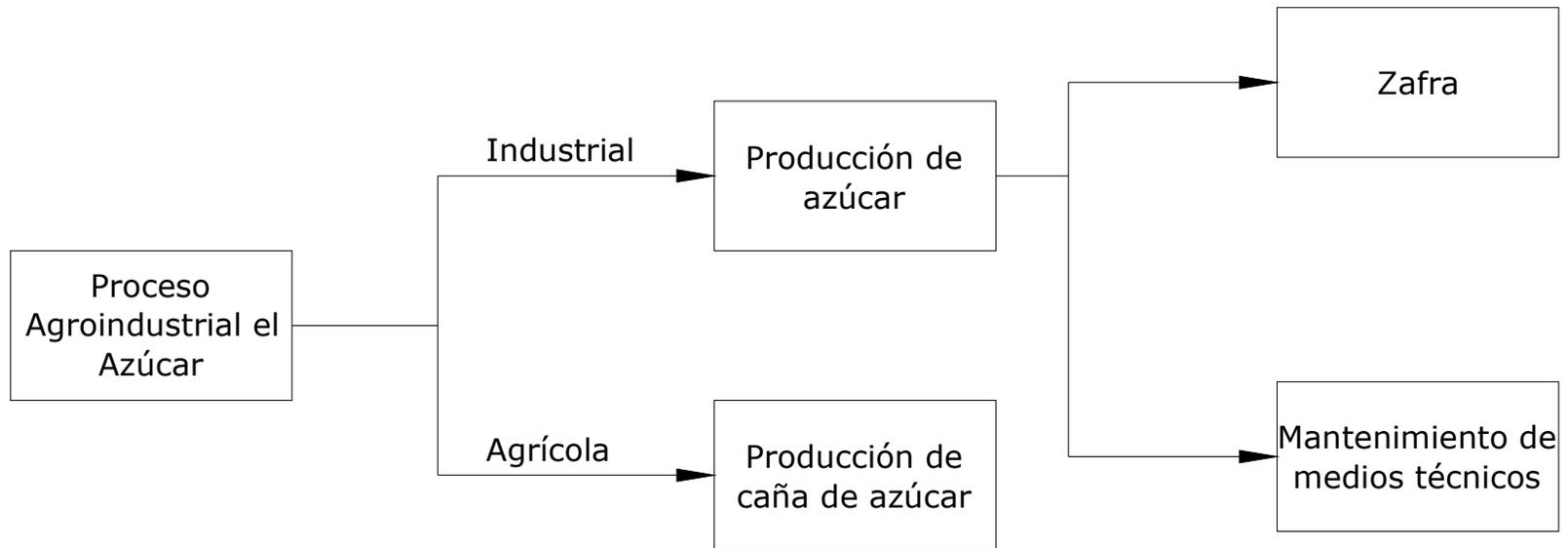
## **1.3 GENERALIDADES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA.**

En El Salvador, la producción de azúcar se lleva a cabo a través de la coordinación de dos grandes grupos de actividad productiva (ver ilustración No.1.5): una agraria que corresponde al cultivo de caña de azúcar, sus cuidados durante las diversas etapas de su ciclo de vida y la recolección de la cosecha; y otra eminentemente industrial, la cual consiste en el procesamiento de esta principal materia prima hasta obtener el producto final: azúcar.

Al mismo tiempo, el proceso industrial es considerado complejo puesto que no se puede contar con caña de azúcar durante la mayoría del año debido a que esta planta posee la característica de madurar (obtener un determinado nivel de sacarosa) en meses específicos, lo cual obliga a las centrales azucareras a realizar la producción de azúcar en un tiempo comprendido entre diciembre y marzo. Asimismo, éstas condiciones conducen a que la producción debe llevarse a cabo las 24 horas del día.

El efecto ocasionado de una producción continua de azúcar, consiste en que el equipo y maquinaria sufre desgastes mayores en su uso en comparación con una producción discontinua, provocando reducción de la eficiencia de la misma y una depreciación más acelerada. Estos efectos conducen al incremento de los costos de mantenimiento.

Por tales motivos, el proceso industrial del azúcar a su vez se divide en dos etapas: el primero consiste en la producción de azúcar (conocida comúnmente como *ZAFRA*), interviniendo la coordinación entre proveedores de materia prima y el ingenio mismo; el segundo consiste entonces al período de mantenimiento de los medios técnicos, en el cual se realizan todas las reparaciones necesarias con la finalidad de poder disponer de él en la siguiente zafra.



**Ilustración No.1. 5 Proceso agroindustrial del azúcar.**



### 1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA AZUCARERA.

Para poder identificar las características propias de la agroindustria azucarera; se define y clasifica primero la micro, pequeña y mediana empresa, y posteriormente se clasifica a la industria azucarera de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

#### 1.3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS SEGÚN LA DIMENSIÓN LABORAL.

En nuestro país existen diversas entidades que clasifican a las empresas según su dimensión laboral o número máximo de trabajadores, dentro de estas entidades se encuentran FUSADES, AMPES y CONACYT. En la tabla No.1.1 se pueden observar los parámetros utilizados por estas entidades para clasificar a las empresas por su tamaño.

**Tabla No.1. 1 Clasificación de las empresas por su tamaño.**

ENTIDAD	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	GRANDE
FUSADES	1 A 10 personas	11 a 19 personas	20 a 99 personas	> 99 personas
AMPES	1 a 5 personas	6 a 20 personas	21 a 50 personas	> 50 personas
DIGESTYC	1 a 4 personas	5 a 19 personas	20 a 49 personas	> 49 personas
CONACYT	1 a 4 personas	5 a 19 personas	20 a 100 personas	>100 personas
CONAMYPE	1 a 10 personas	11 a 50 personas		

Fuente: AMPES, FUSADES, CONACYT, CONAMYPE

De acuerdo con la clasificación presentada en el cuadro anterior, ingenio La Magdalena, S.A. se considera una empresa de tamaño *Grande*, debido a que el número de empleados es de 350 personas en época de zafra (Noviembre - Marzo) y de 150 personas en época de reparación (Julio - Noviembre) <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> <http://www.asociacionazucarera.com/magdalena.asp>



### **1.3.1.2 CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA INTERNACIONAL.**

Cada país tiene, por lo general, una clasificación industrial propia, en la forma más adecuada para responder a sus circunstancias individuales y al grado de desarrollo de su economía. Puesto que las necesidades de clasificación industrial varían, ya sea para los análisis nacionales o para fines de comparación internacional. La Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) permite que los países produzcan datos de acuerdo con categorías comparables a escala internacional <sup>7</sup>.

La Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) desempeña un papel importante al proporcionar el tipo de desglose por actividad necesario para la compilación de las cuentas nacionales desde el punto de vista de la producción.

La agroindustria azucarera se encuentra dentro de ésta, de acuerdo a la siguiente clasificación:

#### **A. CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR : 0122**

División: 01

Agrupación: 012

Grupo: 0122

#### **B. ELABORACIÓN DE AZÚCAR: 1542**

División: 15

Agrupación: 154

Grupo: 1542

En esta clase se incluye la producción de azúcar de caña y de remolacha; azúcar de caña en bruto, azúcar refinada de caña y de remolacha, jarabes de azúcar de remolacha y de caña, otros azúcares y jarabes de azúcar (azúcar de arce, azúcar invertido, azúcar de palma). Asimismo se incluye la producción de melaza.

---

<sup>7</sup> Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC).2004 Resumen de los clasificadores estadísticos internacionales, El Salvador.-



### **1.3.2 HISTORIA Y SURGIMIENTO DE LOS INGENIOS AZUCAREROS DE EL SALVADOR<sup>8</sup>.**

A fines del período colonial, la caña de azúcar se cultivaba a pequeña escala en muchas partes del país, pero no fue hasta el siglo XIX que ésta se cultivó a gran escala, siendo el departamento de San Vicente uno de los primeros en explotar este cultivo y sus derivados, a través de trapiches rudimentarios movidos por bueyes, cuya función primordial era la de moler la caña de azúcar para extraerle el conocido jugo de caña, el cual posteriormente sería convertido en azúcar.

Este mismo principio fue aplicado por el primer ingenio azucarero de El Salvador: El Ángel, fundado en 1882, el cual se mantiene activo 122 años después.

Para 1932 ya se contaba con la existencia de 28 ingenios en el país. En este año se crea la Comisión de Defensa de la Industria Azucarera, la cual logró asignar por primera vez los precios al por mayor y menor del producto, así como la cuota para consumo interno de cada ingenio.

Hasta fines de los años setenta, El Salvador era considerado como un país eminentemente agrícola, debido a que el sector agropecuario aportaba el 25% del Producto Interno Bruto (PIB), generaba alrededor del 67% del total de divisas obtenidas mediante exportaciones, era responsable de más del 25% de los ingresos tributarios y proporcionaba empleo a más del 50% de la población.

Sin embargo, esta situación comenzó a cambiar durante la época de los ochenta debido a múltiples factores tales como: conflicto armado, reforma agraria, nacionalización del comercio del café y del azúcar y mantenimiento de una política económica gubernamental provista de una fuerte inclinación anti-agrícola y anti-exportadora, que desestimularon los procesos de inversión en el agro, así como en las actividades agroindustriales.

---

<sup>8</sup> Revista GEPLACEA, No.5 noviembre 1997.-



Como consecuencia de la nacionalización del comercio del azúcar, en 1980 se instituyó la Ley Básica de la Reforma Agraria, mediante la cual se expropiaron la mayoría de los ingenios azucareros, a excepción de uno, y se creó el Instituto Nacional del Azúcar (INAZUCAR), como organismo oficial para ejercer la comercialización y exportación del azúcar y mieles provenientes de la caña. Surge así el monopolio estatal del azúcar y se establece un control en la comercialización de la caña, el azúcar y las melazas, existiendo entonces para esa época (zafra 1980/81) solamente 8 ingenios en operación.

En el transcurso de la década de los ochenta, se produjo una reducción del Producto Interno Bruto agropecuario; mientras tanto, la producción agroindustrial del azúcar cayó drásticamente (especialmente durante la zafra 1988/89) y se contrajo el ingreso de divisas por exportación de azúcar.

En 1986, por orden de la Sala de lo Constitucional de la Corte Suprema de Justicia, se obliga al Gobierno a devolver dos ingenios a sus originales propietarios, ya que la expropiación había sido ilegal. En 1987 los productores cañeros, los técnicos azucareros y la Asociación Azucarera de El Salvador se agruparon en la Federación Pro-Defensa de la industria azucarera, con el objeto de defender a esta agroindustria de la política gubernamental de esa época, y evitar la inminente caída de la producción de azúcar y su consecuente escasez en perjuicio de los consumidores. En octubre de 1989, la Corte Suprema de Justicia declaró inconstitucional el monopolio de la comercialización interna y externa del azúcar y sus derivados, y en diciembre de 1989 comienza la reactivación de la agroindustria azucarera de El Salvador. Durante los años ochenta, debido a la falta de apoyo gubernamental y a la nacionalización del comercio, la producción azucarera disminuyó dramáticamente y se recurrió al racionamiento del producto en el mercado interno. Gracias a la liberalización del comercio en 1989, esta situación cambió: se incrementó el mercado interno del azúcar en 48%; se mejoró su calidad y se garantizó al consumidor un suministro abundante a un precio justo y al peso exacto.



A partir de la zafra 1991/92, con una nueva mentalidad empresarial, se unen los productores de caña con los ingenios para buscar una mayor eficiencia en el cultivo, apoyándose en avances tecnológicos en las áreas de muestreo y análisis de la caña de azúcar e introduciendo el Sistema de Pago de la Caña por su Calidad que desplazó el antieconómico sistema de pago de la caña por su peso.

Como consecuencia del aumento en la producción, en 1990/91 se incrementaron las exportaciones de azúcar en 300%. También, a partir de esa fecha, se reiniciaron las exportaciones de melaza, y se obtuvieron ingresos superiores a los 4 millones de dólares anuales por la exportación de ese producto. Para el período 1996/97, la exportación de azúcar representó el 4% de las exportaciones totales a nivel nacional, mientras que, el valor combinado de las exportaciones de azúcar y melaza logró ser superior a 64 millones de dólares. Para la zafra 2003/04, aún se considera a la agroindustria azucarera como un negocio autosostenible y rentable, logrando mantenerse aún en operación ocho ingenios de los once existentes (ver Tabla No.1.2), los cuales son los encargados de la producción de azúcar salvadoreña.

**Tabla No.1. 2 Ingenios Existentes en El Salvador.**

NOMBRE DEL INGENIO	AÑO DE FUNDACIÓN
Central Izalco	1962
El Ángel	1882
San Francisco	1947
Chaparrastique	1983
La Cabaña	1946
La Magdalena, S.A.	1946
El Carmen (Fuera de operación)	Información no disponible
Jiboa	1976
Chanmico	1954
Colima (fuera de operación)	Información no disponible
Ahuachapán (fuera de operación)	Información no disponible

Fuente: Revista Azúcar, San Salvador 1997.-



Es importante mencionar que desde 1994, por decreto de ley, en El Salvador, se produce y debe consumirse únicamente azúcar vitaminada, con lo que la industria contribuye a disminuir las graves deficiencias de vitamina “A” de la población salvadoreña, por medio de la fortificación del azúcar con dicho nutriente. Este proyecto ha enorgullecido a todos los involucrados puesto que también ha logrado disminuir el alto índice de desnutrición, principalmente en niños menores de seis años.

Desde fines de los noventa hasta la fecha, la agroindustria azucarera ha venido implementando mejoras que contribuyan a elevar su productividad, ya que es un importante medio para lograr el desarrollo de la agricultura, creando polos de desarrollo en las zonas rurales, generando miles de empleos y mejorando las condiciones de vida en el interior del país.

### **1.3.2.1 HISTORIA DE INGENIO LA MAGDALENA, S.A. <sup>9</sup>**

Ingenio La Magdalena, fue fundado en 1946 por el Señor Gimno Giannmattei, quien inició su empresa con el montaje de un trapiche, que funcionaba a través de una rueda dentada movida por bueyes, cuyo mecanismo utilizaba para moler la caña de azúcar y finalmente convertirla en un jarabe pastoso denominado guarapo y producir con este los llamados dulces de panela.

Este proceso rudimentario se mantuvo durante 19 años y fue hasta el año de 1965 cuando se comienza a mejorar la tecnología a través de la implementación de equipos, tanto mecánicos como eléctricos, hasta llegar a convertirlo en uno de los llamados “Ingenios Azucareros”; los cuales, operados por recursos humanos, llegaban a transformar el jugo de caña en “azúcar” pero del tipo cruda o conocida en aquellos tiempos por azúcar de pilón, la cual sólo se utilizaba para los apiarios y para exportación.

Desde 1946 hasta 1980 (34 años) el Señor Gimno Giannmattei fungió como único propietario del Ingenio Azucarero La Magdalena.

---

<sup>9</sup> Memoria de Labores de 1999, Ingenio La Magdalena, S.A.



En el año de 1981, debido a la expropiación de los ingenios según la Ley Básica de la Reforma Agraria instituida en 1980, el ingenio pasó al poder del Instituto Nacional del Azúcar (INAZUCAR); siendo entonces administrado por el gobierno, siguiendo con el proceso normal de la producción del azúcar cruda y ya agregando el proceso de producción de azúcar blanca para consumo del mercado local a nivel nacional como también sus demás subproductos.

Esta administración llegó hasta el año de 1994 (14 años) ya que fue hasta ese momento que se decidió volver a privatizarlo como consecuencia de la Reactivación de la Agroindustria Azucarera de El Salvador (iniciada en diciembre de 1989), siendo el gobierno quien vendió el ingenio a través de acciones, convirtiéndolo en Sociedad Anónima (S.A.), pasando a partir del año de 1995 hasta la actualidad como una empresa privada, llamándose: Ingenio La Magdalena, S.A.

### **1.3.3 LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA EN LA ACTUALIDAD.**

A pesar de los cambios surgidos en las últimas décadas conforme a las políticas de administración de los ingenios azucareros y por consiguiente la agroindustria azucarera ha evolucionado y ha logrado ser para este nuevo milenio, un sector muy importante en el país por su capacidad de generar miles de empleos y por ser una importante fuente de atracción de divisas.

Asimismo, la agroindustria azucarera se caracteriza hoy en día por estar legislada, manteniendo convenios entre productores de caña o proveedores y productores de azúcar.

#### **1.3.3.1 MARCO INSTITUCIONAL.**

En El Salvador la actividad del sector azucarero se encuentra regida por La “Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador”, la que fue aprobada por la Asamblea Legislativa el 26 de Julio de 2001.



El objeto de la Ley es “normar las relaciones entre centrales azucareras o ingenios, y las de éstos con los productores de caña de azúcar propiciando su ordenamiento y desarrollo sostenible para la prosperidad de los diferentes actores de la agroindustria azucarera”<sup>10</sup>.

A través de dicha ley se crea el **Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA)**, como ente autónomo adscrito al Ministerio de Economía <sup>11</sup>.

El Objeto del Consejo es “Ordenar las relaciones entre los diversos actores que intervienen en la producción e industrialización de la caña de azúcar y del autoconsumo industrial y de la comercialización del azúcar y de la miel final, con la finalidad de optimizar su productividad y competitividad agrícola, industrial y comercial en el ámbito nacional e internacional” <sup>12</sup>.

Se establece que el Consejo será conducido por un Directorio constituido por representantes del Sector Público y del Sector Privado. Se destacan las siguientes funciones del Directorio: “Realizar o financiar programas y proyectos de beneficio social para los productores de caña y sus trabajadores, que incluya programas de desarrollo de capital humano, educación, fomento cultural y protección del medio ambiente, tomando como base las propuestas de las gremiales participantes en el proceso”

“Aprobar proyectos y programas nacionales de investigación, capacitación y transferencia de tecnología sobre la agroindustria azucarera y asignarles el presupuesto respectivo, tomando como base las propuestas de las gremiales participantes en el proceso”.

---

<sup>10</sup> “Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador”. Artículo 1.

<sup>11</sup> “Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador”. Artículo 4.

<sup>12</sup> “Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador”. Artículo 5.



La Ley no contempla ningún tipo de incentivo para los productos orgánicos y se limita a decir que: “Las actividades de producción de azúcar no tradicional o proveniente de una materia prima diferente de la caña de azúcar estarán sujetas a lo dispuesto en la presente Ley, en lo que les fuere aplicable...”

### **Valoración del Marco Institucional.**

Al evaluar el marco institucional deben considerarse tres aspectos:

1. El establecimiento de la CONSAA: La Comisión de Desarrollo Azucarero (CDA) es la institución predecesora del CONSAA y sus funciones se limitaban al establecimiento de la cuota nacional (Junto con el Ministerio de Agricultura) y a regir las relaciones entre productores, industriales y comercializadores.

El CONSAA posee atribuciones más amplias y su propósito es incrementar la competitividad del sector azucarero, en los ámbitos nacional e internacional, incluye tareas nuevas como la implementación de programas de desarrollo de capital humano y educación, investigación, capacitación y transferencia de tecnología entre otras. Anteriormente la Asociación Azucarera ha asumido estas funciones.

Su instauración ha sido relativamente reciente (Mediados del 2002). Por lo que no pueden juzgarse sus actuaciones y su influencia en el logro de la competitividad.

2. El azúcar no tradicional: La referencia que hace la Ley es demasiado general, reducida y no presenta ningún tipo de incentivo para diversificar la producción.

3. Las relaciones entre productores, industrializadores y comercializadores: Este aspecto ha sido ya considerado al analizar la estructura de mercado que muestra el funcionamiento del sector como un cártel que posee respaldo legal.



### 1.3.3.2 APORTACIÓN AL PRODUCTO INTERNO BRUTO.

A través de la historia se han venido registrando diferentes fenómenos mundiales que repercuten directamente en la economía de un país, afectando ya sea positiva o negativamente la producción de bienes y servicios, el consumo de los mismos en la región y las políticas de exportaciones e importaciones para cada rama de actividad económica (ver Anexo 1).

Otro factor importante que es determinado según el impacto ocasionado en los factores antes mencionados es el precio de los productos, el cual al variar dentro de un período, produce el fenómeno denominado inflación.

Para el año 2003, se estimó que la tasa de inflación salvadoreña se ubicara entre el 2.3% y 2.7% anual <sup>13</sup>, el cual indica el aumento en los precios. Pese a la tasa de inflación registrada, las exportaciones se incrementaron en 4.67% alcanzando un total de 3,136 millones de dólares, de los cuales, \$47 millones se debieron exclusivamente a la exportación del azúcar.

En cuanto al Producto Interno Bruto (PIB), para el año 2002, El Salvador alcanzó la cifra de 59,426.5 millones de colones, siendo notoria la participación de la agroindustria azucarera, ya que la producción de caña de azúcar, para ese mismo año, se estimó en 404.4 millones de colones; mientras que, la producción de azúcar, logró ser de 952 millones de colones.

La participación al PIB<sub>PM</sub> (PIB a precio de mercado) de la Agroindustria Azucarera para el 2002 fue de 2.28%, sin embargo, se proyectó para el 2003 que tanto la aportación azucarera como el mismo PIB aumentarían, ya que se esperó estabilidad de precios en la mayoría de productos salvadoreños. Sin embargo, para el 2004 se espera un panorama un tanto difícil debido a las contiendas electorales, lo cual propicia y genera incertidumbre en las inversiones y en la actividad económica, añadiéndole también la volatilidad en el precio de algunos productos, así como el alza al precio del petróleo.

---

<sup>13</sup> Informe de Coyuntura. Julio – Diciembre /2003



Todo esto parece dar señales negativas al entorno macroeconómico y en especial al sector agropecuario, que seguirá decreciendo si no se estimula una reconversión agro-productiva. Es importante además la reincorporación del valor agregado a los rubros de exportación, especialmente ante la firma del Tratado de Libre Comercio con la Unión Americana, el cual dará más oportunidades para incrementar las exportaciones de productos étnicos, no tradicionales y los llamados nostálgicos que vendrían a dinamizar la actividad agroexportadora nacional y regional.

### **1.3.3.3 MERCADOS DEL AZÚCAR SALVADOREÑO.**

El azúcar es un producto agroindustrial, el cual es producido en más de 100 países y su producción está aumentando a gran escala dada su fuente importante de energía para muchas personas a través de todo el mundo. El cambio más significativo a lo largo del período ha sido el crecimiento de Brasil como productor y exportador. Actualmente su participación se ha incrementado del 15% al 25% a expensas del decrecimiento de la participación de los mayores países exportadores en el mercado mundial. El liderazgo de Brasil en el mercado mundial actualmente se basa en los menores costos de producción y a la activa presencia del sector alcoholero como una importante alternativa de los subproductos de la caña en ese país.

En El Salvador, actualmente se produce azúcar destinada tanto para consumo interno como para exportación, sin embargo el ámbito en el que se comercializa el azúcar es en su mayoría para mercado mundial, mercado preferencial y para mercado regional o interno.

#### **A. MERCADO MUNDIAL.**

La producción mundial de azúcar se revisó al alza en el período 02/03, debido a la obtención de mejores resultados en comparación con los proyectados por parte de las principales naciones productoras, especialmente en Brasil, la Unión Europea, La India, Tailandia y China. Tal como se puede apreciar en la tabla No. 1.3, la producción de azúcar para el período 02/03 fue de 147 millones de toneladas, 11.5 millones más con respecto al 01/02.



**Tabla No.1. 3 Producción y Consumo Mundial de Azúcar. (Millones de Toneladas).**

	PRODUCCIÓN		CONSUMO	
	2001/02	2002/03	2002	2003
<b>MUNDO</b>	135.6	147.1	135.7	139.1
Países en desarrollo	96	104.3	88.9	91.7
América Latina y el Caribe	41.5	43	24.3	24.8
África	4.9	4.9	7.2	7.4
Cercano- Oriente	4.6	5.8	10.2	10.6
Lejano- Oriente	44.5	50.2	47.2	48.9
Oceanía	0.4	0.4	0.1	0.1
Países desarrollados	39.6	42.8	46.7	47.4
Europa	20.2	22.6	19.9	20.3
de la cual: UE	-16.2	-18.3	-14.7	-14.9
América del Norte	7.4	7.8	10.6	10
CEI	4	3.7	10.6	11.2
Oceanía	4.8	5.3	1.3	1.5
Otros países	3.3	3.4	4.4	4.4

Fuente: Informe de Coyuntura. Julio – Diciembre /2003.

Se pronostica que la producción azucarera del Brasil alcanzará cifras récord, la cual había sido prevista en gran parte por el mercado, debido a rendimientos mayores de lo previsto, condiciones atmosféricas relativamente favorables, así como de unas tasas elevadas de utilización de la capacidad.



Según informes que registran la baja de los precios mayoristas de etanol indican incertidumbre en el mercado, ya que los países que se dedican a producirlo, deberán tomar decisiones sobre la cantidad de azúcar que orientarán hacia exportación, hacia mercado interno o hacia la producción de etanol. Sin embargo algunos indicios hacen suponer que se destinará una parte mayor de la producción a la obtención de ingresos más altos en el mercado interno, como consecuencia del bajo nivel de los precios mundiales.

Asimismo, existe la tendencia al incremento de los volúmenes de exportación debidos a los altos niveles de producción alcanzados por países tales como China y Tailandia.

Los aumentos registrados en la exportación de azúcar en algunos países se debieron a las mermas registradas en el Caribe, principalmente en Cuba y Jamaica, ocasionados por las malas condiciones atmosféricas e irregularidades de las precipitaciones, dando lugar al cierre de ingenios y a la toma de políticas encaminadas a diversificar la producción de caña de azúcar. En Cuba se tradujo como el nivel de producción más bajo desde 1912. También fue afectada la producción de Guatemala y Australia.

En cuanto a consumo mundial, en la tabla 1.3 se puede apreciar que para el 2003 la cifra es de 139.1 millones de toneladas de azúcar, observando una tasa de crecimiento de 2.5% anual.

En el Lejano Oriente, pese a la desaceleración económica, se prevé que el consumo se incremente en 3.6%, debido al crecimiento anual del Producto Interno Bruto (superior a 5%) y al mantenimiento de la tasa demográfica en 1.5%.

En China, pese a las posibilidades de un receso económico debido al brote del SARS, el consumo interno debería continuar respondiendo a los esfuerzos desplegados por el gobierno para reducir el uso de la sacarina (polvo cristalino que carece de valor alimentario y se asemeja al azúcar), los precios internos bajos y las crecientes preferencias de los consumidores por alimentos elaborados que contienen azúcar.



**Tabla No.1. 4 Cuota Azucarera Tarifaria de Estados Unidos (Toneladas Métricas)**

<b>PAÍSES</b>	<b>AÑOS</b>	<b>CUOTA 1999/00</b>	<b>CUOTA 200/01</b>	<b>CUOTA 2001/02</b>	<b>CUOTA 2002/03</b>	<b>CUOTA 2003/04</b>
ARGENTINA		45,283	45,283	45,281	45,281	45,281
AUSTRALIA		87,408	87,408	87,402	87,402	87,402
BARBADOS		7,372	7,372	7,371	7,371	7,371
BELICE		11,584	11,584	11,583	11,583	11,583
BOLIVIA		8,425	8,425	8,424	8,424	8,424
BRASIL		152,700	152,700	152,691	152,691	152,691
COLOMBIA		25,274	25,274	25,273	25,273	25,273
CONGO		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
COSTA DE MARFIL		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
COSTA RICA		15,797	15,797	15,796	15,796	15,796
REP. DOMINICANA		185,346	185,346	185,335	185,335	185,335
ECUADOR		11,584	11,584	11,583	11,583	11,583
EL SALVADOR		27,381	27,381	27,379	27,379	27,379
FIDJI		9,478	9,478	9,477	9,477	9,477
GABON		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
GUATEMALA		50,549	50,549	50,546	50,546	50,546
GUYANA		12,637	12,637	12,636	12,636	12,636
HAITI		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
HONDURAS		10,531	10,531	10,530	10,530	10,530
INDIA		8,425	8,425	8,424	8,424	8,424
JAMAICA		11,584	11,584	11,583	11,583	11,583
MADAGASCAR		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
MALAWI		10,531	10,531	10,530	10,530	10,530
MAURICIO		12,637	12,637	12,636	12,636	12,636
MEXICO		25,000	7,258	7,258	7,258	7,258
MOZAMBIQUE		13,690	13,690	13,690	13,690	13,690
NICARAGUA		22,115	22,115	22,114	22,114	22,114
PANAMA		30,540	30,540	30,538	30,538	30,538
PAPUA NUEVA		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
PARAGUAY		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
PERU		43,177	43,177	43,175	43,175	43,175
FILIPINAS		142,169	142,169	142,160	142,160	142,160
SURAFRICA		24,221	24,221	24,220	24,220	24,220
SAN KITTS & NEVIS		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
SWAZILANDIA		16,850	16,850	16,849	16,849	16,849
TAIWAN		12,637	12,637	12,636	12,636	12,636
TAILANDIA		14,743	14,743	14,743	14,743	14,743
TRINIDAD & TOBAGO		7,372	7,372	7,371	7,371	7,371
URUGUAY		7,258	7,258	7,258	7,258	7,258
ZIMBABWE		12,637	12,637	12,636	12,636	12,636
TOTAL		1,134,999	1,117,257	1,117,192	1,117,192	1,117,192

Fuente: Informe de Coyuntura. Julio – Diciembre /2003.



## B. MERCADO PREFERENCIAL.

En cuanto a Estados Unidos, existen determinadas cantidades de azúcar cruda, azúcar refinada y productos que contienen azúcar, los cuales son importados en este país. En este punto entra en juego un convenio entre países conocido como “Cuota Americana”, la cual es una política de importación del gobierno de Estados Unidos, que permite a los países enviar cantidades específicas de un determinado producto a una tarifa relativamente baja, pero sujeta a todas las demás importaciones de ese mismo producto (que sobrepasen la cuota) a una tarifa más alta.

En la tabla No.1.4 muestra las asignaciones de la cuota americana país por país, donde se puede apreciar que para el período comprendido del 1 de octubre del 2003 al 30 de septiembre del 2004 se estableció una cuota mundial total de 1,117,195 toneladas métricas (asignados por el Secretario de Agricultura de los Estados Unidos), siendo éste el nivel mínimo a que dicho país debe restringirse cobrando tarifa baja por importación de productos bajo el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC), de los cuales 27,379 toneladas métricas le fueron asignados a El Salvador.

## C. MERCADO REGIONAL.

De acuerdo con datos del Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA) que se presentan en la tabla No.1.5 y Anexo 2, muestran que la producción de azúcar ha venido creciendo conforme a los últimos años, obteniendo para la zafra 2003/04 un aumento de la producción de 8.667%, calificándola la Asociación Azucarera como exitosa puesto que es la tercera producción más alta en al menos 14 años.

**Tabla No.1. 5 Producción Zafra 1998-2003.**

Zafra	Producción Caña (TC)	Área Sembrada (Mz)	Rendimiento Agrícola (TC/Mz)	Rendimiento Agrícola (QQ/Mz)	Rendimiento Industrial (QQ/TC)	Producción Azúcar (QQ)
1998/99	5,309,298	104,000	51.05	95.26	1.87	9,906,986
1999/00	5,237,803	99,000	52.91	111.16	2.1	11,004,626
2000/01	5,093,181	90,250	56.43	119.18	2.11	10,755,905
2001/02	4,932,516	90,250	54.65	114.3	2.09	10,315,623
2002/03	4,924,382	94,352	52.19	112.2	2.15	10,586,072
2003/04	ND	ND	ND	ND	2.25	11,503,611

Fuente: Informe de Coyuntura. Julio – Diciembre /2003.



Estos resultados son debidos a que en El Salvador es el único sector que trabaja con una alianza entre agricultores e industriales por operar con un sistema de “Pago por Calidad”, en el que los ingenios remuneran a los productores de caña de acuerdo a los rendimientos que éstos presentan.

De los nueve ingenios que operaron durante la molienda 2003/2004, estos produjeron un total de 11,503,611.57 quintales de azúcar, cuyo incremento en la producción se logró pese a que el área cosechada de caña mantuvo su tendencia a la baja. En los últimos años, la tierra destinada al cultivo bajó de 110 mil manzanas a 94 mil 352, lo que equivale a una reducción aproximada de un 14 por ciento. Sin embargo, la caída fue compensada por una mejora en el rendimiento agrícola. Mientras que hace cinco años el país producía un promedio de 11.1 libras de azúcar por cada manzana de caña, en la cosecha 2002 se obtuvo 12.5 libras. El buen resultado se obtuvo a pesar de que el rendimiento (libras de azúcar por tonelada de caña) bajó levemente de 214.97 lbs/TC en comparación con el de la zafra 2001/02, la cual registro las 215.14 lbs/TC.

Para el 2004, ingenio Central Izalco se perfila como el ingenio más eficiente, obteniendo un rendimiento de 237.70 libras de azúcar por tonelada de caña, el cual es el que más materia prima molió y por ende el que más edulcorante obtuvo. Ingenio El Ángel se posicionó en el segundo lugar, con 232.54 libras de azúcar por tonelada de caña, estos niveles de eficiencia son logrados en gran medida a inversiones de más de \$30 millones en los últimos seis años, así como a posible reducción en los costos en la producción de la caña. El tercer lugar lo obtuvo ingenio La Magdalena, con un rendimiento de 225.68 lbs/TC, moliendo un total de 310,598.46 toneladas de caña.

De acuerdo a estimaciones de la gremial, el sector azucarero salvadoreño genera cerca de 224 mil empleos, cerca de 400 mil viajes que realizan las rastras y camiones que transportan la caña de azúcar de las plantaciones a los ingenios, así como ingresos que alcanzan los US \$359 millones, esto incluyendo la inversión en campo, divisas por exportación, e impuestos, entre otros rubros.



Además de los recursos generados por el consumo interno, la exportación del endulzante salvadoreño genera ingresos cercanos a los US \$70 millones.

#### **E. PERSPECTIVAS DEL SECTOR.**

La agroindustria azucarera tiende a un futuro más prometedor debido al apareamiento de fenómenos económicos tales como la firma del Tratado de Libre Comercio C.A.-E.E.U.U. (TLC), a través del cual se espera el aumento a la cuota americana y el aumento al precio de venta el azúcar salvadoreña en el Mercado Preferencial (estadounidense).

Por otra parte, el alza al precio de la gasolina registrada en el transcurso del año 2004, da apertura a los ingenios azucareros en llevar a cabo proyectos para explotar otro nicho de mercado: producción de etanol.

El etanol es producto que puede ser mezclado con la gasolina para ser utilizado como combustible de los equipos automotores, sin afectar su funcionamiento. En países como Brasil y Estados Unidos, su uso es obligatorio, y actualmente en El Salvador, se está promulgando una ley para su utilización, ya que permite reducir el consumo de otros ingredientes combustibles, que además de producir mayores costos, disminuyen los impactos a la salud y al medio ambiente proveniente del uso de combustibles fósiles.

Con la aprobación de la Ley del Etanol y el recién aprobado TLC, traen como consecuencia proyecciones positivas tanto para productores de caña como para ingenios azucareros, creando más empleos y generando más divisas, todo esto logrará hacer mas inversiones a nivel industrial, así como, en investigaciones para la renovación de las plantaciones y transferencia de tecnología creando un mejor clima en todos los eslabones de la cadena agro-productiva y distributiva azucarera.



# ***CAPÍTULO II.***

# ***MARCO REFERENCIAL.***



## 2.1 GESTION COMERCIALIZACIÓN

Para toda actividad productiva, los bienes fabricados y los servicios ofrecidos deben ser tales que puedan atraer la atención del consumidor sea por necesidad o por deseo. Por consiguiente, cualquier producto ofrecido debe poseer las características adecuadas para llamar la atención de compradores en potencia para que finalmente éste lo adquiera. Cabe mencionar que las ventas conforman un eslabón importante puesto que representan los ingresos económicos de cualquier empresa.

Comercializar significa entonces mantener un equilibrio de elementos que den lugar a la transacción, de tal manera que se ofrezca el producto en el momento oportuno, en el lugar adecuado y al precio conveniente. De esta forma, la comercialización contiene tres ideas fundamentales: orientación hacia el cliente, esfuerzo total de la empresa y ganancia como objetivo.

Actualmente los Industriales Azucareros de El Salvador conforman empresas multinacionales puesto que poseen inversiones en otros países, de tal manera que amplían el mercado, obteniendo ventajas competitivas tanto dentro del país como en el extranjero; es decir, funcionan a través de una economía de escala. En esta sección se abordará la mezcla mercadotécnica actual (producto, precio, plaza) empleada por los industriales azucareros, haciendo énfasis en ingenio La Magdalena; esto con el fin de describir las estrategias de negocios según sea el mercado al que fuere orientado.

### 2.1.1 PRODUCTO <sup>14</sup>



El azúcar, insumo indispensable en la fabricación de diversos productos alimenticios, medicinales, bebidas y muchos más, posee multiplicidad de usos dependiendo del tipo de azúcar que sea, ya que cada una de ellas posee características que la hacen apropiada para usos específicos.

<sup>14</sup> <http://www.dizucar.com.sv/tipos.asp>



Actualmente se comercializan en el país cinco diferentes tipos de azúcar (ver tabla 2.1), los cuales se diferencian por el tamaño del grano del azúcar, color, humedad y nivel de impurezas.

**Tabla No.2. 1 Tipos de azúcar**

REPRESENTACION VISUAL	TIPO DE AZUCAR
	<p><b>Azúcar Cruda</b> Es el primer producto terminado del proceso productivo del azúcar, conteniendo aún una rica cobertura de melaza en comparación con los demás tipos de azúcar. Este tipo de azúcar se exporta y los países compradores la refinan.</p>
	<p><b>Azúcar Blanco Estándar</b> Producto sólido cristalizado, constituido esencialmente por sacarosa obtenida mediante el procedimiento industrial apropiado. La de mayor consumo actualmente a nivel nacional, posee un color blanco hueso y relativamente poca humedad</p>
	<p><b>Azúcar Refinada</b> Es el tipo de azúcar que posee mayor diversidad de usos ya que por sus características como su color blanco brillante, granulometría fina (tamaño del grano) y menor humedad, permite una mayor soltura y mayor poder endulzante; es recomendada</p>
	<p><b>Azúcar Morena</b> Caracterizado por su color oscuro y con agradable olor a melaza, el azúcar morena contiene un menor poder endulzante, mayor granulometría y humedad. Es recomendada para dulces caseros, sazonador de comida y salsas.</p>
	<p><b>Azúcar Pulverizada</b> Es el azúcar que posee menor granulometría, ya que en su proceso de elaboración los cristales son convertidos a minúsculas partículas de azúcar. Esto le permite una disolución más rápida, pero a la vez obtiene humedad con mayor facilidad</p>

Para el caso particular de ingenio La Magdalena, S.A. actualmente se encuentra procesando solamente dos tipos de azúcar las cuales son: cruda y Blanca.



### 2.1.1.1 SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR <sup>15</sup>

La actividad agroindustrial de la caña de azúcar ha sufrido una importante transformación, con el propósito de diversificarla. Principalmente, se ha llevado a cabo como consecuencia de las grandes fluctuaciones e inestabilidad del precio en el mercado internacional.

Esta situación a obligado a los países productores de azúcar a obtener un mayor aprovechamiento y uso racional de la caña, en especial de sus subproductos, que en el pasado no se consideraban de utilidad y, en la actualidad, constituyen una fuente importante de materia prima para otras actividades. A continuación se describen algunos de ellos.

#### A) TAPA DE DULCE O PANELA

Este es un producto popular que tradicionalmente se consume en el país en una proporción baja, en comparación con el azúcar. En el país existe poca información de esta actividad, sin embargo aun se practica.

#### B) PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DEL BAGAZO

El bagazo se obtiene en la fase final de extracción del jugo de caña, una vez que esta pasa por el último molino del ingenio. Su principal utilización radica en la generación de energía eléctrica de la fábrica, convirtiendo el bagazo en energía mecánica para luego transformarlo en energía eléctrica, mediante la utilización de turbogeneradores.



#### C) PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE COSECHA

Los cogollos, hojas secas que quedan en el campo posteriormente a la cosecha, se utilizan en la alimentación animal como complemento alimenticio. Este producto resulta especialmente atractivo durante el verano, época en la que es escaso el pasto para forraje. Por lo general se mezcla con miel para darle mayor palatabilidad al alimento.

---

<sup>15</sup> Fermín Subiros Ruiz, El cultivo de la caña de azúcar, Editorial universidad estatal a distancia, Costa Rica, 1995.



#### **D) PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE LA MIEL FINAL**

La miel esta compuesta, en su mayor parte, por sacarosa, glucosa, agua y otros monosacáridos simples. Esta se utiliza con varios propósitos: en la alimentación animal, la producción de alcohol, levadura, lisina, ácido cítrico, etc.

#### **E) OTROS PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE LA CAÑA**

Existe una lista intensa de otros usos de la caña como: el bagacillo hidrolizado en la alimentación del ganado vacuno y otros tipos de rumiantes y aves; obtención de levaduras usada en la industria de alimentación humana y como forraje para animales, y en la industria farmacéutica; productos muy comunes como el ácido cítrico, glutamato monosódico, ácido láctico, sorbitol, manitol y ácidos grasos.

### **2.1.2 PRECIO**

El azúcar, dado que es una mercancía ya que representa un valor de cambio y es una fuente de beneficio para el que lo comercia, es considerado un bien que puede ser intercambiado por otro bien o pago por especies de igual valor.

En un sistema capitalista puede ser intercambiado por una cifra monetaria cuyo monto sea equivalente al valor del bien.

El precio de cualquier mercancía tiende a fluctuar dependiendo del mercado en el que se comercialice, esto debido principalmente al comportamiento de los demandantes del producto, a las políticas gubernamentales (exportación-importación), a los tratados o convenios entre países y al costo de comercializar dicho bien en un mercado específico.

Los industriales azucareros salvadoreños procuran mantener la rentabilidad de sus negocios a través de la venta del azúcar en sus tres principales mercados (ver sección 1.3.3.3), sin embargo el precio de la misma está regida por el consumidor y no por el productor como comúnmente sucede en la mayoría de los productos.



El precio de venta del azúcar para cada mercado se describe a continuación:

La totalidad de la producción de azúcar blanca es destinada para mercado interno, cuyo precio a finales del año 2003 se mantuvo en \$ 21.80 el quintal de azúcar más IVA.

La producción de azúcar cruda, los industriales buscan venderla al mercado preferencial, ya que es el más conveniente entre los mercados externos por ser quien ofrece mejor precio, siendo este de \$19.09 el quintal de azúcar para la zafra 2003/04.

El mercado mundial es el que presenta mayores fluctuaciones, sin embargo, en los últimos años ha mantenido una tendencia a la baja, ofreciendo para finales del 2003 la cantidad de \$6.86 por quintal de azúcar cruda.

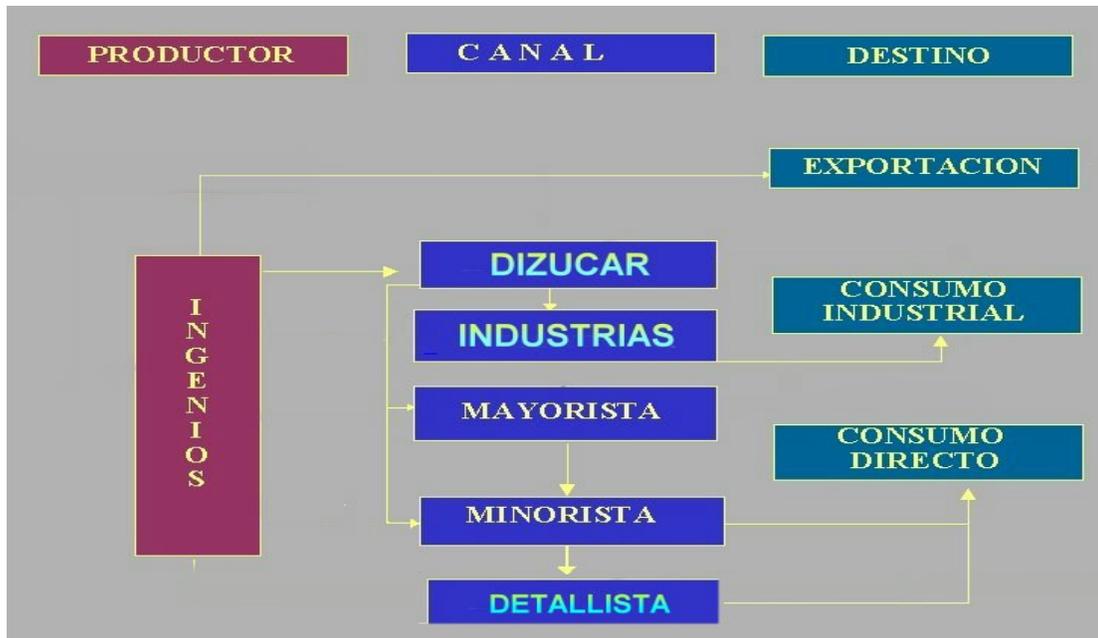
Cabe hacer mención que las demandas para los mercados interno y preferencial, están sujetas a determinadas condiciones que limitan a los ingenios sobre la cantidad de azúcar a producir y su cuota de participación en la producción total. Actualmente, en El Salvador el gobierno mantiene medidas de protección a este sector, las cuales tienen como objetivo reducir el impacto de la inestabilidad de los precios a nivel internacional, sustentándolo con los precios a nivel nacional, manteniendo flexibilidad y volatilidad en los precios.

Otra medida utilizada entre el gobierno y productores azucareros consiste en mantener restricciones a las importaciones y subsidio a las exportaciones, asimismo el mantenimiento de una política arancelaria.



### 2.1.3 PLAZA

Ingenio La Magdalena distribuye su azúcar blanca en el mercado nacional mediante un intermediario que es la empresa DIZUCAR, esta empresa es la entidad salvadoreña encargada de realizar ventas tanto a las empresas industriales, como al mayorista y minorista. Por otra parte la azúcar cruda es exportada, teniéndose relación directa con el comprador. A continuación se esquematizan los canales de comercialización en la ilustración 2.1.



**Ilustración No.2. 131 Canales de distribución**



## 2.2 GESTIÓN DE PRODUCCIÓN

Gestión producción es la función donde se describen todas las actividades necesarias para elaborar el azúcar, desde la obtención de su principal materia prima (caña de azúcar), hasta su proceso productivo.

### 2.2.1 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL AZÚCAR

El proceso de producción del azúcar se realiza en el periodo que comprende los meses entre diciembre y marzo, el cual es conocido comúnmente como zafra, donde para obtener el producto terminado, ingenio La Magdalena debe integrarse y coordinarse como un sistema donde interactúan tres elementos (ver ilustración 2.2)

#### ELEMENTO 1: ENTRADA AL SISTEMA.

El elemento de entrada está representado por la caña de azúcar en estado maduro que está aun sembrada y que no ha sido sometida a quema y/o roza.

#### ELEMENTO 2: PROCESO O CAJA NEGRA.

Está constituido por todo el conjunto de operaciones necesarias tales como roza, cargado de caña en vehículos de transporte, transporte de caña hacia el ingenio, descarga y procesamiento de caña hasta la obtención del producto final.

#### ELEMENTO 3: SALIDA DEL SISTEMA.

Este elemento constituye la obtención de los principales productos finales: *azúcar, melaza, cachaza y bagazo*.



**Ilustración No.2. 2 Sistema de producción de azúcar del ingenio La Magdalena**



Para efectos de análisis, se ha dividido el proceso de producción del ingenio La Magdalena en 2 etapas, las cuales se describen a continuación:

#### **A. ETAPA 1: MANEJO Y TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR.**

Esta etapa consiste en la planeación y programación de los recursos necesarios para proveer caña de azúcar al ingenio. Este primer subproceso considera la ejecución de determinadas actividades en la siguiente forma: Primeramente, se programa la quema y/o corta, luego ésta es cargada a los vehículos de transporte quienes al finalizar la operación de carga, trasladan dicha materia prima al ingenio, posteriormente se da lugar a una demora ocasionada por que los vehículos son llamados con determinada anticipación hacia el Ingenio y deben esperar su turno para ingresar a descargar la caña.

Al finalizar la demora los vehículos entran al ingenio a ser pesados y luego se inicia el muestreo de calidad de la caña mediante pruebas de laboratorio para conocer su rendimiento. Posteriormente, la materia prima es descargada de los vehículos y es colocada en las mesas alimentadoras de las trituradoras (en este punto inicia la segunda etapa del proceso); finalmente, los vehículos ya descargados son pesados e inician nuevamente el ciclo de transporte.

#### **B. ETAPA 2: PRODUCCIÓN DE AZÚCAR<sup>16</sup>**

Esta segunda etapa consiste en la serie de operaciones que se le ejecutan a la materia prima hasta lograr obtener los productos finales. Estas se describen a continuación:

##### **1. Colocar la caña en las mesas alimentadoras**

Tienen como finalidad el traslado regulado de la caña hasta las trituradoras; las cuales dividen el tallo en partes más pequeñas para facilitar el paso de la misma por los molinos.

---

<sup>16</sup> Fermín Subiros Ruiz, El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, 1995, Pág. 343-348.



## 2. Molienda:

Esta consiste en hacer pasar la caña preparada por cilindros sumamente grandes y pesados (mazas) para extraer por compresión el jugo. El conjunto de tres masas (cañera, superior y bagacera) se denomina molino. La caña preparada pasa por varias mazas, en cada una de ellas se adiciona al bagazo agua o jugo residual de los últimos molinos, con la finalidad de extraer la mayor cantidad de jugo; este proceso recibe el nombre de *Saturación*. (Ver ilustración 2.3).



**Ilustración No.2. 3 Fase de Molienda (extracción del jugo) de la caña en los molinos.**

## 3. Clarificación:

El jugo extraído por los molinos es de color verde oscuro, turbio y ácido. A este se le adiciona cal, para neutralizar la acidez y propiciar la precipitación de todas las impurezas solubles e insolubles, mediante la formación de sales insolubles. Posteriormente el jugo alcalinizado se calienta hasta ebullición, lo que ocasiona la coagulación de la albúmina y parte de las grasas, ceras y gomas, lo cual produce un sedimento que incluye todos los residuos que se conocen como “lodos”. Estos lodos se eliminan al ser pasados por filtros continuos. El jugo recuperado en los filtros se introduce de nuevo al proceso; el residuo, conocido comúnmente como cachaza, se elimina y el jugo final se envía a los evaporadores.



#### **4. Evaporación:**

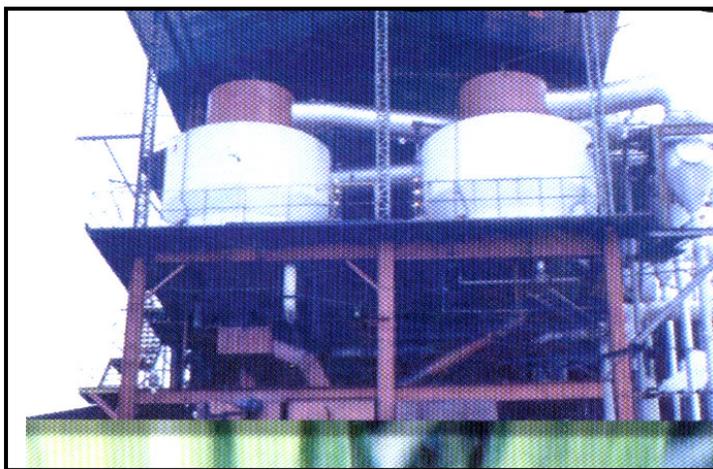
El jugo posee una considerable cantidad de agua, alrededor del 85%. En esta etapa del proceso se eliminan alrededor de dos terceras partes del agua mediante evaporadores.

El proceso consiste en evaporar el agua contenida en el jugo a través de un sistema de calderas lo cual permite obtener la meladura, con aproximadamente 65% de sólidos (35% de agua).

#### **5. Cristalización:**

Esta fase consiste en concentrar la meladura en unas estructuras conocidas como “tachos” empleando para ello vacío y un sistema de evaporación de “Efecto simple”. En el momento que queda saturada la meladura de sacarosa, se le introducen cristales de siembra que sirven como núcleo de formación a los cristales de sacarosa. Conforme se evapora el agua se va adicionando más meladura. (Ver ilustración 2.4)

Los cristales adicionales crecen sin que se formen otros adicionales; conforme se va llenando el recipiente, los cristales continúan aumentando de tamaño hasta alcanzar el deseado. Esta mezcla de cristales y meladura se concentra hasta que se forma una masa densa, la cual recibe el nombre de “Melaza”.



**Ilustración No.2. 4 Fase en la que se concentra la meladura en los tachos**

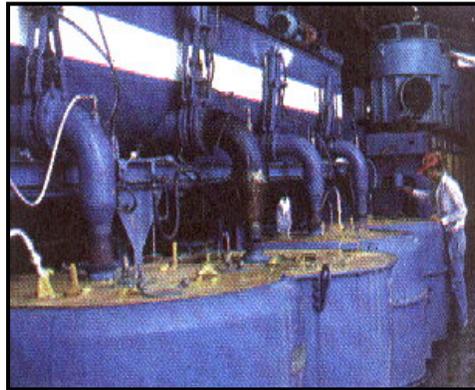


## 6. Centrifugación:

Consiste en hacer pasar la melaza por equipos giratorios (centrifugas), los cuales separan por centrifugación los cristales de sacarosa de la meladura, es decir, separar el azúcar de las mieles (Ver ilustración 2.5 y 2.6).

Estas mieles se clasifican de primera, segunda, y tercera calidad; el jarabe de primera y segunda vuelve a las calderas de evaporación, el jarabe de tercera o melaza pasa a unos tanques donde es almacenada para su venta posterior.

La sacarosa que se obtiene es la que se conoce como azúcar cruda y es la que se utiliza para exportación.



**Ilustración No.2. 5** Equipo utilizado para la separación de los cristales de sacarosa de la moledura por centrifugación.



**Ilustración No.2. 6** Momento en que se le adiciona agua para eliminar la moledura de la superficie de los cristales y así adquiere una coloración

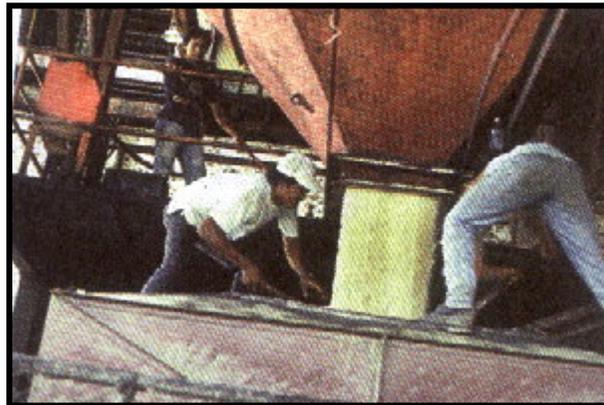


### **7. Elaboración de azúcar blanco:**

La variación para producir azúcar blanco, que es el que se consume en mayor proporción en el país, requiere de algunas variantes del proceso descrito. Estas consisten en sulfurar el jugo antes de la fase de clarificación para decolorar el jugo. También es necesario lavar mas con agua durante la centrifugación para eliminar la mayor cantidad de miel de la superficie de los cristales de sacarosa, por ultimo se seca y envasa.

### **8. Secado y Envasado:**

Finalmente el azúcar debe de pasar por un secador para eliminar la humedad. Este consiste en una estructura de forma cilíndrica rotatoria, en la que la sacarosa cae en forma de cascada y se le hace pasar aire caliente hasta secar el azúcar. Luego se pasa por *Cribas* y de ahí se envía a una tolva de envase. El azúcar crudo se transporta a granel. El azúcar Blanca se envasa en sacos de 50 Kg., los cuales son enviados a la Almacenadora del Pacifico (ALMAPAC) donde es distribuida. (Ver ilustración 2.7).



**Ilustración No.2. 7 Momento en que es llenado en cajones el azúcar crudo.**



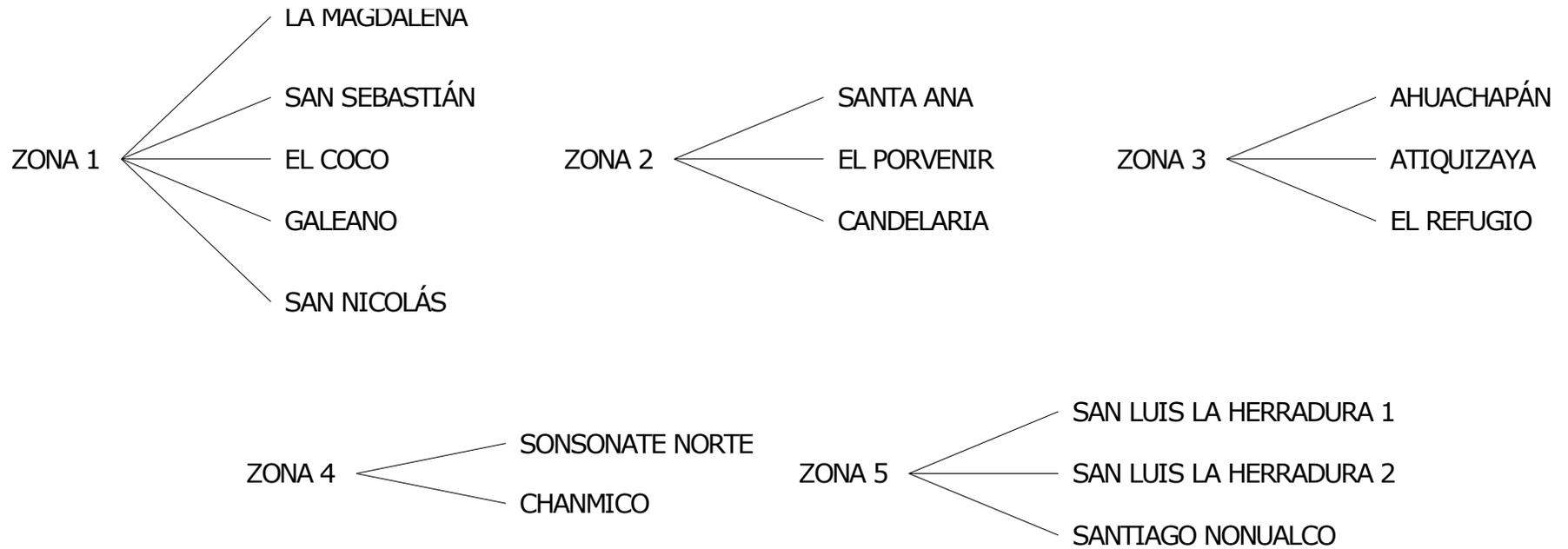
### **2.2.2 ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR**

Toda industria, para llevar a cabo sus operaciones, necesita administrar una serie de factores y elementos que conduzcan al éxito en sus labores. Un factor muy importante por mencionar consiste en la elección de proveedores de materia prima, los cuales deben ser seleccionados según una serie de condiciones entre las cuales se pueden mencionar: calidad que ofrecen, disponibilidad de entrega de sus mercancías, costo del flete, distancia entre proveedores y productores incluyendo la facilidad de traslado por vías de acceso.

Ingenio La Magdalena, por ser una empresa agroindustrial dedicada a la producción de azúcar, la principal materia prima que utiliza es la caña de azúcar, la cual contrata (ver anexo 3) de 5 zonas de producción establecidas en los departamentos de Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad y La Paz; siendo ésta el área de influencia de los productores de caña que posee el ingenio en estudio.

Cada una de éstas zonas de producción de caña, por su complejidad se dividen en subzonas para simplificar el trabajo a realizarse en cada una de ellas; tal es el caso de los diferentes tipos de variedades de caña que han de sembrarse por subzona, asimismo la distancia desde el ingenio hacia cada una de éstas y por consiguiente la tarifa de pago a transportistas por el traslado de dicha materia prima.

En la ilustración 2.8 se muestra el desglose de zonas y sub-zonas de producción de caña exclusivamente para ingenio La Magdalena. Cabe hacer mención que cada terreno posee determinadas características tales como: topografía específica, área destinada al cultivo de la planta y rendimiento agrícola promedio por zona. Estos factores se abordarán conforme se desarrolle esta sección.



**Ilustración No.2. 8 Desglose de Zonas y Subzonas Cañeras**



### **2.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS CAÑERAS**

Cada zona de producción de caña posee características particulares que se vuelven de suma importancia conocerlos dentro del sistema de manejo y transporte de esta materia prima, puesto que representan ciertas restricciones que limitan las operaciones del ingenio. Estas características se mencionan a continuación:

#### **A. ÁREA DESTINADA AL CULTIVO.**

A través de los años, los cañicultores han venido seleccionando tierras destinadas al cultivo de caña de azúcar debido a que es un factor muy importante que influye directamente en la calidad de esta planta. Una adecuada selección de tierras para la siembra ocasiona un mayor rendimiento y por consiguiente mayores ingresos para los productores de caña de azúcar, esto debido a que actualmente en nuestro país, el pago de esta materia prima por parte de los ingenios se realiza basándose en la calidad de la misma.

Actualmente, las zonas de producción de caña de azúcar del ingenio en estudio, poseen características propicias para obtener buenos resultados en la cosecha, por consiguiente, a esta materia prima, al proporcionársele cuidados adecuados durante su ciclo de vida, puede extraérsele un buen rendimiento que dependerá exclusivamente de las condiciones de la quema, corta y traslado de la misma hasta el ingenio azucarero.

Estas zonas varían en cantidad de superficie cultivada, por lo que en la tabla 2.2 se presenta el desglose del área (dada en manzanas de terreno por subzona) destinada al cultivo de caña de azúcar para proveer exclusivamente a ingenio La Magdalena.

#### **B. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO.**

Está relacionada con el grado de inclinación de la tierra respecto al plano horizontal. La inclinación (conocida comúnmente como pendiente) viene dada por un porcentaje que indica la relación entre una longitud vertical contra una horizontal (ver ilustración 2.9).

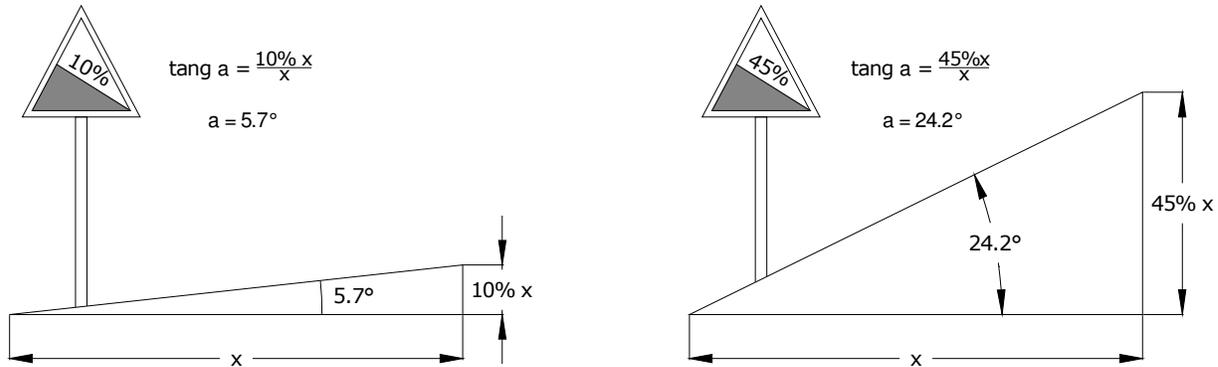


Actualmente, en el ingenio en estudio se manejan 3 clasificaciones de pendientes:

**PENDIENTE PLANA:** comprende inclinaciones que oscilan desde cero hasta 10%.

**PENDIENTE SEMIPLANA:** se refiere a declives desde 10% hasta 20%.

**PENDIENTE QUEBRADA:** implica inclinaciones mayores al 20%.



**Ilustración No.2. 9 Ejemplificación de pendientes a 10% y 45%.**

Cada zona de producción de caña posee determinadas pendientes sean éstas planas, semiplanas, quebradas o combinación de éstas. Sin embargo, actualmente se encuentra contabilizado por zona el porcentaje de área que contiene algunas de estas pendientes. Esta información se muestra en la tabla 2.1.

### C. DISTANCIA ENTRE INGENIO Y PROVEEDORES DE CAÑA DE AZÚCAR.

Este factor es considerado un elemento importante en el sistema de manejo y transporte de esta materia prima, ya que dependiendo la distancia hacia las diferentes sub-zonas y la condición actual de las vías de acceso, así será la tarifa de pago a los transportistas.

Cabe hacer mención que actualmente se encuentran legisladas estas vías de acceso y por lo tanto no pueden ser cambiadas, lo que indica que la distancia ingenio – zona cañera, debe ser respetada mientras dicha ley sea aplicable.



Estos caminos por los cuales deben transitar los vehículos de transporte de caña de azúcar se le conoce con el nombre de *ruta cañera*, y sus respectivas distancias a partir del ingenio se muestran en la tabla 2.2

**Tabla No.2. 2 Características de las zonas cañeras.**

ZONAS	SUBZONAS	AREA (MANZANAS)	PENDIENTE ( % )			DISTANCIA DE SUBZONA HACIA INGENIO (KM)
			PLANA	SEMIPLANA	QUEBRADA	
1	La Magdalena	1133	40	25	35	1
	San Sebastian	432.5	25	75	-	3
	El Coco	227.5	40	40	20	4
	Galeano	176.5	50	50	-	4
	San Nicolas	306.5	60	40	-	3
	<b>Sub-total</b>	<b>2276</b>				
2	Santa Ana	108	25	25	50	27
	El Porvenir	923	80	20	-	22
	Candelaria	18	100	-	-	24
	<b>Sub-total</b>	<b>1049</b>				
3	Ahuachapan	275.5	-	50	50	30
	Atiquizaya	170	20	50	30	24
	El refugio	292	20	30	50	12
	<b>Sub-total</b>	<b>737.5</b>				
4	Sonsonate norte	146	40	60	-	80
	Chanmico	266	-	100	-	60
	<b>Sub-total</b>	<b>412</b>				
5	Comalapa	540	100	-	-	130
	San luis la Herradura	80.6	100	-	-	130
	Santiago Nonualco	131.9	35	65	-	130
	<b>Sub-total</b>	<b>752.5</b>				

Fuente: Superintendencia de Campo. Ingenio La Magdalena, S.A.



### **2.2.2.2 EXISTENCIAS DE MATERIA PRIMA**

Debido a las exigencias de los ingenios azucareros de requerir caña de azúcar de buena calidad, estos procuran mantener reservas de variedades tempranas, intermedias y tardías, de tal forma que a esta principal materia prima se le pueda obtener un rendimiento aceptable proveniente del procesamiento de la misma en un punto aceptable de maduración.

Un adecuado balance de la cantidad de caña requerida de cada variedad contribuye a mejorar la productividad debido a que esta planta, al llegar a su punto máximo de maduración, es cuando es aconsejable que ésta sea procesada.

Si se proyecta que la maduración de la caña no alcance el nivel de calidad aceptado en el momento requerido, ésta puede ser provocada artificialmente a través de la implementación de químicos maduradores en los cañales.

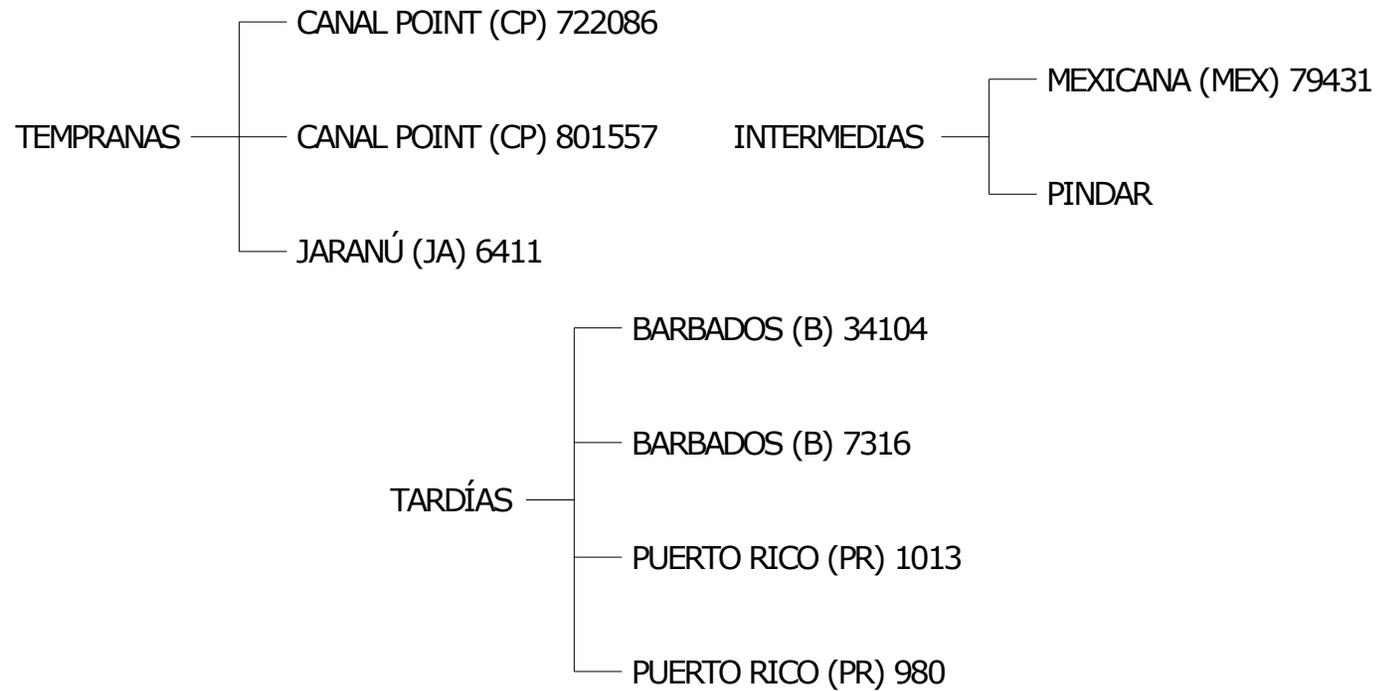
Actualmente, ingenio La Magdalena cuenta con un promedio de la cantidad (en toneladas) de cada variedad que debe plantarse por zona, cuya información ha sido estimada considerando el requerimiento de materia prima y el tiempo de maduración por variedad.

En cuanto la tabla 2.3, se muestra el promedio antes mencionado, el cual incluye el balance idóneo entre el tiempo de maduración por variedad y el requerimiento de caña de azúcar del ingenio. Aludiendo este último punto, la capacidad máxima de procesamiento del ingenio es de 3500 toneladas métricas de caña por día, lo cual implica que el suministro de dicha materia prima debe ser programada de tal manera que la oferta de los productores de caña debe adaptarse a la demanda del ingenio.

El ingenio en estudio, hoy en día utiliza 9 variedades para su procesamiento, cuya simbología varietal se define según se muestra en la siguiente ilustración



**Ilustración No.2.10 Variedades de caña de azúcar utilizadas por ingenio La Magdalena para producción de azúcar.**





**Tabla No.2. 3 Tipo y cantidad de variedad de caña de azúcar cultivada por zona**

ZONA	VARIETADES CULTIVADAS									TOTAL (toneladas métricas)
	TEMPRANAS			INTERMEDIAS		TARDÍAS				
	CP 722086	CP 801557	JA 6411	MEX 79431	PINDAR	B 34104	B 7316	PR 1013	PR 980	
La Magdalena	1,240.00	1,876.00	750	400	---	---	44,575.00	12,941.00	8,160.97	69,942.97
San Nicolás	916	---	---	---	---	---	---	13,986.00	290	15,192.00
El Coco	340	---	---	---	---	---	---	11,740.00	1,585.00	13,665.00
San Sebastián	428	---	---	---	---	---	---	21,306.00	5,055.00	26,789.00
Galeano	231	---	---	---	---	---	---	5,809.00	322	6,362.00
<b>Total zona 1</b>	<b>3,155.00</b>	<b>1,876.00</b>	<b>750</b>	<b>400</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>44,575.00</b>	<b>65,782.00</b>	<b>15,412.97</b>	<b>131,950.97</b>
El Porvenir	2,531.80	9,657.10	---	1,821.30	10,541.62	1,355.14	---	27,441.30	---	53,348.26
Candelaria	---	1,831.15	---	---	---	---	---	---	---	1,831.15
Santa Ana	4,999.36	---	---	---	---	---	---	---	---	4,999.36
<b>Total zona 2</b>	<b>7531.155</b>	<b>11,488.25</b>	<b>---</b>	<b>1,821.30</b>	<b>10,541.62</b>	<b>1,355.14</b>	<b>---</b>	<b>27,441.30</b>	<b>---</b>	<b>60,178.76</b>
Ahuachapán	5,465.12	---	---	1,560.09	---	---	1,978.12	4,996.60	---	13,999.93
El Refugio	3,951.08	---	355.13	---	---	---	---	9,441.38	---	13,747.59
Atiquizaya	1,531.13	2,513.13	---	---	---	---	---	5,939.55	---	9,983.80
<b>Total zona 3</b>	<b>10,947.33</b>	<b>2,513.13</b>	<b>355.13</b>	<b>1,560.09</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>1,978.12</b>	<b>20,377.53</b>	<b>---</b>	<b>37,731.32</b>
Sonsonete N.	14,000	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Chanmico	11,167.60	---	---	700	---	---	---	2,000.00	---	---
<b>Total zona 4</b>	<b>25,167.76</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>700</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2,000.00</b>	<b>---</b>	<b>27,867.76</b>
Comalapa	37,842.67	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sn. Luis H.	5,650	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Santiago N.	9,377	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Total zona 5</b>	<b>52,869.66</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>52,869.66</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>99,670.90</b>	<b>15,877.38</b>	<b>1,105.13</b>	<b>4,481.39</b>	<b>10,541.62</b>	<b>1,355.14</b>	<b>46,553.12</b>	<b>115,600.83</b>	<b>15,412.97</b>	<b>310,598.46</b>



### 2.2.2.3 RENDIMIENTO AGRÍCOLA

Los productores de caña, año con año siempre buscan ir mejorando el cuidado de sus plantaciones, puesto que es para ellos un elemento importante que incide en el logro de buenos beneficios de la cosecha. Por consiguiente, el mantenimiento dado a la planta afecta al rendimiento que pueda ser obtenido de la misma.

De esta forma, el rendimiento agrícola es la cantidad de azúcar que se le puede extraer a cada tonelada de caña antes del corte y traslado de la misma hacia los ingenios. Cabe mencionar que esta información es obtenida a través de pruebas de campo por medio de un instrumento de medición llamado polarímetro.

Las zonas actuales que proveen dicha materia prima a ingenio La Magdalena poseen sus propios programas de mantenimiento, los cuales son controlados por los agrónomos que laboran en dicha institución.

La empresa en análisis cuenta con el registro del rendimiento agrícola, para lo cual, se ha estimado un promedio general de 250 libras por tonelada de caña. Este ponderado, es generalizado para las diferentes variedades utilizadas y considera las condiciones climáticas dadas en los países tropicales incluyendo El Salvador.

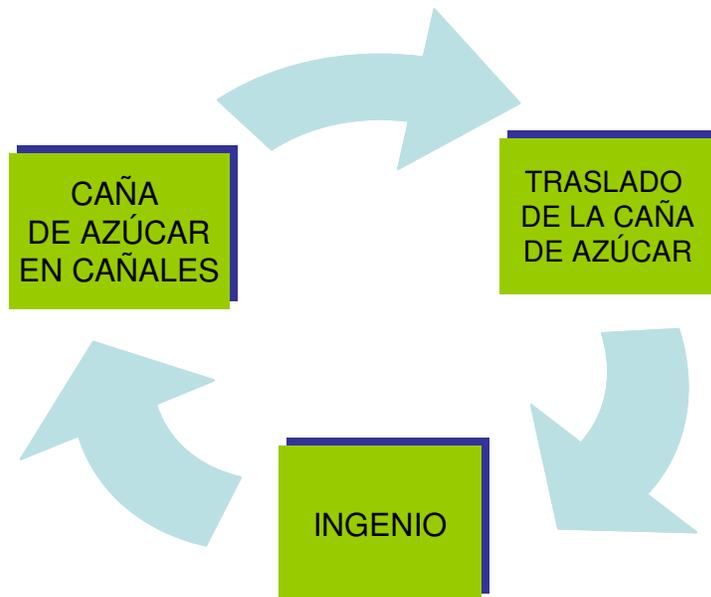
En la sección 1.2.7, se incluyó una gráfica de rendimiento según los días de atraso desde el momento en que la caña es cortada hasta su procesamiento. Por lo tanto, el promedio de 250 libras por tonelada de caña equivale al 100% presentado en dicha gráfica.

El rendimiento agrícola real de cada zafra y de cada variedad, se han mantenido próximos a este promedio, notando constante el comportamiento de ciertos factores que influyen directamente en el rendimiento de campo, entre los cuales se pueden mencionar: cuidados durante su ciclo de vida y comportamiento climático libre de desastres naturales (tales como inundaciones, huracanes y depresiones naturales que impliquen daño en la cosecha).



### 2.2.3 SISTEMA DE MANEJO Y TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR

Cada uno de los ingenios de El Salvador, cuenta con un sistema de transporte (ver ilustración 2.11), especializado para llevar desde las plantaciones de caña de azúcar hasta el ingenio la principal materia prima en el proceso de elaboración del azúcar, como lo es la caña de azúcar.



**Ilustración No.2. 11 Sistema de Transporte de Caña de azúcar**

Para realizar las diferentes actividades del transporte de caña, Ingenio La Magdalena, s.a. efectúa una planeación de las actividades tanto agrícolas como productivas las cuales incluye en un plan Pre-Zafra, a continuación se describirán solamente las actividades que competen al sistema de transporte las cuales son:

1. Programación de la época en que se comenzará y terminará la cosecha, teniendo en cuenta el estado del clima y el suelo, disponibilidad de maquinaria y mano de obra.



2. Estimación del rendimiento de la caña sembrada a través de muestreos, para determinar el orden correlativo de las cosechas en cada zona.

3. Estimación de la cantidad de transporte y cargadoras necesarias (ver tabla 2.4) para garantizar que la caña pueda ser trasladada hacia el ingenio sin demora Donde se incluye lo siguiente:

- *Cuota diaria de caña a solicitar por cada zona.* Se proyecta en base a la cantidad de caña que estará en su punto óptimo de maduración, teniéndose en consideración la molienda que deberá ser de 3,500 toneladas diarias.
- *Número de vehículos necesarios para transporte.* Se promedia el tonelaje que cada tipo de vehículo debe cargar, y se relaciona con el tipo de caña que se trasladará, esto para poder establecer cuantos vehículos de cada tipo deben enviarse a las diferentes zonas.
- *Viajes por unidad cada 24 horas.* Se toma en cuenta la distancia que recorrerán y condiciones de fatiga para el transportista.
- *Número de cargadoras.* Se toma en cuenta la capacidad que estas pueden cargar en una día y la cantidad de caña sembrada en las distintas zonas, para luego distribuir las 6 cargadoras propias del ingenio y 5 particulares (sub-contratadas)

**Tabla No.2. 4 Requerimiento de cargadoras y vehículos**

ZONA	CUOTA/DIA TONELADA	NUMERO DE VEHICULOS NECESARIOS PARA TRANSPORTE				VIAJES/ UNIDAD C/24 HORAS	NUMERO DE CARGADORAS	
		RASTRA	CAMION 3 EJES	CAMION 2 EJES	CAMION CAÑA CORTA		INGENIO	PARTICULAR
1	700	7	2	3	30	2		3
2	700	11	1	1		2		2
3	700	6	10	6	20	2	2	
4	500	13				1.5	2	
5	600	24				1	2	
<b>TOTAL</b>	<b>3200</b>	<b>61</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>50</b>		<b>6</b>	<b>5</b>

Fuente: Superintendencia de Campo, Ingenio La Magdalena, s.a.



4. Inspección de los vehículos de transporte de caña, teniendo en cuenta el medio de transporte a utilizar y las medidas de seguridad tanto para el producto como para las personas.

5. Gestión de los recursos humanos disponibles para la cosecha. Considerando la cantidad de personal disponible para rozar caña corta y caña larga en las diferentes zonas.

6. Determinación de un plan de acción para la prevención de quemas no programadas en conjunto con el cuerpo de bomberos, asociación azucarera, gobierno central y municipal y las comunidades.

7. Control y aplicación de las normas de seguridad e higiene en el trabajo (rozado y traslado de la caña) y de protección del medio ambiente.

Todas estas actividades son las que se realizan en el sistema de transporte, relacionadas con determinadas características y requisitos que se deben cumplir para poder transportar la caña de azúcar, las cuales son:

1. Características de los vehículos de transporte
2. Señalización de los vehículos de transporte
3. Recurso humano
4. Sistema de Rutas para el transporte

Dichos factores deben ser conjugados de la mejor manera posible para lograr llevar la caña sin demora hacia el ingenio y así no arriesgar el rendimiento de esta. Además se debe medir los recursos que se han utilizado para el logro de dicho objetivo, para lo cual se incluirá el apartado con los resultados obtenidos en Zafra 2003/04, este y los cuatro anteriores se detallan a continuación

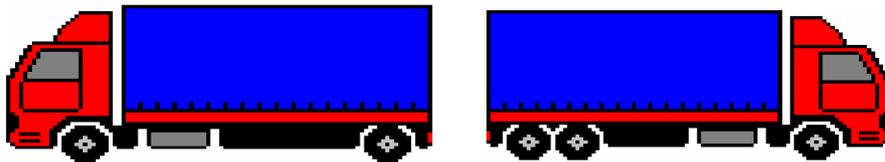


### 2.2.3.1 CARACTERISTICAS DE VEHICULOS DE TRANSPORTE

En ingenio La Magdalena, S.A. se transportan alrededor de 300,000 toneladas de caña de azúcar al año, esto lo hace a través de diferentes tipos de vehículos dependiendo de: la topografía del terreno, el tipo de rozado que se le haga a la caña y de la cantidad que se desea trasladar hacia el ingenio.

Algunas áreas son de difícil acceso, por lo que el transporte se realiza por medio de camiones, carretas o tractores ya que son estos los únicos medios que pueden ingresar a este tipo de terrenos, dejándose las rastras para los terrenos planos o semiplanos. En conjunto todos estos vehículos forman parte del sistema de transporte los cuales tienen características técnico-económicas muy particulares que bajo determinadas condiciones operativas y de explotación se vuelven indispensables para el ingenio por lo que a continuación se presentan los vehículos más utilizados durante la zafra 2003/04.

#### A. CAMIONES



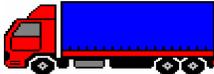
**Ilustración No.2. 12 Camión**

Son vehículos grandes y fuertes con potencia en su motor de 380 cv a 1900 rpm generalmente, que pueden poseer desde 2 a 3 ejes en su sistema de rodamiento (ver ilustración 2.12), por lo que son utilizados para ingresar a terrenos semiplanos y quebrados.

La cantidad de tonelaje que los camiones pueden trasladar esta regulado por el VMT, en su reglamento de transporte terrestre de carga, lo cual se muestra en la siguiente tabla.



**Tabla No.2. 5 Longitud y peso máximo permisible por tipo de camión**

Tipo de camión	Esquema del camión	Peso Máximo Autorizado			
		1er Eje	2do Eje	3er Eje	Peso Total (toneladas)
C-2		4.85	9.9		<b>14.85</b>
C-3		5.5	17.6		<b>23.1</b>
			8.8	8.8	

Fuente: Reglamento de transporte terrestre de carga, Viceministerio de transporte.

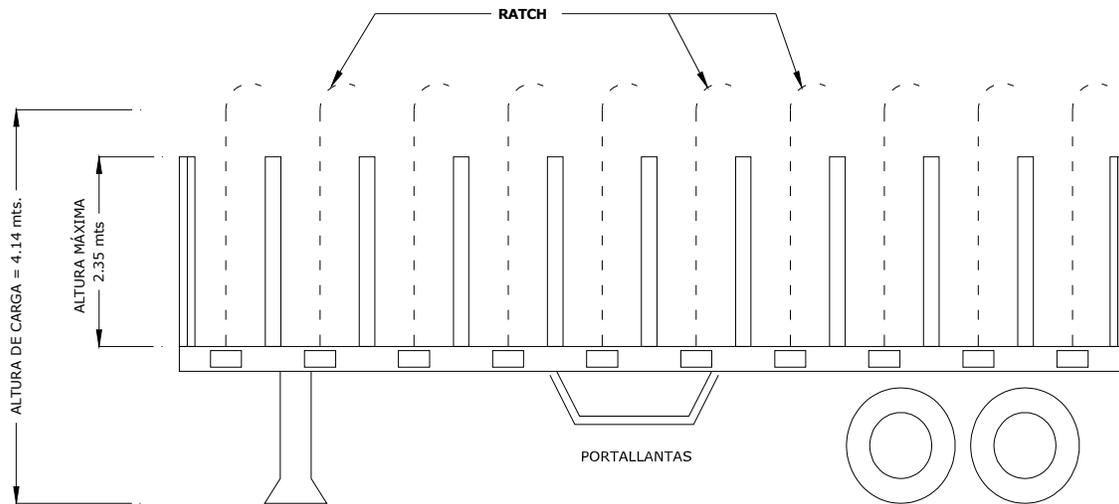
Existen dos divisiones dentro de este tipo de vehículos, relacionada con el tipo de caña que pueden trasladar las cuales son:

**A. 1 CAMIÓN PARA CAÑA LARGA**



**Ilustración No.2. 13 Camión 2 ejes**

Los camiones de caña larga según se muestra en la ilustración No. 2.13, pueden poseer dos ejes y tres ejes respectivamente, su parte trasera esta constituida por barrotes y cadenas (ratch) ver ilustración 2.13, donde va depositada la caña, la cual es ordenada en forma de rollos para mayor seguridad durante su traslado, se procura formar 4 rollos por camión, mediante la cargadora quien es la encargada de colocar la caña dentro de estos vehículos. Su descarga se realiza por medio de las grúas que se encuentran instaladas dentro del Ingenio.



**Ilustración No.2. 14 Diseño de plataforma para camiones y rastras de caña larga**

## A.2 CAMIÓN PARA CAÑA CORTA



**Ilustración No.2. 15 Camión para caña corta**

Los camiones que pueden trasladar caña corta poseen dos ejes y su parte trasera se encuentra constituida por un enrejado que generalmente es de madera, como se muestra en la ilustración 2.15.

Estos vehículos son cargados por las mismas personas que realizan el rozado de la caña, de ahí proviene que a este llenado se le denomine “cargado manual”; y es debido a esto que deben descargarse mediante el sistema de volqueo.



**B. RASTRAS**



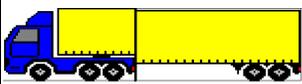
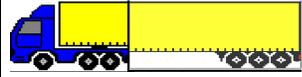
**Ilustración No.2. 16 Rastra de 3 ejes**

Son vehículos largos y fuertes (ver ilustración 2.16), que pueden manejarse sobre terrenos planos y semiplanos, los cuales se encuentran constituidos de una plataforma y un cabezal llamados en conjunto Rastra.

La plataforma esta constituida por barrotes de hierro y cadenas (ratch) con las cuales se asegura la caña en rollos colocada mediante cargadoras en dicha plataforma (ver ilustración 2.14 debido a que el diseño de plataforma es el mismo para camiones y rastras) ; El sistema de descarga para las rastras es por medio de grúas.

Estos vehículos según el Reglamento de transporte terrestre de carga del Viceministerio de transporte, pueden soportar determinados tonelajes con base al número de ejes que posean, dicha clasificación se muestra a continuación en la tabla 2.6,

**Tabla No.2. 6 Longitud y peso máximo permisible por tipo de rastra**

Tipo de Rastra	Esquema del Vehiculo	Peso Máximo Autorizado (Toneladas)						Peso Total (TN)
		1er Eje	2do Eje	3er Eje	4to Eje	5to Eje	6to Eje	
T3-S2		5.5	17.6		17.6		40.7	
			8.8	8.8	8.8	8.8		
T3-S3		5.5	17.6		26.4		49.5	
			8.8	8.8	8.8	8.8		8.8

Fuente: Reglamento de transporte terrestre de carga del Viceministerio de transporte



### C. GÓNDOLAS ARRASTRADAS POR TRACTOR



a)

b)

**Ilustración No.2.17 Tractor con góndola**

Las góndolas (a) son vagones en los cuales se transporta la caña de azúcar y los tractores (b) son vehículos automotores provistos de ruedas que se adhieren fuertemente al terreno (ver ilustración 2.17).

Los tractores son utilizados en terrenos semiplanos y quebradas, a distancias menores a 3 kilómetros entre la zona de producción de caña y el ingenio. Su capacidad de carga es de 8 a 7 ½ toneladas por góndola las cuales son llenadas mediante cargadoras, llevando de 2 a 3 góndolas por tractor. El método de descarga es mediante grúas debido a que trasladan caña larga.

### D. CARRETAS



**Ilustración No.2. 18 Carretas**

Son carros de madera constituidos por dos ruedas, varandales y un yugo (madero largo), que sirve para sujetar a las bestias de cargas que usualmente son bueyes (ver ilustración 2.18).



Estas carretas deben ser guiadas por una persona durante su traslado de un lugar a otro el cual no debe ser mayor a tres kilómetros entre el ingenio y la zona donde se encuentra sembrada la caña, su capacidad de carga es de 2 a 1 ½ toneladas de caña corta por viaje. Generalmente son utilizadas en terrenos semiplanos y quebradas debido a su fácil manejo.

Para poder ingresar al ingenio deben reunirse tres unidades debido a políticas establecidas por el Ingenio, relacionadas con su peso y su descarga; dicha descarga se realiza manualmente mediante la persona que guía la carreta

### **2.2.3.2 SEÑALIZACION DE LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE**

Los vehículos transportadores de caña deben cumplir, según el Vice-Ministerio de transporte, Dirección General de transporte terrestre con una resolución, extendida exclusivamente para este sector (ver anexo 5), en dicha resolución se incluye la señalización que los vehículos deben poseer cuando trasladen la caña de azúcar, las cuales son:

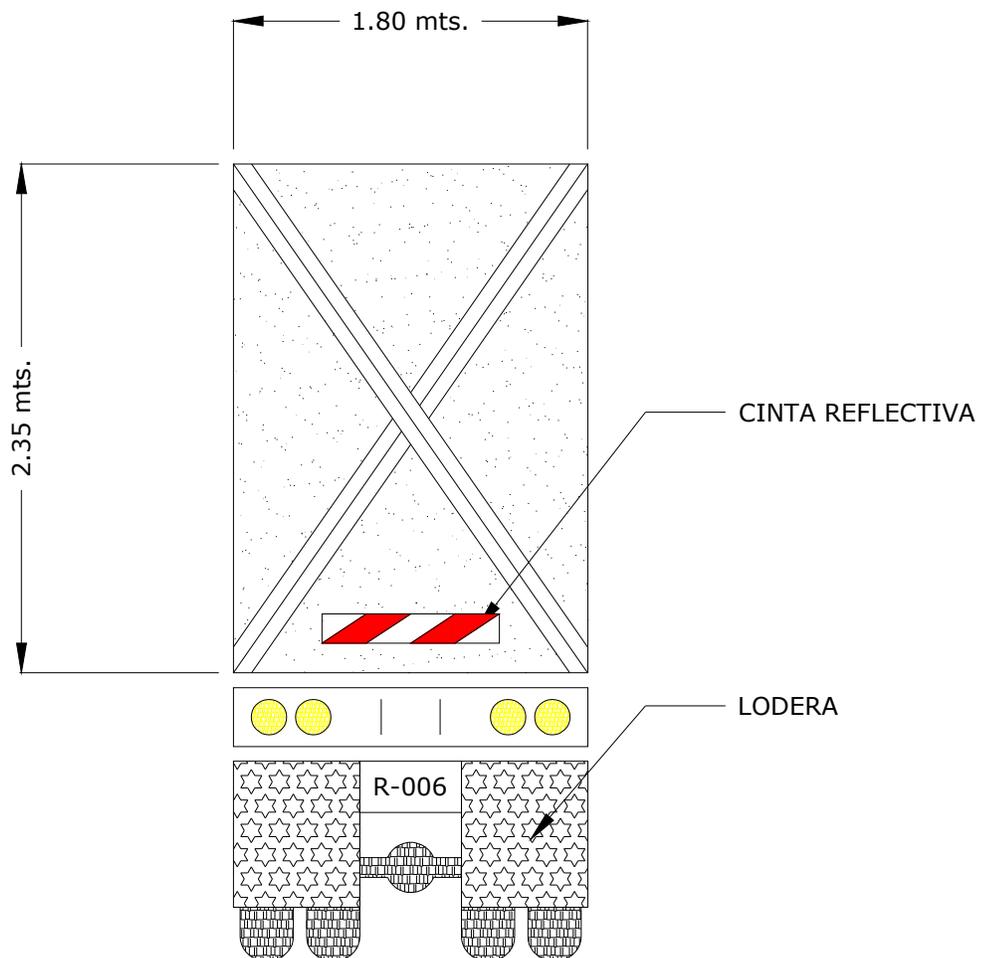
1. Poseer cintas reflectivas grado diamante en las partes traseras y laterales de la unidad.
2. Poseer sus respectivas loderas, en los ejes traseros.
3. Tener patas en buen estado, capaces de sostener la plataforma
4. Portar triángulos reflectivos o conos, en caso de inconvenientes en la vía pública.
5. La profundidad del grabado de las llantas no debe ser inferior a los 4 milímetros, además debe poseerse una llanta de refacción que cumpla con los mismos requisitos.
6. La unidad deberá portar un certificado extendido por el taller autorizado (ver anexo 6), que asegure el buen estado del sistema eléctrico, mecánico, sistema de frenos, motor, mecanismo de dirección y demás piezas necesarias para el buen funcionamiento de la unidad.



7. Colocar tapadera metálica en la parte delantera y trasera de la plataforma a una altura máxima de 2.35 metros y como mínimo 1.80 metros, medidos desde la superficie de la misma (ver ilustración 2.19).

8. Detallar la siguiente información en la unidad (ver ilustración

- a) “Precaución virajes amplios”, con un tamaño mínimo de 7x4 cm.
- b) “Guarde su distancia”
- c) La identificación del ingenio, con sus respectivas siglas: LM



**Ilustración No.2.19 Señalización de los vehículos de transporte**



#### 2.2.3.4 SISTEMA DE RUTAS

Este sistema abarca los aspectos de: rutas de acceso, tarifas asignadas a las rutas de acceso de las diferentes zonas donde se encuentra plantada la caña de azúcar y la limpieza que deberá realizar en dichas rutas, a continuación se presentan con mayor detalle.

##### A. RUTAS DE ACCESO A LAS ZONAS CAÑERAS

Para que los vehículos que transportan la caña de azúcar puedan llegar a su destino (ingenio) sin inconvenientes, deben trasladarse a través de recorridos establecidos por el Viceministerio de Transporte, estos son llamados “Rutas Cañeras” (ver tabla 2.7) y fueron creados con el fin de evitar congestionamientos y accidentes en las vías de tránsito.

**Tabla No.2. 7 Rutas de acceso a las zonas cañeras.**

ZONAS	RECORRIDO
1	Calle chalchuapa – cantón el Coco
2	Autopista santa Ana - Ahuachapán
3	Autopista Ahuachapan – Chalchuapa
4	Autopista san salvador – Chalchuapa
5	Autopista comalapa - Chalchuapa

Fuente: Superintendencia de Campo, Ingenio La Magdalena, S.A.

##### B. LIMPIEZA DE RUTAS CAÑERAS

Esta limpieza se planifica en conjunto con todos los Ingenios del país, con el objetivo de recolectar la caña y los residuos que van cayendo de los vehículos que transportan dicho cultivo, estos residuos deberán ser devueltos a los ingenios más cercanos para su procesamiento. Esto con el fin de minimizar los accidentes y mantener en buenas condiciones la red vial.

Para ingenio La Magdalena, S.A. los trayectos de carretera asignados son: Sitio el niño, Santa Ana, San Cristóbal, Chalchuapa, Ahuachapán y El tigre.



### C. TARIFAS POR RUTAS CAÑERAS

El pago para los transportistas que conducen los diferentes tipos de vehículos, depende de la distancia desde el ingenio hacia las zonas de producción de caña y del tipo de caña que estén trasladando es decir si es caña larga o caña corta. Estos pagos se encuentran estandarizados de acuerdo con las zonas de producción de caña y se presentan a continuación:

**Tabla No.2. 8 Tarifa de rutas cañera**

SUBZONA	TARIFA EN DOLARES	
	Caña Larga	Caña Corta
La Magdalena	1.6	2.51
San Sebastian	1.83	4
El coco	2.29	4
Galeano	2.29	4
San Nicolas	1.71	3.43
Santa Ana	2.97	4.57
El Porvenir	2.51	4.57
Candelaria	2.97	4.57
Ahuachapán	3.43	5.71
Atiquizaya	3.09	3.14
El Refugio	2.29	4.57
Sonsonate Norte	4.57	---
Chanmico	3.89	---
Comalapa	7.43	---
San Luis La herradura	7.43	---
Santiago Nonualco	7.43	---

Fuente: Superintendencia de Campo, Ingenio La Magdalena, S.A.



### 2.2.3.5 RECURSOS REQUERIDOS DURANTE LA ZAFRA 2003/04

En esta sección se describirán los recursos que necesitó el sistema de transporte, durante la zafra 2003/04, para su operación

#### A. RECURSO HUMANO

El recurso humano constituye el medio que administra el sistema de transporte, a continuación se describen los puestos correspondientes a dicho sistema:

1. *Jefe de Transporte.* Es el encargado de realizar la planeación y organización del sistema de transporte antes que comience el periodo de zafra y durante esta se encarga de su dirección, dicho cargo es asignado al superintendente de campo.

2. *Encargado del transporte.* Durante la zafra se contrata una persona adicional quien dirigirá a los transportistas, es decir asignará los destinos (zonas cañeras) hacia los cuales deberán ir a recoger la caña.

3. *Encargados de zona.* Son quienes verifican que la caña se encuentre en su punto óptimo de maduración para poder rozarla, además tienen la responsabilidad de asignar las cargadoras necesarias para poder cargar la caña en los vehículos de transporte.

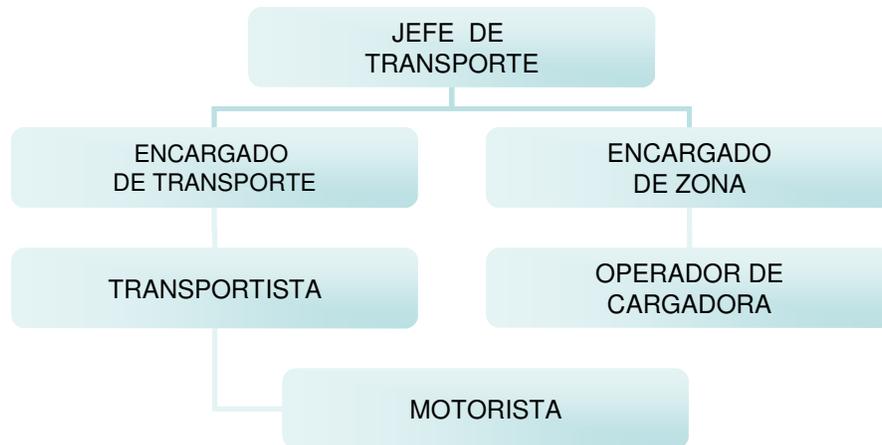
4. *Transportistas:* Son quienes aportarán los vehículos de transporte, ya que para el caso particular del Ingenio La Magdalena, S.A., este rubro es subcontratado, lo cual se efectúa mediante un contrato (ver anexo 7) con el cual se detallan las obligaciones tanto para el transportista como para el ingenio.

5. *Motorista.* Son los encargados de llevar la conducción de los vehículos de transporte, estos son contratados por los transportistas y es obligación de ellos su remuneración.

6. *Operador de la cargadora.* Son quienes manipulan las cargadoras en las zonas cañeras.



A continuación se presenta el organigrama para el sistema de transporte antes descrito, cabe hacer mención que este funciona solo durante la zafra, puesto que no existe en la estructura organizacional una instancia definida para dicho sistema, pero estas funciones son atribuidas a la Superintendencia de Campo quien hasta el momento ha sido el encargado de realizarlas.



**Ilustración No.2.20 Organigrama del Sistema de Transporte Ingenio La Magdalena, S.A.**

## B. RECURSOS FISICOS

Los recursos que se describen a continuación son los que el ingenio necesita para trasladar la caña desde las zonas cañeras hasta el ingenio.

### B.1. Vehículos de transporte de caña.

El servicio de transporte, se obtuvo por subcontratación (outsourcing) con micro-empresarios y comerciantes independientes de transporte.

Para el periodo de zafra 2003/04, fueron requeridos *180 unidades* en total, de las cuales 100 vehículos se utilizaron para trasladar caña corta y 80 vehículos para trasladar caña larga, trasladando con dichos vehículos un total de 310,598.46 toneladas de caña.



A continuación se muestra una tabla con el número viajes realizados por los diferentes vehículos de transporte:

**Tabla No.2. 9 Número de viajes realizados para la zafra 2003/04**

Tipo de vehículos	Número de viajes	Toneladas
Camión	10,936	112,589.57
Rastra	6,426	190,747.98
Tractor	391	3,906.71
Carreta	1,037	3,354.22
<b>TOTAL</b>	<b>18,790</b>	<b>310,598.46</b>

Fuente: Jefatura de pago por calidad, ingenio La Magdalena, S.A.

## B. 2. Cargadoras

Para cargar el total de toneladas de caña, en los vehículos de caña larga fueron necesarias 11 cargadoras, de las cuales 6 son propiedad del Ingenio en estudio y 5 son subcontratadas. Su ubicación al inicio de la zafra se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla No.2. 10 Ubicación de las cargadoras al inicio de la zafra 2003/04**

ZONA	NUMERO DE CARGADORAS	
	INGENIO	SUBCONTRATADAS
1		3
2		2
3	2	
4	2	
5	2	
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

Fuente: Superintendencia de Campo, Ingenio La Magdalena, S.A.



## **2.2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANEJO Y TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR**

Es necesario aclarar que el desarrollo del presente trabajo de grado esta enfocado a la optimización de esta etapa del proceso de Producción del azúcar por lo que se le dará mayor énfasis en su descripción.

### **2.2.4.1 SECUENCIA DE ACTIVIDADES**

Para llevar a cabo el proceso del manejo y transporte de la caña de azúcar, es necesaria la realización de las siguientes actividades:

1. Muestreo Pre- zafra
2. Retiro del follaje de la caña
3. Rozado de la caña
4. Cargado de la caña
5. Traslado de la caña hacia el ingenio
6. Recepción de la materia prima
7. Pesado de la caña
8. Muestreo de Calidad de la caña
9. Descarga de la caña
10. Tara

### **2.2.4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

A continuación se presenta la descripción operacional de cada una de las actividades antes descritas.



**Tabla No.2. 11 Descripción de las Actividades**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN VISUAL
<b>Muestreo pre-zafra</b>	Consiste en la verificación del rendimiento de la caña de azúcar en campo.	
<b>Retiro del follaje de la caña</b>	Consiste en eliminar las hojas, basura y materia prima extraña de la caña esta operación puede realizarse mediante la quema de los cañales o retirando el follaje manualmente.	 
<b>Corta de la caña</b>	Consiste en cortar a nivel del suelo la caña sembrada, la cual deberá ser apilada a un costado del surco	
<b>Cargado de la caña (manual)</b>	Consiste en retirar del campo la caña cortada y colocarla en los vehículos que la transportarán hacia el ingenio, mediante personas	



**Tabla No.2.11 Descripción de las Actividades**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN VISUAL
<p><b>Cargado de la caña (mecanizado)</b></p>	<p>Consiste en retirar del campo la caña cortada y colocarla en los vehículos que la transportarán hacia el ingenio, mediante el uso de cargadoras.</p>	
<p><b>Traslado de la caña al ingenio</b></p>	<p>Consiste en conducir el vehículo hacia el ingenio con la carga de caña requerida por dicho vehículo.</p>	
<p><b>Recepción de la caña</b></p>	<p>Consiste en estacionar el vehículo con caña fuera del ingenio mientras se autoriza la entrada de éste al mismo.</p>	
<p><b>Pesado de la caña</b></p>	<p>Consiste en pesar el vehículo que ingresa al ingenio para contabilizar la cantidad de caña de cada entrega, información que se emplea para calcular el pago al productor.</p>	



**Tabla No.2.11 Descripción de las Actividades**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN VISUAL
<p><b>Muestreo de la calidad de la caña</b></p>	<p>Consiste en la ejecución de pruebas de laboratorio para conocer la composición de la caña con el fin de obtener el número teórico de rendimiento de ésta.</p>	
<p><b>Traslado a parqueo provisional</b></p>	<p>Consiste en conducir el vehiculo hacia el patio tres, donde éste deberá esperar su turno para descargar la carga que traslada.</p>	
<p><b>Descarga de la caña</b></p>	<p>Consiste en retirar la caña de azúcar de los vehículos mediante grúas (caña larga) o equipo de volqueo (caña corta) y trasladarla hacia las mesas alimentadoras.</p>	
<p><b>Tara</b></p>	<p>Consiste en pesar el vehiculo de transporte vacío, para obtener el tonelaje real de caña que este ingreso al ingenio</p>	



### 2.2.4.3 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS

En esta sección se presentan especificaciones sobre las actividades descritas en la sección 2.2.4.2., siguiendo el orden correlativo de la secuencia de operaciones, dichas especificaciones se muestran a continuación.

<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>ACTIVIDAD: MUESTREO PRE – ZAFRA</b>
<p>El supervisor de la zona cañera toma una muestra al azar de una caña, de los lotes que se sabe por su edad que se encuentran listos para ser rozados, Para obtener esta muestra, se mide en la parte inferior de la planta tres nudos hacia arriba del centro geométrico de esta y se extrae jugo mediante una cuchara, dicho jugo se introduce en la superficie del prisma del refractómetro, luego se verifican los grados de brix que este jugo contiene, en la pantalla del aparato y se anota. Esta operación se repite para la parte superior donde se miden tres nudos hacia abajo; luego se extrae jugo; para evitar cualquier error en la medición se lava la cuchara con el mismo jugo de la parte que se desea muestrear. Los resultados obtenidos se hace una operación matemática (división), siendo el numerador el valor obtenido de la parte superior y el denominador el resultado obtenido de la parte inferior, esta razón da como resultado el porcentaje de sacarosa que posee en ese momento la caña de azúcar.</p>
<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>ACTIVIDAD: RETIRO DEL FOLLAJE DE LA CAÑA CON QUEMA</b>
<p>Inicialmente se debe preparar el terreno, definiendo el sector a ser quemado del área total de cultivo. Esto se logra mediante la creación de brechas. El fuego debe iniciarse en el lugar opuesto a la dirección del viento, colocándolo mediante antorchas forjadas del mismo follaje seco de la caña; avanzando en forma lenta, realizando el encendido por puntos cada 8 ó 10 metros de largo. Cuando el fuego del lado opuesto al viento ha ingresado lo suficiente, se hace lo mismo por los bordes y por último en el lado donde se tiene el viento a favor. La condición ideal para hacer la quema es cuando el viento se encuentra calmado, para que sea lenta. El tiempo entre la quema y el ingreso de personal de corta manual debe ser lo suficiente para que este pueda laborar sin dificultad por las brasas, pero sólo el necesario para evitar que la caña no se deteriore.</p>



### DESCRIPCION DEL METODO

#### ACTIVIDAD: *RETIRO DEL FOLLAJE DE LA CAÑA EN FORMA MANUAL*

Para llevar a cabo esta actividad es necesario cortar primero la caña, debido a que la longitud de ésta puede llegar a alcanzar 3 a 6 metros de altura con un diámetros de 2.5 centímetros, lo cual dificulta al rozador el retiro del follaje. Una vez que la caña ha sido cortada se procede a eliminar mediante un machete, la mayor cantidad posible de materia extraña de tal manera que los tallos queden lo más limpios posible, sin hojas (verdes o secas), cogollos, raíces, tierra, malezas, piedras, tallos secos o cualquier otro tipo de material al que no se le pueda extraer sacarosa de manera rentable.

### DESCRIPCION DEL METODO

#### ACTIVIDAD: *CORTA DE LA CAÑA EN FORMA MANUAL*

El corte es una técnica que esta basada en una herramienta cortopunzante (machete). La condición ideal para efectuar el corte, es la que permite a la caña permanecer erecta después de la quema; sin embargo, en muchas ocasiones no es así y se dificulta la labor. El operador, para iniciar el corte debe buscar primero la mejor posición. Si la plantación tiene los tallos inclinados hacia el cortador deberá comenzar por el lado opuesto; cuando los tallos se encuentran postrados hacia la izquierda comienza por la derecha y, si ocurre lo opuesto, por la izquierda. Como medida de seguridad personal, el pie debe colocarse en posición opuesta a la mano con que se sostiene el machete, para evitar heridas (si la herramienta se toma con la mano derecha, el pie izquierdo debe ir atrás). Para iniciar el corte, se cuentan los surcos de izquierda a derecha hasta el número 5. Se comienza cortando en el 2 y seguidamente el 1. Entre la ruma y la caña se deja un espacio suficiente para facilitar el trabajo del operador.

### DESCRIPCION DEL METODO

#### ACTIVIDAD: *CARGADO DE LA CAÑA MANUAL*

Una vez que la corta ha terminado, se procede a trasladar la caña hacia los vehículos que la transportaran hacia el ingenio. esta labor se realiza en forma manual, formando rollos de 50 centímetros de diámetro, sujetándolos con una soga alrededor de estos.



### DESCRIPCION DEL METODO

#### ACTIVIDAD: *CARGADO DE LA CAÑA MECANICO*

Una vez que la corta se ha terminado, se procede a cargar la caña en los vehículos que la transportara hacia el ingenio. En lugares con topografía plana, la recolección se hace mecánicamente con cargadoras, labor que se efectúa en menor tiempo. Las cargadoras se colocan frente a la ruma y el vehículo a ser cargado se coloca a la derecha de esta, la cargadora debe ir colocando la caña en el vehículo, apilándola horizontalmente sobre la plataforma, hasta llenar su capacidad media, en este punto los peones deben formar las primeras maletas (este número dependerá del tipo de vehículo), las cuales consisten en sujetar mediante ratch la caña apilada, formando rollo de 7 a 6 toneladas. Cuando la capacidad del vehículo ha llegado a su nivel máximo permitido, se procede a formar las maletas superiores, donde el peón es ayudado por la cargadora para asegurar fuertemente la caña al vehículo, ya que todas las maletas han sido formadas el peón procede a recortar la caña que se sale del vehículo, asegurando de esta forma a que el vehículo cumpla con los requisitos de seguridad vial.

### DESCRIPCION DEL METODO

#### ACTIVIDAD: *TRASLADO DE LA CAÑA AL INGENIO*

El tipo de transporte que se usa para acarrear la caña difiere según las necesidades particulares de cada zona cañera; sin embargo, en todas ellas la materia prima debe movilizarse de manera ágil. A la vez, el equipo debe ser versátil para cambiar de un área de cosecha a otra. El propósito es el de suplir caña a la fábrica, de manera permanente, y procurar que transcurra el menor tiempo posible entre la quema (si se hace), la corta y la molienda. Una vez que se ha terminado el cargado del vehículo, el motorista procede a conducir el vehículo hacia el ingenio, respetando las rutas establecidas por el viceministerio de transporte.



<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>ACTIVIDAD: RECEPCION DE LA CAÑA DE AZUCAR</b>
<p>Esta actividad se refiere al tiempo que el vehiculo tiene que esperar fuera del ingenio para poder ingresar al mismo a descargar la materia prima. Esto se lleva a cabo estacionando en primer lugar el vehiculo, posteriormente el motorita debe mostrar en la cabina de recepción, el comprobante de envío de caña, el cual le permite reservar su número de ingreso al ingenio. Este debe esperar en su vehiculo hasta que es autorizado por el ingenio</p>

<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>ACTIVIDAD: PESADO DE LA CAÑA</b>
<p>Al ingresar al ingenio, el motorista debe conducir el vehiculo hacia la báscula, para poder determinar su peso neto (Vehiculo + caña). Donde debe entregar el comprobante de envío de caña (ver anexo 8) y recibir el ticket de identificación de la caña ingresada.</p>

<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>ACTIVIDAD: : MUESTREO DE CALIDAD DE LA CAÑA</b>
<p>El conductor de guiar el vehiculo hacia el área del laboratorio de calidad y entregar el ticket de identificación previamente recibido, Inicialmente es extraída una porción de caña mediante una sonda de muestreo conocida como “core sampler”, luego la muestra es procesada en un desfibrador con la finalidad de obtener partículas mas pequeña y facilitar la extracción del jugo, esta se empaca de inmediato en una bolsa plástica para evitar la perdida de húmeda o contaminación, se identifica mediante el ticket y se traslada hacia el laboratorio. En la balanza analítica digital se pesan 1000 gramos de la muestra y se extrae el jugo empleando una prensa hidráulica, después de prensada la muestra se obtienen dos materiales a analizar: 1) el jugo, el cual se introduce en el polarímetro para determinar el pol % caña (Pol) y en el polarímetro y brixometro para conocer el brix % caña (Bx). 2) El residuo fibroso conocido como bagazo, al cual se le determina su peso en gramos, llamado “torta residual” (TR), con operaciones matemática se obtiene el rendimiento teórico calculado en kilogramos de sacarosa.</p>



## 2.2.4.4 MAQUINARIA Y EQUIPO

Para el manejo de la caña de azúcar, en ingenio la magdalena se utilizan equipos y maquinaria tales como: cargadoras, grúas pórtico (pluma), grúas móviles y equipo de control de calidad, a continuación se hace una descripción de las características principales de cada equipo y maquinaria.

### A. CARGADORAS



**Ilustración No.2. 21 Cargadora de caña de azúcar**

El ingenio en estudio cuenta con un número de seis cargadoras (ver ilustración 2.21), las cuales tienen una capacidad máxima de carga de 100 toneladas por hora, cada una. Para un mayor detalle se presentan las especificaciones técnicas de este tipo de maquinaria a continuación:

**Tabla No.2. 12 Especificaciones técnicas de las cargadoras**

<b>Cargadora de Caña</b>	<b>Detalle</b>
Potencia al volante	110 HP
<b>Desempeño</b>	
Tiempo del ciclo	14 segundos
Velocidad de avance trabajo	3.5 a 10.5 Km/h
Velocidad de avance transporte	3.5 a 25 Km/h
<b>Funcionamiento de carga</b>	
Capacidad de levante	1,720 Kg
Capacidad de la tenaza	1,000 Kg
Radio máximo de carga	3.58 m
Radio mínimo de carga	2.94 m
<b>Capacidades:</b>	
Tanque de combustible	205 L
Cárter del motor	19 L
Refrigerante	33 L

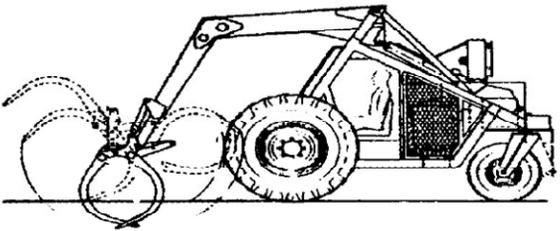
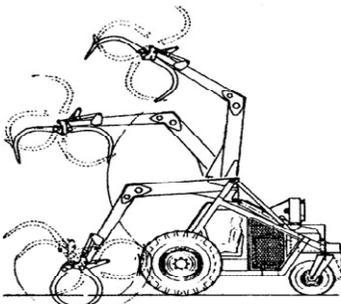
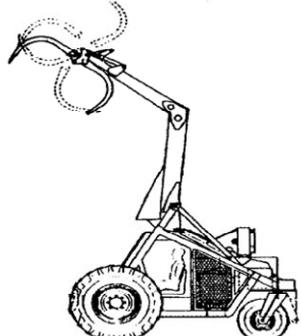
Fuente: Manual técnico para cargadoras de caña, fabricante Jonh Deer.



### A.1 ACTIVIDADES DEL CARGADO DE CAÑA

Para una conocer el funcionamiento de las cargadoras se detallan a continuación las funciones que deben realizar para el cargado de la caña en las zonas cañeras.

**Tabla No.2. 13 Funciones en el cargado de caña de azúcar realizadas por las cargadoras.**

FUNCIONES	DESCRIPCION
<p><b>1. Atrapar la caña que ha sido cortada de forma manual</b></p> 	<p>Se utiliza una tenaza (jaiba) articulada en el extremo exterior del brazo, la cual gira y se abre mediante tres actuadores lineales (dos para orientar y uno para abrir). Estos son accionados mediante palancas por el operario</p>
<p><b>2. Levantar el brazo a una altura mayor que la de un vehiculo de transpote</b></p> 	<p>Una vez acopiada suficiente cantidad de forraje o caña, la garra superior cierra la tenaza y el operador acciona el actuador lineal acoplado al brazo para elevar la carga a suficiente altura.</p>
<p><b>3. Vaciar la carga en el vehiculo</b></p> 	<p>Una vez que la carga se encuentra sobre el vehiculo de transporte, el operador acciona los cilindros para girar la tenaza a la posición de vaciado y después acciona el cilindro de apertura para que la carga caiga por acción de su propio peso</p>

Fuente: Manual técnico para cargadoras de caña, fabricante Jonh Deer.



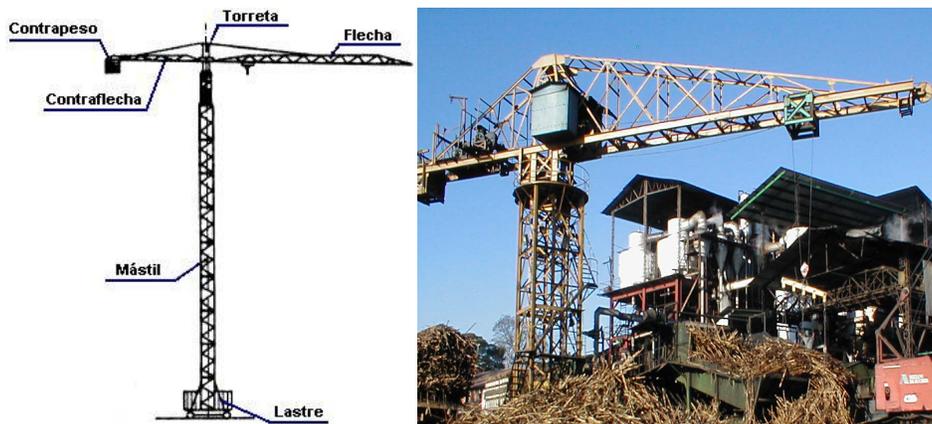
## A.2 TRASLADO DE CARGADORAS



**Ilustración No.2. 22 Low boy**

Para el traslado de las cargadoras es necesario que estas se movilizen por medio de low boy, si se van a trasladarse a una distancia mayor de 15 kilómetros, según especificaciones de este tipo de maquinaria.

## B. GRUAS-TORRE



**Ilustración No.2. 23 Grúa de torre**

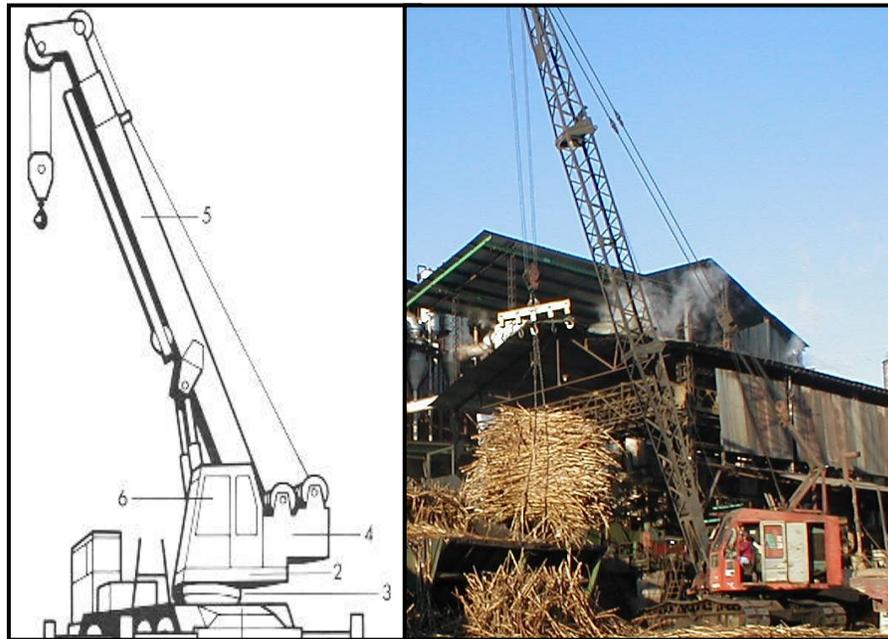
La grúa-torre es empleada para retirar de los vehículos la caña para luego depositarla en la mesa alimentadora para caña larga, esta operación la realiza, elevando las maletas por medio de un gancho suspendido de la flecha



Su transporte lo puede realizar en un radio de 360 grados, a un nivel de 2 a 30 metros de altura, su capacidad de carga es de 90 toneladas por hora.

Se encuentra constituida esencialmente por una torre metálica sujeta al suelo, con un brazo horizontal giratorio y motor de orientación, elevación y distribución o traslación de la carga.

### C. GRUA MOVIL



**Ilustración No.2. 24 Grúa móvil.**

Se cuenta con una grúa móvil, la cual esta formada por un vehículo portante sobre orugas, dotado de sistemas de propulsión y dirección propios, sobre cuyo chasis se acopla un aparato de elevación tipo pluma. Puede levantar 120 toneladas por hora y permite un giro de 360°, sus partes son: 1) Chasis portante. 2) Plataforma base. 3) Corona de orientación. 4) Equipo de elevación. 5) Flecha telescópica. 6) Cabina de mando. Las cuales se muestran en la ilustración 2.24



### D. EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD

Este equipo se encuentra en el laboratorio de pago por calidad de la caña, en él se toma una muestra representativa para realizar análisis de: fibra, sólidos totales, contenidos de sacarosa, pureza y nivel de Ph. Para realizarlos se necesitan los siguientes equipos: a) sonda mecánica, b) desfibradora, c) balanza, d) prensa hidráulica, e) refractómetro, dichos equipos se muestran posteriormente.

La caña para ser procesada debe tener una pureza mínima del 75% (Brix/pol). Estos datos se reúnen con los datos de control de peso por carga y se les aplica la formula de pago para el productor de caña, esto según peso y calidad de su caña.



a) Core Sample



b) Desfibrador



c) balanza



d) prensa hidráulica



e) polarímetro y brixómetro

**Ilustración No.2. 25 Equipo de control de calidad de la caña de azúcar**

## E. MESAS ALIMENTADORAS

### E.1 MESA ALIMENTADORA DE CAÑA LARGA



**Ilustración No.2. 26 Mesa alimentadora de caña larga**

Las mesas alimentadoras son de dos tipos; una mesa para caña larga la cual se conecta con una trituradora con cuchillas para quebrar la caña en trozos de menor longitud y así mejorar la extracción del jugo de la caña. Su capacidad es de 1200 toneladas por hora



## E.2 MESA ALIMENTADORA DE CAÑA CORTA



**Ilustración No.2. 27 Mesa Alimentadora de caña corta**

El otro tipo de mesa, es la que recibe caña corta (ilustración 2.27) y proveen en forma continua al primer molino. Su capacidad es de 1000 toneladas por hora.

## F. BASCULA



**Ilustración No.2. 28 Sistema de báscula.**

El control del peso, es realizado en balanzas electrónicas computarizadas, donde se registra el peso del equipo de transporte más la caña al momento que ingresan los vehículos de transporte de acuerdo al orden de llegada; después de descargar y al momento de salir se pesa el equipo de transporte vacío y por diferencia se obtiene el peso de la materia prima ingresada (tara).



## G. EQUIPO DE VOLQUEO

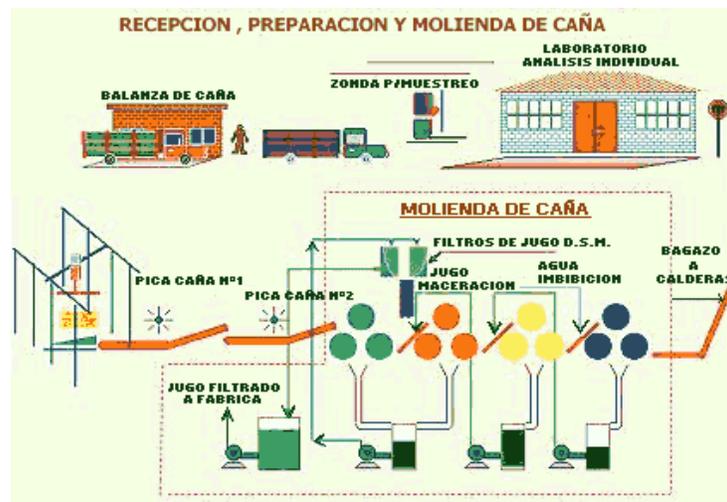


**Ilustración No.2. 29 Equipo de volqueo**

Cuando la caña es corta, no puede descargarse mediante las grúas, ya que su longitud es muy pequeña, por lo que se necesita de un equipo de volqueo (ver ilustración 2.29), donde los camiones deben sujetarse a una plataforma que los hará girar 45 grados desde

el nivel del suelo hasta la mesa alimentadora de caña corta.

## H. MOLINOS



**Ilustración No.2. 30 Proceso de recepción en la molienda**

Los molinos son quienes trituran la caña de azúcar para convertirla en jugo, el ingenio La Magdalena, trabaja con 4 molinos y su molienda se encuentra regulada a una capacidad de 3,500 toneladas por día.



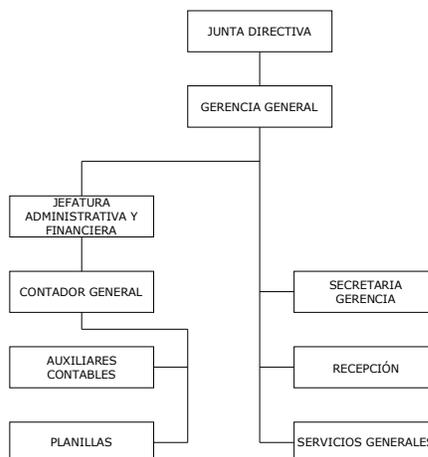
## 2.3 GESTIÓN DE ORGANIZACIÓN

Ingenio La Magdalena, S.A. es una empresa sociedad anónima de tipo agroindustrial, que se dedica a la producción de azúcar y melaza, incluyendo su comercialización tanto en el mercado local como en el mundial a través de sus exportaciones. En conjunto, sus actividades organizacionales están destinadas a conseguir un mejor aprovechamiento de sus recursos administrativos y a coordinar las capacidades de las diferentes superintendencias que la conforman, para alcanzar eficientemente los objetivos propuestos para la misma, en esta sección se describe la forma en que se dispone y asigna el trabajo entre el personal de toda la empresa.

### 2.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

Con el propósito de describir cada unidad administrativa que integran la estructura organizativa de la empresa, se presentan los modelos de organización adoptados por ésta. El primero corresponde a la oficina central y el segundo a la planta de producción de la caña de azúcar.

El organigrama de oficina Central, se encuentra conformado por las funciones financieras, contables y comerciales de la empresa, el cual se presenta a continuación en la ilustración 2.31.



**Ilustración No.2. 31 Organigrama de oficina central, ingenio La Magdalena, s.a.**

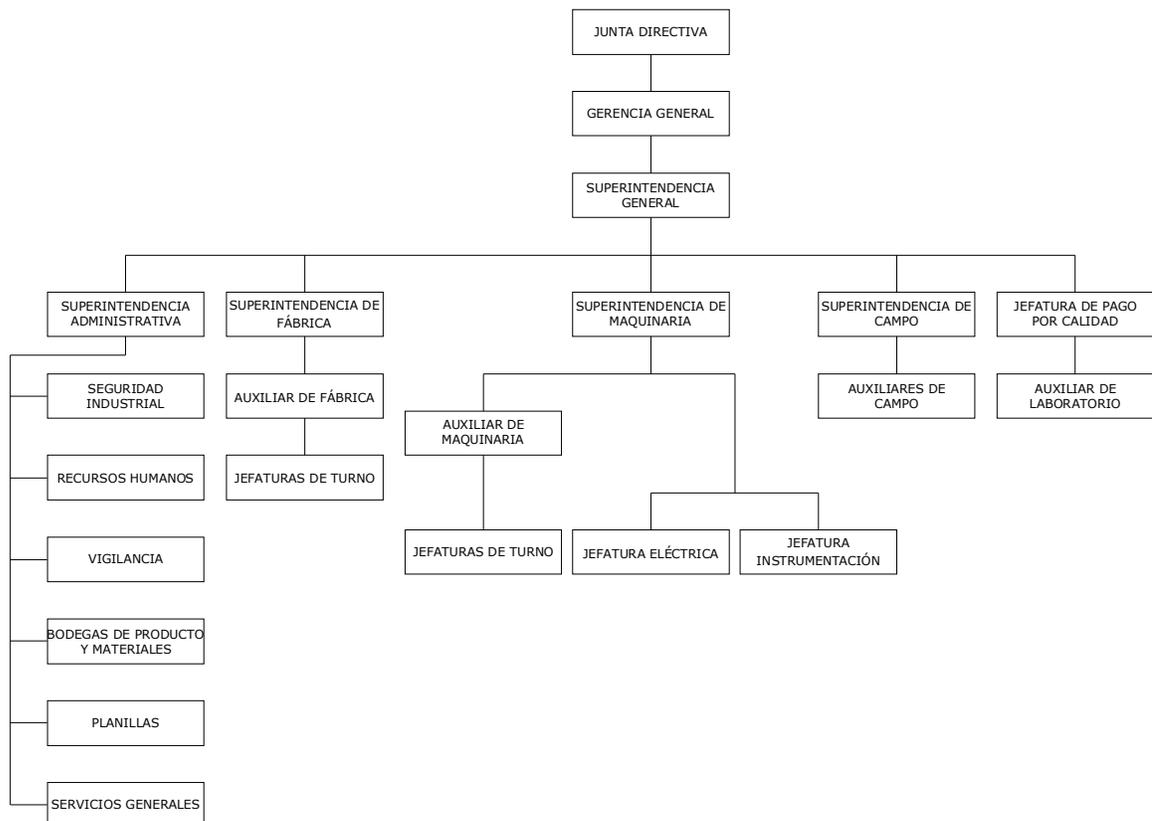


Para La planta de producción de azúcar, el organigrama (ver ilustración 2.32) presenta el siguiente modelo de organización.

En el primer nivel jerárquico se presenta: Junta Directiva y la Gerencia General. El nivel operativo estará contemplado por la Superintendencia General, y sus unidades:

Superintendencia administrativa, superintendencia de fábrica, superintendencia de maquinaria, superintendencia de campo y jefatura de pago por calidad.

Definiéndose de esta forma que, la gerencia general y superintendencia general es responsable de la elaboración del plan empresarial, administración y control general del ingenio. Por su parte cada superintendencia realiza las labores contempladas en la sección de descripción de funciones, respondiendo sus acciones a la Superintendencia General.



**Ilustración No.2. 32 Organigrama de la planta de producción de azúcar.**



### 2.3.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES

La definición de funciones proporciona un marco en el cual el personal conoce el tipo de organización, los objetivos de la empresa y las rutas o redes de mando en la organización. A continuación se presentan las funciones que deben cumplir tanto el primer nivel como los niveles operativos pertenecientes a la planta de producción de azúcar.

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Gerencia General</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Elaborar en conjunto con la superintendencia general, superintendencia de maquinaria y superintendencia de fabrica los presupuesto para zafra y periodo de mantenimiento del ingenio.
* Elaborar en conjunto con la superintendencia general la planificación de la contratación de personal que labora por turno durante la zafra y periodo de mantenimiento.
* Supervisar y controlar el manejo de los productos terminados y sus existencias de inventario
* Elaborar la información gerencial para la presidencia de la sociedad o junta directiva.
* Coordinar actividades con la alcaldía municipal de tipo social, cultural y deportivo.
* Coordinar con la superintendencia general la elaboración del plan de trabajo para la zafra.
* Elaborar los pronósticos de producción
* Coordinar con la superintendencia de campo la administración de las haciendas y los programas de recolección y cosecha de caña para la zafra.
* Coordinar los controles contables y financieros de la empresa.
* Coordina los flujos proyectados, en los cuales incluye los ingresos y egresos para determinados resultados.

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Superintendencia Gerencia General</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Disminuir los costos de producción por quintal de azúcar.
* Presentar la operación de planta y campo trabajando en coordinación con la gerencia general.
* Coordinar con la gerencia general y los diferentes núcleos administrativos y operativos de forma eficiente.
* Implementar un programa de disminución de perdidas.
* Optimizar las operaciones del proceso y genera actividades bajo la responsabilidad y su nombramiento.
* Proponer a la gerencia general cualquier mejora relacionada a la empresa.
* Presentar informe periódicamente o informes constantes a la junta directiva en coordinación con la gerencia general.



<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Superintendencia Administrativa</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Responsable de autorizar y controlar los fondos de caja chica.
* Controlar las ventas y existencia de productos terminados con facturación.
* Coordinar los inventarios de productos terminados, material, repuesto y suministro y herramientas en coordinación con las auditorías externas a la empresa.
* Revisar y controlar los gastos que se generen por obra y transporte efectuados por terceros.
* Revisar las planillas de pago tanto de cañeros y transportistas, personal obrero y operativo.
* Supervisar la elaboración de las planillas del ISSS, AFP y otras.

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Superintendencia de Fabrica</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Supervisar en forma directa las actividades de reparación de los equipos del departamento de fabricación.
* Proponer y evaluar cambios y mejoras relacionadas al área de fabricación.
* Calcular y evaluar la disponibilidad de producto químico tanto en el proceso como en el consumo de calderas
* Controlar las operaciones de tachos con el objeto de controlar la calidad del azúcar.
* Controlar las pérdidas de miel final, cachaza e indeterminados.
* Planificar con la gerencia general y la superintendencia de maquinaria los paros programados por limpieza u operaciones que sean relacionadas con el área de fábrica.
* Controlar las existencias de productos químicos que se utilizan durante el mantenimiento de limpieza química.
* Controlar cualquier proceso que pueda contaminar el medio ambiente a través del río o el aire.
* Proponer cualquier actividad que considere conveniente relacionada con el área de fabricación.

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Superintendencia de Campo</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Elaborar un plan estratégico para la zafra.
* Evaluar periódicamente el desarrollo del programa de la zafra.
* Coordinar el trabajo del comité de apoyo en zafra.
* Supervisar la cuota de caña asignada al cliente.
* Controlar localidad de la caña entregado por cada cliente.
* Supervisar el abastecimiento de combustible para las cargadoras de caña.
* Elaborar los recibos de caña por quema para el cliente y planillas de pago.
* Comunicar al cliente la reducción de rendimiento por falta de madurez de la caña u otras causas.
* Mantener informado al cliente sobre las tarifas, políticas y estrategias del ingenio.
* Apoyar en cualquier función que indique la superintendencia general relacionada con el área



<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Superintendencia de pago por calidad</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Planificar en conjunto con la superintendencia general y superintendencia de campo las actividades tanto de mantenimiento como de zafra.
* Elaborar presupuesto de reactivos, materiales y equipos a utilizar durante la zafra.
* Verificar los equipos tanto de laboratorio como el muestreador de caña que estos sean revisados, supervisados y aprobados.
* Revisar y actualizar los métodos de recibo de materia prima en conjunto con la superintendencia general.
* Analizar la materia prima que ingresa al ingenio, para determinar su estado y calidad y luego pase al sistema de pago.
* Emitir reportes diarios, quincenales o mensuales con lo que requiera la superintendencia general de acuerdo a la calidad de la materia prima-
* Elaborar los pedidos de material, repuestos y equipos que determinen que sea necesario.
* Realizar cualquier actividad que la superintendencia general estime conveniente relacionada a su área.

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Auxiliar de Campo</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Realizar los contratos de su zona.
* Hacer recomendaciones técnicas a los cañeros para el mejor desarrollo de la caña.
* Visitas continuas a los cañales.
* Efectuar el censo varietal de la zona.
* Determinar áreas que están aptas para iniciar la zafra.
* Presentar plan de trabajo para la zafra.
* Presentar un plan de frente de corte.
* Elaborar un plan de muestreo pre-zafra.
* Asegurar que la materia prima (caña), que se transporta al ingenio sea de buena calidad.
* Asignar cuotas individuales por cañero.
* Coordinar los movimientos de unidades de transporte y cargadoras de su zona con el jefe de transporte.
* Evitar que quede caña en el campo sin llevar al ingenio.
* Controlar que el proveedor no roze más de su cuota asignada.
* Mantener excelente atención con el proveedor

<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A.</b>
<b>UNIDAD: <i>Jefatura Electrica</i></b>
<b><u>FUNCIONES:</u></b>
* Coordinar en conjunto con la superintendencia de maquinaria las diferentes actividades de mantenimiento en el departamento eléctrico.
* Coordinar en conjunto con la superintendencia de maquinaria la calidad del personal asignado para las actividades de mantenimiento.
* Supervisar en forma directa las actividades de reparación de los equipos y accesorios del departamento eléctrico del ingenio.



## **2.4 GESTIÓN FINANZAS**

El desempeño realizado por las centrales azucareras en las últimas zafas, han logrado establecer un panorama que de apertura a distintas inversiones en el rubro, lo cual permite dar perspectivas de un clima de negocios favorable a mediano plazo.

Debido a esto, la Agroindustria Azucarera se perfila en nuestro país como una de las actividades más productivas por su aportación al Producto Interno Bruto y por la generación de divisas, lo cual da lugar a que el estado se interese por mantener un proteccionismo hacia esta actividad, buscando tratados que permitan el incremento de las cuotas entre países y ofreciendo controles en la estabilización del precio del azúcar blanca para que esta sea vendida a un precio razonable.

Sin embargo, puesto que toda la producción de la azúcar blanca es destinada para venta en el interior del país, los ingenios salvadoreños deben velar por cumplir la cuota asignada, de tal forma que sea prioritario para estas entidades la producción de dicha mercancía.

### **2.4.1 ESTADOS FINANCIEROS**

Toda empresa, independientemente de la actividad económica a la cual se dedique, posee la necesidad de llevar registros de los ingresos y egresos, así también de las inversiones realizadas y la utilidad obtenidas al final del período. Los registros de este tipo de información se llevan a cabo en los llamados estados financieros, donde su importancia radica en presentar datos claros y veraces sobre la actividad económica de una empresa con el objeto de utilizar dicha información en la toma de decisiones. Para el caso de ingenio La Magdalena, a través de los años ha mantenido registro de sus estados financieros; esto debido a la necesidad que tienen como institución de verificar los resultados obtenidos y presentarlos a la junta directiva (siendo estos los que poseen la capacidad de tomar todas las decisiones de la empresa dentro de la sociedad anónima que conforman), para finalmente llevar a cabo la repartición de utilidades a través de acciones.



El ingenio en estudio, año con año elabora su memoria de labores en el cual publica los dos principales estados financieros: el balance general y el estado de resultados, presentándolos a los directivos del ingenio, a los productores de caña de azúcar y a las autoridades municipales y estatales.

En el anexo 9 se muestran ambos estados financieros para ingenio La Magdalena, observando los siguientes aspectos:

#### **BALANCE GENERAL**

Presenta la situación de la empresa hasta el 31 de diciembre del año 2003, siendo sus activos en esa fecha \$ 11, 277,382.01.

#### **ESTADO DE RESULTADOS**

Durante todo el período operacional del año 2003 (1 de enero- 31 de diciembre), se obtuvieron ingresos totales de \$11, 183,982.93. Asimismo, se canceló la cantidad de \$38,716.11 en concepto de impuestos sobre la renta, obteniendo finalmente una utilidad neta de \$ 125,073.92.

### **2.4.2 PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN**

Durante cada zafra se lleva a cabo la producción de azúcar tanto blanca como cruda, interviniendo directamente cada central azucarera. Los ocho ingenios aún activos en El Salvador fabrican determinadas cantidades de dicha mercancía según sea su capacidad, obteniendo al final de este período la producción total de azúcar del país.

Sin embargo, siempre han existido determinadas restricciones de venta para cada mercado, especialmente para la Cuota Americana, la cual consiste en no sobrepasar el nivel de exportación asignado a nuestro país (actualmente de 27,379 toneladas métricas de azúcar cruda).

La venta del azúcar, por ser la principal fuente de ingresos de los ingenios, los empresarios buscan realizar el intercambio al máximo precio posible y de esta manera obtener mayores utilidades. Por consiguiente, la competencia existente entre ingenios es muy grande puesto que todos procuran vender al mercado preferencial por ser quien mejor precio ofrece entre los mercados externos.



Asimismo, debido a que la producción total de azúcar blanca es destinada para consumo interno, la competencia entre los ingenios provoca que cada institución intercambie la mayor cantidad posible de dicha mercancía a este mercado.

Estas situaciones ocurrían en nuestro país hace algunas décadas, ya que su administración se regía según la frase: “El fin justifica los medios”.

En la actualidad tales circunstancias se encuentran normalizadas, debido a la existencia de la Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador, la cual tiene por objeto normar las relaciones entre centrales azucareras, y éstos con los productores de caña.

En esta ley se contempla la creación de la institución estatal llamada Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA), cuyo organismo tiene como finalidad ordenar las relaciones entre los diversos actores que intervienen en esta actividad productiva.

Por consiguiente el Consejo (CONSAA), según al artículo 19 de dicha ley, debe asignar a cada una de las centrales azucareras un porcentaje de la estimación de la demanda de azúcar en el mercado interno y preferencial, el cual será establecido cada cinco años (quinquenio).

El procedimiento de asignación consiste en los pasos mostrados a continuación, tomando como ejemplo práctico el caso de ingenio La Magdalena (auxiliarse del anexo 10):

Nota: La abreviatura QQ indica quintales. Se debe considerar el uso un mismo sistema de unidades, para esto los cálculos pueden valerse de la conversión siguiente:

**1 Tonelada Métrica = 21.7391 QQ**

Se estima la producción total de azúcar blanca y cruda para una determinada zafra.

Ejemplo:

Producción nacional zafra 2003/04 (PN<sub>03-04</sub>) = 11,503,611.57 QQ azúcar



Se estima la cantidad de azúcar de cada tipo producida por cada ingenio. Este dato debe registrarse en porcentaje.

Ejemplo:

Producción total de ingenio La Magdalena zafra 2003/04 (PT) = 700,950 QQ azúcar

$$(\%P_{LM\ 03-04}) = \frac{700,950}{11,503,611.57} = 6.09\%$$

Donde:  $(\%P_{LM\ 03-04})$  = Porcentaje de participación en la producción total

Al obtener el porcentaje de la producción real de cada ingenio, se calcula el promedio por cada quinquenio y ese será el porcentaje asignado de participación por ingenio. Cabe mencionar que el actual quinquenio dio inicio en la zafra 2003/04 y finaliza hasta la zafra 2007/08.

Actualmente, el porcentaje de participación en el mercado para ingenio La Magdalena ( $\%P_{LM}$ ) es de 5.71%, el cual es aplicado tanto para mercado preferencial como nacional, y debe ser respetado sin aportar mayor cantidad que la establecida por el CONSAA.

Dado el caso que un ingenio lleve a cabo venta de azúcar blanca sobrepasando el porcentaje asignado y sin la autorización del Consejo, se les aplicará una sanción basada en el artículo 21 de la Ley, consistente en disminuirsele de su asignación del año siguiente, el doble de la cantidad expendida en exceso.

### **2.4.3 CÁLCULO DE INGRESOS**

Para toda empresa, sin importar la actividad que realice, los ingresos forman parte fundamental en su administración, puesto que constituye la base sobre la cual se sustentará todo proyecto que en ella se realice. Para esto, cada organización debe llevar a cabo planes que contemplen el rumbo de acción a seguir según la volatilidad de las variables macroeconómicas y del comportamiento del mercado.



En el caso de los industriales azucareros, los planes de producción incluyen el porcentaje asignado de participación en los mercados preferencial y nacional, proporcionados por el CONSAA, lo cual sustenta las bases de las proyecciones de los ingresos futuros y de los flujos de efectivo.

La metodología empleada en El Salvador es general para cualquier central azucarera, para esto se auxilian de los resultados de las últimas zafras y, el Consejo, según el artículo 11 de la Ley antes mencionada, tiene la obligación de crear y mantener registros de cada acontecimiento sucedido en los ingenios y en las *zonas cañeras*. Asimismo, dentro de sus funciones tiene contemplado proporcionar las proyecciones tanto de precios de los diferentes mercados como de las futuras demandas de azúcar blanca.

La metodología para el cálculo de ingresos consiste en una serie de operaciones matemáticas básicas que además de obtener el estimado de las entradas monetarias, también pueden conducir a la obtención de la cantidad de caña requerida para ser procesada.

Esta metodología se describe a continuación, tomando como ejemplo práctico ingenio La Magdalena y utilizando los resultados mostrados en el anexo 10.

Nota: Los pasos descritos incluyen los indicadores utilizadas en la sección 2.4.2.

Identificar las cantidades producidas o por producir de cada tipo de azúcar para una zafra específica. La sumatoria del total de cada tipo de azúcar da como resultado la producción nacional.

Ejemplo:

Producción nacional de azúcar cruda (PAC) = 6,712,448.77 QQ azúcar

Producción nacional de azúcar blanca (PAB) = 4,791,162.80 QQ azúcar

Producción nacional (PN) = 11,503,611.57 QQ azúcar

Calcular la cantidad de azúcar producida o por producir para un ingenio específico según el porcentaje asignado de participación para el quinquenio, actualmente el porcentaje de participación del ingenio en estudio es 5.71% ( $\%P_{LM}$ ).

$PAC_{LM} = (\%P_{LM}) \times (PAC) = 409,009.90$  QQ azúcar

$PAB_{LM} = (\%P_{LM}) \times (PAB) = 291,940.10$  QQ azúcar



Donde:  $PAC_{LM}$  = Producción de azúcar cruda para ingenio La Magdalena

$PAB_{LM}$  = Producción de azúcar blanca para ingenio La Magdalena

Calcular la cantidad de azúcar cruda a exportar para mercado preferencial según el porcentaje de participación de cada ingenio y de la cuota americana (CA) asignada a El Salvador. Esta cuota actualmente es de 27,379 toneladas métricas o su equivalente en quintales tal como se pudo observar en la sección 1.3.3.3. Ejemplo:

$$CA = 27,379 \text{ Ton. métricas} = (27,379 \text{ Ton}) \times (21.7391 \text{ QQ/Ton}) = 595,194.81 \text{ QQ}$$

$$\text{Cuota americana de ingenio La Magdalena } (CA_{LM}) = (CA) \times (\%P_{LM}) = 33,985.62 \text{ QQ}$$

Al realizar la substracción de la producción asignada de azúcar cruda menos la cuota americana del ingenio se obtiene la cantidad de azúcar en exceso que se produjo o se va a producir, que puede ser vendida al Mercado Mundial, ya sea su totalidad o parte de ella. Ejemplo:

$$ACE_{LM} = PAC_{LM} - CA_{LM} = 375,023.38 \text{ QQ}$$

Donde: Exceso de azúcar cruda de ingenio La Magdalena =  $ACE_{LM}$

Una vez calculada la cantidad de azúcar destinada a los distintos mercados, se multiplica dicha cantidad por el precio que ofrecen cada uno de éstos; posteriormente se suman dichos resultados y se obtiene el total de ingresos producto de la venta de azúcar.

Tal como se mencionó al inicio de esta sección, también puede calcularse la cantidad de caña requerida; únicamente basta con realizar la división de la cantidad total de azúcar requerida entre el rendimiento real de libras de azúcar por tonelada de caña de un ingenio específico, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Total de caña a moler} = \frac{PAC_{LM} + PAB_{LM}}{R_{LM}} = 310,594.6473 \text{ Toneladas métricas}$$

El factor  $R_{LM}$  indica el rendimiento del ingenio analizado, el cual tal como se puede apreciar en el anexo 3 es de 225.68 libras de azúcar por tonelada de caña. La cantidad de esta materia prima requerida se puede apreciar que se asemeja al dato real mostrado en el mismo anexo.



### 2.4.4 PROYECCIONES

Debido que el CONSAA es el organismo regulador de la actividad azucarera, propone proyecciones tanto para el consumo (demanda) nacional de azúcar blanca como los precios de mercado interno, preferencial y mundial.

Las perspectivas a mediano plazo de estas variables, se presentan en la tabla 2.14, el cual incluye los resultados y perspectivas del quinquenio actual.

**Tabla No.2. 14 Proyección de precios y demanda de mercado nacional para ingenio La Magdalena**

	<b>ZAFRA</b>			
<b>2003/04</b>	<b>2004/05</b>	<b>2005/06</b>	<b>2006/07</b>	<b>2007/08</b>
<b>PRECIOS DE MERCADO:</b>				
21.68	21.86	21.99	22.12	22.24
20.40	20.44	20.79	21.15	21.50
6.81	6.39	6.16	5.94	5.72
<b>DEMANDA DE AZÚCAR BLANCA</b>				
291,525	295,664	299,931	304,198	308,465

Fuente: Jefatura Administrativa y Financiera. Ingenio La Magdalena, S.A.



***CAPÍTULO III.***

***METODOLOGÍA***

***DE LA***

***INVESTIGACIÓN.***



### 3.1 ÁREAS DE INVESTIGACIÓN <sup>34</sup>.

En los capítulos anteriores, se presentó toda aquella información considerada válida para el encuadre correcto de la investigación, permitiendo presentar información precisa de la situación actual que enfrenta ingenio La Magdalena, S.A. con respecto al Manejo y Transporte de Caña de Azúcar.

Sin embargo, para llevar cabo la descripción de la situación actual fue necesario utilizar una Metodología de la Investigación cuya finalidad consistiera en plantear el fenómeno estudiado con toda la información necesaria para lograr identificar los factores que intervienen durante el ciclo de Manejo y Transporte.

Esta metodología de trabajo empleada consistió básicamente en una serie de pasos secuenciales, interconectados de una manera lógica, secuencial y dinámica aplicable a cualquier rama de la ciencia, cuyo procedimiento implica primeramente que se lleve a cabo toda la investigación y finalmente se elabore el reporte de investigación. Estos pasos se enumeran a continuación:

- Desarrollo de una idea, tema o área a investigar.
- Selección del ambiente o lugar de estudio.
- Elección de participantes o sujetos del estudio.
- Inspección del ambiente o lugar del estudio.
- Trabajo de campo.
- Selección de un diseño de investigación.
- Selección de instrumentos de recolección de datos.
- Recolección de datos y registro de sucesos del ambiente o lugar.
- Preparación de los datos para el análisis.
- Análisis de los datos.
- Elaboración del reporte de investigación.

---

<sup>34</sup> Sampieri & Collado (2003) Metodología de la Investigación, 3<sup>a</sup>. Edición.-



### **3.1.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.**

El enfoque dado a una investigación puede ser de dos tipos: cuantitativo o cualitativo. La diferencia entre ambos radica en el diseño de los instrumentos de recolección de la información y en la forma en que ésta se va a interpretar.

El enfoque cuantitativo utiliza la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población; mientras que, el enfoque cualitativo, utiliza métodos de recolección de datos no numérica, tales como descripciones y observaciones, teniendo como propósito la reconstrucción de una realidad vivida (este enfoque es comúnmente utilizado en las ciencias sociales y humanísticas).

Por consiguiente, el presente trabajo de graduación se abordó bajo un enfoque cuantitativo debido a la necesidad de estandarizar procesos (tales como métodos de trabajo y tiempos de operación) y predecir comportamientos futuros (demanda y precio).

### **3.1.2 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

Una investigación puede adquirir, durante el tiempo en que se realice, diferentes alcances. Para el caso particular del estudio en ingenio La Magdalena, el alcance de la investigación fue evolucionando conforme la investigación avanzaba, siendo sus alcances tal como se describe a continuación:

Al inicio de la investigación, el alcance fue **exploratorio** debido a la falta de conocimiento en el área por parte de los investigadores, considerándose un estudio novedoso en lo referente a trabajos de grado, y desenvuelto en un área de poco conocimiento. Luego, conforme se fue analizando las formas de manifestación del fenómeno y sus componentes (en nuestro caso particular los tiempos improductivos de la caña de azúcar hasta su procesamiento en el ingenio en estudio), el fenómeno dejó de ser novedoso, evolucionando a un estudio con alcance **descriptivo**.



Posteriormente, se comenzaron a notar relaciones entre los diversos fenómenos, tal es el caso de la pérdida de rendimiento en la caña de azúcar según el tiempo desde el corte de la misma; por lo cual se comenzó a investigar la forma en que diversos acontecimientos se vinculaban entre sí, obteniendo de esta manera un cambio en el alcance de la investigación, evolucionando a un estudio con alcance **correlacional**.

Finalmente, al notar la relación existente entre las diversas variables en estudio, se comenzaron a buscar y a encontrar razones o causas que provocaron determinados comportamientos, siendo de esta forma una investigación con alcance **explicativo**.

### **3.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

El diseño de la investigación está relacionado con el plan de recolección de información según sea la disposición de recursos y tiempo por parte del investigador.

En el caso práctico mostrado en el presente estudio, se llevó a cabo un plan que consistiera en observar directamente los fenómenos en el momento en que ocurren, sin ejercer ningún control, ni manipulación sobre las variables bajo estudio. Por consiguiente, el diseño de la investigación se clasifica como **No Experimental**.

### **3.1.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Debido a que el enfoque de la investigación es cuantitativa, el instrumento de recolección seleccionado debe permitir **“medir”** una determinada variable; asimismo, debido a que el estudio posee un encuadre bajo el enfoque del campo de la ingeniería, la medición generalmente debe arrojar información referente a peso, distancia, tiempo o porcentaje de una variable específica.



Para la recolección de datos de las variables que intervienen en el Manejo y Transporte de Caña de Azúcar en ingenio La Magdalena, se utilizaron los instrumentos descritos a continuación:

### **1. OBSERVACIÓN CUANTITATIVA.**

Consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamiento o conducta manifiesta y puede ser utilizado para medir determinadas circunstancias. Su metodología consiste en definir el universo por medir y observar, a la cual, posteriormente se le extraerá una muestra representativa.

Tanto en este método de recolección como en los demás (bajo un enfoque cuantitativo), es importante definir las unidades de observación tales como: minutos, kilogramos, toneladas, metros; y establecer los indicadores o subcategorías para cada variable en análisis.

### **2. ACUDIR A ARCHIVOS.**

Consiste en la búsqueda de cierta información que se encuentra ya compilada por una institución o parte de ella. Esta información puede llegar a ser muy estructurada como para encontrar directamente lo que se necesita y en muchas otras ocasiones puede llegar a ser **No Accesible**.

### **3. ANÁLISIS SECUNDARIO.**

Consiste en la recolección de datos realizada por otros investigadores. En este método es necesario tener la certeza de que los datos son válidos y confiables como para poder hacer uso de éstos. La práctica de intercambio de información entre investigadores es una práctica común que puede ser considerada también como análisis secundario.

### **4. ENTREVISTA.**

Este método de recolección de información es de carácter cualitativo, puesto que su estructura tiende a cambiar en el momento de que ésta es llevada a cabo; lo anterior es debido a que una entrevista propicia al diálogo, y por consiguiente, a la **Comunicación Verbal**.



En el presente estudio, la entrevista fue utilizada como un medio que permitiera dar a conocer información directa con las personas que laboran en la actividad azucarera. Sin embargo, hubo entrevistas que se estructuraron previamente, en las cuales, a pesar de haber existido siempre conversación, se llevaron a cabo preguntas directas las cuales fueron diseñadas según conveniencia.

Cabe hacer mención que este instrumento no se utilizó para recolectar información de variables medibles, sino más bien para determinar características propias de las operaciones del ingenio que den la pauta para establecer las restricciones a las cuales se deberá someter el diseño propuesto.

En la sección 3.3 se muestra la forma en que se operacionalizaron las variables del estudio, en las cuales se hace referencia al instrumento de recolección utilizado y el diseño del mismo, incluyendo las preguntas estructuradas requeridas para obtener información.



## **3.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer la gestión actual de ingenio La Magdalena en lo referente a Manejo y Transporte de caña de azúcar para determinar la problemática actual del sector.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Exponer las características que intervienen en el abastecimiento de caña de azúcar según el requerimiento diario del ingenio.
- Determinar la distancia de recorrido por los vehículos para trasladar la caña al ingenio.
- Describir los factores que limitan las operaciones de cada vehículo de transporte de caña.
- Conocer el porcentaje de terreno con inclinación plana, semiplana y quebrada de azúcar.
- Definir el tiempo estándar para cada actividad.
- Definir el tiempo ocioso entre actividades.
- Conocer el comportamiento de la caña de azúcar y el deterioro que ésta sufre desde el instante en que es cortada.
- Conocer el número de cargadoras que actualmente son utilizadas durante las zafras.



### **3.3 DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.**

Para la elaboración de los instrumentos, se utilizó la metodología propuesta por Sampieri, la cual consta de los siguientes pasos:

- Listar las variables que se pretenden medir u observar.
- Definición conceptual y operacional de las variables.
- Elección del instrumento de medición.
- Indicar el nivel de medición y codificación de cada ítem.
- Aplicar prueba piloto.
- Modificar, ajustar y mejorar el instrumento de medición preliminar.

#### **3.3.1 LISTADO DE VARIABLES Y DEFINICIONES.**

Toda investigación descriptiva, se basa en la medición de diferentes elementos que sustentarán las bases para la elaboración del modelo propuesto. Estos elementos se conocen con el nombre de variables de medición y son determinadas a partir de la problemática expuesta cuando la investigación iniciaba es de carácter exploratorio. Para definir la situación actual de ingenio La Magdalena S.A., se procedió a listar las variables mostradas en la tabla No.3.1, incluyendo sus definiciones respectivas según lo propone la metodología de investigación; cabe mencionar que estas variables son pertenecientes al estudio y no a un modelo determinado de optimización.

La definición conceptual consiste entonces en describir el significado de cada variable según su concepto. Asimismo la definición operacional consiste en definir la manera en que se va a medir cada variable e incluye una segmentación de ésta en niveles más específicos llamados indicadores. Los indicadores a la vez permiten simplificar la variable, dando lugar al establecimiento del instrumento idóneo para recolectar dicha información, y al mismo tiempo, tener una referencia del tipo de preguntas a realizarse y los formatos a diseñarse según instrumento escogido.



**Tabla No.3. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	ÍTEM
Exponer las características que intervienen en el abastecimiento de caña de azúcar según el requerimiento diario del ingenio	Demanda diaria de caña de azúcar	Cantidad de caña requerida por el ingenio para llevar a cabo la producción de azúcar	Forma de conocer las cantidades a requerir por la planta de producción.	Capacidad de molienda	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 2
				Capacidad de mesas alimentadoras	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 2
				Capacidad de grúas	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 3
	Oferta de materia prima	Tonelaje de caña que ofrece cada proveedor en las diferentes zonas que abastecen al ingenio	Forma de conocer la cantidad de caña disponible.	Cantidad plantada en zona 1	Archivo	-----
				Cantidad plantada en zona 2	Archivo	-----
				Cantidad plantada en zona 3	Archivo	-----
				Cantidad plantada en zona 4	Archivo	-----
				Cantidad plantada en zona 5	Archivo	-----
	Determinar la distancia de recorrido por los vehículos para trasladar la caña al ingenio	Distancia	Distancia comprendida entre el ingenio y las zonas cañeras	Registro de rutas cañeras establecidas por el Viceministerio de transporte.	Distancia zona 1	Archivo
Distancia zona 2					Archivo	-----
Distancia zona 3					Archivo	-----
Distancia zona 4					Archivo	-----
Distancia zona 5					Archivo	-----



**Tabla No.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. .**

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	ÍTEM
Describir los factores que limitan las operaciones de cada vehículo de transporte de caña de azúcar	vehículos de transporte	Diferentes vehículos automotores que usa ingenio La Magdalena para el transporte de caña	Registro de vehículos utilizados para transportar la caña	Tipo de vehículos	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 4
	Características de vehículos de transporte	Conjunto de rasgos propios de cada tipo de vehículo	Registro de fallas y control de carga de los vehículos utilizados para transportar la caña	Fallas mecánicas	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 4
				Peso máximo de carga permisible por cada tipo de vehículo	Archivos	-----
	Marco legal regulatorio para vehículos transportadores de caña de azúcar	Conjunto de características permitidas en vehículos de carga por el Viceministerio de Transporte	Consulta a: Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, Reglamento de Transporte de Carga	Peso máximo autorizado	Archivos	-----
				Altura máxima autorizada	Archivos	-----
	Conocer el porcentaje de terreno con inclinación plana, semiplana y quebrada	Accesibilidad de los vehículos a las diferentes zonas cañeras	Cantidad de terreno que posee una inclinación específica; sea ésta plana, semi-plana o quebrada	Registro de la topografía del terreno	Tipo y porcentaje de pendiente para zona 1	Archivos
Tipo y porcentaje de pendiente para zona 2					Archivos	-----
Tipo y porcentaje de pendiente para zona 3					Archivos	-----
Tipo y porcentaje de pendiente para zona 4					Archivos	-----
Tipo y porcentaje de pendiente para zona 5					Archivos	-----



**Tabla No.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. .**

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	ÍTEM
Definir el tiempo estándar para cada actividad	Tiempos de cosecha	Tiempo promedio establecido para la realización de las	Registros de comprobantes de envíos de caña	Tiempo de brecha	Archivos	---
				Tiempo de quema	Archivos	---
				Tiempo de roza	Archivos	---
	Tiempos de ciclo operativo de transporte	Proceso mediante el cual se establece un tiempo estándar permitido para la ejecución de cada operación del proceso productivo.	Resultados de los tiempos obtenidos de la aplicación de la técnica de estudio de tiempos cronométricos	Tiempo de carga	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2
				Tiempo de descarga	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2
				Tiempo de traslado ingenio- cañal	Formato de toma tiempos	Anexo 11.1
				Tiempo de traslado cañal-ingenio	Formato de toma tiempos	Anexo 11.1
				Tiempo de toma de muestra de calidad	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2
Tiempo de pesado y tara	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2				
Definir el tiempo ocioso entre actividades	Tiempo ocioso en recepción	Tiempo relacionado con la espera del vehículo fuera del ingenio hasta su ingreso al mismo	Resultados de la diferencia entre el tiempo de llegada y el tiempo de ingreso al ingenio.	Tiempo de espera del vehículo para ingresar al ingenio	Análisis secundario	---
	Tiempo ocioso por carga y descarga	Tiempo improductivo generado por la demora de las actividades de carga y descarga	Aplicación del estudio cronométrico de tiempos	Tiempo de espera para la carga	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2
				Tiempo de espera para la descarga	Formato de toma tiempos	Anexo 11.2
Tiempo ocioso en quema	Tiempo improductivo generado por la espera para el rozado de la caña después de la quema	Registro de control de quemas programadas	Tiempo de espera por el enfriamiento de la quema	Archivo	---	



**Tabla No.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. .**

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	ÍTEM
Conocer el comportamiento de la caña de azúcar y el deterioro que ésta sufre desde el instante en que es cortada	Deterioro de la caña	Pérdidas en sacarosa en la caña en función de los días de retraso desde su corta	Registro de pruebas realizadas a la caña por superintendencia de fábrica	Porcentaje de pérdida de rendimiento por día de retraso	Análisis secundario	-----
Conocer el número de cargadoras que actualmente son utilizadas y su disponibilidad durante las zafra	Disponibilidad de cargadoras	Se refiere a la cantidad de cargadoras que son propiedad exclusiva de ingenio La Magdalena, s.a .y a su porcentaje de fallas.	Definir el tipo de maquinaria para la operación de cargado y sus limitantes	Número de cargadoras propias	Entrevista	Anexo 13 Pregunta 5
				Fallas mecanicas	Entrevista	
Conocer la forma de establecer las funciones en el Ingenio La Magdalena, s.a.	Funciones	Actividades ejercidas por los miembros del ingenio	Resultados obtenidos de la estructura y distribución actual	Distribución de funciones	Análisis secundario	----
Investigar el uso de herramientas financieras en el Ingenio La Magdalena, s.a.	Análisis financiero.	Se refiere a la información, que poseen los administradores respecto a sus pérdidas o ganancias.	Resultados Económicos	Control financiero	Análisis secundario	----



### **3.3.2 NIVEL DE MEDICIÓN Y CODIFICACIÓN POR ÍTEM.**

Tal como se puede apreciar en la tabla 3.1, cada variable se operacionalizó de tal forma que condujera a que éstas fueran segmentadas en indicadores. La razón de llevar a cabo dicho procedimiento consistió en obtener el método de recolección de datos más apropiado, de tal forma que produjera uno o varios ítems y proseguir a diseñar el instrumento de recolección basándose en ellos.

El nivel de medición y codificación depende del instrumento elegido y del ítem diseñado para su recolección.

Dado que en el presente estudio la mayoría de variables han sido considerados desde una óptica cuantitativa, los indicadores descritos para éstas pueden adquirir valores numéricos desde cero hasta el infinito positivo; por tal motivo, este nivel de medición es considerado de **razón**.

Asimismo, cada ítem sin importar si es cuantitativo o cualitativo, se codificará de acuerdo al valor numérico que este obtenga en un determinado tiempo.

En cuanto a los indicadores obtenidos a través del estudio de tiempos cronométricos, cada ítem se codificará según el promedio ponderado de una muestra representativa.

### **3.3.3 PRUEBA PILOTO Y CONSTRUCCIÓN DEFINITIVA.**

La prueba piloto fue realizada únicamente a los formatos de recolección de tiempos, mostrados en los anexos 11.1 y 11.2, para verificar el grado de consistencia de los mismos.

Cabe hacer mención que los formatos se diseñaron luego de las primeras experiencias de campo. Posteriormente se rediseñaron para obtener la versión definitiva.



### 3.4 DISEÑO DEL PLAN OPERATIVO DE MUESTREO.

Dado a las características propias de una zafra, la investigación desde sus inicios tuvo su propio plan de muestreo, el cual consistió en realizar el máximo número de muestras según fueren los recursos disponibles. Por consiguiente, el plan de muestreo llevado a cabo no incluía el cálculo del tamaño de la muestra.

Debido a lo antes expuesto, se prosiguió a calcular el error de dispersión de los datos encontrado en la muestra representativa según el indicador que se esté analizando, auxiliándose de la ecuación siguiente:

$$E = \sqrt{\frac{\sigma^2 Z^2}{N}}$$

*Donde:*

E: Error porcentual de la muestra.

$\sigma^2$ : Varianza de la muestra.

Z: Puntaje Z a un nivel de confianza de 95.44% con un valor constante de 2 (con una dispersión del 4.5% de los resultados).

N: Número de muestras realizadas.

Este porcentaje de error puede llegar a dar resultados mayores al 100% para las actividades de larga duración, dado que la unidad de medida estandarizada para las tomas de tiempo fue en minutos.

Con base a lo antes expuesto, se planeó una estrategia para el plan de muestreo el cual consistió en recopilar datos del ciclo de traslado de caña de azúcar, tanto dentro del ingenio como fuera de él, estas muestras deberían entonces reflejar el tiempo promedio para cada evento del ciclo completo del manejo y transporte de caña. Básicamente se dividió en dos categorías las cuales se describen a continuación:



### 3.4.1 CICLO DE DENTRO DEL INGENIO.

Este ciclo comprende todas aquellas actividades que realizarán los vehículos de transporte exclusivamente en el interior del Ingenio, dicho ciclo está compuesto por los siguientes eventos:

- a) **Ingreso del vehículo al ingenio.** Dicha actividad comprende el tiempo desde que un determinado transportista es llamado a ingresar al ingenio hasta su llegada a la báscula.
- b) **Pesado del vehículo con carga.** Tiempo comprendido desde la llegada a la báscula hasta la toma del peso del vehículo cargado.
- c) **Traslado del vehículo hacia el área de muestreo.** Comprende el tiempo de traslado entre la sección de pesado y el Core Sampler.
- d) **Toma de la Muestra de caña.** Establece el tiempo requerido, para tomar del vehículo cargado una muestra de caña.
- e) **Traslado de vehículo hacia parqueo provisional.** Tiempo de traslado del vehículo hacia un parqueo provisional en el cual los vehículos esperan en otro sistema de filas hasta que llega su turno para ser atendidos.
- f) **Espera del vehículo en parqueo provisional.** Demora del vehículo en parqueo provisional.
- g) **Traslado de vehículo hacia zona de descarga.** Tiempo de traslado hacia los diferentes equipos de descarga, según sea el tipo de caña que el vehículo transporte.
- h) **Descarga.** Tiempo requerido para retirar la caña de los vehículos y depositarla en las mesas alimentadoras.
- i) **Traslado del vehículo hacia Tara.** Tiempo de traslado desde la zona de descarga hacia la báscula.
- j) **Tara.** Tiempo de pesado del vehículo sin carga.



En la tabla No.3.2, se muestran los tiempos (ver anexo 12.1) de las actividades descritas anteriormente, para las cuales se calculó el porcentaje de error; con base a la cantidad mínima de 30 muestras recopiladas para cada una de ellas, dicha cantidad cumple con los requisitos mínimos establecidos en la técnica de toma de tiempos por cronómetro.

**Tabla No.3. 2 Error muestral de Eventos dentro del ingenio.**

EVENTO	MEDIA (minutos)	VARIANZA	ERROR (%)
Ingreso del vehículo al ingenio	0,77	0,02	5,47
Pesado de vehículo con carga	1,07	0,22	16,97
Traslado hacia área de muestreo	0,78	0,04	7,38
Toma de muestra de caña	0,92	0,11	11,99
Traslado de vehículo hacia parqueo provisional	1,3	0,48	25,28
Espera de vehículo en parqueo provisional	22,85	288,9	631,26
Traslado de vehículo hacia zona de descarga	0,73	0,114	12,12
Descarga	Ver tabla 3.3	-----	-----
Traslado de vehículo hacia Tara	2,4	2028	55,16
Tara	2,37	0,604	27,92

**Tabla No.3. 3 Error muestral de descarga <sup>18</sup>.**

TIPO DE VEHICULOS	TIEMPO DE DESCARGA (minutos)	VARIANZA	ERROR (%)
<b>T3-S3 / T3-S2</b>	38.39	170.53	787.48
<b>C-3 / C-2</b>	17.38	58.78	685.75
<b>C-2 caña corta</b>	10.34	23.49	250.29

<sup>18</sup> Los vehículos se encuentran clasificados mediante la nomenclatura internacional: T3-S3 para rastras de 3 ejes, T3-S2 para rastras de 5 ejes, C-3 para camiones de 3 ejes y para camión de 2 ejes C-2.



### 3.4.2 CICLO FUERA DEL INGENIO.

Este ciclo comprende todas aquellas actividades que realizarán los vehículos de transporte en las zonas cañeras y los traslados entre éstas y el ingenio, dicho ciclo esta constituido por los siguientes eventos:

- a) **Traslado de vehículo desde el ingenio hacia zonas cañeras.** Tiempo de traslado comprendido desde que se le da la orden al vehículo de trasladarse a una zona determinada hasta que éste llega a dicha zona.
- b) **Espera del vehículo a ser cargado.** Tiempo en que los vehículos se mantienen en espera en la zona cañera hasta que se movilizan al área donde serán cargado.
- c) **Cargado de caña.** Tiempo que se tarda la cargadora en realizar la operación de cargado que esta comprendida por: a) tiempo de depósito de la caña en los vehículos, b) tiempo para asegurar la caña a los vehículos mediante rach (cadenas), lo que comúnmente se denomina: hacer maletas y c) tiempo de corte de las puntas de las cañas que sobresalen de la geometría del vehículo.
- d) **Traslado del vehículo hacia el ingenio.** Tiempo comprendido en el traslado del vehículo con carga a través de las rutas cañeras señaladas por el VMT, hasta su llegada al ingenio.
- e) **Demora fuera del Ingenio.** Demora comprendida desde que el vehiculo cargado llega de la zona cañera y se reporta al ingenio, hasta que se le da la orden para que pueda ingresar a éste.

En la tabla No.3.4, se muestran los tiempos (ver anexo 12.1) para las actividades anteriores, a las cuales se calculó el porcentaje de error; cabe mencionar que para las los eventos de traslados de vehiculo y cargado no se calcularon dichos porcentaje, sin embargo se determinaron los porcentajes de fallas para ambos, dicho análisis se mostrará posteriormente.



**Tabla No.3. 4 Error muestral de Eventos fuera del ingenio.**

EVENTO	MEDIA (minutos)	VARIANZA	ERROR (%)
Traslado del vehículo desde Ingenio hacia zonas cañeras	Ver tabla 3.5	----	---
Espera del vehículo a ser cargado	0,77	0,02	5,47
Cargado del vehículo	Ver Tabla 3.6	----	----
Traslado del vehículo hacia Ingenio desde zonas cañeras	Ver tabla 3.7	---	---
Demora fuera del ingenio	Ver tabla 3.8	---	---

**Tabla No.3. 5 Tiempo de traslado del vehiculo desde el ingenio hacia cada zona cañera.**

ZONA	INGENIO - ZONA CAÑERA (MINUTO)
1	16,5
2	81,33
3	58,5
4	100
5	180

**Tabla No.3. 6 Tiempo de cargado de vehículos.**

TIPO DE VEHICULO	TIEMPO (Minutos)
T3-S3	107
T3-S2	91
C-3	53
C-2	38
C-2*	30

**Tabla No.3. 7 Tiempo de traslado del vehículo desde cada zona cañera hacia el ingenio**

ZONA	ZONA CAÑERA – INGENIO (MINUTOS)
1	17
2	63.5
3	77
4	204
5	284

**Tabla No.3. 8 Tiempo de demora fuera del ingenio.**

TIPO DE VEHICULOS	DEMORA (Horas)	VARIANZA	ERROR (%)
Vehiculos para caña larga	31.86	124.0627	163.78
Vehiculos para caña corta	8.55	7.3077	68.66



### 3.4.2.1 PORCENTAJE DE FALLAS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE.

Un sistema es un todo compuesto por partes que interactúan entre sí con una finalidad definida <sup>19</sup>, podemos afirmar que si una parte del sistema para este caso “de transporte”, falla dicho sistema no funciona en óptimas condiciones, puesto que nuestro objetivo es **optimizar**, se identificaron dos aspectos que podrían ocasionar que dicho objetivo no se lograra, estos son:

#### A. Porcentaje de fallas mecánicas en los vehículos de caña

Este porcentaje se calculó mediante la siguiente expresión, los datos necesarios para su resolución se obtuvieron mediante una entrevista (ver anexo 13) realizada en la superintendencia de campo.

$$\%Fallas_{\text{Vehículos de transporte}_e} = \left( \frac{\text{Vehículos fuera de uso}}{\text{Total de vehículos}} \right) (100\%)$$

$$\%Fallas_{\text{Vehículos de transporte}_e} = \left( \frac{27 \text{ vehículos}}{180 \text{ vehículos}} \right) (100\%)$$

$$\%Fallas_{\text{Vehículos de transporte}_e} = 15$$

#### B. Porcentaje de ausentismo en los vehículos de caña

Para los vehículos de caña, se determinó que existía otro fenómeno mayor que las fallas mecánicas, este fenómeno era el ausentismo de dichos vehículos en el ingenio, este porcentaje se estimó mediante la siguiente expresión, los datos para su resolución se obtuvieron mediante una entrevista (ver anexo 13) en superintendencia de campo:

$$\%Ausentismo = \left( \frac{\text{Numero de vehículos ausentes}}{\text{Total de vehículos}} \right) (100\%)$$

$$\%Ausentismo = \left( \frac{90}{180} \right) (100\%)$$

$$\%Ausentismo = 50$$

<sup>19</sup> Gustavo Quiroga, Leos, “Organización y Métodos”, Segunda Edición, Editorial Trilla, 1988, Pág. 123.-



### 3.4.2.2 PORCENTAJE DE FALLAS DE LAS CARGADORAS

Las cargadoras juegan un papel muy importante dentro del sistema de transporte de caña de azúcar, ya que son las encargadas de depositar la caña larga dentro de los vehículos de transporte, por tal motivo se calculó el porcentaje de fallas que estas presentaron durante la zafra 2003/04 mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{fallas}_{\text{cargadoras}} = \left( \frac{\text{cantidad de horas fuera de uso}}{\text{total de horas de zafra}} \right) (100\%)$$

Donde los datos necesarios para su resolución, fueron recopilados mediante una entrevista (ver anexo 13) realizada en la sección del Taller Agrícola, del ingenio en estudio.

Sustituyendo datos tenemos:

$$\% \text{fallas}_{\text{cargadoras}} = \left( \frac{282.24}{2352} \right) (100\%)$$

$$\% \text{fallas}_{\text{cargadoras}} = 12$$

De lo anterior podemos deducir los días que estuvieron fuera de uso las cargadoras, mediante la siguiente regla de tres:

$$\begin{array}{l} 98 \text{ días} \rightarrow 100 \\ x \rightarrow 12 \end{array}$$

$$x = \frac{(12)(98)}{100}$$

$$x = 11.76 \text{ días fuera de uso}$$



## 3.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Dado que la investigación realizada fue una mezcla entre información cuantitativa y cualitativa, los resultados se presentan de acuerdo al enfoque de cada variable.

Estos resultados obtenidos, por ser provenientes de las variables en estudio, son los que argumentan la situación actual de la empresa, dado que reflejan el comportamiento del fenómeno estudiado.

La interpretación de los resultados contiene el **DIAGNÓSTICO FINAL** de la situación actual, permitiendo al investigador, identificar los elementos que inciden directamente en los problemas encontrados.

El fin último de la investigación es llevar a cabo la conjunción de las variables para describir el panorama actual del fenómeno objeto de investigación para que, posteriormente, se puedan desarrollar propuestas de solución a dichos problemas.

Por tal motivo, en el presente trabajo de graduación, como su mismo nombre lo indica, tiene como objetivo desarrollar un modelo de manejo y transporte de caña de azúcar que permita a ingenio La Magdalena y a la sociedad, obtener beneficios a través de la implementación del mismo.

### 3.5.1 REGISTRO DE RESULTADOS.

Por cada indicador, luego de haber llevado a cabo el plan de muestreo, los resultados se codificaron según se muestra en la tabla 3.9, dicha tabla esta constituida de tres columnas donde se detallan los siguientes aspectos: en la primer columna la variable investigada, en la segunda columna los respectivos indicadores de cada variable y en la tercer columna se muestran las referencias a otras secciones de este documento, donde se localiza la información recopilada de los diferentes indicadores.



**Tabla No.3. 9 Resultados de la Investigación de cada Variable. Pág 1/2**

VARIABLE	INDICADOR	APARTADO DEL DOCUMENTO DONDE SE ENCUENTRA REGISTRADA LA INFORMACIÓN	
		CAPITULO	SECCIÓN
Demanda diaria de caña de azúcar	Capacidad de molienda	Capitulo II	Sección 2.2.4.4 literal H
	Capacidad de mesas alimentadoras	Capitulo II	Sección 2.2.4.4 literal E
	Capacidad de grúas	Capitulo II	Sección 2.2.4.4 literzl B y C
Oferta de materia prima	Cantidad plantada en zona 1	Capitulo II	Sección 2.2.2.2
	Cantidad plantada en zona 2	Capitulo II	Sección 2.2.2.2
	Cantidad plantada en zona 3	Capitulo II	Sección 2.2.2.2
	Cantidad plantada en zona 4	Capitulo II	Sección 2.2.2.2
	Cantidad plantada en zona 5	Capitulo II	Sección 2.2.2.2
Distancia	Distancia hacia zona 1	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	Distancia hacia zona 2	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	Distancia hacia zona 3	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	Distancia hacia zona 4	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	Distancia hacia zona 5	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
Vehículos de Transporte	Tipo de vehículos	Capitulo II	Sección 2.2.3.1
Características de vehículos de transporte	Fallas mecánicas	Capítulo III	Sección 3.2.4.1
	Peso máximo de carga permisible por cada tipo de vehículo	Capítulo II	Sección 2.2.3.1 Tabla .3.5 y .3.6
Marco legal regulatorio	Peso máximo autorizado	Anexos	Anexo No.5
	Altura máxima autorizada	Anexos	Anexo No.5
Accesibilidad de los vehiculos a las diferentes zonas cañeras	tipo y porcentaje de pendiente zona 1	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	tipo y porcentaje de pendiente zona 2	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	tipo y porcentaje de pendiente zona 3	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	tipo y porcentaje de pendiente zona 4	Capitulo II	Sección 2.2.2.1
	tipo y porcentaje de pendiente zona 5	Capitulo II	Sección 2.2.2.1



**Tabla No.3.9 Resultados de la Investigación de cada Variable Pág. 2/2**

VARIABLE	INDICADOR	APARTADO DEL DOCUMENTO DONDE SE ENCUENTRA REGISTRADA LA INFORMACIÓN	
		CAPITULO	SECCIÓN
Tiempo de cosecha	Tiempo de brecha	Anexos	Anexo No.12.2
	Tiempo de quema	Anexos	Anexo No.12.2
	Tiempo de roza	Anexos	Anexo No.12.2
Tiempos de ciclo operativo de transporte	Tiempo de carga	Capítulo III	Sección 3.4.2, Tabla No.3.6
	Tiempo de descarga	Capítulo III	Sección 3.4.1, Tabla No.3.3
	Tiempo de traslado ingenio- cañal	Capítulo III	Sección 3.4.2, Tabla No.3.5
	Tiempo de traslado cañal-ingenio	Capítulo III	Sección 3.4.2, Tabla No.3.7
	Tiempo de toma de muestra de calidad	Anexos	Anexo No.12.1
	Tiempo de pesado y tara	Anexos	Anexo No.12.1
Tiempo ocioso en recepción	Tiempo de espera del vehículo para ingresar al ingenio	Capítulo III	Sección 3.4.2, Tabla No.3.8
Tiempo ocioso por carga y descarga	Tiempo de espera para la carga	Anexos	Anexo No.12.2
	Tiempo de espera para la descarga	Anexos	Anexo No.12.1
Tiempo ocioso en quema	Tiempo de espera por el enfriamiento de la quema	Anexos	Anexo No.12.1
Deterioro de la caña	Porcentaje de pérdida de rendimiento por día de retraso	Capítulo II	Sección 1.2.7.1
Disponibilidad de cargadoras	Número de cargadoras propias	Capítulo II	Sección 2.2.4.4 Literal A
	Fallas mecánicas	Capítulo III	Sección 3.2.4.2
Funciones	Distribución de funciones	Capítulo II	Sección 2.3.2
Análisis Financiero	Control financiero	Capítulo II	Sección 2.4



### 3.5.2 ANÁLISIS SÍNTOMA CAUSA Y EFECTO.

Para una mejor comprensión de la problemática encontrada, se utiliza la técnica de síntoma-causa-efecto; en donde se listan los síntomas que se observan y se determinan las posibles causas y efectos de dichos síntomas.

**Tabla No.3. 10 Síntoma Causa y Efecto.**

SÍNTOMA	CAUSA	EFECTO
Variabilidad en el tiempo de espera de los vehículos para descargar	Falta de control de entrada de vehículos al ingenio	Tiempo ocioso de caña en ser procesada
	Falta de planeación de las entradas y salidas de vehículos de carga.	
Variabilidad en el tiempo de traslado de vehículo hacia área de descarga	Existencia de parqueo provisional, no se traslada directamente al área de descarga.	Acumulación vehicular en el patio 3, dentro del ingenio.
Variabilidad en el tiempo de traslado del vehículo hacia tara	Falta de control vehicular dentro del ingenio.	Aglomeración vehicular dentro del ingenio.
	Desconocimiento del próximo destino por parte del transportista	Vehículos ociosos que podrían estar realizando otro viaje. Generación de otro sistema de filas antes de realizar la Tara.
Variabilidad en tiempo de tara	Falta de controles vehiculares dentro del ingenio.	Vehículos ociosos dentro del ingenio.
Variabilidad en el tiempo de descarga por vehículo	Falta de estandarización de los métodos de trabajo en la descarga	Aglomeración de caña en patio 3
	Falta de control en descarga.	Retraso en el procesamiento de la caña
		Incremento de gastos
		Niveles de producción menores a los requeridos



### **3.5.3. LISTA DE PROBLEMAS ENCONTRADOS.**

Luego de haber realizado un análisis síntoma-causa-efecto a ingenio La Magdalena, S.A., se presentan los problemas encontrados, de tal manera que se pueda observar la incidencia de éstos en cada sector del mismo.

- Falta de controles vehiculares dentro del ingenio.
- Falta de programas de control vehicular fuera del ingenio.
- Falta de compromiso por parte de los transportistas.
- Falta de estandarización en los tiempos de llegada al ingenio.
- Falta de estandarización en los métodos de trabajo del sistema de manejo y transporte de caña.

De lo anterior podemos concluir, que para Ingenio La Magdalena, s.a., se muestran una serie de problemas los cuales denotan en conjunto una Escasez de un Sistema de Programación Vehicular para el manejo y transporte de caña de azúcar.



# ***CAPÍTULO IV.***

# ***DISEÑO PROPUESTO.***



## **4.1 ENFOQUE CENTRAL DEL DISEÑO PROPUESTO.**

El ser humano, con el correr de los años, se ha preocupado por mejorar su nivel de vida satisfaciendo diversas necesidades y deseos mediante las múltiples invenciones que se han descubierto, creado y modificado a lo largo de la historia.

Estos descubrimientos e inventos han surgido a partir de problemas reales por solucionar, cuyas causas deben ser analizadas al igual que los efectos producidos por las mismas y luego hacer un análisis científico que conlleve al desarrollo de propuestas diseñadas específicamente para resolver la problemática planteada.

Los primeros tres capítulos del presente trabajo de grado se desarrollaron para establecer el diagnóstico de la agroindustria azucarera salvadoreña, específicamente en ingenio La Magdalena, S.A., en lo referente al manejo y transporte de caña de azúcar; cuyo diagnóstico demostró la existencia de problemas reales que impiden obtener una mayor producción de azúcar por la falta de controles administrativos en dicho rubro.

A causa de estos problemas, que representan no sólo una necesidad empresarial, sino de la economía nacional y de la población en general; se deberá crear una propuesta que sólo los profesionales de Ingeniería Industrial pueden diseñar; esto debido a que es la única carrera que conoce y utiliza herramientas capaces de resolver este tipo de problemas a través de diseños especializados basados en análisis de optimización matemática.

Inicialmente, este análisis se realiza traduciendo el problema definido a expresiones y relaciones matemáticas dando lugar a la construcción de un MODELO, luego éste deberá ser sometido a un riguroso (por su complejidad) proceso de solución y finalmente obtener el resultado óptimo del mismo, según las condiciones presentadas en el ingenio en estudio para la zafra comprendida en el período 2003/04.



El presente trabajo denominado “Optimización del Manejo y Transporte de Caña de Azúcar en Ingenio La Magdalena, S.A.”, culmina con la obtención de los resultados del modelo y posteriormente evaluar su impacto social, productivo, económico y del medio ambiente; asimismo, se logra cumplir satisfactoriamente con el objetivo general del trabajo: “Diseñar un Modelo de Optimización de manejo y transporte de caña de azúcar para ingenio La Magdalena, S.A., que coadyuve a la mejora del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña”.

A pesar de obtener una solución (la cual por ser óptima se sabe de antemano que arraigará beneficios) al modelo planteado, el diseño del mismo se vuelve inaplicable debido al problema identificado en el diagnóstico: falta de compromiso en el rubro por parte de la dirección superior. Esto debido a que la gerencia de la empresa no contempla en su labor cotidiana el aprendizaje y conocimiento a cabalidad de la Metodología de Optimización, al igual que planear la implantación y adaptación del mismo al quehacer diario del sector agroindustrial del ingenio en estudio.

Este último problema se resuelve elaborando dicha metodología y presentándolo como parte del diseño propuesto del capítulo. Esta propuesta consistirá en diseñar un SISTEMA ADMINISTRATIVO en el cual se organicen e integren recursos tanto en la IMPLANTACIÓN como en el seguimiento del mismo, consecuentemente se contempla la elaboración de controles que den lugar al logro de la optimización del manejo y transporte de caña a partir de una administración eficaz y eficiente.



## 4.2 MODELO DE OPTIMIZACIÓN CAÑERO.

Los resultados provenientes del diagnóstico presentado en el capítulo denominado Metodología de la Investigación, dieron a conocer causas como la falta de estandarización de los métodos en algunas estaciones de trabajo (ambas para manejo y transporte de caña de azúcar), produciendo como efecto la excesiva aglomeración de vehículos tanto dentro del ingenio y especialmente fuera de él.

Esta problemática planteada constituye el objeto de trascendencia por resolver, al cual se le aplicará análisis matemático para elaborar un modelo que optimice la labor de la cosecha en tiempo de zafra.

La teoría de optimización indica que el planteamiento de la solución de todo modelo, para facilitar su entendimiento, se deberá llevar a cabo mediante el establecimiento de:

**VARIABLES DEL MODELO:** incógnitas en la toma de decisiones objeto de solucionar, que al ser resueltas obtendrán un determinado valor numérico.

**PARÁMETROS:** valores constantes inmersos en el fenómeno. Estos valores corresponderán a las variables de la investigación planteados en el diagnóstico del estudio.

**FUNCIÓN OBJETIVO:** ecuación que refleja el fin primordial del modelo.

**RESTRICCIONES:** limitantes reales del fenómeno.

Estos 4 elementos son esenciales para construir un modelo y de esta forma se tendrá planteado con relaciones matemáticas el problema. Igualmente importante es la elección del método de solución, cuya selección será más adecuada conforme más se profundice en el conocimiento del área por resolver.

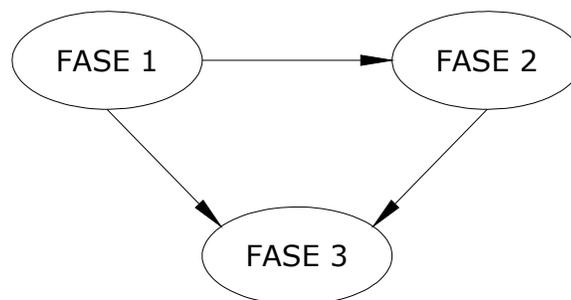


Para un problema tan complejo como el manejo y transporte de caña, se vuelve imposible resolverlo a través de un algoritmo de solución disponible — programación lineal y no lineal, programación dinámica, etc. — ya que ninguno por sí solo tiene la capacidad de representar este sistema matemáticamente.

En vista de lo anterior, se utilizará un enfoque alternativo denominado SIMULACIÓN. Este enfoque consiste en desglosar el sistema real en una serie de módulos unidos utilizando relaciones lógicas que permitirán avanzar entre módulos y encontrar el resultado deseado.

El Modelo de Simulación Cañero, al ser analizado como tal, se dispuso resolverlo en tres módulos. Cada uno de estos corresponde efectivamente a una fase más simple de procesar en comparación con un análisis global de este modelo, definiendo cada uno de estos de la siguiente manera:

1. Optimización de la cantidad de viajes de traslado de caña.
2. Optimización de la programación de la cosecha.
3. Optimización del número de vehículos por contratar.



**Ilustración No.4. 1 Simulación del Modelo Matemático.**

En la figura No. 4.1, se puede observar que el módulo 1 es independiente, mientras que el módulo 2 dependerá de los resultados del primero y finalmente, el módulo 3 dependerá de las dos fases anteriores. De igual manera, cabe resaltar que este modelo no incluye la incidencia de viajes de carretas y góndolas, ambas para transportar caña corta, ya que la cantidad que trasladan es insignificante en comparación con el total de caña planeada por moler.



## **4.2.1 OPTIMIZACIÓN DE LA CANTIDAD DE VIAJES DE TRASLADO DE CAÑA.**

### **4.2.1.1 ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN.**

El objetivo que se persigue lograr con esta primera fase del modelo matemático consiste en minimizar la cantidad de viajes de los vehículos de traslado de caña, con lo cual se pretende obtener el mayor aprovechamiento de rastras y camiones, dando lugar no sólo a la reducción de viajes, sino, a la reducción del tráfico vehicular para toda la zafra.

La importancia de esta primera fase radica en la obtención de beneficios económicos para la institución debidos a la reducción del costo total de viajes, puesto que se obtiene un mejor aprovechamiento de las capacidades de los vehículos en coordinación con el tiempo de cargado de los mismos.

Estos dos factores mencionados anteriormente, serán entonces la piedra angular de esta primera fase, y dado que la naturaleza de ambos elementos es lineal y continua, se analizará el problema de optimización del número de viajes desde una perspectiva de Programación Lineal.

### **4.2.1.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.**

La programación lineal, en su proceso de solución, advierte la necesidad de plantear cuatro elementos básicos que son: variables, parámetros, objetivos (metas) y restricciones.

La definición apropiada de cada uno de estos elementos de decisión constituye el primer paso y que, al mismo tiempo, es esencial para el desarrollo de la solución del problema planteado.

Por lo tanto, a continuación se desarrollarán dichos elementos para el problema de Optimización del Número de Viajes de Traslado de Caña.



#### 4.2.1.2.1 VARIABLES

Para plantear la solución del problema de este primer módulo, se necesita determinar la cantidad de viajes que deberán realizar los diferentes tipos de vehículos — rastras de dos ejes y tres ejes de caña larga, camiones de 3 y 2 ejes de caña larga y camiones 2 ejes de caña corta — a cada una de las zonas y subzonas cañeras.

Por consiguiente el proceso para establecer las variables consistirá en una serie de 7 pasos que darán como resultado un Cuadro de Variables que permitirá localizar más fácilmente cada una de éstas y definir las con mayor claridad. Estos pasos deberán realizarse para cada zafra.

##### **PASO 1**

Se deberá conocer la cantidad de subzonas a las cuales los vehículos se trasladarán para recolectar la caña de azúcar. Para la zafra 2003/04, ingenio La Magdalena contrató esta materia prima en 16 subzonas (ver ilustración No.2.3), por lo tanto, el cuadro de variables deberá poseer 16 filas, siendo entonces notoria la relación existente entre el número de filas de esta tabla con la cantidad de subzonas.

##### **PASO 2.**

A continuación se deberán conocer los diferentes tipos de vehículos de transporte disponibles y sus limitantes físicas de vuelco al transitar sobre terrenos con superficie quebrada. Para llevar a cabo este procedimiento es conveniente elaborar un listado de características de la siguiente forma:

Rastras 3 ejes (T3S3) para caña larga: adquiere estabilidad en pendientes planas y semiplanas.

Rastras 2 ejes (T3S2) para caña larga: adquiere estabilidad en pendientes planas y semiplanas.

Camión 3 ejes (C-3) para caña larga: adquiere estabilidad en pendientes planas, semiplanas y quebradas.

Camión 2 ejes (C-2) para caña larga y corta: adquiere estabilidad en pendientes planas, semiplanas y quebradas.



Para facilitar la elaboración del Cuadro de Variables se considerarán ciertas características en común. Por ejemplo, tanto rastras y camiones adquieren estabilidad en terrenos planos y semiplanos; sin embargo, en pendientes quebradas, sólo pueden estabilizarse los camiones de caña larga y corta.

### **PASO 3.**

Una vez obtenida la información de los pasos 1 y 2, se procede a diseñar el formulario del Cuadro de Variables.

En la tabla No.4.1 puede observarse el Cuadro de Variables para la zafra 2003/04 con respecto a la optimización del número de viajes; nótese que cada fila coincide con cada subzona y que cada columna es referida a un determinado tipo de vehículo y sus características de estabilidad, que para mayor practicidad del formulario, se deberán tomar las pendientes planas y semiplanas como factor común de estos vehículos.

Es ahora cuando se deberá utilizar el formulario recién diseñado. Para esto, se deben conocer tres características que fundamentarán la cantidad de variables por utilizar en esta primera fase del Modelo Matemático. Cada una de estas características se abordará en los tres siguientes pasos.

### **PASO 4**

La primera característica por abordar es: “Existencia de caña de azúcar cultivada en terreno con pendiente quebrada y no quebrada (plana y semiplana) para cada subzona”.

Para esto, se deberán conocer las pendientes de las subzonas y al mismo tiempo descartar celdas en el cuadro de variables. La información por utilizar para llevar a cabo este cuarto paso deberá tabularse y representarse tal como se muestra en la tabla No.2.2. En esta tabla se puede apreciar que para todas las subzonas existen pendientes planas y semiplanas; sin embargo, sólo seis subzonas poseen pendientes quebradas: La Magdalena, El Coco, Santa Ana, Ahuachapán, Atiquizaya y El Refugio.



El procedimiento a seguir en el formulario consiste ahora en eliminar las celdas que se intersectan entre las columnas de vehículos en pendientes quebradas y las subzonas que no poseen pendientes quebradas (representado con un cheque en la tabla No.4.1).

### **PASO 5**

A continuación se deberá repetir el procedimiento de eliminación de celdas pero considerando la característica: “Límite de traslado de vehículos a determinadas zonas”.

En este paso se hace referencia a la tabla 2.8, en la cual se muestran las tarifas de pago a transportistas por cada tonelada transportada desde los cañales hasta el ingenio. En esta tabla se puede observar que no existe una tarifa establecida de viajes de caña corta hacia las zonas 4 y 5. Por lo tanto, en el cuadro de variables se deberán descartar los viajes de caña corta para pendiente no quebrada hacia Sonsonate Norte, Chanmico, Comalapa, San Luis La Herradura y Santiago Nonualco.

### **PASO 6.**

La tercer característica es: “Condición de las rutas de acceso a los cañales”; en la cual el punto de análisis deberá ser un valúo de qué tan accidentados son los caminos para ingresar a las diferentes subzonas.

Durante el diagnóstico del estudio (capítulos 1, 2 y 3), en la investigación de campo se determinó que sólo existen dos subzonas donde las rutas son accidentadas y con declives quebrados, en las cuales las rastras no pueden accesar. Estas subzonas son: El Coco y Galeano. Cabe hacer mención que en el anexo 16 se puede demostrar lo anteriormente expuesto al observar que durante la zafra 2003/04 no se registró ningún viaje de rastras a estas dos subzonas.

Con esta información, ahora se deben descartar las celdas (del cuadro de variables) de rastras de 3 y 2 ejes con respecto a estas dos subzonas.



**Tabla No.4. 1 Cuadro de Variables. Fase 1.**

		PLANA Y SEMIPLANA					QUEBRADA		
		T3S3	T3S2	C-3	C-2	C-2 caña corta	C-3	C-2	C-2 caña corta
<b>ZONA 1</b>	La Magdalena	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
	San Sebastián	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	✓	✓	✓
	El Coco	✓✓✓	✓✓✓	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$
	Galeano	✓✓✓	✓✓✓	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	✓	✓	✓
	San Nicolás	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	✓	✓	✓
<b>ZONA 2</b>	Santa Ana	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$
	El Porvenir	$x_{36}$	$x_{37}$	$x_{38}$	$x_{39}$	$x_{40}$	✓	✓	✓
	Candelaria	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{44}$	$x_{45}$	✓	✓	✓
<b>ZONA 3</b>	Ahuachapán	$x_{46}$	$x_{47}$	$x_{48}$	$x_{49}$	$x_{50}$	$x_{51}$	$x_{52}$	$x_{53}$
	Atiquizaya	$x_{54}$	$x_{55}$	$x_{56}$	$x_{57}$	$x_{58}$	$x_{59}$	$x_{60}$	$x_{61}$
	El Refugio	$x_{62}$	$x_{63}$	$x_{64}$	$x_{65}$	$x_{66}$	$x_{67}$	$x_{68}$	$x_{69}$
<b>ZONA 4</b>	Sonsonate Nte	$x_{70}$	$x_{71}$	$x_{72}$	$x_{73}$	✓✓	✓	✓	✓
	Chanmico	$x_{74}$	$x_{75}$	$x_{76}$	$x_{77}$	✓✓	✓	✓	✓
<b>ZONA 5</b>	Comalapa	$x_{78}$	$x_{79}$	$x_{80}$	$x_{81}$	✓✓	✓	✓	✓
	La Herradura	$x_{82}$	$x_{83}$	$x_{84}$	$x_{85}$	✓✓	✓	✓	✓
	San. Nonualco	$x_{86}$	$x_{87}$	$x_{88}$	$x_{89}$	✓✓	✓	✓	✓
	✓	: Celdas descartadas según paso 4.							
	✓✓	: Celdas descartadas según paso 5.							
	✓✓✓	: Celdas descartadas según paso 6.							

**PASO 7**

Este es el último paso del establecimiento de variables y en este punto ya se tienen descartadas todas aquellas celdas que no corresponden a la solución de Programación Lineal, lo cual significa que las celdas restantes sí contribuirán a la solución.

Las celdas no descartadas serán entonces el conjunto de variables de la fase 1 del Modelo Matemático, por lo cual se tendrán que rellenar con incógnitas “x” con un subíndice numerado correlativo que identificará y representará a cada variable.



En la tabla No.4.1 puede observarse el resultado final del cuadro de variables para la zona 2003/04, observando un total de 89 variables que intervendrán en la solución de la fase 1 del Modelo Cañero. El significado de cada variable se define de la siguiente manera:

$X_1$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_2$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_3$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_4$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_5$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_6$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a La Magdalena.

$X_7$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a La Magdalena.

$X_8$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a La Magdalena.

$X_9$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a La Magdalena.

$X_{10}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a San Sebastián.

$X_{11}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a San Sebastián.

$X_{12}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a San Sebastián.

$X_{13}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a San Sebastián.



$X_{14}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a El Coco.

$X_{15}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Coco.

$X_{16}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Coco.

$X_{17}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a El Coco.

$X_{18}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a El Coco.

$X_{19}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a El Coco.

$X_{20}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Galeano.

$X_{21}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Galeano.

$X_{22}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Galeano.

$X_{23}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a San Nicolás.

$X_{24}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a San Nicolás.

$X_{25}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a San Nicolás.

$X_{26}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a San Nicolás.

$X_{27}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a San Nicolás.

$X_{28}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Santa Ana.



$X_{29}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Santa Ana.

$X_{30}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Santa Ana.

$X_{31}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Santa Ana.

$X_{32}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Santa Ana.

$X_{33}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a Santa Ana.

$X_{34}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a Santa Ana.

$X_{35}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a Santa Ana.

$X_{36}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a El Porvenir.

$X_{37}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a El Porvenir.

$X_{38}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a El Porvenir.

$X_{39}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Porvenir.

$X_{40}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Porvenir.

$X_{41}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Candelaria.

$X_{42}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Candelaria.

$X_{43}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Candelaria.



$X_{44}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Candelaria.

$X_{45}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Candelaria.

$X_{46}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Ahuachapán.

$X_{47}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Ahuachapán.

$X_{48}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Ahuachapán.

$X_{49}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Ahuachapán.

$X_{50}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Ahuachapán.

$X_{51}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a Ahuachapán.

$X_{52}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a Ahuachapán.

$X_{53}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a Ahuachapán.

$X_{54}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Atiquizaya.

$X_{55}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Atiquizaya.

$X_{56}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Atiquizaya.

$X_{57}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Atiquizaya.

$X_{58}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Atiquizaya.



$X_{59}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a Atiquizaya.

$X_{60}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a Atiquizaya.

$X_{61}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a Atiquizaya.

$X_{62}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a El Refugio.

$X_{63}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a El Refugio.

$X_{64}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a El Refugio.

$X_{65}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Refugio.

$X_{66}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno no quebrado a El Refugio.

$X_{67}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno quebrado a El Refugio.

$X_{68}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno quebrado a El Refugio.

$X_{69}$  = total de viajes de caña corta de camión 2 ejes a terreno quebrado a El Refugio.

$X_{70}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Sonsonate Norte.

$X_{71}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Sonsonate Norte.

$X_{72}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Sonsonate Norte.

$X_{73}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Sonsonate Norte.



$X_{74}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Chanmico.

$X_{75}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Chanmico.

$X_{76}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Chanmico.

$X_{77}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Chanmico.

$X_{78}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Comalapa.

$X_{79}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Comalapa.

$X_{80}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Comalapa.

$X_{81}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a Comalapa.

$X_{82}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a San Luis La Herradura.

$X_{83}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a San Luis La Herradura.

$X_{84}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a San Luis La Herradura.

$X_{85}$  = total de viajes de caña larga de camión 2 ejes a terreno no quebrado a San Luis La Herradura.

$X_{86}$  = total de viajes de caña larga de rastras 3 ejes a terreno no quebrado a Santiago Nonualco.

$X_{87}$  = total de viajes de caña larga de rastras 2 ejes a terreno no quebrado a Santiago Nonualco.

$X_{88}$  = total de viajes de caña larga de camión 3 ejes a terreno no quebrado a Santiago Nonualco.



$X_{89}$  = total de viajes de caña corta de camiones de 2 ejes a terreno no quebrado a Santiago Nonualco.

#### 4.2.1.2.2 PARÁMETROS

Para lograr la optimización de la cantidad de viajes cañeros, además de las variables planteadas con anterioridad, se han identificado 3 parámetros que dan lugar al planteamiento de la solución. Estos parámetros se describen a continuación:

##### **PARÁMETRO 1**

Es necesario obtener información más precisa acerca de la cantidad de caña de azúcar cultivada en cada subzona, ya que tal como se pudo observar en el desarrollo de las variables, se realizó una diferenciación entre los terrenos con pendiente quebrada y no quebrada.

**Tabla No.4. 2 Detalle del cultivo de caña de azúcar en toneladas según su pendiente.**

SUBZONA	PENDIENTE NO QUEBRADA	PENDIENTE QUEBRADA
La Magdalena	45.462,92	24.480,03
San Sebastián	26.789,00	---
El Coco	10.932,00	2.733,00
Galeano	6.362,00	---
San Nicolás	15.192,00	---
Santa Ana	2.499,67	2.499,67
El Porvenir	53.348,26	---
Candelaria	1.831,14	---
Ahuachapán	6.999,96	6.999,96
Atiquizaya	6.988,66	2.995,14
El Refugio	6.873,79	6.873,79
Sonsonate Norte	10.124,00	---
Chanmico	17.743,00	---
Comalapa	37.389,00	---
La Herradura	5.625,00	---
Santiago Nonualco	9.854,00	---



En la tabla No.4.2, se encuentra en detalle las toneladas de caña de azúcar cultivadas por subzona según su pendiente. Estos datos numéricos fueron obtenidos aludiendo la información de las tablas No.2.2 y 2.3, en los cuales se muestran el porcentaje de terreno que posee una determinada pendiente y la cantidad total de caña de azúcar cultivada por subzona respectivamente, ambos para la zafra 2003/04.

### **PARÁMETRO 2**

Un elemento más que debe considerarse con respecto a los vehículos es la cantidad de toneladas de caña de azúcar que son capaces de cargar.

Actualmente en El Salvador no se encuentra reglamentado el peso máximo que deberán cargar los vehículos de transporte cañero, solamente está regulada la altura máxima de la carga. En efecto se tomarán diferentes muestras del total de toneladas transportadas de las cuales se obtuvo una media aritmética representativa obteniendo los siguientes resultados:

**Ilustración No.4. 2 Promedio de capacidad de carga de vehículos de transporte.**

		CAPACIDAD (TONELADAS DE CAÑA)
CAÑA LARGA	{	RASTRA 3 EJES —————▶ 33.4 TC
		RASTRA 2 EJES —————▶ 28.4 TC
		CAMIÓN 3 EJES —————▶ 16.0 TC
		CAMIÓN 2 EJES —————▶ 11.5 TC
CAÑA LARGA	{	CAMIÓN 2 EJES —————▶ 9.48 TC

### **PARÁMETRO 3**

El tercer parámetro identificado para solucionar la primera fase del Modelo Cañero, consiste en incorporar el tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final de la operación de cargado del vehículo.



En la tabla No.3.6 titulada “Tiempo de cargado”, se presentó la media aritmética de la muestra obtenida de esta operación, dando como resultado los siguientes tiempos:

- A. Rastra 3 ejes de caña larga: 1.78333 horas
- B. Rastra 2 ejes de caña larga: 1.51667 horas
- C. Camión 3 ejes de caña larga: 0.88333 horas
- D. Camión 2 ejes de caña larga: 0.63333 horas
- E. Camión 2 ejes de caña corta: 0.50000 horas

#### 4.2.1.2.3 FUNCIÓN OBJETIVO

El siguiente paso después de haber definido variables y parámetros, consiste en definir cual es el objetivo o meta por alcanzar.

Tal como se ha descrito anteriormente, este primer módulo tiene como propósito minimizar el total de viajes de recolección de caña de azúcar para una zafra determinada, dando lugar a la obtención del máximo aprovechamiento de la capacidad de los vehículos utilizados para trasladar dicha materia prima desde los campos cañeros hasta el ingenio.

Matemáticamente para este problema, la función objetivo no puede plantearse como una función de minimización dado que, por su complejidad, la tendencia de la solución está orientada a tres resultados:

1. Solución infactible debido a la inexistencia de un espacio de solución.
2. Solución no acotada debido a la versatilidad del espacio de soluciones.
3. Trasladar mucho menos cantidad de caña en comparación con el realmente contratado dado que se busca minimizar lo más que se pueda.

Dependiendo de las condiciones a las cuales se deba sujetar el problema, el resultado puede llegar a ser “cero”.

Aludiendo a los tres puntos anteriores, la función objetivo se transformó entonces en un problema de maximización definiéndose así:



*“Maximizar la velocidad de despacho en el cargado de vehículos a razón toneladas de caña por hora”.*

Para plantear esta función objetivo desde la perspectiva de la Programación Lineal, se realizará lo siguiente: primero se deberán indicar fracciones en las cuales el numerador corresponda a la capacidad promedio de carga de un determinado vehículo; luego, el denominador deberá corresponder al tiempo de cargado del mismo vehículo, obteniendo lo siguiente:

- A. Rastra 3 ejes caña larga = 33.4 TC / 1.78333 horas
- B. Rastra 2 ejes caña larga = 28.9 TC / 1.51667 horas
- C. Camión 3 ejes caña larga = 16.0 TC / 0.88333 horas
- D. Camión 2 ejes caña larga = 11.5 TC / 0.63333 horas
- E. Camión 2 ejes caña corta = 9.48 TC / 0.50000 horas

Posteriormente del recién listado de velocidad, se deberá multiplicar la razón del vehículo por cada variable que corresponda al mismo automotor, auxiliándose del Cuadro de Variables. Obteniendo así la función objetivo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Max Z} = & 33.4 \text{ TC} / 1.78333 \text{ hr. } (x_1 + x_9 + x_{23} + x_{28} + x_{36} + x_{41} + x_{46} + x_{54} + x_{62} + \\
 & x_{70} + x_{74} + x_{78} + x_{82} + x_{86}) \\
 & + 28.4 \text{ TC} / 1.51667 \text{ hr. } (x_2 + x_{10} + x_{24} + x_{29} + x_{37} + x_{42} + x_{47} + x_{55} + x_{63} + \\
 & x_{71} + x_{75} + x_{79} + x_{83} + x_{87}) \\
 & + 16 \text{ TC} / 0.88333 \text{ hr. } (x_3 + x_6 + x_{11} + x_{14} + x_{17} + x_{20} + x_{25} + x_{30} + x_{33} + x_{38} \\
 & + x_{43} + x_{48} + x_{51} + x_{56} + x_{59} + x_{64} + x_{67} + x_{72} + x_{76} + x_{80} + x_{84} + x_{88}) \\
 & + 11.5 \text{ TC} / 0.63333 \text{ hr. } (x_4 + x_7 + x_{12} + x_{15} + x_{18} + x_{21} + x_{26} + x_{31} + x_{34} + \\
 & x_{39} + x_{44} + x_{49} + x_{52} + x_{57} + x_{60} + x_{65} + x_{68} + x_{73} + x_{77} + x_{81} + x_{85} + x_{89}) \\
 & + 9.48 \text{ TC} / 0.5 \text{ hr. } (x_5 + x_8 + x_{13} + x_{16} + x_{19} + x_{22} + x_{27} + x_{32} + x_{35} + x_{40} + \\
 & x_{45} + x_{50} + x_{53} + x_{58} + x_{61} + x_{66} + x_{69})
 \end{aligned}$$



#### 4.2.1.2.4 RESTRICCIONES

Todo problema de la vida real está siempre sujeto a determinadas condiciones para ser solucionado. Para obtener dichas limitantes, se deberá considerar, dentro del mismo fenómeno, todos aquellos comportamientos dentro del sistema que marquen valores de frontera, pudiéndose estos identificar utilizando las frases: lo máximo permisible es..., lo mínimo permisible es..., debe ser igual a...

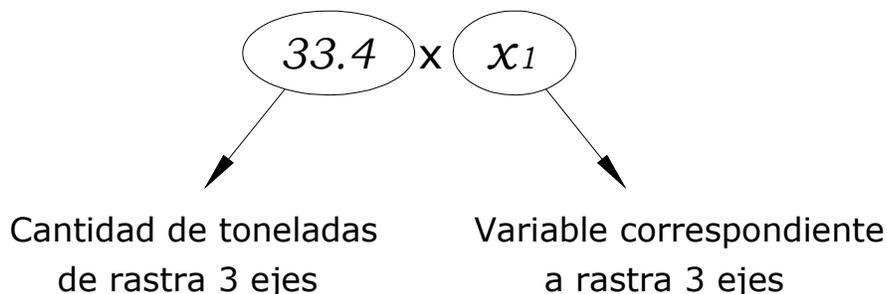
Para la optimización de los viajes de traslado de caña, se han identificado dos tipos de restricciones: 1.- las que dependen de la cantidad de caña cultivada por subzona y pendiente; 2.- las que detallan las condiciones de molienda en el ingenio.

##### **1. Restricciones que dependen de la cantidad de caña de azúcar cultivada.**

Estas restricciones se basan en los parámetros de cultivo por subzona y pendiente mostrados en la tabla No.4.2.

Al analizar las variables, se puede observar que todas éstas representan una determinada cantidad de viajes, la cual matemáticamente es una unidad adimensional; por lo tanto, para transformarlo en toneladas de caña, cada variable se deberá multiplicar por el promedio de la capacidad de carga del vehículo que corresponda a dicha variable, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

**Ilustración No.4. 3 Multiplicadores de ecuaciones restrictivas.**





Tal como se presentó en el cuadro de variables de esta primer fase del modelo matemático, cada conjunto de éstas son referidas a una subzona específica; por consiguiente se deberán recopilar cada conjunto de variables que pertenezcan a la misma subzona y a la misma pendiente, luego cada conjunto deberá operativizarse a través de la suma y finalmente igualarse (=) a la oferta de caña para la misma subzona y pendiente mostrada en la tabla No.4.2. Al realizar todo este procedimiento, se obtendrán las 22 restricciones de igualación mostradas a continuación:

### **ZONA 1**

$$LM \quad 33.4 x_1 + 28.4 x_2 + 16 x_3 + 11.5 x_4 + 9.48 x_5 = 45,462.92$$

$$16 x_6 + 11.5 x_7 + 9.48 x_8 = 24,480.03$$

$$SS \quad 33.4 x_9 + 28.4 x_{10} + 16 x_{11} + 11.5 x_{12} + 9.48 x_{13} = 26,789$$

$$EC \quad 16 x_{14} + 11.5 x_{15} + 9.48 x_{16} = 10,932$$

$$16 x_{17} + 11.5 x_{18} + 9.48 x_{19} = 2,733$$

$$Gal \quad 16 x_{20} + 11.5 x_{21} + 9.48 x_{22} = 6,362$$

$$SN \quad 33.4 x_{23} + 28.4 x_{24} + 16 x_{25} + 11.5 x_{26} + 9.48 x_{27} = 15,192$$

### **ZONA 2**

$$SA \quad 33.4 x_{28} + 28.4 x_{29} + 16 x_{30} + 11.5 x_{31} + 9.48 x_{32} = 2,499.67$$

$$16 x_{33} + 11.5 x_{34} + 9.48 x_{35} = 2,499.67$$

$$EP \quad 33.4 x_{36} + 28.4 x_{37} + 16 x_{38} + 11.5 x_{39} + 9.48 x_{40} = 53,348.26$$

$$Can \quad 33.4 x_{41} + 28.4 x_{42} + 16 x_{43} + 11.5 x_{44} + 9.48 x_{45} = 1,831$$

### **ZONA 3**

$$Ah \quad 33.4 x_{46} + 28.4 x_{47} + 16 x_{48} + 11.5 x_{49} + 9.48 x_{50} = 6,999.96$$

$$16 x_{51} + 11.5 x_{52} + 9.48 x_{53} = 6,999.96$$

$$At \quad 33.4 x_{54} + 28.4 x_{55} + 16 x_{56} + 11.5 x_{57} + 9.48 x_{58} = 6,988.66$$

$$16 x_{59} + 11.5 x_{60} + 9.48 x_{61} = 2,995.14$$

$$ER \quad 33.4 x_{62} + 28.4 x_{63} + 16 x_{64} + 11.5 x_{65} + 9.48 x_{66} = 6,873.79$$

$$16 x_{67} + 11.5 x_{68} + 9.48 x_{69} = 6,873.79$$

### **ZONA 4**

$$Son Norte \quad 33.4 x_{70} + 28.4 x_{71} + 16 x_{72} + 11.5 x_{73} = 10,124$$

$$Chanmico \quad 33.4 x_{74} + 28.4 x_{75} + 16 x_{76} + 11.5 x_{77} = 17,743$$



## **ZONA 5**

$$\text{Comalapa } 33.4 x_{78} + 28.4 x_{79} + 16 x_{80} + 11.5 x_{81} = 37,389$$

$$\text{Sn Luis LH } 33.4 x_{82} + 28.4 x_{83} + 16 x_{84} + 11.5 x_{85} = 5,625$$

$$\text{S Nonualco } 33.4 x_{86} + 28.4 x_{87} + 16 x_{88} + 11.5 x_{89} = 9,854$$

### **2. Restricción de condición de molienda**

Para que el proceso productivo de azúcar se realice eficientemente, se necesita procesar caña que carezca de impurezas (lodo, tierra, piedras, hojas, etc.), condición que es difícil de controlar. Para contrarrestar este efecto, durante la fabricación se considera una mezcla de calidades de caña, conocido industrialmente como “Colchón de Molienda”.

Esta mezcla consiste en moler como mínimo, una tonelada de caña corta (su calidad es mayor ya que no ha sido sometida a quemas y por sus dimensiones se facilita su molienda) con cuatro toneladas de caña larga.

Al plantear como función el efecto antes descrito, el procedimiento consistirá en realizar adición aritmética de todas las variables correspondientes a viajes de caña corta con su respectivo multiplicador de capacidad. Luego, toda esta suma deberá operarse con la relación mayor o igual ( $\geq$ ) al 20% del total de caña por moler ( $310,598.46 \times 0.20 = 62,119.692$  toneladas de caña corta por moler). Esta ecuación se escribirá de la siguiente forma:

$$9.48 (x_5 + x_8 + x_{13} + x_{16} + x_{19} + x_{22} + x_{27}) + 9.48 (x_{32} + x_{35} + x_{40} + x_{45}) \\ + 9.48 (x_{50} + x_{53} + x_{58} + x_{61} + x_{66} + x_{69}) \geq 62,119.692$$



### 4.2.1.3 PROCESO DE SOLUCIÓN

Dándole seguimiento al análisis y al planteamiento de la solución, se pudo observar que la primera fase del modelo cañero, contiene para la zafra 2003/04, un total de 89 variables y 23 restricciones como marco del problema para resolver la función objetivo de maximización planteada:

Dado que este problema se ha abarcado utilizando el enfoque de la Programación Lineal, el proceso de solución se realizará mediante el Método Simplex.

El proceso de solución, por ser el problema de grandes dimensiones, puede durar algunos días al resolverlo manualmente (utilizando a penas papel, lápiz y una calculadora convencional). Por consiguiente, se recomienda la utilización de un software que facilite este proceso.

Actualmente existen a disposición del público muchos paquetes computacionales que resuelvan este tipo de ejercicios, entre los cuales se pueden mencionar: TORA (Taha Operations Research Algorithms), WINQSB, LINDO e HyperLINDO; inclusive, el uso del Internet contribuye a la obtención de este y otros softwares especializados en la resolución de problemas con el Método Simplex.

Para el caso de la Optimización del Número de Viajes, se empleó el software TORA para resolverlo; asimismo, se compararon las repuestas con otro programa creado por Ronald Torres integrante del grupo investigador, dicho software fue diseñado en Microsoft Visual C/C++, exclusivo para el modelo cañero. Cabe hacer mención que los resultados obtenidos fueron los mismos al compararlos con ambos softwares.



#### 4.2.1.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos, tal y como se esperaba, dio una SOLUCIÓN DEGENERADA, ya que la mayoría de variables obtuvo un valor numérico nulo (es decir cero viajes), lo cual significa que se descartaron muchos viajes vehiculares en las diferentes subzonas.

Sin embargo, después de realizar 23 iteraciones Simplex, se obtuvo la SOLUCIÓN ÓPTIMA de la fase 1 del modelo cañero, cuyos resultados se presentan en la tabla No.4.3.

**Tabla No.4. 3 Solución óptima. Fase 1.**

<b>VARIABLE DE DECISIÓN</b>	<b>VALOR ÓPTIMO</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
x <sub>1</sub>	1.361,17	Ejecutar 1,362 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a La Magdalena.
x <sub>6</sub>	109,74	Ejecutar 110 viajes de caña larga en camión 3 ejes a terreno plano-semiplano a La Magdalena.
x <sub>8</sub>	2.397,06	Llevar a cabo 2,398 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado en La Magdalena.
x <sub>9</sub>	802,07	Llevar a cabo 803 viajes de caña larga en rastras 3 ejes a terreno plano-semiplano en San Sebastián.
x <sub>16</sub>	1.153,16	Realizar 1,154 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno plano-semiplano a El Coco.
x <sub>19</sub>	288,29	Realizar 289 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado a El Coco.
x <sub>22</sub>	671,10	Ejecutar 672 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno plano-semiplano a Galeano.
x <sub>23</sub>	454,85	Ejecutar 455 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a San Nicolás.
x <sub>28</sub>	74,84	Llevar a cabo 75 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Santa Ana.
x <sub>35</sub>	263,68	Llevar a cabo 264 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado a Santa Ana.
x <sub>36</sub>	1.597,25	Realizar 1,598 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a El Porvenir.
x <sub>41</sub>	54,82	Realizar 55 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Candelaria.



<b>VARIABLE DE DECISIÓN</b>	<b>VALOR ÓPTIMO</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
X <sub>46</sub>	209,58	Ejecutar 210 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Ahuachapán.
X <sub>53</sub>	738,39	Ejecutar 739 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado a Ahuachapán.
X <sub>54</sub>	209,24	Llevar a cabo 210 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Atiquizaya.
X <sub>61</sub>	315,94	Llevar a cabo 316 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado a Atiquizaya.
X <sub>62</sub>	205,80	Realizar 206 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a El Refugio.
X <sub>69</sub>	725,08	Realizar 726 viajes de camión 2 ejes de caña corta a terreno quebrado a El Refugio.
X <sub>70</sub>	419,16	Ejecutar 420 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Sonsonate Norte.
X <sub>74</sub>	415,20	Llevar a cabo 416 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Chanmico.
X <sub>78</sub>	1.133,01	Llevar a cabo 1134 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Conalapa.
X <sub>82</sub>	169,16	Realizar 170 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a San Luis La Herradura.
X <sub>86</sub>	280,75	Realizar 281 viajes de caña larga en rastras de 3 ejes a terreno plano-semiplano a Santiago Nonualco.

Los valores óptimos para cada variable (de la fase 1), puesto que fueron obtenidos mediante el algoritmo simplex, era de esperar que estos valores fueran positivos no enteros (incluyendo cero), cuyo efecto puede observarse en la tabla No.4.3; sin embargo, en las recomendaciones de las variables de decisión puede observarse que este valor se ha aproximado al entero inmediato superior ya que el valor decimal representa lo que a nivel de la agroindustria azucarera se conoce como “Viajes de Barrida”, lo cual consiste en viajes de vehículos que se trasladan a una zona a recolectar una determinada cantidad de caña que es menor a la capacidad promedio del vehículo.



Asimismo, las variables que fueron determinadas con valor numérico “cero” en la solución óptima, reflejan que para lograr la optimización del número de viajes, se requiere abolir para la zafra 2003/04 la utilización de rastras dos ejes y camiones dos ejes de caña larga, mientras que, los camiones 3 ejes de caña larga se limitan a trasladarse exclusivamente a la subzona La Magdalena.

Finalmente, según los resultados obtenidos, se concluye que el máximo aprovechamiento vehicular se obtiene empleando rastras de 3 ejes para el traslado de la gran mayoría de caña larga cosechada y camiones sencillos de 2 ejes de caña corta, obteniendo de esta forma un total de 14,063 viajes en total. Asimismo cabe resaltar que los viajes de carretas y góndolas seguirán teniendo incidencia en la molienda, sin embargo, por ser una incidencia mínima, no se han tomado en el análisis pero los viajes de estos vehículos no serán abolidos.



## **4.2.2 OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE LA COSECHA.**

### **4.2.2.1 ANALISIS DE LA SOLUCIÓN.**

Programar los recursos de una empresa implica ordenar los mismos basándose en determinadas teorías y experiencias de planeación y control de actividades; sin embargo, optimizar una programación implica realizar la mejor distribución y manejo de recursos dados: sus características y capacidades.

La fase 2 del Modelo Cañero de Optimización contempla estos elementos dado que su objetivo consiste en establecer los días en los cuales se deberá estar recolectando caña de azúcar de una determinada subzona, de tal modo que esta asignación sea óptima bajo las condiciones dadas en la zafra 2003/04.

Para optimizar esta asignación día-subzona para caña larga, existe un recurso que está directamente relacionado: “La cargadora”. Esto debido a que no se puede colectar caña larga de una subzona donde no haya sido asignada una cargadora. Sin embargo, dado que el manejo de caña corta es eminentemente manual, una subzona sin cargadora, puede colectarse caña corta sólo si la primera fase del Modelo Matemático así lo define.

Dado que en esta segunda fase se definen aspectos como: asignación de recursos, oferta de cargadoras, demanda de materia prima, entre otros. Estos aspectos definen la naturaleza de esta segunda fase, dando lugar a que la solución de este problema se realice mediante la herramienta de la ciencia de Investigación de Operaciones denominada Algoritmo de Transporte.



#### 4.2.2.2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.

El Algoritmo de Transporte, al igual que el algoritmo simplex, posee un comportamiento lineal y continuo, por lo que forma parte de la Programación Lineal. Por tal motivo, el planteamiento de la solución de esta segunda fase del modelo matemático, se abordará mediante las variables, parámetros, función objetivo y restricciones relacionadas al problema planteado.

A continuación se desarrollan estos elementos para solucionar el problema de optimizar la programación de la cosecha, haciendo referencia preferentemente a la caña larga.

##### 4.2.2.2.1 VARIABLES

Las variables que entran en juego en la solución mediante el algoritmo de transporte, están determinadas por el espacio físico designado para resolver el problema, cuyo espacio es denominado “tabla simplex de transporte”.

La metodología a seguir para construir esta tabla se describe a continuación.

##### **PASO 1**

Inicialmente, al igual que en la fase 1, se deberá establecer la cantidad de filas que contendrá la tabla de transporte y vendrá determinada por el total de subzonas disponibles. Para la zafra 2003/04, se retoman las 16 subzonas existentes.

##### **PASO 2.**

Luego de haber establecido el total de filas, se calculan el total de columnas básicas de la tabla de transporte.

Este total de columnas está fijado con las cargadoras, ya que es el primer recurso que interviene en el inicio del ciclo de transporte.



En este paso se vuelve necesario realizar el cálculo de la cantidad de cargadoras necesaria para una zafra ya que este total será consecuentemente el total de columnas de la tabla de transporte.

Para realizar esta operación, se debe utilizar la ecuación de cálculo de recursos definida en los textos de planeación de la producción, la cual se ha traducido al lenguaje agroindustrial azucarero de la siguiente forma:

$$NOC = \left( \frac{UR}{TAUR} \right) \times \left( \frac{TU}{TTC} \right)$$

*Donde:*

NOC = Número óptimo de cargadoras.

UR = Unidades requeridas de materia prima por el ingenio en toneladas de caña larga.

TAUR = Tiempo de abastecimiento de las unidades requeridas.

TU = Tiempo que tarda una cargadora en cargar una tonelada de caña.

TTC = Total de horas diarias de trabajo de la combinación cargadora-operador.

En la ecuación anterior puede observarse que requiere de 4 elementos para obtener el NOC, sin embargo estos cálculos pueden simplificarse. Por ejemplo, la razón UR/TAUR, indica el total de caña larga que se tiene planeada procesar diariamente. Las unidades requeridas se obtienen multiplicando el total de caña para la zafra con la incidencia de caña larga planeada por moler (80% según el requerimiento de fábrica).

$$UR = (310,596.46 TC)(80\%)$$

$$UR = 248,478.76 TC \text{ larga}$$

Cabe hacer mención que se deben hacer estos cálculos únicamente con caña larga, ya que las cargadoras están diseñadas para laborar con esta presentación de caña de azúcar.



Luego para obtener el tiempo de abastecimiento de las unidades requeridas (TAUR), se debe conocer el promedio de caña proyectada a moler diariamente. Para la zafra 2003/04 se estableció este valor en 3200 toneladas diarias de caña corta y larga, es decir 300 toneladas abajo de la capacidad máxima de molienda.

$$TAUR = \frac{310,598.46 TC}{3,200 TC / día}$$

$$TAUR = 97.06 \text{ días.}$$

Para calcular el tiempo que tarda una cargadora en colocar en un vehículo una tonelada caña, se debe conocer primero la capacidad promedio de una cargadora – hombre en una hora. Esto se logra utilizando la información de los parámetros 2 y 3 de la fase 1 del Modelo Matemático, en los cuales se encuentran la capacidad de carga de cada vehículo de transporte y los tiempos de cargado.

Al realizar lo que matemáticamente se conoce como “Regla de 3”, y calculando estos datos para una hora, se obtiene lo siguiente:

**Tabla No.4. 4 Tonelaje de caña larga cargada por hora.**

<b>VEHÍCULO</b>	<b>TIEMPO DE CARGA (horas)</b>	<b>CAPACIDAD (TC larga)</b>	<b>TONELAJE CARGADO POR HORA</b>
Rastra 3 ejes	1,78333	33,4	18,729
Rastra 2 ejes	1,51667	28,4	18,725
Camión 3 ejes	0,88333	16,0	18,113
Camión 2 ejes	0,63333	11,5	18,158

En la tabla No.4.4, se pueden apreciar que la capacidad de las cargadoras por hora oscila desde 18.113 hasta 18.729 toneladas de caña larga. Sin embargo, se recomienda utilizar una capacidad de 18 TC/hora para no establecer un promedio poco flexible.



Aludiendo a lo anteriormente expuesto, el tiempo de cargado por tonelada de caña (TU) se deberá expresar como sigue:

$$TU = \frac{1 \text{ hora}}{18 \text{ Toneladas de caña larga}}$$

$$TU = 0.05556 \text{ horas} / TC \text{ larga}$$

En cuanto al total de horas diarias de trabajo de la combinación cargadora – hombre (TTC), se obtiene tomando en consideración que la agroindustria azucarera labora basándose en una producción continua, es decir 24 horas diarias, siendo este valor el asignado a la incógnita TTC.

Cuando ya se tienen estos cuatro valores, se sustituyen en la ecuación de Planeación de la Producción, obteniéndose un total de 6 cargadoras como mínimo para satisfacer diariamente las necesidades de molienda de caña larga del ingenio.

$$NOC = \left( \frac{248,478.76 \text{ TC} / \text{larga}}{97.06 \text{ días}} \right) \left( \frac{1 \text{ hora} / 18 \text{ TC} - \text{larga}}{24 \text{ horas} / \text{cargado}} \right)$$

$$NOC = 5.93 \text{ cargadoras} / \text{diarias}$$

$$NOC \approx 6.00 \text{ cargadoras} / \text{diarias}$$

Al haber finalizado el proceso para obtener el total de cargadoras, se prosigue a determinar el número de columnas de la tabla de transporte, que tal como se describió en el transcurso de este segundo paso, quedará establecido en 6 columnas, respectivamente al requerimiento de cargadoras.

### **PASO 3**

Según se ha planteado en los pasos anteriores se tiene que las 16 filas de la tabla de transporte se refieren a total de caña de azúcar ofertada en los cañales según el día de zafra; mientras que las 6 columnas indican el total de caña demandada por las cargadoras para enviarlas al ingenio.



Aludiendo a los resultados numéricos entre la caña en campo contra el requerimiento diario de caña del ingenio (o de las cargadoras), se obtiene que la oferta (310,598.46 TC para el primer día de zafra), es mucho mayor a la demanda (6 cargadoras x 18 TC = 108 TC); cuyo fenómeno prevalece durante todo los días de zafra a excepción del último.

Este fenómeno ocasiona un desbalance entre la oferta y la demanda, dando lugar a la incorporación de un elemento ficticio que permita lograr este balance.

Este elemento constituirá entonces una demanda ficticia que para el Modelo Matemático de la optimización de la cosecha se conocerá como “cargadora ficticia”, dando lugar al incremento del total de columnas a 7. Cabe hacer mención que la tabla de transporte, indiferentemente de la cantidad de cargadoras necesarias que se hayan obtenido de la ecuación del cálculo de recursos, el total de columnas que deberá poseer será:

Total de columnas de tabla de transporte = Número de cargadoras + cargadora ficticia.

#### **PASO 4**

Este es el último paso del establecimiento de variables del módulo 2. En este paso, puesto que ya se tiene la dimensión de la tabla de transporte, el procedimiento a seguir consiste en rellenar cada celda de la tabla con incógnitas “x” con un subíndice numerado correlativo que identificará y representará a cada variable.

En la tabla No.4.5, se puede apreciar el resultado final del establecimiento de variables para la fase 2 del Modelo Matemático Cañero, incluyendo la representación de las filas, columnas y elemento ficticio; siendo notable que, para la zafra 2003/04, el total de variables para esta fase será de 112 (16 filas multiplicado por 7 columnas).



**Tabla No.4. 5 Establecimiento de variables para la fase 2 modelo cañero.**

	CARGADORAS							OFERTAS
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C Fict.	
La Magdalena	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	129
San Sebastián	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	49
El Coco	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	25
Galeano	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	11
San Nicolás	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$	28
Santa Ana	$x_{36}$	$x_{37}$	$x_{38}$	$x_{39}$	$x_{40}$	$x_{41}$	$x_{42}$	9
El Porvenir	$x_{43}$	$x_{44}$	$x_{45}$	$x_{46}$	$x_{47}$	$x_{48}$	$x_{49}$	98
Candelaria	$x_{50}$	$x_{51}$	$x_{52}$	$x_{53}$	$x_{54}$	$x_{55}$	$x_{56}$	3
Ahuachapán	$x_{57}$	$x_{58}$	$x_{59}$	$x_{60}$	$x_{61}$	$x_{62}$	$x_{63}$	25
Atiquizaya	$x_{64}$	$x_{65}$	$x_{66}$	$x_{67}$	$x_{68}$	$x_{69}$	$x_{70}$	18
El Refugio	$x_{71}$	$x_{72}$	$x_{73}$	$x_{74}$	$x_{75}$	$x_{76}$	$x_{77}$	25
Sonsonate Nte	$x_{78}$	$x_{79}$	$x_{80}$	$x_{81}$	$x_{82}$	$x_{83}$	$x_{84}$	18
Chanmico	$x_{85}$	$x_{86}$	$x_{87}$	$x_{88}$	$x_{89}$	$x_{90}$	$x_{91}$	32
Comalapa	$x_{92}$	$x_{93}$	$x_{94}$	$x_{95}$	$x_{96}$	$x_{97}$	$x_{98}$	69
La Herradura	$x_{99}$	$x_{100}$	$x_{101}$	$x_{102}$	$x_{103}$	$x_{104}$	$x_{105}$	10
San. Nonualco	$x_{106}$	$x_{107}$	$x_{108}$	$x_{109}$	$x_{110}$	$x_{111}$	$x_{112}$	18
<b>DEMANDAS</b>	1	1	1	1	1	1	561	567 567

Cada variable, por ser un problema de asignación, podrá adquirir un valor de 0 ó 1 cargadora, a excepción de las variables que corresponden a la columna ficticia, las cuales podrán tomar cualquier entero positivo incluyendo “cero”. El significado de la variable se describe a continuación:

- Si una variable no ficticia posee un valor de “cero”, indica que la cargadora correspondiente a la columna de la tabla anterior, no es asignada a la subzona (fila) a la que corresponde la variable.
- Si una variable no ficticia posee un valor de “uno”, indica que la cargadora correspondiente a la columna de la tabla de transporte, es asignada a la subzona (fila) a la que corresponde la variable.
- El valor numérico de una variable ficticia indica el excedente de caña de azúcar que no demandó el ingenio para un día determinado y que demandará en días posteriores.



#### 4.2.2.2.2 PARÁMETROS

Para lograr la optimización de la cosecha, además de las variables definidas, se han identificado 3 parámetros esenciales para establecer el planteamiento de solución. Estos parámetros están relacionados con los requisitos del algoritmo de transporte, siendo estos los siguientes: establecimiento de la oferta, establecimiento de la demanda y determinación de los costos de la tabla de transporte.

##### **PARÁMETRO 1**

La oferta del Modelo Matemático lo constituye el total de caña larga que se encuentra en los campos cañeros en espera de ser trasladada.

Sin embargo, un punto importante de la oferta es que esta será distinta según el avance de la zafra, dado que día con día se despachan 2,592 toneladas de caña larga al ingenio según se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{Caña despachada} = (18 \text{ TC} - \text{larga} / \text{cargadora} - \text{hora})(6 \text{ cargadoras})(24 \text{ horas} / \text{días})$$

$$\text{Caña despachada} = 2592 \text{ TC larga} / \text{diarias}$$

Cabe hacer mención que mientras avanza la zafra, el total de caña larga ofertada se reduce puesto que se han despachado 2,592 toneladas de la misma, produciéndose el siguiente efecto:

- Oferta de 248,478.76 TC larga para el primer día de zafra
- Oferta de 245,886.76 TC larga para el segundo día de zafra
- Oferta de 243,294.76 TC larga para el tercer día de zafra
- Y así sucesivamente mientras duren las existencias.

Para construir efectivamente la oferta, se deberá analizar para cada subzona. Otro punto importante consiste en que esta oferta no se analizará en toneladas de caña, sino que se desarrollará en unidades de cargadoras.

Este cálculo se realiza dividiendo las toneladas que posee la zona entre la capacidad diaria de una cargadora (18 TC larga/hora x 24 horas/día = 432 TC larga/día), tal como se muestra en la tabla No.4.6.

**Tabla No.4. 6 Ofertas de la Tabla de Transporte para el primer día de zafra.**

<b>SUBZONA</b>	<b>OFERTA DE CAÑA (Tons.)</b>	<b>OFERTA DE CAÑA LARGA (Tons.)</b>	<b>OFERTA CAÑA LARGA (unidades de cargadoras)</b>	
La Magdalena	69.942,965	55.954,372	129,52	129
San Sebastián	26.789,000	21.431,200	49,61	49
El Coco	13.665,000	10.932,000	25,31	25
Galeano	6.362,000	5.089,600	11,78	11
San Nicolás	15.192,000	12.153,600	28,13	28
Santa Ana	4.999,355	3.999,484	9,26	9
El Porvenir	53.348,260	42.678,608	98,79	98
Candelaria	1.831,145	1.464,916	3,39	3
Ahuachapán	13.999,930	11.199,944	25,93	25
Atiquizaya	9.983,800	7.987,040	18,49	18
El Refugio	13.747,590	10.998,072	25,46	25
Sonsonate Nte	10.124,000	8.099,200	18,75	18
Chanmico	17.743,000	14.194,400	32,86	32
Comalapa	37.389,000	29.911,200	69,24	69
La Herradura	5.625,000	4.500,000	10,42	10
San. Nonualco	9.854,000	7.883,200	18,25	18

Cuando las ofertas de caña larga ya se encuentran expresadas en unidades de cargadoras, se prosigue a realizar las modificaciones respectivas exigidas por el algoritmo de transporte. Esta modificación consiste en aproximar estas últimas ofertas a la cifra entera inmediata inferior (ver tabla No.4.6), cuya aproximación significa dejar fuera del análisis una pequeña porción de caña de azúcar que se compensará con una porción del día laboral de una cargadora.

### **PARÁMETRO 2.**

La demanda de la fase 2 del Modelo Matemático estará constituida por el total de caña larga que exige el ingenio para cada día. Esta demanda puede transcribirse también como “la capacidad diaria de carga para la combinación cargadora – hombre”.

Según los requerimientos del algoritmo de transporte, las unidades utilizadas para la demanda se deben expresar en unidades de cargadoras.



Dado que la demanda tiene relación estrecha con las cargadoras y que cada uno de estos corresponde a cada columna de la tabla de transporte, la demanda máxima de cada columna será de una cargadora, la cual será asignada exclusivamente a una subzona que oferta dicha materia prima.

Sin embargo, la demanda de la columna ficticia, tendrá una magnitud que dependerá de la cantidad de caña ofertada para un determinado día de zafra. Este cálculo se desarrollará según dicta la metodología del algoritmo de transporte en lo referente al balance de ofertas y demandas.

### **PARÁMETRO 3.**

Este último parámetro se relaciona con el costo de asignación de cada cargadora a una determinada subzona. Dicho costo está determinado por la distancia existente entre las diferentes subzonas.

En la tabla No.4.7, se muestran las diferentes distancias entre subzonas; sin embargo, para establecer el costo (distancia) relacionado a cada celda de la tabla de transporte, será necesario conocer la distribución de cargadoras del día anterior.

A manera de ejemplo, si la cargadora 1 se encuentra en la subzona Galeano, la distancia por colocar como costo de la celda en la tabla de transporte, se determinará buscando en la tabla No.4.7, la fila que corresponde a Galeano; luego, se transcribirán todas las distancias de la fila hacia la columna “Cargadora 1” pero ordenados verticalmente tal como se muestra en la tabla No.4.8.



**Tabla No.4. 7 Distancia entre subzonas por caminos transitables (en kilómetros)**

	LA MAGDALENA	SAN SEBASTIÁN	EL COCO	GALEANO	SAN NICOLÁS	SANTA ANA	EL PORVENIR	CANDELARIA	AHUACHAPÁN	ATIQUIZAYA	EL REFUGIO	SONSONATE NORTE	CHANMICO	COMALAPA	SAN LUIS LA HERRADURA	SANTIAGO NONUALCO
<b>La Mag.</b>	0	3	3	3	2	25	20	26	35	25	10	136	73	175	175	150
<b>S Seb.</b>	3	0	6	2	5	22	17	23	32	22	7	133	70	172	172	147
<b>El Coco</b>	3	6	0	6	2	28	23	29	38	28	13	139	75	178	178	153
<b>Galeano</b>	3	2	6	0	5	22	17	23	32	22	7	133	70	172	172	147
<b>S Nicolás</b>	2	5	2	5	0	27	22	28	37	27	12	138	75	177	177	152
<b>Sta. Ana</b>	25	22	28	22	27	0	15	19	50	40	17	111	48	150	150	125
<b>EP</b>	20	17	23	17	22	15	0	6	28	33	10	116	53	150	150	125
<b>Candelaria</b>	26	23	29	23	28	19	6	0	34	24	16	122	59	156	156	131
<b>Ahuach.</b>	35	32	38	32	37	50	28	34	0	10	20	155	92	194	194	169
<b>Atiquiz.</b>	25	22	28	22	27	40	33	24	10	0	10	145	82	184	184	159
<b>E Refugio</b>	10	7	13	7	12	17	10	16	20	10	0	130	67	169	169	144
<b>S Norte</b>	136	133	139	133	138	111	116	122	155	145	130	0	63	165	165	140
<b>Chanmico</b>	73	70	75	70	75	48	53	59	92	82	67	53	0	102	102	77
<b>Comalapa</b>	175	172	178	172	177	150	150	156	194	184	169	165	102	0	10	15
<b>SL LH</b>	175	172	178	172	177	150	150	156	194	184	169	165	102	10	0	15
<b>S Non.</b>	150	147	153	147	152	125	125	131	169	159	144	140	77	15	15	0



**Tabla No.4. 8 Distribución del costo (distancia) en tabla de transporte.**

	CARGADORAS						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C Fict.
La Magdalena	3	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$
San Sebastián	2	$d_9$	$d_{10}$	$d_{11}$	$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{14}$
El Coco	6	$d_{16}$	$d_{17}$	$d_{18}$	$d_{19}$	$d_{20}$	$d_{21}$
Galeano	0	$d_{23}$	$d_{24}$	$d_{25}$	$d_{26}$	$d_{27}$	$d_{28}$
San Nicolás	5	$d_{30}$	$d_{31}$	$d_{32}$	$d_{33}$	$d_{34}$	$d_{35}$
Santa Ana	22	$d_{37}$	$d_{38}$	$d_{39}$	$d_{40}$	$d_{41}$	$d_{42}$
El Porvenir	17	$d_{44}$	$d_{45}$	$d_{46}$	$d_{47}$	$d_{48}$	$d_{49}$
Candelaria	23	$d_{51}$	$d_{52}$	$d_{53}$	$d_{54}$	$d_{55}$	$d_{56}$
Ahuachapán	32	$d_{58}$	$d_{59}$	$d_{60}$	$d_{61}$	$d_{62}$	$d_{63}$
Atiquizaya	22	$d_{65}$	$d_{66}$	$d_{67}$	$d_{68}$	$d_{69}$	$d_{70}$
El Refugio	7	$d_{72}$	$d_{73}$	$d_{74}$	$d_{75}$	$d_{76}$	$d_{77}$
Sonsonate Nte	133	$d_{79}$	$d_{80}$	$d_{81}$	$d_{82}$	$d_{83}$	$d_{84}$
Chanmico	70	$d_{86}$	$d_{87}$	$d_{88}$	$d_{89}$	$d_{90}$	$d_{91}$
Comalapa	172	$d_{93}$	$d_{94}$	$d_{95}$	$d_{96}$	$d_{97}$	$d_{98}$
La Herradura	172	$d_{100}$	$d_{101}$	$d_{102}$	$d_{103}$	$d_{104}$	$d_{105}$
San. Nonualco	147	$d_{107}$	$d_{108}$	$d_{109}$	$d_{110}$	$d_{111}$	$d_{112}$

#### 4.2.2.2.3 FUNCIÓN OBJETIVO

El fin que se persigue con esta segunda fase del Modelo Matemático consiste en optimizar la programación de la cosecha dadas las variables planteadas y utilizando las condiciones especificadas en los parámetros.

Utilizando estos criterios, se definió la función objetivo de la segunda fase como:

*“Minimizar la distancia recorrida por las cargadoras al trasladarse de una subzona a otra”.*

Cabe hacer mención que este traslado surge como efecto de finalizar la recolección de la cosecha en una subzona donde previamente se asignó una cargadora.



Esta función objetivo, al escribirse como ecuación matemática, puede observarse su complejidad, ya que según se ha descrito anteriormente, el análisis de Algoritmo de Transporte se deberá efectuar para cada día de zafra; además se tiene que los costos para un determinado día, dependen de la asignación de cargadoras del día anterior; dando lugar a que los costos del primer día no dependan de ninguna combinación anterior de cargadoras.

Consiguientemente, el día inicial de la zafra no se contemplará en la ecuación, ya que en éste, se deberá realizar una asignación obligatoria de cargadoras que afecte a los demás días. Por tanto la ecuación se escribiría de la siguiente forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{\text{día}=2}^{\text{días de zafra}=97} \sum_{i=1}^{n=16} \sum_{j=1}^{m=7} d_{i,j,\text{día}} x_{i,j,\text{día}}$$

*Donde:*

Día = Variable de control de avance de la zafra.

Días de zafra = Duración de la zafra.

i = Variable de control de subzona (fila).

n = Total de subzonas.

j = Variable de control de cargadoras y columna ficticia.

m = Total de cargadoras más columna ficticia.

d = Distancia entre subzonas para una celda determinada.

x = Variable de asignación.

Cabe resaltar que la ecuación anterior indica el camino para encontrar la solución óptima de esta segunda fase; asimismo, promueve la necesidad de que las asignaciones cargadora – subzona para el primer día de zafra sean lo mejor. Para cubrir esta necesidad, se deberá ejecutar el procedimiento mostrado en la sección 4.2.2.3 denominada “Proceso de Solución para optimizar la cosecha”.



#### 4.2.2.2.3 RESTRICCIONES

El planteamiento de restricciones de un problema es un requisito fundamental para lograr resolverlo. Para definir dichas limitantes, la programación lineal exige haber identificado las variables y parámetros en los cuales se desarrollará la solución. Sin embargo, el algoritmo de transporte presenta la variante en que dichas restricciones se encuentran contempladas en la misma tabla de transporte; por consiguiente, estas limitantes al ser planteadas como ecuaciones, no tienen mucha utilidad en este algoritmo al menos que se pretenda resolverlo a través del método simplex.

Estas ecuaciones de restricción son de dos tipos: oferta y demanda. Las limitantes de oferta se obtienen sumando las variables de una misma fila y luego igualándolas al total ofertado de la fila. Las limitantes de la demanda se obtienen sumando las variables de una misma columna e igualándolas al total demandado de la columna. Para obtener estas ecuaciones es necesario recurrir a la tabla No.4.5 y definir las según se presenta a continuación:

##### **RESTRICCIONES DE DEMANDA.**

$$X_1 + X_8 + X_{15} + X_{22} + X_{29} + X_{36} + X_{43} + X_{50} + X_{57} + X_{64} + X_{71} + X_{78} + X_{85} + X_{92} + X_{99} + X_{106} = 1$$

$$X_2 + X_9 + X_{16} + X_{23} + X_{30} + X_{37} + X_{44} + X_{51} + X_{58} + X_{65} + X_{72} + X_{79} + X_{86} + X_{93} + X_{100} + X_{107} = 1$$

$$X_3 + X_{10} + X_{17} + X_{24} + X_{31} + X_{38} + X_{45} + X_{52} + X_{59} + X_{66} + X_{73} + X_{80} + X_{87} + X_{94} + X_{101} + X_{108} = 1$$

$$X_4 + X_{11} + X_{18} + X_{25} + X_{32} + X_{39} + X_{46} + X_{53} + X_{60} + X_{67} + X_{74} + X_{81} + X_{88} + X_{95} + X_{102} + X_{109} = 1$$

$$X_5 + X_{12} + X_{19} + X_{26} + X_{33} + X_{40} + X_{47} + X_{54} + X_{61} + X_{68} + X_{75} + X_{82} + X_{89} + X_{96} + X_{103} + X_{110} = 1$$

$$X_6 + X_{13} + X_{20} + X_{27} + X_{34} + X_{41} + X_{48} + X_{55} + X_{62} + X_{69} + X_{76} + X_{83} + X_{90} + X_{97} + X_{104} + X_{111} = 1$$

$$X_7 + X_{14} + X_{21} + X_{28} + X_{35} + X_{42} + X_{49} + X_{56} + X_{63} + X_{70} + X_{77} + X_{84} + X_{91} + X_{98} + X_{105} + X_{112} = 561$$



### **RESTRICCIONES DE OFERTA.**

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 = 129$$

$$X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 49$$

$$X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} = 25$$

$$X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} = 11$$

$$X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 28$$

$$X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{41} + X_{42} = 9$$

$$X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} + X_{48} + X_{49} = 98$$

$$X_{50} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} = 3$$

$$X_{57} + X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{63} = 25$$

$$X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} + X_{68} + X_{69} + X_{70} = 18$$

$$X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{77} = 25$$

$$X_{78} + X_{79} + X_{80} + X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} = 18$$

$$X_{85} + X_{86} + X_{87} + X_{88} + X_{89} + X_{90} + X_{91} = 32$$

$$X_{92} + X_{93} + X_{94} + X_{95} + X_{96} + X_{97} + X_{98} = 69$$

$$X_{99} + X_{100} + X_{101} + X_{102} + X_{103} + X_{104} + X_{105} = 10$$

$$X_{106} + X_{107} + X_{108} + X_{109} + X_{110} + X_{111} + X_{112} = 18$$

Cabe resaltar que las ecuaciones de oferta anteriores son válidas para el primer día de zafra, ya que para el resto de la zafra se deberán considerar los efectos de las asignaciones de cargadoras a las subzonas. Sin embargo, las ecuaciones de la demanda se mantendrán iguales a excepción de la demanda ficticia puesto que se deberá considerar el mismo efecto de la ecuación de la oferta.



#### 4.2.2.3 PROCESO DE SOLUCIÓN.

Un conjunto de ecuaciones son el resultado final de todo planteamiento matemático de un problema tendiente a resolver; consecuentemente a éste se deberán realizar una serie de cálculos matemáticos que den lugar a obtener diversas soluciones hasta encontrar la mejor.

Estos cálculos matemáticos señalan los procedimientos a efectuar para solucionar un modelo determinado dependiendo del algoritmo elegido, su objetivo y las condiciones a las cuales deberá sujetarse.

En el Modelo Matemático de Optimización de la Cosecha, se tiene contemplado resolverlo mediante el Algoritmo de Transporte en lo referente al manejo de la caña larga, interviniendo el requerimiento de molienda por parte del ingenio y las ofertas diarias de las subzonas.

Todo el conjunto de variables y parámetros, incluyendo la función objetivo y las restricciones, han sido definidas para optimizar la cosecha de la caña larga puesto que el ingenio en estudio es quien interviene directamente en la recolección de la misma, utilizando para ello “Vehículos de carga” (cargadoras), las cuales debe administrar adecuadamente para obtener el máximo aprovechamiento de los mismo.

No obstante, la recolección de caña corta no amerita un cálculo significativo, ya que el proceso de cargado es realizado manualmente por personas que viajan en los vehículos de transporte y no por medios administrados directamente por el ingenio.

La cosecha de caña corta y caña larga, tal como se ha descrito, poseen diferencias sustanciales en al operación de cargado de vehículos; sin embargo, esta operación, conforma la base del análisis, planteamiento y solución de la fase 2 del Modelo Matemático. Asimismo, esta operación denota la importancia de dividir el proceso de solución en dos partes: caña larga y caña corta, tal como se presentará en el transcurso de la sección.



#### 4.2.2.3.1 COSECHA DE CAÑA LARGA.

La cosecha de este tipo de caña, luego de haber sido sometida a quemas y corte, posteriormente se ejecuta el cargado de la misma, dando lugar a la incorporación de representaciones matemáticas como variables y parámetros, tomando en cuenta que esta actividad posee un objetivo a cumplir y al mismo tiempo debe limitarse a ciertas condiciones para su ejecución.

Estas cuatro representaciones son las que se han planteado en la sección No.4.2.2.2, donde se obtuvieron un conjunto de ecuaciones que tienen como objetivo “Minimizar la distancia recorrida por las cargadoras al trasladarse de una subzona a otra”; además, también se estructuró la tabla de transporte, la cual constituye el espacio de trabajo donde se realizarán los cálculos de solución.

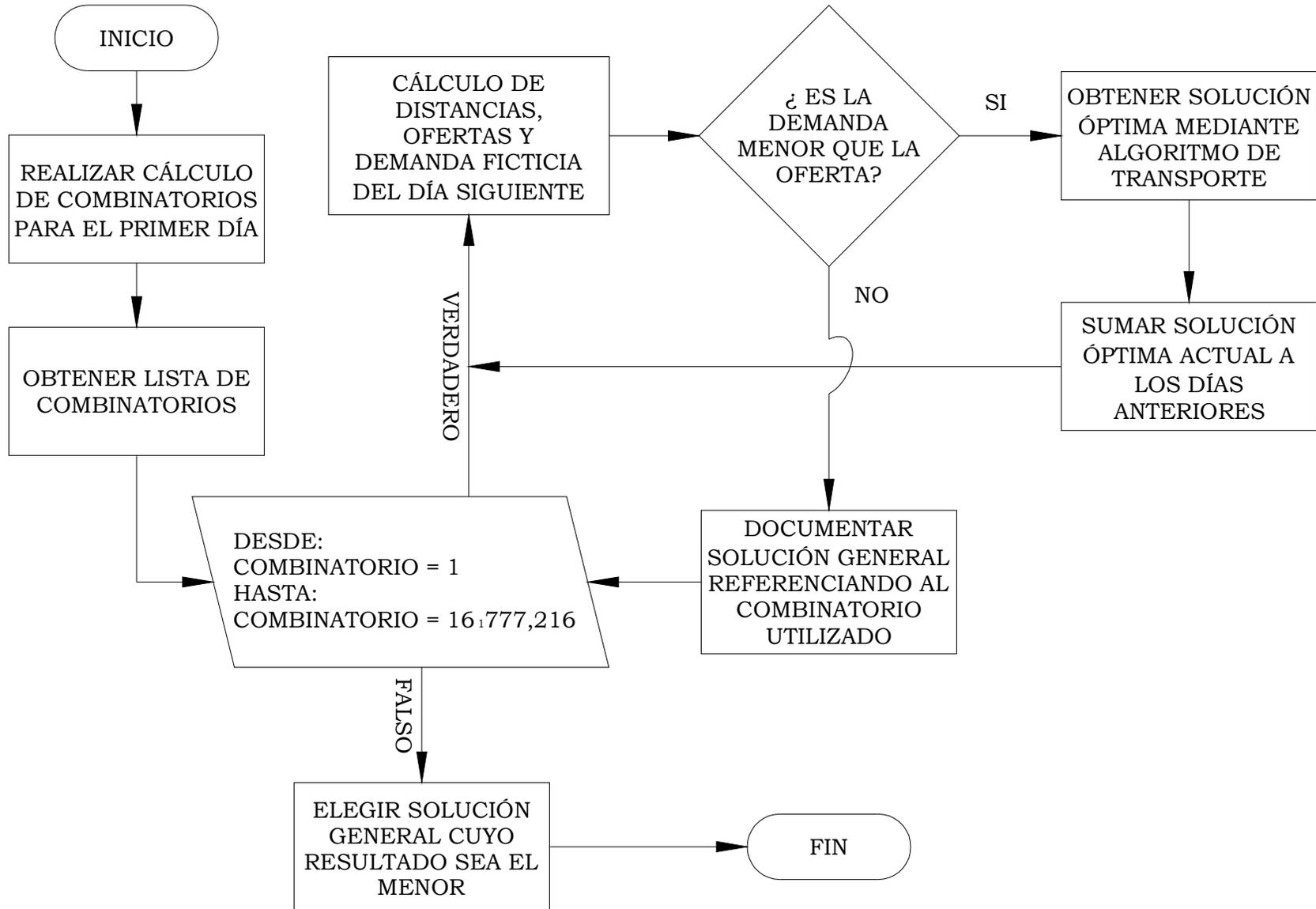
Cabe resaltar que el Algoritmo de Transporte fue la herramienta de programación lineal elegida para resolver la segunda fase del modelo matemático cañero; no obstante, con la construcción de este algoritmo no es suficiente para encontrar la solución óptima ya que se deberán realizar otros procedimientos de cálculo provenientes del manejo de los costos de cada celda (distancias recorridas) y la dependencia existente en los costos, ofertas y demanda ficticia con la asignación de cargadoras de los días de zafra anteriores.

En la ilustración No.4.4, se pueden apreciar el método a seguir para obtener la solución óptima de la fase; asimismo, en esta misma ilustración, se presentan pasos y procedimientos repetitivos que en conjunto demuestran la complejidad del proceso de solución de este módulo 2.

La metodología integral de solución, se realiza mediante un conjunto de 5 pasos que deberán realizarse secuencial e integralmente para cumplir el objetivo que persigue la “Optimización de la Cosecha”.



**Ilustración No.4. 4 PROCESO DE SOLUCIÓN. FASE 2.**





### **PASO 1**

Según se ha mencionado con anterioridad, el análisis apunta a realizar una asignación cargadora – subzona obligatoria para el primer día de zafra y de esta forma proceder a resolver la segunda fase del modelo, donde la solución general (dada por la ecuación de la función objetivo) indica el resultado que es generado por la sumatoria de las soluciones óptimas desde el día 2 hasta el final de la zafra.

Es importante mencionar que a pesar de obtener un resultado proveniente de sumas soluciones óptimas de cada día, la respuesta general no necesariamente será mínima al igual que las anteriores, ya que no existe ninguna seguridad de que en realidad la asignación del primer día sea óptima.

Las asignaciones del día inicial poseen una gran amplitud de opciones, de las cuales una o muy pocas combinaciones realmente permitirán obtener el menor valor de las soluciones generales. La amplitud de opciones está determinada por la ecuación siguiente:

$$\text{Total de combinaciones} = \# \text{ filas} \# \text{ columnas}$$

Donde:

#filas = Número de filas de la tabla de transporte o número de subzonas.

#columnas = Número de columnas de la tabla de transporte a excepción de la demanda ficticia.

En la fórmula anterior, la incógnita #columnas no incluye la columna ficticia dado que no corresponde a una cargadora real, además esta columna se utiliza para otros fines según se presenta en pasos posteriores.

Aludiendo a la ecuación y a la zafra en cuestión (2003/04), al sustituir las filas y columnas con 16 y 6 respectivamente, la amplitud de combinaciones para el primer día resulta de  $16 \cdot 6 = 96$ .

En el anexo No.14, se presenta un breve ejemplo práctico que ilustra las características que tiene este combinatorio; sin embargo debe tenerse en cuenta que este ejemplo tiene una magnitud de 4 filas por 3 columnas.



Para obtener la respuesta óptima general de esta fase, se deberá ejecutar todo el procedimiento que dicta la función objetivo considerando cada una de las combinaciones del primer día por separado. Luego, cuando ya se tiene todas las soluciones (que son subóptimas), se comparan todas éstas y la que posea el menor valor entre todas será la solución óptima general de la segunda fase del modelo matemático.

### **PASO 2**

La ilustración No.4.4 muestra que posteriormente a la elección de una determinada combinación, se deberá realizar el cálculo de distancias para el día 2 y escribirlas en la tabla de costos (distancias) de Transporte, tal como se describió en el parámetro 3 de esta fase.

Por tanto, las nuevas ofertas serán iguales a las demandas ficticias de la última tabla de transporte, dándole de esta forma significancia a la séptima cargadora como: “Las demandas ficticias del día de hoy, serán las ofertas reales de mañana”.

Luego de haber estimado las distancias y las ofertas, el Algoritmo de Transporte exige balancear las ofertas y las demandas a través de la columna ficticia; esto se realiza restando al total de ofertas el total de demandas tal como lo describen los pasos del algoritmo elegido.

### **PASO 3.**

La culminación de la tabla simplex de transporte para un determinado día, promueve la ejecución del proceso de solución de la misma con el propósito de obtener el resultado óptimo según las restricciones planteadas en esta tabla.

El paso 3 conlleva a la aplicación de este algoritmo, cuyo procedimiento consiste en:

- A. Obtener una solución básica factible inicial.
- B. Utilizar método U-V para celdas.
- C. Utilizar método U-V para celdas no asignadas y determinar si existe una mejor solución.



- D. Si se ha identificado la existencia de una mejor solución, determinar la variable de entrada y de salida a través del procedimiento Jumpin' Stone (Salto de la Piedra).
- E. Utilizar el método escalonado para determinar la incidencia de la nueva reasignación en todas las variables.
- F. Obtener la nueva solución y volver al método U-V para celdas asignadas.

#### **PASO 4.**

En la ilustración 4.4 puede observarse que posterior al cálculo de la solución óptima del día en análisis, se deberá utilizar este último valor para sumarlo a los valores resultantes de los días anteriores y de esta forma, consecutivamente se irá obteniendo la solución general óptima para una determinada combinación.

#### **PASO 5.**

Cabe resaltar que conforme la oferta de caña larga se reduzca, llegará un punto en el cual, ésta será menor o igual a la demanda; este fenómeno significa que finalmente se ha logrado alcanzar el último día de zafra.

Al llegar a este punto, las últimas asignaciones no necesitan un algoritmo de programación matemática para solucionarlo puesto que hay tan pocas existencias de materia prima que da lugar a que la asignación se facilite.

Posteriormente a estas últimas asignaciones, se deberá empezar nuevamente el proceso de solución de la fase 2 utilizando una nueva combinación para el primer día de zafra.



#### **4.2.2.3.2 COSECHA DE CAÑA CORTA.**

Los resultados obtenidos en la programación de la caña larga constituyen asignaciones de cargadoras a las diferentes subzonas para un determinado día de zafra. Sin embargo, el análisis de la programación de la cosecha de caña corta, no depende directamente de ecuaciones de restricción y objetivo; por lo tanto, se utilizarán los resultados antes mencionados para finalizar la programación de la cosecha.

El procedimiento a seguir consiste en realizar asignaciones de la subzona a la cual los vehículos automotores se trasladarán para recolectar caña corta. Cabe resaltar que sin importar la forma en que se realicen las asignaciones la solución seguirá siendo óptima siempre que se respete el colchón de molienda exigido (20% - caña corta; 80% - caña larga).

La arbitrariedad para asignar no es una solución viable en este proceso; por consiguiente, el orden de cosecha de caña corta se realizará por medio de criterios.

Existen muchos criterios que se pueden utilizar y que son válidos según la condición anterior; sin embargo la mayoría de estos apuntan al establecimiento de un criterio general que consiste en realizar la recolección de caña corta de tal forma que interfiera lo menos posible en las actividades de cosecha de caña larga; asimismo se deberá asignar considerando que las labores de recolección de caña de azúcar se deberán efectuar con la mayor continuidad, es decir, cuando se haya iniciado la cosecha en una subzona se deberá procurar que el tiempo transcurrido desde la finalización de la recolección de caña larga hasta el inicio de la cosecha de caña corta (o viceversa) sea mínimo.

Además del criterio anterior, se deberá utilizar otro más y consiste en no realizar recolección de caña en dos subzonas distintas y simultáneamente. Con esto se logra tener un mayor control en las cosechas y especialmente en la erradicación de las quemadas no programadas.



Este último criterio amerita calcular el total de días que tarda la recolección en las subzonas; para esto se ocuparán los resultados de la fase 1 e introducirlos a la siguiente ecuación.

$$TIEMPO DE RECOLECCIÓN = \frac{\#viajes \times CV_{cc}}{RM_{cc}}$$

Donde:

#viajes = Cantidad de viajes de caña corta a una subzona específica.

CV<sub>cc</sub> = Capacidad del vehículo de caña corta (9.48 TC caña).

RM<sub>cc</sub> = Requerimiento diario de molienda de caña corta (3200 TC/día x 20% = 640 TC/día)

Cabe hacer mención que al introducir la información y obtener el tiempo de recolección en una determinada subzona, los resultados se aproximarán al entero inmediato más conveniente tal como se muestra en la tabla No.4.9.

**Tabla No.4. 9 Tiempos de recolección de caña corta. Fase 2.**

SUBZONA	#viajes	TIEMPO DE RECOLECCIÓN (DÍAS)	TIEMPO UTILIZADO (DÍAS)
La Magdalena	2.397,06	35,51	35
El Coco	1.441,45	21,35	21
Galeano	671,10	9,94	10
Santa Ana	263,68	3,91	4
Ahuachapán	738,39	10,94	11
Atiquizaya	315,94	4,68	4
El Refugio	725,08	10,74	10



#### 4.2.2.4 RESULTADOS OBTENIDOS.

El proceso de solución de la fase 2 en lo referente a la caña larga, es notorio que se debe emplear mucho tiempo para lograr solucionarlo con recursos como papel, lápiz y una calculadora.

Inclusive se ha calculado que con algunas decenas de personas, eruditas en la materia, pueden tardarse algunos años sólo en el procesamiento de la información.

En vista de lo antes expuesto, se diseñó un software especializado para la solución del procedimiento expuesto en la ilustración No.4.4, el cual se creó en el lenguaje de programación Microsoft Visual C/C++ y fue diseñado funcional y exclusivamente para dar solución a la zafra 2003/04.

Una vez elaborado y probado este software, utilizando dicha base de datos definida en el “Código Fuente” del programa, se ejecutó el mismo en una computadora con las siguientes características:

- Memoria RAM : 96 Mega Bytes.
- Microprocesador : 2 Giga Hertz.

Bajo estas circunstancias, la ejecución del programa duró 205.73 horas consecutivas, es decir 8.57 días, donde la combinación para el primer día que resultó ser la mínima entre las soluciones generales óptimas fue la siguiente:

- 1 cargadora en La Magdalena.
- 1 cargadora en San Nicolás.
- 1 cargadora en Ahuachapán.
- 1 cargadora en Sonsonate Norte.
- 1 cargadora en Comalapa.
- 1 cargadora en San Luis La Herradura.



Cabe resaltar que el tiempo de ejecución del programa aumenta exponencialmente mientras mayor cantidad de cargadoras se necesite, por tanto, se recomienda la utilización de equipos computacionales con atributos mucho más eficientes y avanzados (en comparación con los antes mencionados) que coadyuven a reducir dicho tiempo.

Los resultados obtenidos al finalizar la ejecución del programa se presentan en la tabla No.4.10, la cual muestra la distribución de las 6 cargadoras en cuanto a la cantidad de las mismas que se requieren en una subzona específica en un día de zafra determinado.

Asimismo, en esta tabla se incorpora la distribución de la recolección de caña, cuya duración de cosecha es acorde a los cálculos realizados en la tabla No.4.9. En esta tabla se encuentran también los resultados para la caña larga, por lo cual se ha utilizado la simbología mostrada a continuación:

Simbología	
Número de cargadoras	1, 2, ó 3
Caña Corta	
Caña corta y cargadora asignada	1, 2 ó 3

Aludiendo a la solución general de esta fase, el valor total de la distancia recorrida por las cargadoras al trasladarse de una a otra subzona es de 556 kilómetros; lo cual contribuye a la reducción del consumo de combustible y los costos generados por traslado de equipo.



**Tabla No.4. 10 Respuesta Fase 2. Modelo Matemático Cañero.**

Subzonas Dias de zafra	La Magdalena	San Sebastian	El Coco	Galeano	San Nicolas	Santa Ana	El Porvenir	Candelaria	Ahuachapan	Atiquizaya	El Refugio	Sonsomate Norte	Channico	Comalapa	San Luis Herradura	Santiago Nonualco
1	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
2	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
3	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
4	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
5	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
6	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
7	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
8	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
9	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
10	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
11	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
12	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
13	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-
14	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-
15	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-
16	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-
17	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
18	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
19	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
20	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
21	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
22	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
23	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
24	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
25	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
26	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
27	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
28	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
29	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
30	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
31	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-
32	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-



Continuación Tabla No.4.10. .

Página 2/3

Subzonas Días de zafra	La Magdalena	San Sebastian	El Coco	Galeano	San Nicolas	Santa Ana	El Porvenir	Candelaria	Ahuachapan	Atiquizaya	El Refugio	Sonsonate Norte	Chamnico	Comalapa	San Luis Herradura	Santiago Nonualco
33	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
34	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
35	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
36	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
37	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
38	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
39	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
40	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
41	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
42	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
43	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
44	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
45	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
46	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
47	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
48	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
49	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
50	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
51	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
52	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
53	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
54	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
55	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
56	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
57	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
58	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
59	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
60	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
61	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1
62	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
63	2	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	2	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Continuación Tabla No.4.10. .

Página 3/3

Subzonas Días de zafra	La Magdalena	San Sebastian	El Coco	Galeano	San Nicolas	Santa Ana	El Porvenir	Candelaria	Ahuachapan	Atiquizaya	El Refugio	Sonsonate Norte	Chamnico	Comalapa	San Luis Herradura	Santiago Nonualco
65	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	2	1		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
79	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
81	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
84	-	3		-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-	1		-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
93	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94	-	-		-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	-	-		-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-
96	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



### **4.2.3 OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN VEHICULAR.**

En el problema de la optimización del manejo y transporte de caña de azúcar, la incidencia de recursos es inevitable; tanto la intervención de las cargadoras, la materia prima y el agente humano son necesarios administrarlos adecuadamente para lograr el fin común que persigue la institución.

En el primer módulo, se estableció la cantidad de viajes que los vehículos de transporte deberían haber realizado para la zafra 2003/04, sin embargo, no se estableció el total de vehículos de cada tipo que eran necesarios para llevar a cabo satisfactoriamente toda la labor de recolección y traslado de caña.

Considerando que estos automotores se desplazan a diferentes subzonas durante la zafra y que tanto la distancia como el tiempo de traslado desde el ingenio son distintos, y luego al incorporar estos datos a una ecuación de cálculo de recursos, resulta que también el requerimiento vehicular es variable según sea el avance de la zafra.

Esta variabilidad de requerimientos da lugar a que este tercer módulo sea dependiente de la optimización de la cosecha dado que en sus resultados se establece la programación de la recolección de caña de azúcar según el día de zafra y subzona.

El enfoque de la optimización de la programación vehicular está basado en las soluciones óptimas de las dos fases anteriores, las cuales han sido obtenidas mediante la utilización de los algoritmos simplex y transporte respectivamente; sin embargo este tercer módulo no necesitará de ninguna herramienta de programación matemática, sino que se realizará el cálculo de vehículos utilizando los resultados obtenidos, tanto de la optimización de viajes como de la cosecha, e incorporarlos a una ecuación de cálculo de recursos.



Por tanto, esta tercer fase del modelo cañero se abordará primeramente analizando el efecto producido en la estandarización de los tiempos del ciclo de transporte; luego se calculará la cantidad de vehículos requeridos para cada día de zafra y finalmente se establecerá el total de vehículos por contratar.

#### **4.2.3.1 ESTANDARIZACIÓN DE LOS MÉTODOS Y TIEMPOS.**

En el anexo 12 se presentó un Cursograma Analítico donde se establecieron los métodos y tiempos actuales del ciclo de transporte; asimismo en el diagnóstico del estudio pudo identificarse el problema “Falta de estandarización en las operaciones”; sin embargo este problema se refería a que no existe un control definido en las demoras de los vehículos en las diversas estaciones de trabajo.

Por tanto, la solución propuesta ante esta problemática consiste en eliminar todas las demoras a excepción de una: “Demora de los vehículos fuera del ingenio esperando entrar a descargar la caña de azúcar”.

Según la Ingeniería de Métodos de Trabajo, las demoras constituyen un tiempo improductivo dentro del ciclo de elaboración de los productos; sin embargo, la demora antes mencionada, ha sido utilizada para mantener un inventario de caña de azúcar que impida a ingenio La Magdalena realizar paros de producción provenientes de la inexistencia de materia prima para procesar.

La espera de los vehículos fuera del ingenio es útil, sin embargo, mientras mayor sea este tiempo, la caña también se deteriora.

El presente trabajo de grado, en sus inicios, se determinó que este tiempo a mediados de la zafra tiene altibajos que oscilan entre 24 y 60 horas, lo cual permite concluir que esta actividad no es bien administrada.



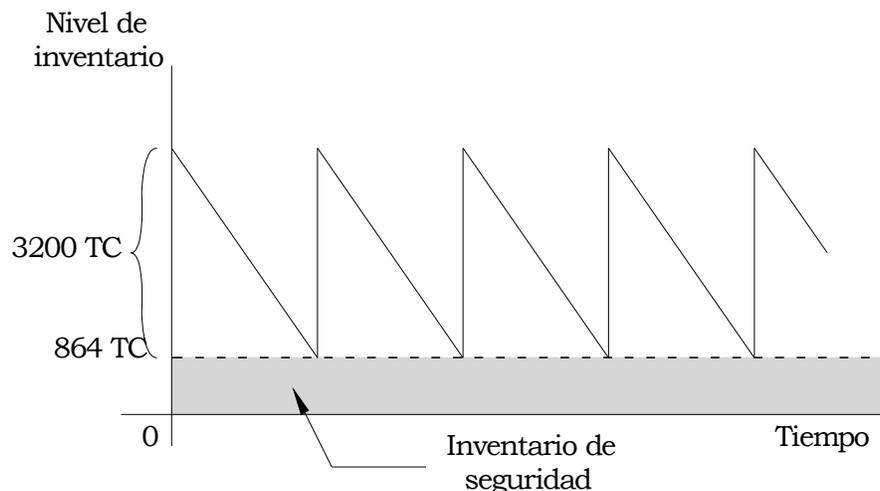
Para contrarrestar este efecto, se propone calcular dicho tiempo considerando dos fenómenos: porcentaje de fallas mecánicas en cargadoras y en vehículos de transporte. Esto debido a que el efecto que produce consiste en retrasar el tiempo de llegada de la caña de azúcar al ingenio.

Durante la recolección de la información, se obtuvo que el total de fallas mecánicas en cargadoras dejó fuera de servicio a las mismas el 12% de toda la zafra, asimismo con los vehículos de transporte resultó en 15%.

Al sumar ambos porcentajes y luego multiplicarlos por las 24 horas del día se obtiene que el tiempo de espera de los vehículos para entrar al ingenio deberá establecerse en 6.48 horas ( $24 \text{ horas} \times 27\% = 6.48 \text{ horas}$ ).

De esta forma se garantiza que el tiempo de dicha demora es el mínimo para mantener como inventario de seguridad (ver ilustración 4.5).

**Ilustración No.4. 5 Inventario de seguridad**



El inventario de seguridad se calcula multiplicando la suma de ambos porcentajes de fallas por el total de caña programada por moler ( $27\% \times 3200 \text{ TC}$ ) cuyo resultado se traduce como: “864 toneladas de caña fuera del ingenio en espera a ser procesadas”.

El análisis de inventario también requiere el establecimiento del tiempo de reorden; sin embargo, este puede ser definido como un valor constante ya que tiende a variar según el vehículo y la subzona que abastezcan dicha materia prima (ver tabla No.4.11).



### 4.2.3.2 PROGRAMACIÓN VEHICULAR

El requerimiento vehicular varía según las subzonas que se estén cosechando en un día determinado. Dicho cálculo, se realizará mediante la ecuación de cálculo de recursos que se utilizó para establecer el total de cargadoras. Realizando algunos ajustes a dicha fórmula se obtiene lo siguiente:

$$\text{Vehículos requeridos día - subzona} = \left[ \frac{NC \times TCH}{60} \right] \left[ \frac{TCD}{CV} \right]$$

*Donde:*

NC = Total de cargadoras en la subzona para un día específico.

TCH = Capacidad de cargadoras por hora (18 TC).

60 = Equivale a la conversión de horas a minutos.

TCD = Tiempo transcurrido desde el inicio de la carga hasta el final de la descarga (en minutos) y vuelta al cañal a ser nuevamente cargado.

CV = Capacidad del vehículo en análisis.

La ecuación anterior permite calcular el total de vehículos que se trasladarán a una subzona específica tomando en consideración aquellos automotores definidos en la solución de la fase 1.

Cabe resaltar que esta fórmula incluye la incógnita TCD pero del método propuesto, la cual no incluye las demoras cuando el vehículo esta cargado a excepción de la espera fuera del ingenio.

Los tiempos de ciclo (TCD) de vehículo con carga se muestran en la tabla 4.11, los cuales se han determinado aludiendo al método propuesto descrito en el Anexo 15.



**Tabla No.4. 11 Tiempos propuestos del ciclo completo de transporte.**

		VEHICULOS		
		Rastra 3 ejes	Camión 3 ejes	Camión 2 ejes Caña corta
ZONA	1	530,91	484,91	461,91
	2	617,24	---	540,24
	3	640,91	---	563,91
	4	809,41	---	---
	5	969,41	---	---

La ecuación presentada anteriormente tiene desventajas al calcular dichos recursos cuando se utilice diversidad de tipos de vehículos para recolectar la misma presentación de caña en un campo cañero determinado (por ejemplo, se necesita rastra y camión para la subzona La Magdalena); asimismo, dicha fórmula tiene desventajas para el cálculo de camiones de caña corta donde no intervienen las cargadoras.

En vista de lo anterior, se elaboró la siguiente ecuación basada en el número de viajes por vehículo obtenido en la fase 1 del modelo matemático.

$$Vehículos\ requeridos\ día - subzona = \left( \frac{TV}{DC} \right) \left( \frac{TCD}{1440} \right)$$

Donde:

TV = Total de viajes de un tipo de vehículo a una subzona.

DC = Duración de la cosecha en una subzona (en días para caña corta).

TCD = Tiempo transcurrido desde el inicio de la carga hasta el final de la descarga (en minutos) y vuelta al cañal a ser nuevamente cargado.

1440 = Factor de conversión de minutos a días.

Esta última fórmula es ventajosa en comparación con la primera ya que puede ser aplicada a cualquier caso sin excepción. Cabe resaltar que al incorporar la misma información a cualquiera de estas ecuaciones, al comparar las soluciones, se obtiene que ambos resultados son lo mismo.



Cuando ya se tienen identificadas las ecuaciones por utilizar, el siguiente paso consiste en realizar las sustituciones respectivas e ir obteniendo el requerimiento vehicular según el día de zafra y subzona de recolección de caña.

En la tabla 4.12 se presentan los resultados de este cálculo, cuyas celdas contienen la cantidad de un determinado tipo de vehículo; sin embargo, esta cifra aparece como tipo decimal, lo cual implica que se deberá aproximar al entero inmediato superior.

**Tabla No.4. 12 Programación vehicular. Zafra 2003/04.**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L Mag	T3-S3	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
	C-3	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
	CS-2	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97
S Seb	T3-S3																				
EC	CS-2																				
Gal	CS-2																				
S Ni	T3-S3	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
SA	T3-S3																				
	CS-2																				
EP	T3-S3																				
Can	T3-S3																				
Ahua	T3-S3	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83					
	CS-2																				
Atiq	T3-S3																	5,82	5,82	5,82	5,82
	CS-2																				
E Ref	T3-S3																				
	CS-2																				
Son N	T3-S3	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36
Chan	T3-S3																				
Com	T3-S3	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53
SL LH	T3-S3	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76	8,76							
S Nonu	T3-S3																				



		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
L Mag	T3-S3	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35
	C-3	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	CS-2	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97	21,97					
S Seb	T3-S3																				
EC	CS-2																				
Gal	CS-2																				
S Ni	T3-S3	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86					
SA	T3-S3																				
	CS-2																				
EP	T3-S3																				
Can	T3-S3																				
Ahua	T3-S3																				
	CS-2																26,27	26,27	26,27	26,27	26,27
Atiq	T3-S3	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82							
	CS-2																				
E Ref	T3-S3														6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11
	CS-2																				
Son N	T3-S3	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36	7,36							
Chan	T3-S3														7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29
Com	T3-S3	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53
SLLH	T3-S3																				
S Nonu	T3-S3																				
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
L Mag	T3-S3	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35
	C-3	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	CS-2																				
S Seb	T3-S3							4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84
EC	CS-2																				
Gal	CS-2																				
S Ni	T3-S3																				
SA	T3-S3																				
	CS-2											24,73	24,73	24,73	24,73						
EP	T3-S3																				
Can	T3-S3																				
Ahua	T3-S3																				
	CS-2	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27													
Atiq	T3-S3																				
	CS-2								30,93	30,93	30,93	30,93									
E Ref	T3-S3	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11													
	CS-2																28,39	28,39	28,39	28,39	28,39
Son N	T3-S3																				
Chan	T3-S3	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29
Com	T3-S3	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53										
SLLH	T3-S3																				
S Nonu	T3-S3											18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00



		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
L Mag	T3-S3	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35								
	C-3	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68								
	CS-2																				
S Seb	T3-S3	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	14,52	14,52	14,52	14,52	14,52	14,52	14,52	14,52
EC	CS-2					22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02
Gal	CS-2																				
S Ni	T3-S3																				
SA	T3-S3		6,42	19,25	6,42																
	CS-2																				
EP	T3-S3				11,13	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70
Can	T3-S3																				
Ahua	T3-S3																				
	CS-2																				
Atiq	T3-S3																				
	CS-2																				
E Ref	T3-S3																				
	CS-2	28,39	28,39	28,39	28,39																
Son N	T3-S3																				
Chan	T3-S3	14,59	14,59																		
Com	T3-S3																				
SLLH	T3-S3																				
S Nonu	T3-S3	9,00																			
		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
L Mag	T3-S3																				
	C-3																				
	CS-2																				
S Seb	T3-S3	14,52	14,52	14,52	14,52	4,84															
EC	CS-2	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02															
Gal	CS-2						21,53	21,53	21,53	21,53	21,53	21,53	21,53	21,53	21,53	21,53					
S Ni	T3-S3																				
SA	T3-S3																				
	CS-2																				
EP	T3-S3	16,70	16,70	16,70	16,70	27,83	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	11,13					
Can	T3-S3															24,40					
Ahua	T3-S3																				
	CS-2																				
Atiq	T3-S3																				
	CS-2																				
E Ref	T3-S3																				
	CS-2																				
Son N	T3-S3																				
Chan	T3-S3																				
Com	T3-S3																				
SLLH	T3-S3																				
S Nonu	T3-S3																				



### 4.2.3.3 CONTRATACIÓN DE VEHÍCULOS

Los planes de producción se elaboran mediante el establecimiento de los métodos de trabajo y la programación de actividades para posteriormente realizar el cálculo de recursos necesarios.

Esta labor se dificulta para ingenio La Magdalena por la multidimensión del calculo día – subzona – tipo de vehículo.

En la sección anterior se describió la metodología de este cálculo y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4.12. Esta información se deberá procesar mediante una serie de pasos que se ejecutaron desde el primer día de zafra hasta el final de la misma, tal como se muestra a continuación.

1. Aproximar los valores de la tabla 9.12 a la cifra entera inmediata superior.
2. Para cada vehículo, sumar los valores enteros aproximados.
3. Apuntar los resultados en la tabla 4.13 según corresponda.
4. Volver al paso 2.

Según se puede observar en la tabla 4.13, el requerimiento vehicular es muy variable, por lo cual se deberán contratar tanto automotores como indique el mayor valor de la tabla; de esta forma se garantiza que para cada día de zafra se logrará cumplir a plenitud con el requerimiento de este recurso.

Los resultados obtenidos de la programación vehicular indican que se deberán asignar dichos recursos según lo exija el día y subzona mostrada en la tabla 4.12; así mismo, se concluyó que el total de transporte por contratar que optimiza esta tercera fase serán:

- A. 43 rastras de 3 ejes (T3-S3)
- B. 1 camión de 3 ejes (C-3)
- C. 31 camiones 2 ejes de caña corta (C-2)



**Tabla No.4. 13 Requerimiento mínimo de vehículos, zafra 2003/04.**

<b>Días</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	
<b>T3-S3</b>	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
<b>C-3</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>CS-2</b>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
<b>Días</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	
<b>T3-S3</b>	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43
<b>C-3</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>CS-2</b>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	27	27	27	27	27	27
<b>Días</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	
<b>T3-S3</b>	43	43	43	43	43	43	43	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
<b>C-3</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>CS-2</b>	27	27	27	27	27	27	31	31	31	31	25	25	25	25	29	29	29	29	29	29	29
<b>Días</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	
<b>T3-S3</b>	39	37	35	34	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>C-3</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>CS-2</b>	29	29	29	29	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
<b>Días</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>					
<b>T3-S3</b>	32	32	32	32	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	37						
<b>C-3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<b>CS-2</b>	23	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22						



#### **4.2.4 VALIDACION DEL MODELO.**

La toma de decisiones organizacionales exige que la información que sustenta a cada propuesta, sea aceptable y confiable, de tal forma que todo comportamiento futuro haya sido predecido con anticipación. A este procedimiento se le denomina validación.

Durante el desarrollo de la sección 4.2 del presente documento, se ha diseñado un modelo matemático especializado para resolver los problemas que enfrenta ingenio La Magdalena en el Manejo y Transporte de caña.

Los resultados obtenidos en dicho modelo reflejan determinadas decisiones que se deberían haber tomado para la zafra 2003/04 y haber obtenido beneficios económicos, productivos y sociales. Sin embargo, el modelo puede seguir siendo utilizado para zafras futuras. El requisito para optimizar este rubro consiste en que la gerencia tenga pleno conocimiento del procedimiento descrito en las tres fases del modelo, luego, deberá actualizar la información según lo requiera la nueva zafra en análisis.

Por tanto, la confiabilidad dependerá tanto de la información por procesar como de los fenómenos que contempla el modelo, en cuanto a la información, si las fuentes son confiables también la solución lo será. Sin embargo, en el modelo se ha contemplado tantos fenómenos según lo amerite, realizando para esto un análisis exhaustivo en el diseño de cada fase. A continuación se presentan los acontecimientos que no han sido considerados dentro del modelo:

- Accidentes automovilísticos.
- Decomisos policiales de vehículos.
- Robo de cargadoras, rastras y camiones.
- Asaltos a transportistas.
- Fenómenos naturales de emergencia nacional.
- Huelgas en el sector agroindustrial azucarero.
- Recepción de caña ajena a la contratada
- Depresiones sociales y económicas nacionales e internacionales.



Tal como se mostró en el listado anterior, puede observarse que los sucesos no considerados son en efecto “casos extremos”, por lo que con el modelo de optimización cañero se garantiza que se obtendrá el máximo aprovechamiento de los recursos de manejo y transporte; asimismo se asegura que el ingenio no efectuará paros de producción por falta de materia prima.

#### **4.2.4.1 FLEXIBILIDAD DEL MODELO.**

La incorporación de una serie de fenómenos al modelo matemático permite que este se vuelva flexible ante diversos cambios que puedan ocurrir en función del tiempo.

Esta flexibilidad se refiere exclusivamente a la variabilidad de la información que ocurre al programar las labores de cosecha de una nueva zafra, lo cual resulta en cambios en el modelo tanto para el establecimiento de variables como parámetros.

A continuación se presenta un listado de sucesos cuya variabilidad ha sido considerada en el diseño propuesto de optimización:

##### ***SUBZONAS:***

- Total de campos cañeros.
- Variabilidad en la distancia tanto desde el ingenio como entre ellas mismas.
- Pendientes de terreno.

##### ***CAÑA DE AZUCAR:***

- Total de caña de azúcar contratada.
- Utilización de diversidad de especies.
- Cambios climáticos.
- Mantenimiento de los cultivos.
- Cambios en la cantidad cultivada según su pendiente.

**VEHICULOS DE TRANSPORTE Y CARGADORAS:**

- Variabilidad en fallas mecánicas.
- Tipos de vehículos por utilizar.
- Capacidad promedio de carga de los vehículos.
- Capacidad de los equipos de cargado.
- Adquisición de nuevas tecnologías en el cargado y traslado de caña.
- Contratación de transportistas y cargadoras.
- Traslado de cargadoras.

**MOLIENDA:**

- Paros de producción definidos por superintendencia de fábrica.
- Programación de la cantidad de caña diaria por moler.
- Cambios en el requerimiento de molienda de caña corta (colchón de molienda).

**4.2.4.2 PLANES CONTINGENCIALES.**

El modelo cañero, además de ser flexible en cuanto a la información, también considera la influencia de fenómenos que impiden alcanzar el objetivo de optimización plasmado en la programación de los recursos.

Ante estas anomalías, se propone un plan contingencial para cada una, tal como se describe a continuación:

***EXISTENCIA DE CAÑA QUEMADA NO PROGRAMADA.***

Este fenómeno tiene una incidencia grave en el manejo y transporte de caña ya que interrumpe las labores de cosecha en una subzona y obliga a trasladarlas a otra, lo cual ocasiona una interrupción en las operaciones previamente programadas.

A pesar que esta caña, por haber sido sometida a quema ha reducido su rendimiento, la planta aún sigue con vida ya que no ha sido rozada.



El plan contingencial consiste en no cambiar los planes de cosecha y en recoger esta caña hasta el día que se tiene contemplado en el programa. Asimismo es importante que los propietarios y administradores del cañal sean informados previamente del plan de cosecha que se ha determinado para dicha zafra, de esta forma estarán sabedores del día en que inicien las operaciones de recolección en la subzona que administra.

***PAROS DE PRODUCCIÓN AJENOS AL MANEJO Y TRANSPORTE.***

Según la Superintendencia de Fábrica del ingenio en cuestión, los paros de producción generalmente son debidos a la realización de labores de mantenimiento. Sin embargo, la duración de esta interrupción es variable.

El plan contingencial consiste en que si el paro dura menos de 1 día, la programación de la cosecha se continuará realizando con normalidad, afectando únicamente al inventario de seguridad (incremento del tiempo de vehículos fuera del ingenio esperando entrar a descargar su materia prima); caso contrario, la recolección de caña se retrasará tantos días como se pronostique dicha duración del paro.



# ***4.3 SISTEMA INTEGRAL DE MANEJO Y TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR.***

***SITMA - Caña.***



### 4.3 SITMA - CAÑA.

La creación y diseño de modelos matemáticos de optimización relativos a la solución de problemas reales, aportan a las organizaciones una herramienta sofisticada y confiable basada en análisis científicos que permitirán predecir el efecto ocasionado al tomar determinadas decisiones.

La optimización del manejo y transporte de caña de azúcar en ingenio La Magdalena, S.A., se logró mediante la creación de un modelo especializado, el cual, además de optimizar la programación de la cosecha y recursos, permite garantizar que el rendimiento en libras de azúcar por toneladas de caña sea el máximo con la administración adecuada, es decir, utilizando los resultados del modelo.

Sin embargo, el modelo por si mismo, es inaplicable a la vida productiva del ingenio ya que las autoridades de la institución deberán tener pleno conocimiento de los algoritmos y procesos de solución empleados para resolver las dificultades planteadas en el diagnóstico administrativo.

El problema de la inaplicabilidad del modelo es eminentemente gerencial, puesto que las directrices de la empresa, además de conocer a plenitud dicha herramienta, deberán diseñar una metodología que permita introducir el modelo a la realidad del ingenio. Asimismo, estos ejecutivos deberán abolir las barreras políticas sobre la metodología actual de administrar dicho rubro.

Por tal motivo se ha creado un Diseño Sistemático Administrativo, que permitirá incorporar el modelo integral de optimización al que hacer diario del ingenio, contemplado para este tanto la implantación como la ejecución y seguimiento del mismo para todas las zafas posteriores.

Si bien es necesario un programa utilitario para su optima resolución estos pueden encontrarse se la red, dichos programas se mencionaron con anterioridad.



### **4.3.1 IMPLANTACIÓN DE SITMA-CAÑA**

La implantación del Sistema se desarrollará, en la superintendencia de campo, ya que es aquí donde se encontrará asignado. Este plan de implantación comprenderá de dos partes: 1) descripción de las actividades y 2) especificaciones del plan de trabajo.

#### **4.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

Las actividades, son las acciones a ejecutar para lograr implementar SITMA-Caña en ingenio La Magdalena, Dichas actividades están diseñadas en función de los requerimientos de implementar el sistema; de tal forma que se lleve una secuencia lógica de las acciones y al termino de éstas el modelo quede dispuesto para su funcionamiento en el ingenio. Estas se describen a continuación:

##### **A. ADQUISICIÓN DE SITMA-CAÑA.**

Esta consiste en que el Ingenio apruebe el Sistema Administrativo para poderlo implementar. Ya aprobado este, se comenzará a informar a los empleados los objetivos del sistema, con el fin de ir anteponiendo una actitud positiva ante los cambios que se realizarán en el ingenio.

##### **B. EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN.**

Serán todas aquellas actividades encaminadas para desarrollar de una mejor manera el proceso de compra e instalación del equipo informático, Los principales factores que se deben tomar en cuenta para la selección del equipo informático son los siguientes:

###### ***Hardware.***

a) *Dispositivos de entrada y salida.* Valoración el grado de funcionalidad en la introducción de los datos y la forma de control de la veracidad de éstos. Así como verificar la exactitud en los datos de salida al generar informes.



b) *Sistema de almacenamiento de datos.* Tomar en cuenta los medios de almacenamiento con que pueda disponerse y la capacidad máxima que ofrecen: discos compactos (CD), disquettes, disco duro.

c) *Unidad Central de Proceso (C.P.U.).* En este aspecto identificar la compatibilidad de conexión con otros equipos periféricos, la velocidad de transmisión de datos y su capacidad de crecimiento en memoria principal.

**Software.** Aquí el aspecto a considerar son los tipos de lenguaje que el computador pueda aceptar, si éstos son o no de alto nivel, si se adaptan al tipo de actividad hacia la cual se va a orientar y los programas de utilidad que se provean.

Por lo que el equipo recomendado para la resolución de los modelos de simulación matemático cañero de optimización, debe poseer las siguientes características

- Dispositivos de entrada y salida: Microprocesador PENTIUM IV, RAM 256 Mega Bytes.
- Sistema de almacenamiento de datos: CD ROM, Quemador y Disquetera 3 ½.
- CPU: Disco Duro de 40 GB, 3.8 GHZ, Puertos estándar.
- Poseer los Software: Windows XP y Visual Studio 6.0

Además del equipo informático, deberá adquirirse un cronómetro, que será utilizado para las diferentes tomas de tiempos que deben realizarse.

### C. REQUERIMIENTO DE PERSONAL.

Este consiste en definir el perfil esperado para el puesto del administrador de SITMA-Caña y así mismo desarrollar el procedimiento de reclutamiento, selección y contratación del personal. Dicho perfil se muestra a continuación:



### **Perfil del administrador de SITMA-Caña**

#### a) Habilidades profesionales:

- Conocimientos básicos de programación informática.
- Conocimiento de paquetes utilitarios Microsoft Office.
- Conocimiento de técnicas y procedimientos para el manejo de personal.
- Capacidad de adaptación y sentido de equilibrio,
- Capacidad de improvisación ante cualquier situación inesperada.

#### b) Cualidades personales.

Responsable, puntual, organizado, habilidad para resolver conflictos, facilidad de comunicación y audaz en la toma de decisiones,

#### c) Nivel de estudios.

Ingeniero Industrial o egresado de esta carrera.

## **D. CAPACITACIÓN**

Comprende las actividades relacionadas con la planificación y organización de un programa de capacitación. Estas capacitaciones se impartirán por los tres alumnos que elaboramos este trabajo de graduación.

Para el desarrollo de la capacitación se deberá planificar, programar y coordinar la capacitación que se le brindará al nuevo encargado que gestionará el manejo y transporte de caña de azúcar; transfiriéndole conocimientos acordes a las tres fases del Modelo de Optimización Cañero, la recolección de la información por recolectar, tabular y documentar; y finalmente procesar toda esta información para incorporarlas al modelo y encontrar la solución óptima del mismo para la zafra que se esté analizando.

Para poder implementar el modelo es necesario que el administrador de SITMA-Caña conozca en que consiste este, para ello se ha especificado en la sección 4.2 la construcción de las diferentes etapas del Modelo de Simulación Matemático cañero de Optimización, por lo que es indispensable que se cumpla con el perfil descrito anteriormente para la fácil comprensión de éste.



El contenido de la capacitación, que el administrador de SITMA-Caña, debe impartir se muestra a continuación.

#### a) Contenido de la capacitación

Con el propósito de que la persona que ocupe la nueva conozca en su totalidad SITMA-Caña, cuales son sus áreas básicas y las actividades por desarrollar en cada una de ellas, se propone que los temas a incluir en la capacitación, para facilitar la ejecución de dicho modelo sean:

- Algoritmo de programación lineal y Algoritmo de Transporte.
- Construcción de un modelo de simulación.
- Estudio de los métodos y tiempos de trabajo cañeros.
- Modelo de Optimización Cañero.
- Actividades de SITMA – Caña a ejecutar durante el año.

#### **4.3.1.2 ESPECIFICACIONES DEL PLAN DE TRABAJO.**

Estas especificaciones consisten en llevar a cabo la programación de cada una de las actividades que componen la implantación y que fueron establecidas en la sección anterior, se definirá la procedencia entre ellas y los tiempos que se requieren para su ejecución; el tiempo que se le asigna a cada actividad se determina en base a su grado de complejidad y de la importancia que amerite cada actividad.

La implantación del proyecto tendrá una duración de 2 meses, en los cuales se desarrollaran las macro actividades siguientes: Adquisición de SITMA-Caña, Equipamiento e instalación, Requerimiento de personal y capacitación. A continuación se presenta un cronograma de las actividades que componen el plan de implantación.



**4Tabla No.4. 14 Cronograma de actividades para implantación.**

TIEMPO ACTIVIDAD	DIAS																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ADQUISICIÓN DE SITMA-Caña																												
Presentación del documento ante los altos directivos del ingenio	■																											
Aprobación del documento		■	■	■	■	■																						
EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN																												
Búsqueda de posibles proveedores de equipo informatico								■	■																			
Análisis de ofertas de proveedores										■																		
Contacto con proveedores.											■																	
Compra de equipo												■																
Recepción de equipo													■															
Montaje e instalación de equipo.														■														
Prueba del equipo															■	■												



Continuación Tabla No.4. 14 Cronograma de actividades para implantación.

TIEMPO	DIAS																													
ACTIVIDAD																														
RECURSO HUMANO																														
Reclutamiento de personal	■																													
Selección y contratación de personal.																■														
CAPACITACION																														
Planificar y coordinar los diferentes módulos que se impartirán.																■														
Ejecución de la capacitación para personal administrativo																■														
Ejecución de la capacitación para personal operativo																■														



### **4.3.2 EJECUCIÓN DE SITMA-CAÑA**

La implantación de toda propuesta requiere la realización de un conjunto de actividades durante un tiempo determinado; consiguientemente a ésta, el diseño implantado debe seguir la continuidad de las operaciones bajo el nuevo sistema.

SITMA-Caña constituye más que una implantación, ya que también requiera la ejecución de un plan que deberá realizarse sistemáticamente que conllevará a la Optimización del Manejo y Transporte de Caña de Azúcar.

En la sección 4.3.1 se definió que ingenio La Magdalena deberá contratar a un Ingeniero Industrial para que administre las labores de cosecha y traslado de caña, de tal manera que realice planes referentes a la programación de la distribución de cargadoras y vehículos de transporte para cada día de zafra.

Dicha programación de actividades, el nuevo encargado, deberá obtenerla mediante la resolución del Modelo de Simulación Matemático Cañero de Optimización, por lo cual deberá realizar la recolección de toda la información que utilice el modelo para posteriormente procesarla, estandarizarla, introducirla a softwares especializados y finalmente documentar los resultados obtenidos.

Cabe resaltar que las actividades citadas deberán realizarse para todas las zafras una vez que SITMA-Caña haya sido implantado.

#### **4.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

El encargado de la administración del Manejo y Transporte, en su quehacer diario, deberá ejecutar un conjunto de actividades sistemáticas para optimizar el rubro y garantizar que la caña de azúcar, en el instante de ingresar a la molienda (final de la descarga del vehículo), se le logrará extraer una cantidad de libras de azúcar por tonelada de caña igual al rendimiento de campo, es decir, el 100% de sacarosa desde el roce (ver evaluación productiva, sección 5.2.2, literal A).



Cada una de estas actividades corresponderán a todas las actividades que deberá realizar durante todo el año, siendo estas las siguientes:

1. Recolectar tiempos de ciclo fuera y dentro del ingenio.
2. Procesar tiempos y obtener estándares.
3. Medir distancia entre subzonas por caminos transitables.
4. Obtener promedio de carga de vehículos.
5. Obtener la cantidad de subzonas que abastecerán caña en una zafra específica.
6. Obtener la cantidad de caña cultivada por subzona.
7. Medir áreas de terreno por subzona según su pendiente (quebrada y no quebrada).
8. Evaluar la transitabilidad de las rutas de acceso entre ingenio y zona de producción de caña.
9. Establecer subzonas donde se cosechara caña corta.
10. Establecer tecnologías de traslado de caña.
11. Elaborar función objetivo y restricciones de la fase I.
12. Introducir información fase I a software, resolver problema y documentar solución.
13. Establecer el colchón de molienda planeado para la zafra que se esté analizando.
14. Obtener cantidad diaria de caña, establecido en fábrica, del plan de molienda.
15. Calcular duración de zafra en días.
16. Calcular capacidad de una cargadora.
17. Calcular requerimiento mínimo de cargadoras.
18. Establecer ofertas de caña larga, para primer día de zafra, en unidades de cargadoras.
19. Introducir información de fase II para la caña larga a software, resolver problema y documentar solución.
20. Resolver y documentar fase II para caña corta.
21. Establecer porcentaje de fallas.



22. Establecer tiempos de espera de vehículos fuera del ingenio (para una zafra determinada).
23. Calcular requerimiento de vehículos para una zafra específica y documentar solución.
24. Obtener requerimiento mínimo de vehículos para la misma zafra y documentar.
25. Contratar transportistas, alquilar cargadoras y contratar operadores de cargadoras.
26. Contratar caña de azúcar.
27. Preparar capacitación del plan de cosecha y capacitar a los cañeros.
28. Controlar programación en zafra.

Algunas de las actividades anteriores corresponden a trabajo de campo, mientras que el resto corresponde a actividades de oficina, por la cual se hace distinción de aquellas labores que necesariamente se deben ejecutar durante la zafra.

La tabla 4.15 presenta un diagrama GANTT de ejecución de actividades, en el cual se aprecia la duración de cada labor correspondiente a la ejecución de SITMA-Caña.





# ***CAPÍTULO V.***

# ***EVALUACIONES.***



## 5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La evaluación económica generalmente es la última fase en la secuencia de un análisis de factibilidad en un proyecto determinado, para nuestro caso en particular, ésta evaluación, se traducirá en un análisis marginal de los costos del sistema propuesto, debido a la naturaleza del tema “optimización del manejo y transporte de caña”, ya que este, no incluye el análisis de la producción de azúcar, del cual se precisan los ingresos totales para el ingenio en estudio. Por tanto en esta evaluación, se buscará conocer si a través de la aplicación de la alternativa propuesta, denominada: “Sistema Integrado de Transporte y Manejo de Caña (SITMA - Caña)”; el ingenio, recibe beneficios, de tal manera, que se reduzcan los diversos costos en que éste incurre por el manejo y transporte de caña de azúcar. Las actividades que se realizarán para la evaluación económica son las siguientes:

- A. Determinación de los beneficios incrementales.
- B. Determinación de los costos de implementar SITMA-Caña.
- C. Razón beneficio/Costo.

### 5.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS BENEFICIOS INCREMENTALES.

El beneficio incremental, reflejará la diferencia de costos entre la zafra 2003/04 y ésta misma con la aplicación de SITMA-Caña de lo cual se obtendrá un determinado beneficio, esto se mostrará a través de una tabla comparativa que presenta tres columnas, donde: la primera muestra los costos del sistema de transporte vigentes durante la zafra 2003/04, la segunda los costos obtenidos con la aplicación de SITMA-Caña y la tercera presenta la diferencia entre ambas columnas, que dará como resultado el beneficio por rubro y al sumarse toda esta columna el beneficio incremental, que el Ingenio hubiera obtenido de haber implementado SITMA-Caña, durante el periodo de 98 días que duró la zafra 2003/04. A continuación se presenta dicha tabla.



**Tabla No.5. 1 Beneficios incrementales del sistema de transporte de caña.**

<b>RUBRO</b>	<b>ZAFRA 2003/04</b>	<b>CON SITMA-Caña</b>	<b>BENEFICIO</b>
<b>COSTOS POR CARGADORAS</b>			
<b>Cargadoras Propias</b>			
Costo por toneladas de caña cargada	\$ 104,513.45	\$ 150,876.31	\$ (46,362.86)
Costo por traslado de cargadoras	\$ 4,127.17	\$ 3,314.30	\$ 812.87
Combustible	\$ 79,380.00	\$ 68,774.83	\$ 10,605.17
Mantenimiento	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ -
<b>Cargadoras Particulares</b>			
Costo por toneladas de caña cargada	\$ 119,176.73	\$ 27,133.88	\$ 92,042.85
<b>Sub-total Beneficio por Cargadoras</b>			<b>\$ 57,098.03</b>
<b>COSTO POR TRANSPORTE DE CAÑA DE AZUCAR</b>			
<b>Costos por viajes</b>			
Zona 1	\$ 374,311.12	\$ 287,702.51	\$ 86,608.61
Zona 2	\$ 164,829.70	\$ 158,299.90	\$ 6,529.80
Zona 3	\$ 133,592.31	\$ 142,375.39	\$ (8,783.08)
Zona 4	\$ 124,442.78	\$ 118,157.18	\$ 6,285.60
Zona 5	\$ 402,606.20	\$ 387,987.08	\$ 14,619.12
<b>Costos por contratacion de vehiculos</b>	\$ 180.00	\$ 75.00	\$ 105.00
<b>Sub-total Beneficios por Transpote de caña</b>			<b>\$ 105,409.10</b>
<b>COSTOS ADMINISTRATIVOS</b>			
<b>Encargado de Transporte</b>	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00	\$ -
<b>Sub-total Beneficios administrativos</b>			<b>\$ -</b>
<b>Total Beneficio Incremental</b>			<b>\$ 162,510.12</b>



El beneficio incremental resultó ser de \$ 162,510.12, esta cantidad indica el ahorro que el ingenio tendría si hubiera utilizado SITMA-Caña en la zafra 2003/04. A continuación se describe cada rubro para SITMA-Caña, reservándose la explicación de los costos para la zafra 2003/04, puesto que se considera información confidencial del ingenio en estudio.

## A. COSTOS POR CARGADORAS.

Los costos en los que incurre el Ingenio, por mantener operando sus cargadoras, se pueden englobar en cuatro grandes aspectos que van encaminados a un objetivo en común el cual es “la recopilación de la caña que se encuentra ya rozada en las zonas cañeras”, estos costos se describen a continuación:

### A.1 COSTOS POR TONELADA DE CAÑA CARGADA

Este costos vienen a constituir el pago que se le hace al operador de la cargadora, por cada tonelada de caña que introduce en los vehículos de transporte, dicho pago es de \$0.69 centavos de dólar para las cargadoras que pertenecen al ingenio y de \$0.91 centavos para las cargadoras que son subcontratadas, cabe hacer mención que estas ultimas incluyen en su costo el combustible que gastan en dicha operación. Con base a lo anterior se determinó el costo de cargadoras para SITMA-Caña de la siguiente forma:

#### ***i) Costo para cargadoras particulares***

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = (\text{TTC})(\% \text{ de fallas})(\text{CTCC}_{\text{CS}})$$

*Donde:*

*TTC* = Total de toneladas de caña larga que se cargaran durante la zafra.

*% de fallas* = Porcentaje de fallas de las cargadoras.

*CTCCcs* = Costo tonelada de caña cargada por cargadora subcontratada.

Sustituyendo valores tenemos:

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = (248,478.77 \text{ TC})(0.12)(\$0.91/\text{TC})$$

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = \$27,133.88$$

Por lo que el costo para la cargadora subcontratada será de \$ 27,133.88



**ii) Costos para cargadoras propias**

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = [(TTC) - (TTC \times \% \text{ fallas})](CTCC_p)$$

Donde:

TTC = Total de toneladas de caña larga que se cargaran durante la zafra.

% de fallas = Porcentaje de fallas de las cargadoras.

CTCC<sub>p</sub> = Costo por tonelada de caña cargada para cargadoras propias.

Sustituyendo valores tenemos:

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = [(248478.77 \text{ TC}) - (248478.77 \text{ TC} \times 0.12)](\$ 0.69 / \text{TC})$$

$$\text{Costo Cargadora}_{\text{SITMA-Caña}} = \$ 150,876.31$$

Por lo que el costo para las seis cargadoras que estarán en funcionamiento durante toda la zafra será de \$ 150,876.31

En este rubro los beneficios que aportaría SITMA-Caña son: para cargadoras subcontratas una reducción de \$ 92,045.85 debido a la disminución de la flotilla de cargadoras a ser requeridas; pero para las cargadoras propias reflejo ser un beneficio negativo de \$46,362.86, es decir un aumento en los costos, esto porque dichas cargadoras deberán aumentar el número de toneladas a cargar durante la zafra.

**A.2 COSTO POR EL TRASLADO DE LAS CARGADORAS**

Este costo se refiere al desplazamiento de las cargadoras hacia las 16 subzonas, para ello será necesario conducir las en un *LOW BOY* (ver sección 2.2.4.4 literal A.2), si la distancia es mayor a 15 kilómetros<sup>41</sup>, los fletes establecidos por este tipo de vehículos por distancia recorrida se presentan a continuación:

**Tabla No.5. 2 Fletes de Low Boy para cargadoras**

DISTANCIA EN KILOMETRO	COSTO POR TRASLADO EN DOLARES
15 a 48	100
49 a 180	171.43

Fuente: Superintendencia de Campo Ingenio La Magdalena, S.A.

<sup>41</sup> Kilometraje recomendado según especificaciones técnicas de las cargadoras.



El costo por movilizar las cargadoras de una subzona a otra, se calculó con base a la programación obtenida de la fase II del Modelo Matemático Cañero, donde se identificaron tres movimientos esenciales que deberían realizarse en la zafra estos son: al inicio, durante y al finalizar ésta, dichos costos se presentan en la tabla 5.3.

**Tabla No.5. 3 Costo por traslado de cargadoras**

ETAPA DE TRASLADO EN LA ZAFRA	RECORRIDO		DISTANCIA EN KM	COSTO UNITARIO (\$)	NUMERO DE CARGADORAS	SUBTOTAL EN DÓLARES
	DESDE	HACIA				
<b>INICIO</b>	Ingenio	Ahuachapá	35	\$ 100.00	1	\$ 100.00
	Ingenio	Sonsonate	136	\$ 171.43	1	\$ 171.43
	Ingenio	Comalapa	175	\$ 171.43	1	\$ 171.43
	Ingenio	San Luis H.	175	\$ 171.43	1	\$ 171.43
<b>DURANTE</b>	Santa ana	Porvenir	15	\$ 100.00	3	\$ 300.00
	Sonsonate	Chanmico	63	\$ 100.00	1	\$ 100.00
	Comalapa	Santiago N	15	\$ 100.00	2	\$ 200.00
	Santiago N.	Santa Ana	125	\$ 171.43	1	\$ 171.43
	Chanmico	Santa Ana	48	\$ 171.43	2	\$ 342.86
	San Sebastian	El porvenir	17	\$ 100.00	3	\$ 300.00
	Santiago N.	Chanmico	77	\$ 171.43	1	\$ 171.43
<b>FINAL</b>	El porvenir	Ingenio	20	\$ 100.00	2	\$ 200.00
	Candelaria	Ingenio	26	\$ 100.00	4	\$ 400.00
<b>SUB-TOTAL</b>						\$ 2,800.01
<b>COSTOS POR FALLAS DE CARGADORAS</b>						\$ 514.29
<b>TOTAL DE COSTOS POR TRASLADO DE CARGADORAS</b>						\$ 3,314.30

Para este rubro la cantidad que se ahorraría el ingenio por la utilización de SITMA-Caña sería de \$ 812.87 debido a una mejor programación de la distribución de las cargadoras en las diferentes subzonas cañeras que abastecen al ingenio.



### A.3 COSTOS POR COMBUSTIBLE.

Para este costo se evaluaron aspectos como: consumo de combustible por hora, precio del diesel y las horas que se encontrarán laborando las cargadoras. Calculándose mediante la siguiente expresión:

$$\text{Costo combustible}_{\text{SITMA-Caña}} = (\text{THLZ})(\text{GHC})(\text{CG})(\text{NC})$$

Donde:

*THLZ* = Total de horas laboradas por zafra, que es el resultado de multiplicar el total de días de zafra por la jornada laboral de una cargadora que son 24 horas, es decir;  $\text{THLZ} = (\text{días de zafra}) (\text{jornada laboral cargadora})$

*GHC* = Galones por hora consumidos<sup>42</sup> más un porcentaje de seguridad.

*CG* = Costo por galón de combustible.

*NC* = Número de cargadoras existentes.

Sustituyendo valores tenemos:

$$\text{Costo combustible}_{\text{SITMA-Caña}} = [(98)(24\text{hrs})](3.5 + 0.11 \text{ gl / hr})(\$1.35 / \text{gl})(6\text{carga})$$

$$\text{Costo combustible}_{\text{SITMA-Caña}} = (2352\text{hrs})(3.61 \text{ gl / hr})(\$1.35 / \text{g})(6 \text{cargadoras})$$

$$\text{Costo combustible}_{\text{SITMA-Caña}} = \$ 68,774.83$$

En este rubro se obtuvo una disminución en los costos de \$ 10,605.17 debido a que el ingenio se encontraba consumiendo 4.17 gl/hr lo que le generaba un costo de \$79,380; con SITMA-Caña se propone un mayor control en el consumo de galones de diesel por cargadora, el cual deberá ser de 3.5 g/hr para la jornada laboral de éstas, más un porcentaje de 3% <sup>43</sup> de seguridad, lo cual equivale a 2.64 gl/día, que la cargadora podrá utilizar para trasladarse a una determinada subzona, después de terminar de cargar la caña asignada para un estipulado día de zafra; este traslado contemplado deberá ser menor de 15 km, ya que si es mayor debe transportarse en Low Boy y su costo se encuentra estipulado en la sección anterior.

<sup>42</sup> Dato obtenido de las especificaciones técnicas de las cargadoras respecto al consumo de combustible que es de 3.5 galones por hora.

<sup>43</sup> Dato considerado según la fase II, del modelo matemático cañero.



#### A.4 COSTOS POR MANTENIMIENTO.

El costo de mantenimiento se constituye de la suma de los periodos correspondientes a los costos de los servicios de mantenimiento programado o preventivo y mantenimiento correctivo, el ingenio actualmente invierte 7,000.00 dólares, en el mantenimiento de sus cargadoras, de estos datos no existen registros históricos de mantenimiento, pero si existen datos generales de dicho mantenimiento, por lo que para SITMA-Caña se incluyó un registro (ver anexo 17) en el cual se puedan llevar de una manera sistematizada dichos costos.

Con la utilización de SITMA-Caña se incurrirá en los mismos costos de mantenimiento, debido a que no existe ninguna modificación en la flotilla de cargadoras propias del ingenio por lo que no existen beneficios en este rubro.

#### B. COSTOS POR TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR

Para poder calcular estos costos, se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Costo por Transporte} = (CC)(NV)(TSZ)$$

*Donde:*

CC = Capacidad de carga del vehículo.

NV = Número de viajes, obtenidos de la fase II del Modelo Cañero

TSZ = Tarifa correspondiente a la subzona donde es enviado el vehículo.

Estos costos se presentan en la tabla No.5.4, la cual contiene 5 columnas donde se detalla la siguiente información: en la primer columna la subzona de la cual se llevará la caña al ingenio; en la segunda columna el tipo de vehículo, designados mediante la nomenclatura internacional<sup>44</sup>; en la tercer columna la capacidad de carga del vehiculo; en la cuarta columna el número de viajes realizados por dicho vehiculo; en la quinta columna se detalla la tarifa por subzona y en la última columna se presenta el resultado obtenido mediante la expresión de costo por transporte antes definida

---

<sup>44</sup> Nomenclatura internacional: T3-S3 para rastra 3 ejes, C-3 para camión 3 ejes y C-2 para camión dos ejes.

**Tabla No.5. 4 Costos por Transporte de caña de azúcar.**

SUBZONA	TIPO DE VEHICULO	CAPACIDAD DE CARGA (ton/veh)	NUMERO DE VIAJES (viaje/zafra)	TARIFA POR SUBZONA	COSTO POR TRANSPORTE
La Magdalena	T3S3	33.4	1362	\$ 1.60	\$ 72,785.28
	C-3	16	110	\$ 1.60	\$ 2,816.00
	C-2	9.48	2398	\$ 2.51	\$ 56,832.60
San Sebastian	T3S3	33.4	803	\$ 1.83	\$ 49,080.96
El Coco	C-2	9.48	1443	\$ 4.00	\$ 54,718.56
Galeano	C-2	9.48	672	\$ 4.00	\$ 25,482.24
San Nicolas	T3S3	33.4	455	\$ 1.71	\$ 25,986.87
<b>SUB-TOTAL ZONA 1</b>					<b>\$287,702.51</b>
Santa Ana	T3S3	33.4	75	\$ 2.97	\$ 7,439.85
	C-2	9.48	264	\$ 4.57	\$ 11,437.43
El Porvenir	T3S3	33.4	1598	\$ 2.51	\$ 133,966.73
Candelaria	T3S3	33.4	55	\$ 2.97	\$ 5,455.89
<b>SUB-TOTAL ZONA 2</b>					<b>\$158,299.90</b>
Ahuachapan	T3S3	33.4	210	\$ 3.43	\$ 24,058.02
	C-2	9.48	739	\$ 5.71	\$ 40,002.66
Atiquizaya	T3S3	33.4	210	\$ 3.09	\$ 21,699.22
	C-2	9.48	316	\$ 3.14	\$ 9,406.44
El Refugio	T3S3	33.4	206	\$ 2.29	\$ 15,756.12
	C-2	9.48	726	\$ 4.57	\$ 31,452.93
<b>SUB-TOTAL ZONA 3</b>					<b>\$142,375.39</b>
Sonsonate Norte	T3S3	33.4	420	\$ 4.57	\$ 64,107.96
Chanmico	T3S3	33.4	416	\$ 3.89	\$ 54,049.22
<b>SUB-TOTAL ZONA 4</b>					<b>\$118,157.18</b>
San Luis H.	T3S3	33.4	170	\$ 7.43	\$ 42,187.54
Comalapa	T3S3	33.4	1134	\$ 7.43	\$ 281,415.70
Santiago N.	T3S3	33.4	281	\$ 6.86	\$ 64,383.84
<b>SUB-TOTAL ZONA 5</b>					<b>\$387,987.08</b>

Para este rubro se obtuvo un beneficio de \$105,387.10, demostrándose económicamente que SITMA-Caña, reducirá los costos por traslados de caña.



## C. COSTOS ADMINISTRATIVOS.

Estos costos no experimentan ninguna variación, porque se conservará el mismo puesto de trabajo, por lo que no existe beneficio alguno.

### 5.1.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTAR EL MODELO.

Los costos de implementación del modelo se dividen en los siguientes rubros: A. Inversión Inicial y B. Costos de Implantación y Puesta en Marcha.

#### A. INVERSIÓN INICIAL

Presenta el equipo, material de papelería y capacitaciones necesarias para comenzar el funcionamiento de SITMA-Caña en el ingenio; así como los costos correspondientes a estos.

##### A.1 COSTOS DE EQUIPO INFORMÁTICO

Con base a la recomendación que se hace en este trabajo de grado, sobre el equipo informático, los costos son los siguientes:

**Tabla No.5. 5 Costos de equipo de procesamiento de datos.**

EQUIPO	CAPACIDAD	COSTO
Microprocesador PENTIUM 4	3.8 GHZ / 1M800	\$ 415,00
Disco Duro	40 GB	\$ 60,00
RAM	128 MG	\$ 25,00
CD ROM / Quemador LG	52x32x52	\$ 45,00
Unidad de Diskette 3 1/2		\$ 9,00
Monitor 15"		\$ 105,00
Impresor Canon IP1000		\$ 48,00
Cronometro		\$ 25,00
Software Visual Studio 6.0		\$ 500,00
Libro de investigacion de operaciones incluye Software TORA		\$ 25,00
<b>TOTAL COSTO DE EQUIPO</b>		<b>\$ 1.257,00</b>

Fuente: cotización hecha a: COMPUMARK S.A. de C.V y Librería UES.



## A.2 COSTOS DE LA DOCUMENTACIÓN

Estos abarcan los materiales necesarios para el levantamiento de los borradores de los documentos de SITMA-Caña, así como de los documentos finales de éste. Además se incluyen el costo de las horas hombre dedicadas por los diferentes superintendentes y de la Gerencia del ingenio, en la revisión de los documentos hasta su aprobación.

**Tabla No.5. 6 Costo de documentación.**

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Resmas papel Bom	8	\$ 3.40	\$ 27.20
Fotocopias	500	\$ 0.02	\$ 10.00
Impresiones	500	\$ 0.33	\$ 165.00
<b>Sub-total Materiales</b>			<b>\$ 202.20</b>
PUESTO	HORAS / HOMBRE	HORAS/ HOMBRE (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Gerente General	8	\$ 16.66	\$ 133.33
Superintendente de Campo	20	\$ 11.66	\$ 233.33
Superintendente de Pago por calidad	20	\$ 11.66	\$ 233.33
<b>Sub-total</b>			<b>\$ 599.99</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 802.19</b>

## A.3 COSTOS DE LA CAPACITACIÓN.

Se refiere a los costos que el Ingenio tendrá que realizar, para poder instruir a sus empleados sobre SITMA-Caña.

Esta capacitación se impartirá mediante los estudiantes diseñadores del sistema, y su costo será de \$3,500.



## B. IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA:

Se refiere al costo por poner en marcha SITMA-Caña; el cual corresponde a la contratación de un administrador de este durante los 12 meses de implantación. El administrador de SITMA-Caña tendrá las funciones de ejecutarlo y enseñar a los empleados del ingenio el funcionamiento de este. El salario del Administrador durante este periodo será de: \$ 700.00 mensual, lo cual hace un total de \$8,400 para esta etapa.

## C. IMPREVISTOS.

Los imprevistos se consideran un 10% de los costos de la inversión inicial e implantación y puesta en marcha.

## D. RESUMEN DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTAR SITMA-CAÑA.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los costos por implementar SITMA-Caña en el ingenio.

**Tabla No.5. 7 Resumen de costos de implementar SITMA-Caña**

RUBRO	DETALLE	COSTO
Inversión Inicial		\$ 5.559,19
* Equipo	\$ 1.257,00	
* Documentación	\$ 802,19	
* Capacitación	\$ 3.500,00	
Implantación y Puesta en marcha		\$ 8.400,00
Imprevisto (10%)		\$ 1.395,92
<b>TOTAL COSTOS DE IMPLEMENTAR SITMA-CAÑA</b>		<b>\$ 15.355,11</b>



### 5.1.3 RAZÓN BENEFICIO – COSTO.

Este análisis se realizará marginalmente, es decir solamente para los costos y beneficios en que incurre el Ingenio en estudio, por la operación de su sistema de transporte y manejo de caña de azúcar.

Los costos y beneficios se obtuvieron de los siguientes puntos: la determinación de los beneficios incrementales, la determinación de los costos de implementar SITMA-Caña y la determinación de los costos incrementales de operación, lo cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla No.5. 8 Tabla de Beneficios y costos**

	ITEM	TOTAL (\$)
<b>BENEFICIOS</b>	BENEFICIOS INCREMENTALES	\$ 162.488,13
<b>COSTOS</b>	COSTOS POR IMPLEMENTAR SITMA-Caña	\$ 15.355,11

Con base a la tabla anterior se determinó la razón beneficio/costo, mediante los valores actuales de los costos y beneficios, de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

$$B/C = \frac{\$162,510.12}{\$15,355.11}$$

$$B/C = \$10.58$$

Por lo tanto, el resultado de la razón beneficio/costo se puede interpretar de la siguiente forma: por cada dólar que el ingenio invierta, éste obtendrá una ganancia de 9.58 dólares, por lo que es conveniente realizar la inversión.



## 5.2 EVALUACIÓN PRODUCTIVA.

La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. Por lo tanto, es posible afirmar que un uso más eficiente de los recursos utilizados en el proceso de producción de bienes y servicios, implicará un mejoramiento en la productividad. Asimismo, es claro que los incrementos en la productividad son deseables debido a que tal incremento implica que la misma cantidad de bienes y servicios (producto) pueden ser producidos con una menor cantidad de insumos (o mayores cantidades de producto con la misma cantidad de insumos). Esto es posible debido a que entre más eficiente sea el uso de los recursos, menores serán los costos totales de producción.

Para el caso particular de ingenio la Magdalena, el aumento de su productividad se hace posible aumentando el producto, utilizando la misma cantidad de materia prima, es decir, obtener una mayor cantidad de libras de azúcar por cada tonelada de caña sembrada.

Según el diagnóstico presentado en el capítulo II esto era posible reduciendo el tiempo entre la corta y la molienda de la caña según lo especifica la curva de rendimiento: “A mayor cantidad de días de retraso, menor cantidad de azúcar”. Por tal razón la utilización de los recursos invertidos para el traslado de la caña de azúcar, desde los cañales hasta el ingenio debe ser óptima.

El incremento en la productividad se demostrará a través de comparaciones de desempeño entre la utilización del sistema propuesto SITMA-Caña y la no utilización de éste durante la zafra 2003/04, haciéndose referencia en una tabla, a los recursos de maquinaria y vehículos de transporte de caña de azúcar, además de evaluarse mediante la *gráfica de rendimiento*, las mejoras en el número de libras de azúcar obtenidas por tonelada de caña, como resultado de la optimización del sistema.



### 5.2.1 PRODUCTIVIDAD DE LOS VEHÍCULOS Y CARGADORAS.

**Tabla No.5. 9 Incremento en la productividad de los vehículos y cargadoras.**

RECURSO	ZAFRA 2003/04	PRODUCTIVIDAD	CON SITMA-Caña	PRODUCTIVIDAD	INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD
Vehiculos de caña larga	80	3105.98 tc/vh	44	5647.24 tc/vh	<b>2541.26 toneladas de caña/vehículo</b>
Vehiculos de caña corta	100	621.2 tc/vh	31	2003.86 tc/vh	<b>1382.66 toneladas de caña/vehículo</b>
Cargadoras	11	25316.25 tc/vh	7	39782.68 tc/vh	<b>14,466.43 toneladas de caña/vehículo</b>

Con base a la tabla anterior, se puede apreciar que con SITMA-Caña los vehículos para caña larga podrían haber trasladado 5647.27 toneladas cada uno, para los vehículos de caña corta las toneladas promedio a llevar hubieran sido de 2003.86 tc/vehículo y las cargadoras podrían haber recogido 39,782.68 toneladas cada una; lo cual hubiera generado una mejor utilización de estos recursos y por consiguiente mayor productividad.

La forma para calcular dicha productividad se hizo mediante las siguientes expresiones:

$$Productividad_{vehículos\ caña\ larga} = \frac{\text{Total de toneladas de caña larga}}{\text{Total de vehículos para caña larga}}$$

$$Productividad_{vehículos\ caña\ corta} = \frac{\text{Total de toneladas de caña corta}}{\text{Total de vehículos para caña corta}}$$

Donde se consideraron los siguientes datos: 248,478.77 como el total de toneladas de caña larga y 62,119.69 como el total de caña corta.



## 5.2.2 PRODUCTIVIDAD DE LIBRAS DE AZÚCAR.

Uno de los fines de este trabajo de grado, era la demostración que con la optimización del transporte se coadyuvaría a mejorar el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, por lo que en esta sección se evaluará dicho aspecto, para lo cual se presentan el análisis de rendimiento y posterior a éste, una comparación productiva referente a las libras de azúcar obtenidas con SITMA-Caña y la zafra 2003/04

### A. ANÁLISIS DE RENDIMIENTO.

A continuación se presentan en la tabla No.5.11, los tiempos necesarios para el funcionamiento del transporte de caña con SITMA-Caña, en la cual se incluyen los resultados de la tabla No.4.11 (capítulo IV), sumándole a dichos resultados el tiempo total que la caña pasa en las zonas cañeras después que ha sido rozada (demora en ser cargada), ésta demora es considerada igual tanto para caña larga como para caña corta, la cual fue de 270 minutos.

**Tabla No.5. 10 Tiempos de operación de transporte con SITMA-Caña.**

		TIEMPOS EN MINUTOS		
		T3-S3	C-3	C-2
ZONAS	1	808.91	751.91	731.91
	2	887.24	--	810.24
	3	910.91	--	833.91
	4	1079.41	--	--
	5	1239.41	--	--

Con relación a los datos obtenidos de la tabla anterior, se estimó un promedio de rendimiento. Para poder definir dicho porcentaje, que se obtendría con la implementación de SITMA-Caña para la zafra 2003/04, mediante el siguiente análisis.

Como primer punto se obtuvieron los rendimientos de cada tiempo de llegada mediante la siguiente fórmula<sup>45</sup>:

$$\%R = -0.0216627 T^3 - 0.3061771 T^2 + 0.31280497 T + 100$$

<sup>45</sup> Ver Capítulo I, apartado 1.2.7.1 “Rendimiento de la caña de azúcar”



En la siguiente tabla se muestra el resultado del rendimiento para las cinco zonas y los diferentes vehículos, tomando como base el procedimiento anterior.

**Tabla No.5. 11 Rendimiento de libras de azúcar para cada zona.**

ZONA	RENDIMIENTO		
	T3-S3	C-3	C-2
1	240.181	240.184	240.185
2	240.171		240.181
3	240.168		240.178
4	240.128		

Con base a los rendimientos de la tabla, se calculó la media aritmética del rendimiento ( $\bar{R}$ ), para cada vehículo, mediante la siguiente expresión:

$$\bar{R} = \frac{\sum (\text{total de viajes de caña larga realizados a la zona } x) (\text{rendimiento para la zona } x)}{\sum (\text{total de viajes realizados a la zona } x)}$$

Obteniéndose los siguientes resultados:

$$\bar{R}_{T3-S3} = 240.148 \text{ Libras de azúcar}$$

$$\bar{R}_{C-3} = 240.184 \text{ Libras de azúcar}$$

$$\bar{R}_{C-2} = 240.172 \text{ Libras de azúcar}$$

Con estos resultados se procedió a calcular, el rendimiento promedio con el cual la caña estaría llegando a la molienda,:

$$\text{Promedio} = \frac{240.148 + 240.184 + 240.183}{3}$$

$$\text{Promedio} = 240.172$$

Del cual se define que: siendo el 100% de rendimiento 240 libras, las 172 milésimas que acompañan al resultado, se interpretan como un incremento de azúcares invertidos<sup>46</sup>, por tanto el rendimiento promedio quedará establecido en **240 libras de azúcar**. Garantizando que el porcentaje de fábrica será igual al porcentaje de campo.

<sup>46</sup> Ver capítulo II, sección 1.2.7.1 “Rendimiento de la caña de azúcar”



## B. COMPARACIÓN PRODUCTIVA.

Haciéndose una evaluación comparativa entre la zafra 2003/04 y la utilización de SITMA-Caña, se presentan dos análisis de productividad a continuación:

### B.1 PRODUCTIVIDAD DE LIBRAS DE AZÚCAR.

Con esta evaluación se pretende verificar el incremento de las libras de azúcar producidas, lo cual se demuestra mediante los siguientes cálculos.

#### ***i) Productividad zafra 2003/04***

$$\text{Productividad zafra 2003/2004} = \frac{\text{cantidad de libras de azúcar}}{\text{cantidad de toneladas de caña}}$$

$$\text{Productividad zafra 2003/2004} = \frac{70095860.0}{310,598.46}$$

$$\text{Productividad zafra 2003/2004} = 225.68 \text{ lbsr} - \text{azúcar/TC}$$

#### ***ii) Productividad con SITMA-Caña***

$$\text{Productividad SITMA - Caña} = \frac{\text{Cantidad de libras de azúcar}}{\text{Cantidad de toneladas de caña}}$$

$$\text{Productividad SITMA - Caña} = \frac{74543630.00}{310,598.46}$$

$$\text{Productividad SITMA - Caña} = 240 \text{ lbsr} - \text{azúcar/TC}$$

#### ***iii) Incremento***

$$\text{Incremento de } \textit{productividad} = 14.32 \text{ lbsr} - \text{azúcar/TC}$$

$$\text{Incremento de } \textit{productividad} \text{ por zafra} = 4,447,769.9 \text{ lbsr} - \text{azúcar/TC}$$

A continuación se muestran dichos resultados en la gráfica de rendimiento.

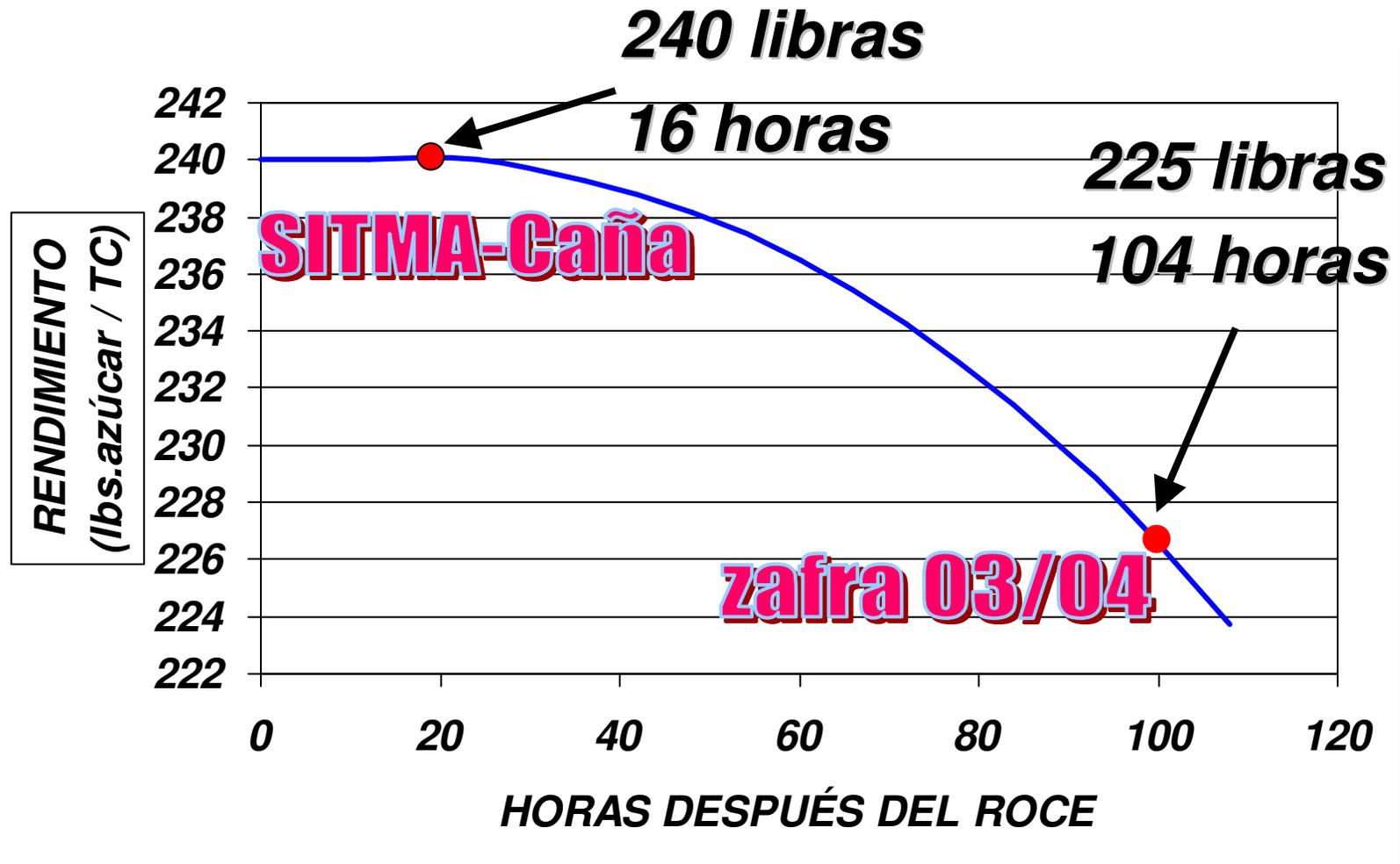


Ilustración No.5. 1 Gráfica comparativa de Rendimiento



## B.2 PRODUCTIVIDAD DE TONELADAS DE CAÑA DE AZÚCAR

La productividad, también podría incrementarse manteniendo la cantidad de libras de azúcar constante (numerador) y reduciendo la cantidad de toneladas de caña sembrada (denominador), en la razón de productividad, lo cual se plantea a continuación:

$$\text{Cantidad de caña requerida} = \frac{\text{producción de lbs - azúcar zafra 2003/04}}{\text{rendimiento SITMA - Caña}}$$

$$\text{Cantidad de caña requerida} = \frac{70095860.0 \text{ lbs - azúcar}}{240 \text{ lbr - azúcar/TC}}$$

$$\text{Cantidad de caña requerida} = 292,066.08 \text{ toneladas de caña}$$

Donde la productividad se ve mejorada por la reducción del insumo necesario para obtener la misma cantidad de libras de azúcar, por lo que la reducción de materia prima es:

$$\text{Reducción de materia prima} = 310,598.46 \text{ TC} - 292,066.08 \text{ TC}$$

$$\text{Reducción de materia prima} = \mathbf{18,532.38 \text{ Toneladas de Caña}}$$

Es decir que se generaría la misma cantidad de libras de azúcar que se obtuvieron para la zafra 2003/04 con una menor cantidad de caña molida, esto debido a la utilización de SITMA-Caña.



## **5.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL.**

La evaluación de impacto ambiental, para el ingenio La Magdalena se referirá a un análisis objetivo que identifique y mida los posibles impactos estéticos y ambientales; que procedan de la operación de SITMA-Caña. Esta evaluación de impactos, considerará tres aspectos, los cuales son:

- Relación de la agroindustria y el medio ambiente.
- Políticas y normas ambientales.
- Evaluación ambiental del Sistema propuesto (SITMA-Caña).

### **5.3.1 RELACIONES DE LA AGROINDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE.**

Actualmente la agroindustria azucarera, consciente de que en muchos casos desarrolla actividades susceptibles de degradar el ambiente, está incorporando la variable ambiental a los procesos agrícola e industrial, a fin de minimizar el impacto sobre el entorno. La incorporación de la dimensión ambiental en la estructura empresarial, representa una herramienta que la conduce a una mayor competitividad, al promover la optimización de sus procesos y fortalecer las acciones empresariales con una visión de sustentabilidad.

El sector agroindustrial azucarero está orientado a poder operar legalmente, para lo cual ha realizado acciones tendientes al cumplimiento de la normativa legal ambiental vigente, puesto que los países importadores se están preocupando por el proceso de producción de los productos y también por sus normas de calidad ambiental, se están incentivando patrones de producción mas limpia, y se tiene dispuesto un proceso de evaluación ambiental que despliega un marco técnico y jurídico que fortalece los avances de El Salvador en cumplimiento de requisitos, parámetros y estándares ambientales aceptados en el exterior que son indispensables para penetrar y participar de las relaciones comerciales en mercados internacionales.



### **5.3.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL.**

El ingenio La Magdalena, se rige por la Ley del Medio ambiente persiguiendo su objetivo el cual es: “Orientar la conducta de hombres y mujeres hacia la búsqueda y consolidación del desarrollo sostenible por medio de una gestión ambiental que armonice el crecimiento económico con la protección del medio ambiente y los recursos naturales, para mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del país”.

### **5.3.3 EVALUACION AMBIENTAL DE SITMA-CAÑA.**

Al analizar SITMA-Caña, desde el punto de vista del impacto al medio ambiente, se consideraron los siguientes puntos:

- 1) Identificación de los posibles impactos ambientales.
- 2) Medidas de mitigación a tomar sobre el impacto ambiental.

#### **A. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

En los impactos ambientales se incluirán, todas aquellas alteraciones significativas, positivas o negativas, de uno o más de los componentes del ambiente, que podrían ser provocados por la utilización de SITMA-Caña, los cuales se mencionan a continuación:

##### **A.1 CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DEL AIRE.**

a) Mediante las emisiones de olores característico de "tránsito", que producen tanto los vehículos de transporte como de las cargadoras, lo cual afecta a las personas de las distintas zonas por las cuales estos vehículos se movilizan provocando náuseas y pérdida del apetito.

b) Mediante la emisión de partículas provenientes de la combustión, tanto en cargadoras como de los vehículos que transportan la caña, por el desgaste de neumáticos y frenos y por la suspensión de polvos en caminos no pavimentados. Pueden provocarse enfermedades respiratorias para el ser humano, o desviación de la luz en la atmósfera; Asimismo puede causar diferentes irritaciones ópticas y cutáneas.



c) Mediante la emisión de Hidrocarburos (HC), originados en la combustión de productos derivados de petróleo, los cuales son utilizados para movilizar los diferentes vehículos, su principal impacto en la calidad del aire es la creación de oxidantes fotoquímicos y smog; estos interfieren con el porcentaje de contenido de oxígeno del aire, lo que puede producir tos, estornudos, dolor de cabeza, laringitis y bronquitis.

d) Mediante la generación de óxidos de nitrógeno que son producidos por la combustión a altas temperaturas de combustibles, resultando de la reacción del nitrógeno con el oxígeno, los que junto a hidrocarburos en el aire producen smog. Lo que causa irritación de pulmones (bronquitis y neumonía), además de efectos secundarios pueden como lo son: pérdidas económicas por daños a la vegetación y a edificios y pérdida de valor de las propiedades.

## **A.2 RUIDO**

a) Generación de ruidos y vibraciones provenientes del uso de las cargadoras en horarios diurnos y nocturnos los que pueden producir: sordera temporal; afectar la capacidad humana de llevar a cabo tareas mecánicas y mentales a través del incremento de la tensión muscular, distracción y falta de concentración

b) Generación de ruidos y vibraciones provenientes del tráfico vehicular que pasa por el Ingenio, los cuales inciden en las comunidades aledañas a éste, produciendo: insomnio causado por el alto flujo de vehículos que transitan por la zona; sordera temporal; efectos psicológicos como el mal humor y ansiedad; también existen consecuencias secundarias como disminución en la eficiencia de trabajo, un incremento en la tasa de accidentes, falta de concentración y estrés, así como cambio en el uso del área afectada, con consecuencias socioeconómicas negativas.



**A.3 DETERIORO DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES.**

a) Deterioro de los caminos vecinales por la compactación del suelo provocado por los vehículos de transporte de caña y cargadoras.

b) Congestionamiento vehicular, por la cantidad de vehículos que transitan por las diferentes vías de acceso al ingenio.

**B. MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

Con base a los posibles impactos ambientales descritos anteriormente en el literal A, se presenta a continuación una tabla, con los beneficios ambientales que conlleva la utilización de SITMA-Caña.

**Tabla No.5. 12 Mitigación de impactos ambientales.**

Elementos que producen daño al medio ambiente	Tipos de problemas	Mitigación del impacto ambiental mediante SITMA-Caña
* Vehículos de transporte + cargadoras	Contaminación del aire	•Reducción de consumo de combustible, por consiguiente reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera, debido a la disminución de vehículos de carga y cargadoras
	Ruido	•Reducción de viajes de caña, por consiguiente menor aglomeración de vehículos en la zona debido a la programación de los vehículos de carga y las cargadoras determinada mediante el modelo matemático
	Deterioro de carreteras y caminos vecinales	•Reducción del tránsito vehicular por las carreteras y caminos vecinales, debido a la Mejor utilización del espacio físico de los vehículos, determinado mediante el modelo matemático



## **5.4 EVALUACIÓN SOCIAL.**

Se refiere a la incidencia social que tendrá SITMA-Caña en el Ingenio, por lo que para el desarrollo de esta evaluación se han tomado en cuenta las aportaciones siguientes:

### **A. OBTENCIÓN DE MAYOR COMPETITIVIDAD.**

Mediante el Sistema propuestos se le proporciona al ingenio, elementos que puede utilizar para aumentar la capacidad de sus recursos, con lo cual se logra también que el país pueda enfrentar satisfactoriamente el desafío que constituye la globalización.

### **B. OBTENCIÓN DE SOSTENIBILIDAD Y CRECIMIENTO.**

A través del uso del Sistema propuesto, se genera una mayor sostenibilidad para el ingenio, reduciendo la posibilidad de que éste sea cerrado por bajo rendimiento. Además, de ser una herramienta ideal para alcanzar un desarrollo en la investigación científica de este tipo de problemas.

### **C. MAYOR ESTABILIDAD LABORAL.**

Con el cierre de algunos Ingenios en el país por causa de bajo rendimiento, era necesario realizar una modelo que le permitiera al ingenio La Magdalena mejorar este aspecto, esto se realizó mediante SITMA-Caña, aumentando el porcentaje libras extraídas por tonelada de caña, lo cual le permitirá mantenerse e incrementar su participación en las ventas internacionales y nacionales, por consiguiente se aseguran tanto los empleos directos como los empleos indirectos que genera el ingenio.



#### **D. MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE VIDA DE LOS SALVADOREÑOS.**

Mediante la aplicación de SITMA-Caña se mejora la productividad del Ingenio y en consecuencia existirá una mayor captación de utilidades que generará la necesidad de más puestos de trabajo tanto de nivel operativo como de especialización, además de mejoras salariales para los puestos ya existentes.

#### **E. CONTRIBUCIÓN AL PRODUCTO INTERNO BRUTO**

Se contribuye a la economía nacional con el incremento en las aportaciones percibidas en el producto interno bruto, ya que al ser optimizado el manejo de sus recursos el ingenio maximiza sus ganancias y por consiguiente el sector agroindustrial azucarera podrá aumentar su aportación al PIB.

#### **F. MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO**

Crecimiento en materia de conocimientos técnicos con respecto al manejo y transporte de caña de azúcar, al proponer mejoras en los tiempos de ejecución y en los métodos de trabajo de dicho proceso lo cual permite al sector agroindustrial mejorar su productividad, como también extender la comercialización de estos productos en el ámbito nacional e internacional.



# ***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.***



## CONCLUSIONES

1. A través de la etapa de diagnóstico se determinó que los problemas que presenta el ingenio en estudio, en lo referente al manejo y transporte de caña, se derivan por la ausencia de controles vehiculares y por la falta de estandarización de los métodos de trabajo.
2. En la investigación se determinó que el 46.1% de la jornada laboral de las cargadoras es tiempo ocioso, por lo que a través de la planeación del requerimiento mínimo de recursos se obtuvo un cambio drástico del número de cargadoras por utilizar entre el método actual y propuesto de 11 a 7 cargadoras.
3. Los problemas definidos en la etapa del diagnóstico fueron abordados debido a su complejidad mediante un modelo de simulación el cual se solucionó a través de tres módulos: Módulo I, Optimización de la cantidad de viajes de traslado de caña; Módulo II, Optimización de la programación de la cosecha; Módulo III, Optimización de la programación vehicular.
4. En el diseño propuesto se ha estandarizado el método de trabajo para el transporte y manejo de caña, en el cual se han eliminado todas las demoras innecesarias, a excepción de la espera de los vehículos de transporte fuera del ingenio para entrar a descargar su materia prima, asimismo se han establecido controles de esta demora lo cual contribuye a la reducción de los tiempos ociosos.
5. La aplicación del diseño propuesto le permitirá al ingenio trabajar bajo la filosofía Justo a Tiempo (JIT), ya que el conjunto integrado de actividades y los inventarios de materia prima estarán controlados.



6. El diseño propuesto brinda al ingenio la programación óptima del manejo y transporte de caña de azúcar para una zafra determinada, pero permite al ingenio recalcular dicha programación en el momento que la empresa lo estime conveniente.
  
7. Debido a que se ha estandarizado la metodología de la solución del problema cañero, la programación óptima para cada zafra se obtendrá a través de la actualización de la información requerida por dicha metodología.
  
8. Debido a la similitud de la metodología empleada por la agroindustria azucarera de El Salvador, el diseño propuesto para ingenio La Magdalena, S.A., puede ser aplicado a cualquiera de los ingenios azucareros del país.



## RECOMENDACIONES

1. Para garantizar que el rendimiento de fábrica sea igual al rendimiento de campo, ingenio La Magdalena, S.A., deberá implantar el sistema integral de manejo y transporte de caña de azúcar (SITMA-Caña).
2. Mantener actualizados todos los registros de los parámetros involucrados en la solución del modelo de simulación matemático cañero de optimización.
3. La gerencia debe velar por que las instituciones involucradas en el mantenimiento de las diferentes rutas de acceso a las zonas cañeras cumplan con los requisitos mínimos para la accesibilidad de los vehículos de carga.
4. Ingenio La Magdalena, S.A., debe buscar erradicar las quemas no programadas con la ayuda de las instituciones: MAG, PROCAÑA, Asociación Azucarera y Policía Nacional Civil.
5. Crear un programa de mantenimiento preventivo en las cargadoras para reducir el porcentaje de fallas de las mismas.
6. Para mejorar la eficiencia del cargado, debe optarse por un cambio en la tecnología en el apriete de maletas, lo cual permitirá reducir el tiempo de cargado.
7. Registrar la cantidad de fallas y de reparación de los vehículos de transporte y manejo de caña, para calcular de una manera más objetiva el porcentaje de fallas de los mismos.



8. Los productores de caña deben manejar registros referentes a la cantidad de caña a cultivar en terreno quebrado y no quebrado ya que esto permitirá agilizar la recolección de esta información para la aplicación de SITMA-Caña.



# ***BIBLIOGRAFÍA***



## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- Taborga Huascar (1989). Como hacer una tesis. Primera Edición. México. Editorial Grijalbo, S.A.
- Tamayo y Tamayo, Mario (1994). El proceso de la investigación científica. Tercera Edición. México. Editorial Limusa.
- Sampieri, Roberto Hernández,. (2001) Metodología de la investigación, Tercera Edición, México. Editorial McGrawhill.
- Ruiz, Fermín Subiros, (1995) El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad estatal a distancia, Costa Rica.
- Leos, Gustavo Quiroga, (1988) Organización y Métodos, Segunda Edición, Editorial Trilla, México.
- García Criollo, Roberto, (1998) Estudio del Trabajo, Medición del tiempo, Primera Edición. Editorial McGraw-Hill, México
- Canter, Larry W., (1998) Manual de evaluación ambiental, Segunda edición, Editorial McGraw-Hill, Madrid.
- Taha, Handy A., (1998) Investigación de Operaciones, Sexta edición, Editorial McGraw-Hill, México.

### REVISTAS

- Órgano oficial del grupo de países Latinoamericanos y del Caribe exportadores de Azúcar (Noviembre de 1997). GEPLACEA. (Número 5).



- Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador (agosto-septiembre, 2001). PROCAÑA vol. 6, año 2.
- Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador (abril-mayo, 2000). PROCAÑA vol. 1, año 1,
- Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador (2000). PROCAÑA. vol. 3, año 1, edición especial,
- CASSA (2000), Caña de Azúcar, Manual de Variedades, El Salvador

### **PAGINA WEB**

- Asociación Azucarera de El Salvador (2004). Agroindustria Azucarera [online]. Consultado el día 26 de marzo del 2004 de la World Wide Web: <http://www.asociacionazucarera.com>
- Universidad Andrés Bello de Venezuela (2004). Metodología de la Investigación [online] Consultado el día 03 de Abril del 2004 de la World Wide Web: <http://www.ucab.com>
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC).2004 Resumen de los clasificadores [online] Consultado el día 07 de marzo del 2004 de la World Wide Web: <http://www.digestyc.com>
- Distribuidora de azúcar (DIZUCAR) Tipos de Azúcar, [online] Consultado el día 10 de marzo del 2004 de la World Wide Web: <http://www.dizucar.com.sv/tipos.asp>



# ***GLOSARIO***



## GLOSARIO

- **Agroindustria Azucarera:** conjunto de actividades tendientes al aprovechamiento de la caña de azúcar, incluyendo la siembra, el cultivo, la cosecha, su industrialización, el autoconsumo industrial y la comercialización de su miel final y del azúcar.
- **Azúcar:** la sacarosa que ha sido cristalizada mediante un proceso productivo en el ingenio.
- **Bagazo:** es el residuo que se obtiene de moler la caña en uno o más molinos. Se entiende que es el bagazo del último molino, si no se especifica lo contrario. Está compuesto de fibra, sacarosa, agua, otros azúcares y sólidos no azúcares.
- **Brix:** porcentaje de sólidos solubles contenidos en el jugo de la caña.
- **Cachaza:** lodos que contienen los sólidos insolubles sedimentables provenientes del proceso de clarificación del jugo de la caña.
- **Caña Corta (picada):** caña rozada en varios trozos.
- **Caña Larga:** caña rozada por medio de dos cortes y transportada a granel.
- **Cañeros:** Persona natural o jurídica que se dedica al cultivo de la caña de azúcar (productores de caña de azúcar).
- **Cargadora:** equipo destinado a cargar la caña de azúcar hacia un vehículo de transporte.
- **Cuota:** es la cantidad de azúcar que se le asigna a los ingenios para vender su producto en el mercado nacional.



- **Graminea tropical:** planta de tallo cilíndrico, con hojas alternas que abrazan su tallo y flores dispuestas en forma de espiga.
- **Guarapo:** es un sinónimo de jugo usado en la agroindustria azucarera.
- **Gestión:** es el proceso emprendido por una o más personas para coordinar las actividades laborales de otras personas, con la finalidad de lograr resultados de alta calidad que cualquier otra persona, trabajando sola, no podría alcanzar”.
- **Ingenio:** personas naturales o jurídicas propietarias de las instalaciones dedicadas al procesamiento y transformación industrial de la caña de azúcar que se encuentre operando legalmente constituidos y registrados en el Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA).
- **Jugo de caña:** jugo absoluto tal como se encuentra en la caña de azúcar.
- **Medios Técnicos:** conjunto de maquinaria, herramientas y equipos útiles para realizar cualquier tipo de trabajo.
- **Melaza:** líquido denso y viscoso de sabor muy dulce que queda como residuo de la cristalización del azúcar.
- **Objeto de trascendencia:** es la proyección que se desea dar de un tema específico, la cual explica su razón de ser, motivo o causa.
- **Polarización:** contenido aparente de sacarosa dentro del jugo de la caña.
- **Pureza de caña:** relación porcentual de dividir la polarización entre el Brix.
- **Rendimiento:** cantidad total de libras de azúcar extraídas por cada tonelada de caña molida.



- **Roza (roce):** proceso de corte manual o mecanizado de la caña de azúcar.
- **Ruta cañera:** camino que los vehículos de carga deben seguir para trasladar la caña de azúcar desde la zona cañera hasta el ingenio.
- **Sacarosa:** azúcar que se encuentra en el jugo de caña.
- **Sembradío de caña:** terreno destinado para sembrar caña de azúcar.
- **Trapiche:** molino para extraer el jugo de algunos frutos o productos de la tierra como aceitunas y caña de azúcar.
- **Zonas Cañeras:** son el conjunto de sembradíos de caña existentes en el país.
- **Zafra:** período de molienda de la caña en los ingenios azucareros.





# ANEXOS.



***ANEXO 1.***

***PRODUCTO INTERNO  
BRUTO POR  
ACTIVIDAD ECONÓMICA.***



**PRODUCTO INTERNO BRUTO POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA  
A PRECIOS CONSTANTES DE 1990 EN MILLONES DE COLONES.**

<b>RAMAS DE ACTIVIDAD</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
1. Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca	6,743.3	7,260	7,032.0	6,846.3	6,862.9
01 Café oro	1,344.4	1,549.3	1,325.2	1,140.1	966.8
02 Algodón	---	5.4	8.9	3.6	3.8
03 Granos básicos	1,193.6	1,416.6	1,301.9	1,295.3	1,388.6
04 Caña de azúcar	437.7	424.2	418.5	408.2	404.4
05 Otras producciones agrícolas	1,195.1	1,230.1	1,254.8	1,279.9	1,311.9
06 Ganadería	1,192.3	1,219.5	1,249.0	1,250.5	1,269.3
07 Avicultura	782.9	846.9	909.8	895.0	953.2
08 Silvicultura	386.2	393.9	397.8	399.8	399.8
09 Productos de la caza y de la pesca	211.1	174.1	166.1	173.9	165.2
2. Explotación de Minas y Canteras	235.5	236.5	225.4	251.8	269.5
10 Productos de la minería	235.5	236.5	225.4	251.8	269.5
3. Industria Manufacturera	12,204.1	12,654.3	13,178.8	13,711.6	14,112.5
11 Carne y sus productos	231.4	238.9	247.0	258.7	265.7
12 Productos lácteos	372.8	378.5	399.7	412.7	428.8
13 Productos elaborados de la pesca	1.6	1.1	0.8	0.9	0.4
14 Productos de molinería y panadería	1,099.5	1,088.2	1,110.2	1,184.6	1,146.7
15 Azúcar	863.5	896.7	934.9	964.5	952.0
16 Otros productos alimenticios elaborados	757.8	786.1	839.6	886.2	934.1
17 Bebidas	987.3	1,089.3	1,146.0	1,211.7	1,228.6
18 Tabaco elaborado	---	---	---	---	---
19 Textiles y artículos confeccionados de materiales textiles (excepto prendas de vestir)	762.7	751.5	762.9	710.1	721.4
20 Prendas de vestir	254.4	262.7	267.5	250.3	255.3
21 Cuero y sus productos	540.8	500.3	514.8	514.9	511.8
22 Madera y sus productos	151.1	156.7	159.0	159.4	169.6
23 Papel, cartón y sus productos	298.2	306.9	328.6	352.3	401.3
24 Productos de la imprenta e industrias Conexas	610.5	632.1	619.4	666.3	676.3
25 Química de bases y elaborados	1,076.1	1,165.0	1,101.6	1,146.6	1,197.1
26 Productos de la refinación del petróleo	618.5	682.0	665.1	696.3	715.1
27 Productos de caucho y de plástico	289.5	296.8	316.8	333.7	368.1
28 Productos de minerales no metálicos elaborados	553.8	556.8	569.0	611.6	662.4
29 Productos metálicos de base y elaborados	562.1	574.9	593.4	614.1	645.4
30 Maquinaria, equipos y suministros	440.4	436.7	421.0	422.4	437.6
31 Material de transporte y manufacturas diversas	408.6	436.6	469.5	484.4	510.1
45 Servicios industriales de maquila	1,323.4	1,416.6	1,712.0	1,829.6	1,884.4



**PRODUCTO INTERNO BRUTO POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA  
A PRECIOS CONSTANTES DE 1990 EN MILLONES DE COLONES.**

<b>RAMAS DE ACTIVIDAD</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
4. Electricidad, Gas y Agua	344.2	353.4	345.2	361.2	381.3
32 Electricidad	172.6	176.5	160.9	171.7	179.5
33 Agua y alcantarillados	171.5	176.9	184.3	189.5	201.8
5. Construcción	2,156.4	2,118.1	2,046.4	2,243.4	2,346.6
34 Construcción	2,156.4	2,118.1	2,046.4	2,243.4	2,346.6
6. Comercio, Restaurantes y Hoteles	10,785.4	11,002.9	11,398.6	11,615.5	11,731.6
35 Comercio	9,076.2	9,239.2	9,599.7	9,812.7	9,910.9
36 Restaurantes y hoteles	1,709.2	1,763.7	1,799.0	1,802.7	1,820.8
7. Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	4,183.3	4,581.7	4,863.4	5,070.1	5,256.2
37 Transporte y almacenamiento	3,124.5	3,222.9	3,341.3	3,373.1	3,474.3
38 Comunicaciones	1,058.7	1,358.8	1,522.1	1,697.1	1,781.9
8. Establecimientos Financieros y Seguros	1,829.2	2,049.3	2,207.3	2,242.1	2,271.3
39 Bancos, Seguros y Otras Instituciones Financieras	1,829.2	2,049.3	2,207.3	2,242.1	2,271.3
9. Bienes Inmuebles y Servicios Prestados a las Empresas	1,798.8	1,802.0	1,828.8	1,864.2	1,901.5
40 Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	1,798.8	1,802.0	1,828.8	1,864.2	1,901.5
10. Alquileres de Vivienda	4,695.3	4,718.3	4,789.0	4,649.4	4,881.9
41 Alquileres de vivienda	4,695.3	4,718.3	4,789.0	4,649.4	4,881.9
11. Servicios Comunes, Sociales, Personales y Domésticos	2,867.6	2,876.6	2,916.3	2,882.8	2,917.5
42 Servicios comunales, sociales y personales	1,918.9	1,927.8	1,967.3	1,933.8	1,958.9
43 Servicios domésticos	948.7	948.8	948.9	949.1	958.6
12. Servicios del Gobierno	3,048.2	3,095.9	3,124.0	3,125.7	3,047.5
44 Servicios del gobierno	3,048.2	3,095.9	3,124.0	3,125.7	3,047.5
Menos: Servicios Bancarios Imputados	1,654.7	1,774.1	1,884.0	1,926.9	1,928.8
Más: Derechos Arancelarios e Impuestos al Valor Agregado	4,925.2	5,054.6	5,164.7	5,259.4	5,375.1
<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO A PRECIOS DE MERCADO</b>	<b>54,161.6</b>	<b>56,029.5</b>	<b>57,235.8</b>	<b>58,196.7</b>	<b>59,426.5</b>



# ***ANEXO 2.***

# ***BALANZA COMERCIAL.***



**BALANZA COMERCIAL**  
**Acumulado Anual y Mensual (Millones de US\$)**

CONCEPTO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Abril/04
<b>I. EXPORTACIONES FOB</b>	<b>2,441</b>	<b>2,510</b>	<b>2,941</b>	<b>2,864</b>	<b>2,996</b>	<b>3,136</b>	<b>1,036</b>
<b>Tradicional</b>	423	307	354	205	161	163	76
Café	324	245	298	115	107	105	55
Azúcar	66	37	40	70	44	47	21
Camarón	33	25	16	20	9	11	1
<b>No Tradicional</b>	833	869	978	1,009	1,077	1,092	382
Centroamérica	614	637	736	721	740	746	259
Resto del Mundo	219	233	242	288	338	346	123
<b>Maquila</b>	1,185	1,333	1,609	1,650	1,758	1,881	577
<b>II. IMPORTACIONES CIF</b>	<b>3,968</b>	<b>4,095</b>	<b>4,947</b>	<b>5,027</b>	<b>5,192</b>	<b>5,763</b>	<b>1,931</b>
<b>Bienes de consumo</b>	930	1,005	1,218	1,275	1,368	1,594	548
No duraderos	789	837	1,041	1,101	1,184	1,321	449
Duraderos	141	168	177	175	185	273	100
<b>Bienes intermedios</b>	1,359	1,319	1,618	1,691	1,660	1,851	646
Industria Manufacturera	1,026	1,004	1,239	1,275	1,284	1,445	511
Agropecuaria	115	85	99	97	89	97	29
Construcción	181	167	192	254	226	249	83
Otros	37	62	88	64	62	60	23
<b>Bienes de Capital</b>	832	817	958	900	881	937	307
Industria Manufacturera	242	223	227	281	252	269	80



Transporte	321	396	413	354	349	388	143
Agropecuario	26	16	13	14	14	13	4
Construcción	80	53	39	51	82	80	18
Comercio	59	64	107	88	97	110	36
Electricidad, agua y servicios	74	39	125	81	54	40	14
Otros	30	26	34	32	33	37	12
Maquila	847	955	1,153	1,161	1,283	1,381	430
<b>III. BALANZA COMERCIAL</b>	<b>-1,527</b>	<b>-1,585</b>	<b>-2,006</b>	<b>-2,163</b>	<b>-2,196</b>	<b>-2,627</b>	<b>-895</b>



# ***ANEXO 3.***

# ***CONTRATO DE CAÑA DE AZÚCAR.***



CONTRATO N° \_\_\_\_\_

CODIGO CARICULTOR \_\_\_\_\_

ZONA \_\_\_\_\_

MUNICIPIO \_\_\_\_\_

## INGENIO LA MAGDALENA, S. A.

TEL.: 444-0037 444-0491

NOSOTROS, por una parte, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ años, \_\_\_\_\_ del domicilio de \_\_\_\_\_, con Cédula de Identidad Personal número \_\_\_\_\_, actuando en representación del INGENIO LA MAGDALENA, S. A. que en adelante se llamará "El Comprador"; y por otra parte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años \_\_\_\_\_ del domicilio de \_\_\_\_\_, con Cédula de Identidad Personal número \_\_\_\_\_,

que en el curso del presente contrato se llamará "El Vendedor", convenimos en celebrar un Contrato de Compraventa, por medio del cual el segundo se compromete a venderle al primero, caña para su transformación en azúcar, correspondiente a la zafra \_\_\_\_\_, para ser molida en el Ingenio LA MAGDALENA, S. A. El presente contrato queda sujeto a todas las regulaciones presentes y futuras que se dicten para el consumo interno y la exportación del azúcar, por lo tanto la cantidad de caña que se vende, así como el precio contratado, se ajustará a dichas regulaciones. Además el presente contrato se regirá por las siguientes cláusulas: I: CANTIDAD. La cantidad contratada es de \_\_\_\_\_ toneladas de 2000 libras es-

pañolas cada una, que el vendedor se obliga a entregar en su totalidad al comprador. Esta cantidad puede variar por caso fortuito o fuerza mayor, debidamente comprobados, lo cual no modificará las demás condiciones pactadas en este contrato. II: CALIDAD a) La caña que se entrega debe ser sana, propia para la producción de azúcar de buena calidad, libre de puntas huecas, puntas con corcho y puntas tiernas, caña libre de mamones o sea caña tierna, caña libre de bajera y raíces, en buenas condiciones para ser molida en la zafra \_\_\_\_\_.

III: PROCEDENCIA. La caña procede de \_\_\_\_\_ que hace un total de \_\_\_\_\_ manzanas situadas en \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, jurisdicción de \_\_\_\_\_, Departamento de \_\_\_\_\_

IV: El lugar de entrega de la caña será el Ingenio LA MAGDALENA, S. A. V: CUOTAS. El vendedor se compromete a entregar la caña aquí contratada en las fechas y de conformidad a las cuotas de toneladas diarias que el comprador determine oportunamente, efecto para el cual la administración del Ingenio deberá avisar anticipadamente al vendedor en un tiempo prudencial, a fin de mantener un ritmo adecuado de las entregas. No obstante, dichas cuotas podrán ser cambiadas de acuerdo a las necesidades del comprador; pero siempre notificando de esto al vendedor con una anticipación razonable. En caso de fuerza mayor o caso fortuito y que el Ingenio tuviera que suspender sus operaciones, el comprador podrá autorizar al vendedor para que durante el tiempo que dure la suspensión, éste pueda entregar la caña a otros Ingenios; pero estará obligado a reanudar las entregas al Ingenio LA MAGDALENA, S. A. VI: INSPECCION. Para el mejor funcionamiento de cuotas y control de calidad de la caña, el vendedor se compromete a prestar toda la colaboración a los inspectores de Campo del comprador y a cumplir con sus indicaciones en lo que se refiere a calidad y cuotas de entrega. VII: PRECIO. El precio por libra de sacarosa

DEPTO. CONTROL Y PAGO DE CASA



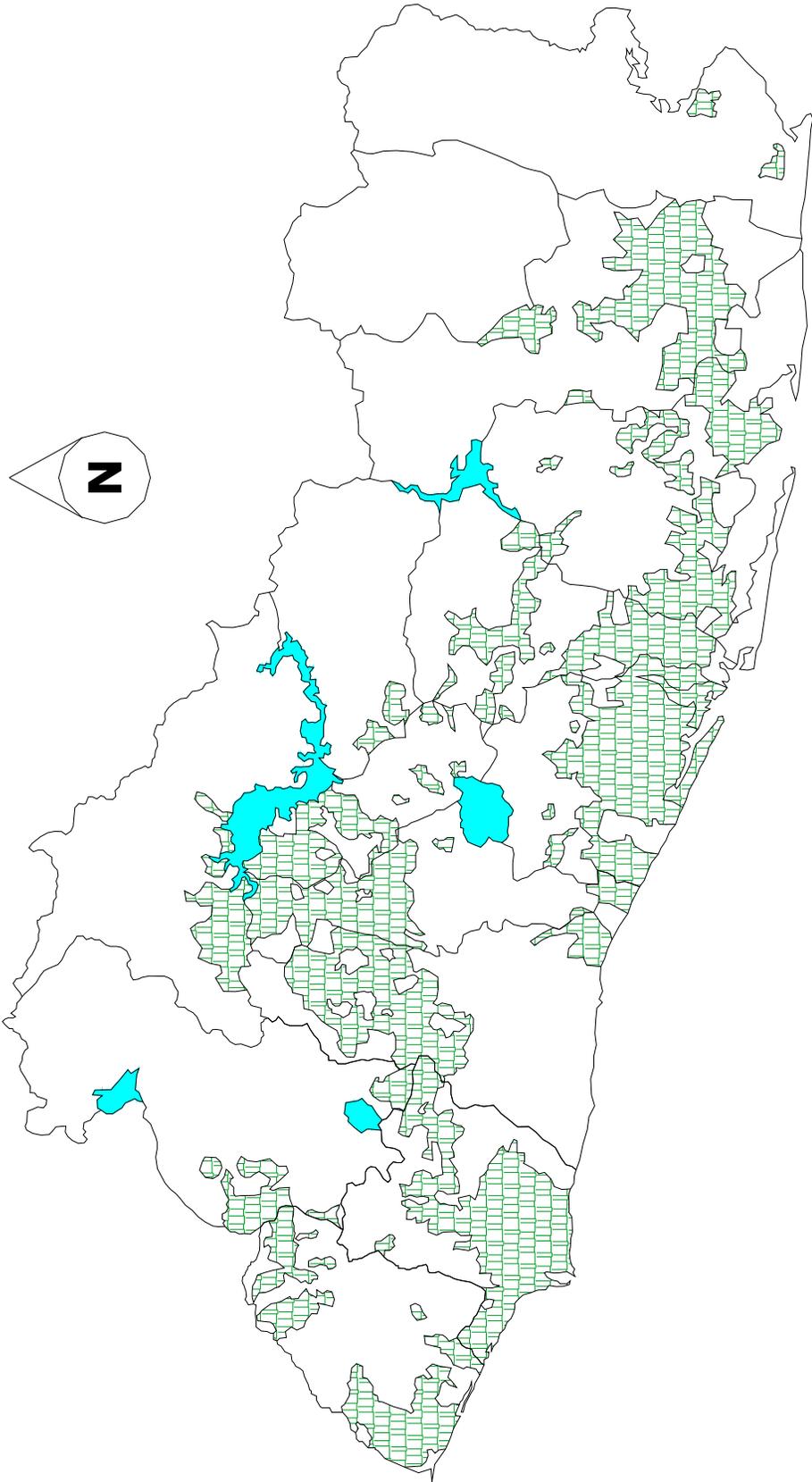


***ANEXO 4.***

***UBICACIÓN DE  
ZONAS CAÑERAS.***



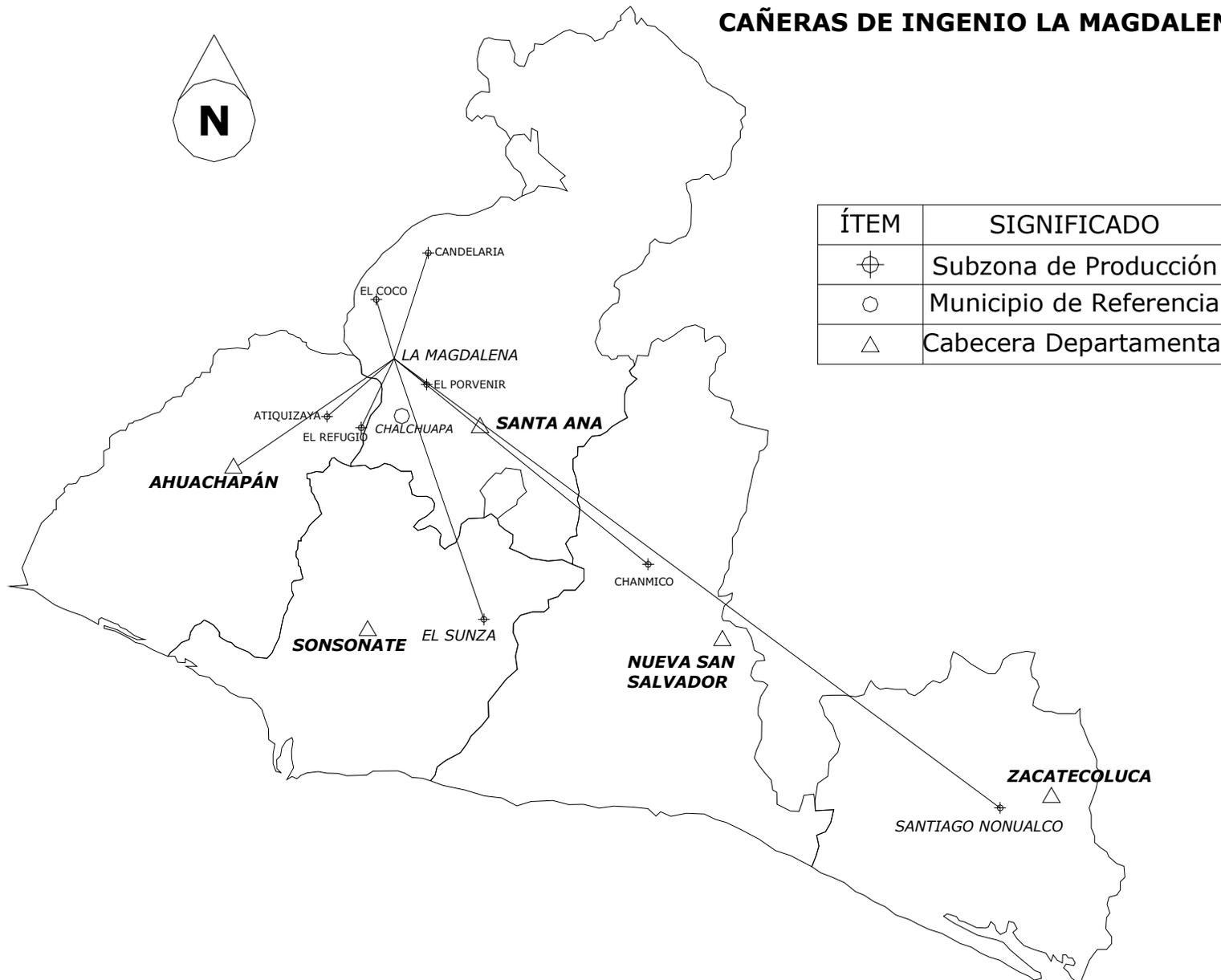
**ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL SALVADOR  
ZAFRA 2003/04**



Universidad de El Salvador	Facultad Multidisciplinaria de Occidente	Departamento de Ingeniería
<b>INTEGRANTES:</b>	<b>TÍTULO:</b>	ANEXO No.4
Sandra Elizabeth Leal A. Gisela Raquel Martínez E. Ronald Omar Torres M.	Optimización del Manejo y Transporte de Caña de Azúcar en Ingenio La Magdalena, S.A.	LÁMINA: 1 SIN ESCALA



### ÁREAS DE INFLUENCIA DE ZONAS CAÑERAS DE INGENIO LA MAGDALENA, S.A.



ÍTEM	SIGNIFICADO
⊕	Subzona de Producción
○	Municipio de Referencia
△	Cabecera Departamental

Universidad de El Salvador

Facultad Multidisciplinaria de Occidente

Departamento de Ingeniería

**INTEGRANTES:**

Sandra Elizabeth Leal A.  
Gisela Raquel Martínez E.  
Ronald Omar Torres M.

**TÍTULO:**

Optimización del Manejo y Transporte de Caña de Azúcar en Ingenio La Magdalena, S.A.

ANEXO No.4

LÁMINA: 2

SIN ESCALA



# ***ANEXO 5.***

# ***RESOLUCIÓN DE VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE.***



VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE  
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE  
San Salvador, El Salvador, C.A.

RESOLUCIÓN TC-02/2003

VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE, DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE, San Salvador, a las doce horas del día tres de noviembre del Dos mil Tres.

**CONSIDERANDO:**

- I. Que según lo ordenado en la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, corresponde al órgano ejecutivo a través del Viceministerio de Transporte ser el ente rector, coordinador y normativo de las políticas del transporte terrestre.
- II. Que según lo ordenado en la Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, el Viceministerio de Transporte a través de la Dirección General de Transporte Terrestre y de la Dirección General de Tránsito, serán las encargadas de velar por la adecuada aplicación y cumplimiento de las normas contenidas en la misma, las que para su cumplimiento contarán con el personal técnico, administrativo y el apoyo de las Divisiones de Tránsito Terrestre y Medio Ambiente de la Policía Nacional Civil.
- III. Que según lo ordenado en los artículos 1 y 3 del Reglamento de Transporte Terrestre de Carga, los objetivos principales de la Dirección consisten en desarrollar los principios de la Ley en relación al servicio de transporte de carga en sus diferentes modalidades y los vehículos utilizados para tal actividad que circulan por las vías terrestres del país, la que además será responsable de autorizar, regular, controlar, fiscalizar y sancionar las actividades del transporte de carga dentro del cual se encuentra el sector cañero.
- IV. Que de acuerdo a lo que ordenan los artículos 37,38 y 41 del Reglamento de Transporte Terrestre de Carga, la Dirección General de Transporte Terrestre, definirá las rutas donde circularán los vehículos que transportan productos agrícolas los cuales deberán cumplir con los requisitos establecidos a fin de evitar cualquier tipo de daño sometiéndose a los pesos y dimensiones máximos permitidos en el Reglamento aquí relacionado.
- V. Que de acuerdo a lo que ordena el artículo 66 del Reglamento de Transporte Terrestre de Carga, en los casos no previstos en la Ley y en el Reglamento nominado y siempre que la urgencia del caso lo requiera, la Dirección podrá, en cualquier momento, expedir las providencias necesarias.

**POR TANTO:**

En pleno uso de sus facultades legales que otorgan los artículos 4,5 de la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial; y 1,3,37,38,41 y 66 del Reglamento de Transporte Terrestre de Carga, esta Dirección General,

**RESUELVE:** Emitir esta resolución de carácter obligatorio

1. Todo vehículo que participe en la zafra transportando caña, será sometido a una revisión técnica, en coordinación con los jefes de transporte de cada ingenio; para verificar el estado del vehículo y revisar que cuenten con los documentos vigentes, los resultados de estas revisiones serán enviados a la Dirección General de Transporte, quien llevará el registro y control de las unidades.
2. El Viceministerio de Transporte determinará los corredores y/o rutas donde deben circular los vehículos cañeros.





VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE  
DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE  
San Salvador, El Salvador, C.A.

3. Se verificará a través de elementos de la Policía Nacional Civil, que toda rastra o camión cañero a lo largo de la trayectoria, cumpla con las siguientes medidas de seguridad:
- 3.1 Llevar rasuradas las puntas de la caña, no exceder el ancho de 2.60 m y la altura de 4.15 m, establecidas como límite máximo para un camión o rastra. La operación mencionada deberá realizarse dentro del cañaveral.
  - 3.2 Poseer cintas reflectivas grado diamante en la parte trasera y laterales de la unidad.
  - 3.3 Colocar tapadera metálica en la parte delantera y trasera de la plataforma a una altura máxima de 2.35 m y como mínimo 1.80 m, medidos desde la superficie de la misma.
  - 3.4 Poseer sus respectivas loderas, en los ejes traseros.
  - 3.5 Tener patas en buen estado, capaces de sostener la plataforma.
  - 3.6 La unidad deberá portar el certificado extendido por el taller autorizado, que asegure el buen estado del sistema eléctrico, mecánico, sistema de frenos, suspensión, motor, muelle, escape, mecanismo de dirección y demás piezas necesarias para el buen funcionamiento de la unidad.
  - 3.7 La profundidad del grabado de las llantas no debe ser inferior a los 4 mm. además contar al menos con una llanta de refacción que cumpla con los mismos requisitos.
  - 3.8 Llevar en todo camión y/o rastra triángulos reflectivos o conos. En caso de inconvenientes en la vía pública, deberán colocarse a una distancia de 40 m de la parte trasera de la unidad
4. Detallar la siguiente información en la unidad:
- 4.1 "PRECAUCION VIRAJES AMPLIOS", con un tamaño mínimo por letra de 7 x 4 cm, ubicada en la tapadera metálica trasera con un color de fondo rojo y letras blancas
  - 4.2 "GUARDE SU DISTANCIA" detallada en la parte trasera de la rastra o camión
  - 4.3 La identificación del ingenio al que presta el servicio, según el siguiente detalle:
 

Ingenio Central Izalco	CI
Ingenio El Ángel	A
Ingenio San Francisco	SF
Ingenio Chaparrastique	CHAP
Ingenio La Cabaña	LC
Ingenio La Magdalena	L.M.
Ingenio Chanmico	CH
Ingenio Jiboa	JB
Ingenio Collma	COL





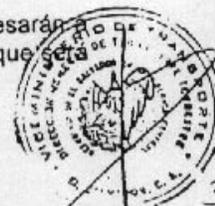
VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE  
RECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE  
San Salvador, El Salvador, C.A.

Para asegurar e impedir que la caña se derrame durante el recorrido, es necesario el uso de carretes, cable o similar (ratch), éstos ratch deberán ser colocados al lado derecho de la plataforma de los camiones y rastras y su numero mínimo según el siguiente detalle:

Camiones de dos ejes	4	ratch
Camiones de tres ejes	6	ratch
Cabezal y rastra ( plataforma de 40 pies)	8	ratch
Cabezal y rastra ( plataforma de 45 pies)	10	ratch

Lo anterior no aplicará para vehículos de transporte de carga que transportan caña picada o mecanizada en jaulas.

- En el caso de que los vehículos cañeros, obstruyan el tráfico por accidente o desperfecto mecánico; es responsabilidad obligatoria de los transportistas y de los ingenios retirarlos a la brevedad posible, de las vías autorizadas, Así como recoger la caña que se pudiera haber derramado. Además deben solicitar ayuda a la delegación de la Policía Civil más cercana para que estos colaboren en la regulación del tráfico.
- Es obligatorio que los vehículos que transportan caña de azúcar manejen exclusivamente a la derecha y no sobrepasen el límite de velocidad de 70 Km/h con carga o descargados. En las áreas urbanas se sujetarán a lo establecido por el Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial.
- Cada ingenio debe instalar en la entrada de este, un medidor de altura de 4.15m, para asegurar que los vehículos que transportan caña, cumplan con la altura reglamentaria. Al mismo tiempo se instalarán marcos regulatorios en puntos clave de la ruta cañera
- Los ingenios serán responsables de verificar que talleres adecuados revisen el buen estado de funcionamiento de las unidades que participan en la zafra, así como de enviar estos resultados al Viceministerio
- Se prohíbe terminantemente, circular en las carreteras góndolas tiradas por un cabezal.
- Es obligatorio que la licencia que portan los conductores de vehículos cañeros sea salvadoreña.
- Es responsabilidad absoluta de los ingenios mantener limpia la ruta cañera, con el propósito de evitar los accidentes de tránsito.
- Todos los vehículos de carga que participan en la zafra están autorizados para instalar en sus unidades un tercer eje el cual será utilizada únicamente para el período de zafra
- Todos los vehículos que participan en la zafra transportando caña de azúcar ingresarán a las estaciones de control de carga con el objeto de verificar su peso permitido lo que se





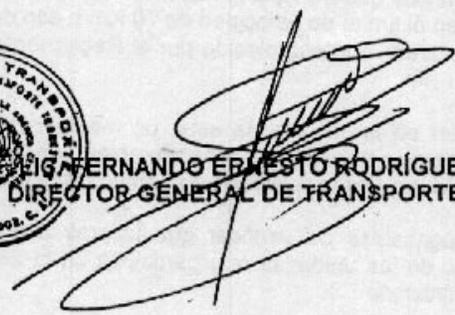
VICEMINISTERIO DE TRANSPORTE  
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE  
San Salvador, El Salvador, C.A.

tomado en consideración para fines únicamente estadísticos, sin ser objeto de sanción. En cuanto a las dimensiones se estará a lo establecido en el Reglamento respectivo

- 15 La Unidad de Basculas deberá proporcionar a este Viceministerio las variables que inciden en el sobrepeso, sobredimensión de las unidades, de acuerdo a lo recolectado en los controles de peso que se establezcan con el objetivo de establecer estadísticas de incidencia.
- 16 La Policía Nacional Civil deberá proporcionar a la Dirección General de Transporte Terrestre la información recolectada en los controles vehiculares.
- 17 Las compañías de alumbrado eléctrico, telefónico, cable visivo, vallas de publicidad deben respetar la altura mínima de 5 m en las vías definidas como ruta cañera.
- 18 Revóquese en su totalidad la Resolución TC-04/2002, de fecha veintidós días del mes de octubre del Dos Mil Dos. emitida por el Viceministro de Transporte
- 19 Extiéndase copia de la presente Resolución a la Policía Nacional Civil para su fiel cumplimiento.
- 20 La presente resolución tendrá vigencia desde el 10 de noviembre del 2003 hasta el 10 de mayo del 2004

NOTIFÍQUESE.



  
FERNANDO ERNESTO RODRÍGUEZ ABREGO  
DIRECTOR GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE



# ***ANEXO 6.***

# ***CERTIFICADO DE TALLER.***





# ***ANEXO 7.***

# ***CONTRATO PARA TRANSPORTISTAS.***

**INGENIO LA MAGDALENA S.A.**

TELEFONO FAX 444-0037- 444-0491

**CONTRATO PARA TRANSPORTISTAS DE CAÑA DE AZUCAR**

FECHA: \_\_\_\_\_ ZAFRA 2003/2004 CONTRATO \_\_\_\_\_

Ingenio La Magdalena, S.A. Representado en este acto por Ing. René A. Guevara, con documento de identidad N° 01274283-8 extendida en Sonsonate, el día 22 de junio 2002 Y \_\_\_\_\_, propietario de las unidades de transporte placas \_\_\_\_\_, Documento Único de Identidad N° \_\_\_\_\_, Extendido en \_\_\_\_\_, con Registro de IVA N° \_\_\_\_\_.

Estas partes que en lo sucesivo se llamará INGENIO LA MAGDALENA S.A. Y TRANSPORTISTA, en éste mismo acto celebrarán el siguiente contrato:

**PRIMERO :** El transportista se compromete a transportar caña de azúcar durante la zafra 2003-2004, que iniciara en fecha **01 de diciembre**, hasta las instalaciones del Ingenio La Magdalena S.A., ubicado en Cantón La Magdalena en el Km. 8 carretera al Coco, Jurisdicción de Chalchuapa, departamento de Santa Ana, desde los lugares que el representante del Ingenio le asigne ó ubique según las necesidades o emergencias.

**SEGUNDO :** El transporte de la caña de azúcar se hará dentro de las 24 horas siguientes al corte de la misma, quedando entendido que el transportista efectuará los viajes en el horario establecido por el Ingenio y del lugar que se le asigne. El Ingenio podrá aumentar y rebajar el número de viajes. Dependiendo de las necesidades del Ingenio ó por fuerza mayor o caso fortuito suspender por completo el transporte de la caña.

**TERCERO :** Cualquier daño causado dentro del recinto del Ingenio por los equipos del transportistas, serán por su cuenta y riesgo, teniendo derecho el Ingenio de efectuar deducciones en el pago por transporte hasta cubrir los costos del daño.

**CUARTO :** El transportista en su calidad de propietario y patrono, asume toda la responsabilidad en lo referente a accidentes de tránsito, conflictos laborales, mala conducta, etc. Adentro o fuera del Ingenio en que incurriere su personal. Además el personal que el transportista utilice será contratado por su cuenta y en ningún caso por el Ingenio.



**QUINTO:** El Ingenio descontará al transportista en cada pago 10% para garantizar su compromiso contraído con el Ingenio La Magdalena S.A. Esta retención podría ser devuelta al transportista a juicio del Ingenio, tomando en consideración que los cánones de éste contrato hayan sido cumplidos satisfactoriamente incluyendo solvencia del jefe de la bodega de materiales.

**SEXTO :** El transportista se compromete a dar un buen mantenimiento y/o reparar sus unidades para garantizar una buena condición de trabajo durante la zafra. Además es el responsable de las cadenas y cables que el Ingenio le facilite para el transporte de caña y se le descontará la cantidad de **DOS MIL 00/100 COLONES**, por cadena en el caso de extravío o avería.

**SEPTIMO :** El movimiento de las unidades en cada zona será orientado por el jefe de transporte en coordinación con el Supervisor de Zona, por lo que el transportista se apegará a los planes de arrastre del Ingenio y a respetar las disposiciones que se dicten para transportistas, las cuales serán entregadas al momento de la firma del contrato.

**OCTAVO :** El transportista será contratado por el Ingenio, por lo que se le deducirá su respectivo IVA, los pagos de transporte se harán de acuerdo al calendario de pago previamente establecido por el Ingenio, además deberá presentar el comprobante de crédito fiscal para los proveedores a quienes les hayan transportado caña.

**NOVENO :** El transportista se compromete a prestar sus servicios de fletar a tiempo completo durante el desarrollo de la zafra desde el inicio hasta el final de la misma incluyendo días festivos como **24, 25 y 31 de Diciembre**. Como también el **1 de Enero** y **Semana Santa**. El Ingenio descontará un **25%** en concepto de multa por incumplimiento, dentro de la correspondiente catorcena.

**DECIMO :** El transportista se compromete a respetar todas las disposiciones legales que impone la Ley de Transito Terrestre y el Reglamento General de Transito y Seguridad Vial en lo referente a los vehículos de carga pesada. Cualquier infracción o desacato a la ley será responsabilidad del transportista.

---

Ing. René A. Guevara  
SUPERINTENDENTE DE CAMPO  
DUI N° . 01274286-8

---

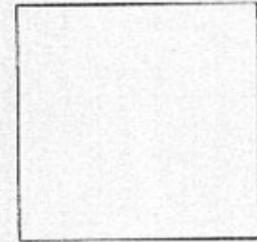
Transportista  
D.U.I. \_\_\_\_\_



## INGENIO LA MAGDALENA S.A.

**BOLETA DE AFILIACION DE TRANSPORTISTAS**

**PROPIETARIO DEL VEHICULO**



NOMBRE \_\_\_\_\_

N° DE UNIDADES: RASTRAS \_\_\_\_\_  
 TRES EJES . \_\_\_\_\_  
 SENCILLOS. \_\_\_\_\_

TELFONO N° \_\_\_\_\_

D.U.I. N° \_\_\_\_\_

N.I.T. N° \_\_\_\_\_

DOMICILIO \_\_\_\_\_

N° REGISTRO DEL IVA \_\_\_\_\_

N°	MARCA DE VEHICULO	PLACA	MOTORISTA



# ***ANEXO 8.***

# ***COMPROBANTE DE ENVÍO DE CAÑA.***



<b>INGENIO LA MAGDALENA, S.A</b>						
<b>ENVIO DE CAÑA ZAFRA:</b>						
						<b>ZONA No.</b>
FORMA DE ENTREGA	ROLLO: _____		PICADA: _____		FRENTE: _____	
<b>TIPO DE TRANSPORTE</b>						
RASTRA	C-3 EJES	CAMION SENCILLO	CAMIÓN PICADA	TRACTOR	CARRETA	GONDOLA
<b>INFORMACIÓN DEL PRODUCTO</b>			<b>DATOS DE RECOLECCIÓN</b>			
CONCEPTO	CODIGO	NOMBRE	CONCEPTO	FECHA	HORA	
<i>PRODUCTOR</i>			<i>QUEMA</i>			
<i>PROCEDENCIA</i>			<i>CORTE</i>			
<i>LOTE</i>			<i>CARGADO</i>			
<i>VARIEDAD</i>						
<i>TARIFA</i>						
<b>INFORMACIÓN DEL TRANSPORTISTA</b>			<b>CICLO</b>			
CONCEPTO	CODIGO	NOMBRE	PLANTIA	RENUOVO	LOTE TERMINADO	
<i>MOTORISTA</i>						
<i>PROPIETARIO TRANSPORTE</i>						
<i>AYUDANTE DE TRANSPORTE</i>						
<b>CARGADO DE CAÑA</b>			CAÑA CRUDA <input type="checkbox"/> CAÑA QUEMADA <input type="checkbox"/> PROGRAMADA <input type="checkbox"/> NO PROGRAMADA <input type="checkbox"/>			
CONCEPTO	CODIGO	NOMBRE				
<i>CODIGO CARGADORA</i>						
<i>OPERADOR DE LA CARGADORA</i>						
<b>RESPONSABLE</b>						
OBSERVACIONES:			CODIGO	NOMBRE		



***ANEXO 9.***

***ESTADOS***

***FINANCIEROS.***



## INGENIO LA MAGDALENA, S.A.

**BALANCE GENERAL AL 31 DE DICIEMBRE DE 2003**

(Expresado en dólares us)

ACTIVO		PASIVO	
<b>CIRCULANTE</b>	<b>4,102,442.88</b>	<b>CIRCULANTE</b>	<b>4,101,181.88</b>
Caja	1,485.71	Cuentas por pagar	1,478,287.47
Bancos	21,883.88	Documentos por pagar	2,018,081.87
Otros depósitos y valores	42,864.22	Acreedores varios	588,597.38
Cuentas por cobrar	647,504.21	Impuestos por pagar	40,245.17
Documentos por cobrar	218,300.87		
Estimación para cuentas	-34,178.33		
Inventarios	3,187,443.58		
Pedidos en tránsito	17,249.22		
<b>FIJO</b>	<b>4,719,788.37</b>	<b>FIJO</b>	<b>2,380,833.50</b>
Bienes Inmuebles	401,041.79	Préstamos a largo plazo	2,380,833.50
Maq. y Eq. de producción	8,085,862.74		
Equipo de transporte	128,516.22		
Equipo agrícola	434,008.87	<b>OTROS PASIVOS</b>	<b>178,878.28</b>
Otros Eq. e Instalaciones	328,801.97	Provisión para Obligaciones Laborales	25,875.26
Mob. y Eq. de oficina	182,289.79	Productos no Devengados	150,000.00
Depreciación acumulada	-4,812,053.01		
<b>OTROS ACTIVOS</b>	<b>2,466,180.88</b>	<b>PATRIMONIO</b>	
Gastos pagados por anticipo	81,934.44	<b>CAPITAL</b>	<b>4,618,661.88</b>
Impuesto al valor agregado	539,444.52	Capital social	4,051,622.88
Gastos transitorios	261,797.03	Reserva legal	267,032.88
Inversiones	58,057.44	Utilidades acumuladas	124,907.77
Gastos por liquidar	1,516,917.25	Utilidad del Ejercicio	178,088.07
<b>TOTAL DE ACTIVO</b>	<b>11,277,382.01</b>	<b>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</b>	<b>11,277,382.01</b>

TOTAL DE ACTIVO

11,277,382.01

TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO

11,277,382.01

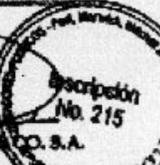
Lic. NESTOR ULICHS PALMA  
REPRESENTANTE LEGAL



Ing. NELSON AGÜSTO ARANA  
POR GERENCIA GENERAL



Licda. ALEJDA OCHOA DE BARRAL  
CONTADOR GENERAL



Este estado financiero ha sido preparado para propósitos locales en cumplimiento de disposiciones legales y las cifras arriba mostradas están conforme con los registros auxiliares de la Compañía.



# INGENIO LA MAGDALENA, S.A.

**ESTADO DE RESULTADOS DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2003**  
(Expresado en dólares us)

<b>PRODUCTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>11,163,982.93</b>
<b>VENTAS NACIONALES</b>		
AZUCAR BLANCA	6,851,114.89	6,859,273.34
MELAZA	208,158.65	
<b>VENTAS AL EXTERIOR</b>		<b>3,289,508.34</b>
<b>AZUCAR CRUDA</b>	<b>2,700,951.50</b>	
MELAZA	588,556.84	
<b>OTROS INGRESOS</b>		<b>1,035,201.25</b>
<b>MENOS</b>		
<b>COSTO DE VENTAS</b>		<b>8,623,748.43</b>
AZUCAR BLANCA NACIONAL	4,053,638.22	
AZUCAR CRUDA	4,421,782.25	
COMBUSTIBLE	148,330.96	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>2,580,233.90</b>
<b>GASTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>2,284,166.43</b>
<b>GASTOS DE ADMINISTRACION</b>	255,888.58	
<b>GASTOS DE VENTAS</b>	482,100.15	
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>	694,946.98	
<b>OTROS GASTOS</b>	598,888.43	
<b>GASTOS DE EXPORTACION</b>	482,564.29	
<b>UTILIDAD DE OPERACIÓN</b>		<b>178,068.87</b>
<b>MENOS</b>		
<b>RESERVA LEGAL</b>		<b>12,278.64</b>
<b>UTILIDAD DESPUES DE RESERVA Y ANTES DE IMPUESTO</b>		<b>163,790.83</b>
<b>MENOS</b>		
<b>IMPUESTO SOBRE LA RENTA</b>		<b>38,718.11</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>125,073.82</b>

**Lic. NESTOR ULICIS PALMA**  
REPRESENTANTE LEGAL



**Licda. ALEYDA OCHOA DE HEREDIA**  
CONTADOR GENERAL



**Lic. NELSON AUGUSTO ARANA**  
GERENTE GENERAL



**PEARSON MARKWICK MITCHELL & CO**  
Este documento fue preparado en cumplimiento de disposiciones legales y las cifras arriba mostradas están conforme con los registros auxiliares.



# ***ANEXO 10.***

## ***INFORME FINAL DE PRODUCCIÓN ZAFRA 2003/04.***



CONSEJO SALVADOREÑO DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA  
CONSAA

INFORME FINAL DE PRODUCCION  
ZAFRA 2003 - 2004

AL: 19 DE ABRIL 2004

CENTRAL AZUCARERA O INGENIO	TOTAL CAÑA MOIDA (T.C.)	CAÑA QUEMADA NO PROGRAMADA (T.C.)	AZÚCAR PRODUCIDA (QQ.)			RDTO. FISICO MEDIO (LBS./T.C.)	RDTO. FISICO ANT. (LBS./T.C.)	MELAJA PRODUCIDA (GIS)	MELAJA RDTO. FISICO MEDIO (GIS/T.C.)	% TIEMPO PERDIDO	FECHA INICIO ZAFRA	FECHA FIN ZAFRA	DIAS DE ZAFRA	% DE PART.
			CRUDA	BLANCA	TOTAL									
IZAICO	1,308,792.77	182,399.00	1,831,477.55	1,279,586.80	3,111,064.35	237.70	237.89	10,168,349.91	7.76	3.18	17/11/03	28/03/04	133	27.04
EL ANGEL	842,543.71	124,124.00	1,133,566.70	825,691.00	1,959,257.70	232.54	232.65	6,557,816.00	7.78	5.62	25/11/03	31/03/04	128	17.03
CHAPARRASTIQUE	668,522.74	34,538.00	784,567.20	642,037.00	1,426,604.20	213.40	213.62	4,827,033.00	7.22	9.62	20/11/03	23/03/04	125	12.40
LA CABAÑA	679,907.65	68,206.00	885,196.32	600,698.00	1,485,894.32	218.54	218.19	5,276,921.00	7.76	8.34	25/11/03	30/03/04	127	12.92
INJIBOA	540,845.60	99,260.00	719,539.00	473,065.00	1,192,604.00	220.51	221.84	4,599,754.00	8.50	14.05	27/11/03	12/04/04	138	10.37
SAN FRANCISCO	463,335.00	86,458.75	553,559.00	410,451.00	964,010.00	208.06	207.15	4,123,683.00	8.90	11.16	25/11/03	19/04/04	147	8.38
CHAMMICO	343,425.05	97,555.00	407,668.00	255,559.00	663,227.00	193.12	193.14	2,556,109.90	7.44	15.84	25/11/03	03/04/04	131	5.77
LA MAGDALENA	310,598.46	31,404.00	396,875.00	304,075.00	700,950.00	225.68	224.74	2,424,000.00	7.80	9.04	02/12/03	08/03/04	98	6.09
TOTAL	5,157,970.97	723,944.75	6,712,448.77	4,791,162.80	11,503,611.57	223.03	222.95	40,533,666.81	7.86					100.00

Fuente: Elaboración propia con base en informes de fábrica de los ingenios



# ***ANEXO 11.***

# ***FORMATOS PARA TOMA DE TIEMPOS.***



**ANEXO 11.1 FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS PARA  
TRASLADO DE VEHÍCULO.**

FECHA:		HORA DE INICIO:		HORA DE FINALIZACIÓN:	
DESTINO:					
TIPO DE VEHÍCULO DE TRANSPORTE:					
CÓDIGO DEL VEHÍCULO:					
Fecha de quema del cañal:		Hora de la quema:			
Fecha de roza del cañal:		Hora de finalización de la roza:			
ACTIVIDADES:	HORA:	OBSERVACIONES:			
Hora de salida del ingenio					
Hora de llegada al cañal					
Hora de inicio de cargado					
Hora que terminó el cargado					
Hora de partida al ingenio					
Hora de llegada al ingenio					
Pregunta al transportista:					
¿Cuánto tiempo se tardó en entrar a descargar al ingenio en su último viaje?					

**ANEXO 11.2 SECUENCIA Y TIEMPO DE TRASLADO DEL VEHÍCULO DENTRO DEL INGENIO.**

TIPO DE MEDIO TRANSPORTE	ACTIVIDAD	ENTRADA DE VEHÍCULO AL INGENIO	PARA VEHÍCULO EN BÁSCULA	TRASLADO DE VEHÍCULO HACIA CORE SAMPLER	VEHÍCULO SE DETIENE EN PRUEBA DE CALIDAD	TRASLADO HACIA ZONA DE DESCARGA	VEHÍCULO ESPERA SU TURNO HASTA SER ATENDIDO	TRASLADO HACIA PATIO 3	INICIO DE DESCARGA	FINALIZACIÓN DE DESCARGA	TRASLADO HACIA BÁSCULA	INICIO DE TARA	FIN DE TARA
		HORA	TIEMPO	HORA	TIEMPO	HORA	TIEMPO	HORA	TIEMPO	HORA	TIEMPO	HORA	TIEMPO



# ***ANEXO 12.***

## ***CURSOGRAMA ANALÍTICO. TIEMPOS ACTUALES.***



ANEXO No. 12.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO										
Ubicación:					RESUMEN					
Actividad:					Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro		
Fecha:					Operación	2				
Analistas:					Transporte	7				
Operador:					Demora	4				
Marque el metodo y tipo apropiados					Inspección	2				
Método:		ACTUAL		PROPUESTO			Almacenaje	0		
Tipo:		OBRERO	MATERIAL	MAQUINA			Tiempo			
COMENTARIOS:					Distancia					
					Costo					
EVENTO	○	→	□	D	▽	◉	Tiempo (Minutos)	Distancia (Metros)	OBSERVACIONES	
Traslado de vehiculo hacia cañal		●					--		Ver tabla No.3.5	
Espera de vehiculo a ser cargado				●			140			
Cargado	●						--		Ver tabla No. 3.5	
Demora de vehiculo cargado en cañal				●			10			
Traslado de vehiculo hacia ingenio		●					-		Ver tabla No. 3.7	
Espera para ingresar al ingenio				●			3600			
Ingreso al ingenio y traslado a báscula		●					0,97			
Pesado del vehiculo con carga				●			1,07			
Traslado hacia area de muestreo		●					0,78			
Toma de muestra de caña				●			0,92			
Traslado hacia area de descarga		●					1,3			
Espera a ser descargado				●			22,85			
Traslado a patio 3		●					0,73			
Descarga de caña en molienda	●						-		Ver tabla No.3.6	
traslado de vehiculo hacia báscula		●					2,4			
Tara				●			2,37			

ANEXO No. 12.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO										
Ubicación:					RESUMEN					
Actividad:					Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro		
Fecha:					Operación	3				
Analistas:					Transporte	7				
Operador:					Demora	4				
Marque el metodo y tipo apropiados					Inspección	2				
Método:		ACTUAL		PROPUESTO			Almacenaje	0		
Tipo:		OBRERO	MATERIAL	MAQUINA			Tiempo			
COMENTARIOS:					Distancia					
					Costo					
EVENTO							Tiempo (Minutos)	Distancia (Metros)	OBSERVACIONES	
Muestra Pre-zafra	●						—		Esta operación se realiza en coordinación con el laboratorio de calidad.	
Caña en espera a ser quemada				●			—		Esta actividad se realiza en combinación con los cañeros	
Hacer Brechas	●						150			
Quema	●						360			
Caña en espera a ser rozada				●			240			
Rozar Caña	●						180			
Caña en espera a ser cargada				●			270			



***ANEXO 13.***

***DISEÑO DE***

***ENTREVISTA.***



## ENTREVISTA

### **OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO Y TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO LA MAGDALENA, S.A.**

#### **A. CARGADORAS.**

- 1) *Número de cargadoras propias, prestadas o alquiladas que poseen.*
- 2) *¿Cómo calculan el número de cargadoras que van a necesitar durante una zafra?*
- 3) *¿Cuáles son las restricciones de uso de estas cargadoras referente a la zona en que deben mantenerse trabajando?*
- 4) *¿Cómo calculan el costo de traslado de una cargadora?*
- 5) *¿Cuál es el costo de uso de una cargadora?*
- 6) *¿Cuál es el horario de trabajo de una cargadora?*
- 7) *¿Cuánto tiempo trabaja diariamente?*
- 8) *¿Cuánto tiempo estuvieron fuera de uso durante la zafra?*
- 9) *¿Se posee un estimado del porcentaje de fallas mecánicas de una cargadora y de ser así de cuánto es?*

#### **B. CAÑA DE AZÚCAR. CRITERIOS DE CULTIVO Y COSECHA.**

- 1) *¿Cuál es el procedimiento que siguen para decidir la sub-zona a la cual se irá a quemar, rozar y cargar la caña en los transportes? No considerar las quemas no programadas.*
- 2) *¿Cómo determinan la cantidad de caña de cada variedad por cultivar?*
- 3) *¿Como determinan a. cual sub-zona cultivarlas?*
- 4) *¿Cuanta Cantidad de caña fue cultivada en la zafra 2003/04 para cada sub-zona?*
- 5) *¿Cuanta Cantidad de caña corta y larga fue recibida en la zafra 2003/04?*
- 6) *¿Cuál fue la Cantidad total de caña recibida durante las últimas cinco zafras?*

#### **C. VEHÍCULOS AUTOMOTORES PARA TRASLADO DE CAÑA DE AZÚCAR.**

- 1) *¿Cuál es el horario en que mantienen a los vehículos automotores trasladando caña? ¿Cuánto es el tiempo aproximado?*
- 2) *¿Cuál es el procedimiento que siguen para determinar diariamente los tipos de vehículos que se van a utilizar para trasladar la caña?*
- 3) *¿Tiene determinada la cantidad de caña (inventario) diaria fuera del ingenio? ¿Cómo la determinan? ¿La tienen bajo control?*
- 4) *¿Cuánta Cantidad de viajes fueron efectuados por cada tipo de vehículo*



*a las diferentes sub-zonas para la zafra 2003/04?*

- 5) *¿Cuánto tiempo estuvieron fuera de uso los vehículos automotores?*
- 6) *¿Se posee un estimado del porcentaje de fallas mecánicas de los vehículos automotores?*
- 7) *¿Se posee un estimado del porcentaje de ausentismo de los vehículos automotores?*

#### **D. MOLIENDA**

- 1) *¿Cuál es la capacidad instalada del ingenio con respecto a la molienda de caña de azúcar?*
- 2) *¿Cuál es la capacidad instalada de cada mesa transportadora (comúnmente llamada mesa alimentadora) de caña?*  
PICADA: \_\_\_\_\_ LARGA: \_\_\_\_\_
- 3) *Según especificaciones técnicas de las grúas, ¿cuál es el peso máximo recomendado para su operación?*  
GRÚA DE TORRE: \_\_\_\_\_ GRÚA MÓVIL: \_\_\_\_\_



***ANEXO 14.***

***EJEMPLO DE***

***COMBINATORIO***

***PARA PRIMER DÍA***

***DE ZAFRA.***

### Anexo 14. Ejemplo de combinatorio para primer día de zafra.

Se tiene que para una zafra determinada se utilizarán 3 cargadoras para recolectar caña de azúcar de 4 subzonas. Al incorporar estos valores a la fórmula del total de combinaciones se obtiene:

$$TOTAL DE COMBINACIONES = \# \text{ filas}^{\# \text{ columnas}} = 4^3 = 64 \text{ combinaciones}$$

Cabe resaltar que de las 64 combinaciones se pueden asignar varias cargadoras a la misma subzona; caso contrario ocurre en lo referente a que una cargadora no puede ser asignada a más de una subzona ya que implicaría que este vehículo en un mismo tiempo ocupe dos o más espacios.

A continuación se ilustran todas estas asignaciones, cumpliendo con el requisito antes mencionado; además, puede apreciarse que se cubren todas las combinaciones posibles sin dejar ninguna fuera del análisis.

		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1	1	1
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4			
Asignación de filas = 1,1,1				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1	1	
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4			1
Asignación de filas = 1,1,4				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2		1	
	SZ3			1
	SZ4			
Asignación de filas = 1,2,3				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2		1	
	SZ3			1
	SZ4			
Asignación de filas = 1,2,4				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2		1	
	SZ3			1
	SZ4			1
Asignación de filas = 1,3,1				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2			1
	SZ3		1	
	SZ4			1
Asignación de filas = 1,3,2				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2			1
	SZ3		1	
	SZ4			
Asignación de filas = 1,3,3				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2			1
	SZ3		1	1
	SZ4			
Asignación de filas = 1,3,4				
<th colspan="3">CARGADORAS</th>		CARGADORAS		
<th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th>		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2			1
	SZ3		1	
	SZ4			1
Asignación de filas = 1,3,4				

		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		1
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4		1	
Asignación de filas = 1,4,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1	1		
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4		1	1
Asignación de filas = 1,4,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	1
	SZ2	1		
	SZ3			
	SZ4			
Asignación de filas = 2,1,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2	1	1	
	SZ3			
	SZ4			1
Asignación de filas = 2,1,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	
	SZ2	1		
	SZ3			1
	SZ4			
Asignación de filas = 2,1,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1	1	1
	SZ3			
	SZ4			
Asignación de filas = 2,2,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2	1		
	SZ3		1	
	SZ4			
Asignación de filas = 2,3,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1	1	
	SZ3			1
	SZ4			
Asignación de filas = 2,2,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1	1	
	SZ3			1
	SZ4			
Asignación de filas = 2,2,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1		
	SZ3		1	1
	SZ4			
Asignación de filas = 2,3,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1		
	SZ3		1	
	SZ4			1
Asignación de filas = 2,3,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2	1		
	SZ3			
	SZ4		1	
Asignación de filas = 2,4,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1		
	SZ3		1	
	SZ4			1
Asignación de filas = 2,3,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2	1		
	SZ3			1
	SZ4		1	
Asignación de filas = 2,4,2				



		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	1
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,1,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4	1		1
Asignación de filas = 4,1,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2		1	
	SZ3			1
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,2,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			1
	SZ3		1	
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,3,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2			
	SZ3		1	
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,4,1				

		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	
	SZ2			1
	SZ3			
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,1,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2		1	
	SZ3			
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,2,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4	1		1
Asignación de filas = 4,2,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2		1	
	SZ3			
	SZ4	1		1
Asignación de filas = 4,3,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			
	SZ3		1	1
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,3,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			1
	SZ3			
	SZ4	1	1	
Asignación de filas = 4,4,2				

		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1		1	
	SZ2			
	SZ3			1
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,1,3				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2		1	1
	SZ3			
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,2,2				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			1
	SZ2			
	SZ3		1	
	SZ4	1		
Asignación de filas = 4,3,1				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			
	SZ3		1	
	SZ4	1		1
Asignación de filas = 4,3,4				
		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			
	SZ3			1
	SZ4	1	1	
Asignación de filas = 4,4,3				

		CARGADORAS		
		C1	C2	C3
SUBZONAS (SZ)	SZ1			
	SZ2			
	SZ3			
	SZ4	1	1	1
Asignación de filas = 4,4,4				



# ***ANEXO 15.***

## ***CURSOGRAMA ANALÍTICO. TIEMPOS PROPUESTOS.***



DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO									
Ubicación:						RESUMEN			
Actividad:						Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro
Fecha:						Operación	2	2	0
Analistas:						Transporte	7	6	1
Operador:						Demora	4	1	3
Marque el metodo y tipo apropiados						Inspección	2	2	0
Método:		ACTUAL		PROPUESTO		Almacenaje			
Tipo:		OBrero	MATERIAL	MAQUINA		Tiempo			
COMENTARIOS:						Distancia			
						Costo			
EVENTO	○	→	□	◐	▽	⊗	Tiempo (Minutos)	Distancia (Metros)	OBSERVACIONES
Traslado de vehiculo hacia cañal		●					--		Ver tabla No.3.5
Cargado		●					--		Ver tabla No. 3.5
Traslado de vehiculo hacia ingenio		●					-		Ver tabla No, 3.7
Espera para ingresar al ingenio				●			388,8		
Ingreso al ingenio y traslado a báscula				●			0.97		
Pesado del vehiculo con carga				●			1.07		
Traslado hacia area de muestreo				●			0.78		
Toma de muestra de caña				●			0.92		
Traslado hacia area de descarga				●			1.3		
Descarga de caña en molienda		●					-		Ver tabla No.3.6
traslado de vehiculo hacia báscula				●			2.4		
Tara				●			2.37		



***ANEXO 16.***

***HISTÓRICO DE  
VIAJES REALIZADOS  
EN ZAFRA 2003/04.***



SUBZONA	VIAJES REALIZADOS		
	CAÑA LARGA		CAÑA CORTA
	RASTRAS 5-6 EJES	CAMIONES 2-3 EJES	CAMIONES 2 EJES
La Magdalena	1345	1364	698
San Nicolás	47	23	1523
El Coco	0	1	1627
San Sebastián	16	45	2567
Galeano	0	20	741
<b>Subtotal zona 1</b>	<b>1408</b>	<b>1453</b>	<b>7156</b>
El Porvenir	1490	429	73
Candelaria	54	5	0
Santa Ana	161	29	17
<b>Subtotal zona 2</b>	<b>1705</b>	<b>463</b>	<b>90</b>
Ahuachapán	295	276	54
El Refugio	191	181	577
Atiquizaya	119	58	540
<b>Subtotal zona 3</b>	<b>605</b>	<b>515</b>	<b>1171</b>
Sonsonate N.	341	3	0
Chanmico	578	77	0
<b>Subtotal zona 4</b>	<b>919</b>	<b>80</b>	<b>0</b>
Comalapa	1257	2	3
Sn. Luis H.	189	1	0
Santiago N.	331	2	0
<b>Subtotal zona 5</b>	<b>1777</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6414</b>	<b>2516</b>	<b>8420</b>



***ANEXO 17.***

***FORMATO DE***

***CONTROL DE COSTOS***

***PARA CARGADORAS.***



<b>FECHA:</b>				<b>SUBZONA:</b>	
<b>CODIGO DE LA CARGADORA:</b>					
<b>NOMBRE DEL OPERADOR:</b>					
HORA DE INICIO DE LA FALLA	DIAGNOSTICO	TIPO DE REPARACIÓN	TOTAL DE HORAS DE REPARACIÓN	TOTAL DE HORAS FUERA DE USO	COSTO POR REPARACIÓN (\$)
<b>TOTAL DE COSTOS POR REPARACIÓN</b>					