

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA  
CARRERA DE AGRONOMIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a staff, surrounded by various heraldic symbols including a crown, a lion, and a cross. The shield is set against a background of a blue sky and green hills. The Latin motto "CETERA SUB BIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE LA  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*), EN EL INGENIO PALO GORDO,  
SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.  
(*Sistematización de experiencia laboral*)**

SERGIO ESTUARDO CAMAS MARTINEZ

Quetzaltenango, octubre del 2,016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA  
CARRERA DE AGRONOMIA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE LA  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*), EN EL INGENIO PALO GORDO,  
SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.  
(Sistematización de experiencia laboral)**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Presentado a las Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de  
Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR:

**SERGIO ESTUARDO CAMAS MARTÍNEZ**

Previo a conferírsele el título de:

**INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

En el grado académico de:

**LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS**

Quetzaltenango, octubre de 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.**

**AUTORIDADES**

Rector Magnífico:  
Secretario General:

Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo.  
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas.

**CONSEJO DIRECTIVO**

Directora General del CUNOC:  
Secretario Administrativo:

MSc. María del Rosario Paz C.  
MSc. Silvia del Carmen Recinos.

**REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES**

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.  
Ing. Edelman Monzón

**REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES**

Br. Luis Ángel Estrada García.  
Br. Julia Hernández de Domínguez.

**REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS**

Lic. Vilma Tatiana Cabrera Alvarado

**DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL**

**PRESIDENTE**

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

**EXAMINADORES**

Lic. MSc. Eduardo Vital  
Inga. Agra. MSc. Floridalma Jacobs

**SECRETARIO**

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación “. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y Artículo 19 de la ley Orgánica de La Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango octubre de 2016

**HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO  
HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISI3N DE CIENCIA Y TECNOLOGIA  
HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACI3N Y JURAMENTACI3N**

De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento General de Evaluaci3n y promoci3n del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del normativo de Evaluaci3n y promoci3n del Estudiante del Centro Universitario de Occidente: tengo el honor de someter a vuestra consideraci3n el trabajo de graduaci3n titulado:

**EVALUACI3N DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE LA  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*), EN EL INGENIO PALO GORDO,  
SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.  
(Sistematizaci3n de experiencia laboral)**

Presentado como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Agr3nomo en Sistemas de Producci3n Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Sergio Estuardo Camas Martínez

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Oficio 02/DICYT/2016

Quetzaltenango, 10 de octubre de 2016.

Lic. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

Director de la División de Ciencia y Tecnología

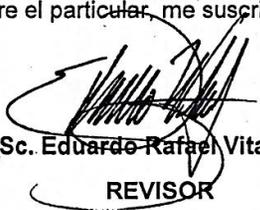
Presente.

Lic. Méndez:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que, en atención al nombramiento para revisar el trabajo de Sistematización con fines de graduación del estudiante **SERGIO ESTUARDO CAMAS MARTÍNEZ**, Carnet No. 9630225, he concluido con dicha revisión.

Con respecto a este trabajo, denominado: "EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), EN EL INGENIO PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ" (Sistematización de experiencia laboral me permito indicar que constituye un importante aporte para la industria del azúcar en nuestro país y el ponente ha cumplido con los objetivos propuestos y con los requisitos de este tipo de trabajo, por lo que emito **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites, pertinentes previos a su graduación como Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado de Licenciado.

Sin otro asunto sobre el particular, me suscribo atentamente.

  
Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta

REVISOR





Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Centro Universitario de Occidente.  
División de Ciencia y Tecnología.  
Carrera de Ingeniero Agrónomo  
en Sistemas de Producción Agrícola.



Quetzaltenango, 28 de Septiembre de 2,016.

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.  
Director de División de Ciencia y Tecnología  
Centro Universitario de Occidente CUNOC  
Edificio.

Apreciado Señor Director.

Atentamente me dirijo a Usted, para informarle que a la fecha he finalizado la **ASESORÍA** del trabajo de **SISTEMATIZACION DE EXPERIENCIA LABORAL** del estudiante **SERGIO ESTUARDO CAMAS MARTINEZ**.

Titulado:

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL  
CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*),  
EN EL INGENIO PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ,  
SUCHITEPÉQUEZ.**

Al respecto, me permito manifestarle que dicha sistematización de experiencia laboral, es un valioso aporte para el sector agroexportador del país y cumple con los requerimientos de investigación establecidos por esta nuestra casa de estudios la Tricentenario Universidad de San Carlos de Guatemala y la Carrera de Agronomía, por lo que **RECOMIENDO SU PUBLICACIÓN**.

Sin otro particular.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Ing. Agr. MSc. Juan Alfredo Bolaños González

**ASESOR**

Registro de Personal 20030763

Colegiado Activo 2,777

Juan A. Bolaños González  
INGENIERO AGRÓNOMO  
Colegiado No. 2,777

Calle Rodolfo Robles 29-99 zona 1. Quetzaltenango, Guatemala. C.A.



*Centro Universitario de Occidente  
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** \_\_\_\_\_  
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 019-AGR-2016 de fecha \_\_\_\_\_ veinticuatro de octubre del año dos mil dieciséis del (la) estudiante: SERGIO ESTUARDO CAMAS MARTÍNEZ con Carné No 9630225 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA \_\_\_\_\_, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum), EN EL INGENIO PALO GORDO, SAN ANTONIO SUCHITPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.”

Quetzaltenango, 25 de octubre de 2016.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez  
Director de División de Ciencia y Tecnología

## ACTO QUE DEDICO

**A DIOS.** Todo poderoso por todas las bendiciones recibidas. Porque su misericordia e infinito amor han hecho posible este y todos los demás logros obtenidos en mi vida.

**A MIS PADRES.** Julio Bonifilio Camas (Don Bony) y Gloria de Camas (Doña Loly)  
Por ser un ejemplo de vida, por su lucha incansable para hacerme una persona de bien, por todos sus esfuerzos, consejos y enseñanzas. No me alcanzan las palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí y quiero decirles que sus oraciones, desvelos y esfuerzos no fueron en vano y que valieron la pena, sirva este triunfo para recompensar en pequeña parte su incondicional amor.

**A MI ESPOSA.** Melissa Ivonne Barrios Bonilla. Por tu apoyo e incondicional amor, todo esto es gracias a tu confianza y dedicación. Lo logramos, este triunfo es de los dos. Gracias por ser parte de mi vida y dejarme ser parte de la tuya.

**A MIS HIJOS.** Sergio Andres Camas Mendez y Luis Emilio Camas Barrios. Por ser el motor que me anima todos los días a ser un mejor ser humano y un excelente profesional.

**A MIS HERMANOS.** Susana Camas, Julio Camas (Q.E.P.D), Leonel Camas y Gloria Luz Camas. Por ser los mejores hermanos del mundo y por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida.

**A MIS SOBRINOS.** Pamela, Maria Fernanda, Valeria, Julio Leonel, Mónica, Sara Marcela, Jose Ángel, Aldo, Alessia y Alessandra. Por su amor y cariño.

**A MIS TIOS/TIAS.** Tío Oscar, Tía Aracely (Q.E.P.D), Tía Tulia, Tía Chiqui, Tía Lilo, Tía Caro, Tía Marta, Tía Elcira (Q.E.P.D) y Tía Mirna. Por su cariño y por demostrarme el verdadero significado de la familia.

**A MIS PRIMOS.** Por todos y cada uno de los momentos que vivimos juntos.

**A MIS AMIGOS.** Byron de Paz, Marvin Ochoa, Adolfo Rodriguez, Andrea Coutiño, Victor Hugo Tejeda, Amilcar Cerin y Manuel Guillen por esos momentos inolvidables que hemos compartido.

**A MIS PROFESORES Y CATEDRATICOS.** Porque con cada una de sus enseñanzas han logrado que pueda ser un profesional. Con especial cariño al Ing. Agr. MSc. Juan Bolaños por impulsarme a no darme por vencido, al Lic. Q.F. Aroldo Roberto Mendez e Ing. Agr. MSc. Hector Alvarado por apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A COLEGIO DE LA SALLE Y CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.** Centros forjadores de mi vida profesional.

A INTECAP lugar en donde inicie mi formación laboral y me preparo para desarrollarme en mi vida profesional.

A mi actual empresa Ingenio Palo Gordo, lugar que ha forjado disciplina, dedicación y pasión por el trabajo que realizo.

A mi revisor Lic. Eduardo Vital por el apoyo proporcionado.

A los Ingenieros Agrónomos Saúl Campos Roca y Eugenio Torres por confiar en mí y permitirme la primera oportunidad laboral.

A los Ingenieros Mirna Montes, Israel Mauricio, Floridalma Jacobs, Julio Lopez Valdez, Luis Sánchez e Imer Vinicio Vásquez por su apoyo en la culminación de mi proceso profesional.

A todos mis compañeros de trabajo, por sus enseñanzas y apoyo proporcionado.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera han influido positivamente en mi formación profesional.

# Índice

RESUMEN .....	2
SUMMARY .....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS .....	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3. MARCO TEORICO .....	7
3.1 Cultivo de la caña de azúcar .....	7
3.2 Descripción botánica.....	7
3.3 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar (Flores, 1,976) .....	7
3.4 Fenología del cultivo de la caña de azúcar.....	8
3.5 Cosecha de la caña de azúcar.....	9
3.6 Planeación de la cosecha.....	10
3.7 Plan de zafra.....	11
3.8 Programación de la cosecha.....	11
3.9 Sistemas de cosecha.....	12
4 METODOLOGIA .....	16
4.1 Descripción del área.....	16
4.2 Recursos .....	17
4.3. Metodología de la investigación.....	18
4.3.1 Fuentes de información.....	18
4.3.2 Instrumentos.....	19
4.4 Factores a evaluar .....	19
4.5 Etapa de gabinete .....	20
5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
5.1. Marco referencial.....	21
5.1.1 Estructura organizacional área agrícola Ingenio Palo Gordo.....	23
5.1.2 Cosecha de la caña de azúcar.....	24
5.1.3. Características y limitaciones de la cosecha de la caña de azúcar.....	24
5.2 Procedimientos técnicos y operativos de la cosecha de caña de azúcar.....	26

5.2.1 Etapa 1: Planeación de la cosecha. ....	26
5.2.2 Ejecución de la cosecha. ....	38
5.2.3 Monitoreo de la cosecha. ....	44
5.3. Sistemas de cosecha de caña de azúcar en ingenio Palo Gordo.....	55
5.3.1 Sistema de cosecha “A GRANEL” .....	56
5.3.2 Sistema de cosecha mecanizada.....	62
5.3.3 Sistema de cosecha “TRAMERO”. ....	69
5.3.4 Sistema de cosecha “MALETERO” .....	72
5.4. Análisis comparativo de resultados de los parámetros de calidad, eficiencia y de los costos por tonelada cosechada de los 4 sistemas de cosecha implementados en el Ingenio Palo Gordo en las últimas 5 zafas.....	75
5.4.1 Toneladas cosechadas y porcentajes de participación de los sistemas de cosecha. ....	75
5.4.2 Eficiencia de cortadores cosecha manual expresada en toneladas cortadas hombre día (THD). ....	76
5.4.3 Eficiencia de la maquinaria en función del consumo de combustible (galones/tonelada).....	77
5.4.4 Eficiencia de los equipos de transporte (toneladas por jaula).....	78
5.4.5 Porcentaje de materia extraña vegetal en la caña (trash <i>vegetal</i> ). ....	79
5.4.6 Porcentaje de materia extraña mineral en la caña ( <i>trash mineral</i> ). ....	80
5.4.7 Horas de permanencia de la caña entre la cosecha y la entrega a fábrica.....	81
5.4.8 Porcentaje de caña dejada en campo por efecto de la cosecha. ....	82
5.4.9 Contenido de sacarosa al ingreso al ingenio (rendimiento <i>core-sampler</i> ).....	82
5.4.10 Evaluación económica de los 4 sistemas de cosecha en función del costo por tonelada cosechada .....	83
6 CONCLUSIONES.....	85
7 RECOMENDACIONES.....	87
8 BIBLIOGRAFIA .....	88
9 ANEXOS.....	90
Anexo 1.Mapa de ubicación de fincas del Ingenio Palo Gordo .....	90
Anexo 2 Localización de puntos para el muestreo de pre cosecha .....	91
Anexo 3 Tabla de dirección de vientos para quema de cañales.....	92
Anexo 4 Fotografías preparación y ejecución de la quema de cañaverales .....	93
Anexo 5 Fotografías corte manual en verde y quemado de la caña de azúcar.....	94
Anexo 6 Fotografías del alce mecánico sistema granel y alce mecánico sistema mecanizado .....	95

Anexo 7 Fotografías del transporte de la caña de azúcar con 2 y 4 jaulas .....	96
Anexo 8 Fotografía Materia extraña vegetal .....	97
Anexo 9 Fotografías alzadoras con y sin apilador de trineo .....	97
Anexo 10 Fotografía Corte a granel con chorra discontinua en finca con alta presencia de piedra) ....	98
Anexo 11 Fotografía del alce de la caña cortada con sistema mecanizado .....	99
Anexo 12 Fotografías sistema de cosecha tramero .....	99
Anexo 13 Fotografías sistema de cosecha maletero.....	100
Anexo 14 Fotografías aéreas planta industrial y cogeneración.....	102
Anexo 15 Fotografías de sobrevuelos para verificar la madurez de las fincas.....	103
Anexo 16 Condiciones desfavorables para la cosecha mecanizada .....	104

## Índice de Figuras

<b>FIGURA 1</b> MAPA DE UBICACIÓN INGENIO PALO GORDO. ....	16
<b>FIGURA 2</b> GRAFICO COMPARATIVO PROMEDIO DE MOLIENDA DIARIA EN TONELADAS POR INGENIO. ZAFRA 2015-2016.....	22
<b>FIGURA 3</b> GRÁFICO COMPARATIVO RENDIMIENTO ENVASADO POR INGENIO ZAFRA 2015-2016.....	22
<b>FIGURA 4</b> NIVELES DE RESPONSABILIDAD ÁREA AGRÍCOLA INGENIO PALO GORDO. ....	23
<b>FIGURA 5</b> NIVELES DE RESPONSABILIDAD DE LA COORDINACIÓN DE CAT DEL INGENIO PALO GORDO .....	23
<b>FIGURA 6</b> COMPARATIVO DURACIÓN DE PERÍODO DE ZAFRA EN INGENIO PALO GORDO EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS. ....	25
<b>FIGURA 7</b> PROGRAMACIÓN GENERAL DE LA COSECHA PARA LA ZAFRA 2016-2017. ....	27
<b>FIGURA 8</b> PLANIFICACIÓN DE CUOTAS POR FRENTE. ....	28
<b>FIGURA 9</b> REQUERIMIENTO DE CORTADORES POR FRENTE.....	29
<b>FIGURA 10</b> REQUERIMIENTO DE PERSONAL PARA CORTE Y ALCE. ....	29
<b>FIGURA 11</b> PROGRAMA DE COSECHA GENERAL POR FRENTE. ....	32
<b>FIGURA 12</b> PLAN DE COSECHA SEMANAL. ....	33
<b>FIGURA 13</b> REPORTE DE RESULTADOS DE MUESTREOS DE PRE-COSECHA. ....	35
<b>FIGURA 14</b> PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA COLABORADORES DE COSECHA. ....	37
<b>FIGURA 15</b> GRÁFICO DE PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LA COSECHA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN. ....	38
<b>FIGURA 16</b> FORMATO DE ASIGNACIÓN DE CUOTAS.....	40
<b>FIGURA 17</b> GRÁFICO COMPARATIVO MENSUAL POR FRENTE DE EFICIENCIA (TON-HORA) DE ALZADORAS.....	47
<b>FIGURA 18</b> GRÁFICO COMPARATIVO MENSUAL POR FRENTE DE EFICIENCIA (TON-HORA) DE ALZADORAS.....	48
<b>FIGURA 19</b> METODOLOGÍA DE ALCE PARA SISTEMA DE COSECHA GRANEL.....	49
<b>FIGURA 20</b> TIEMPO PERDIDO POR FALTA DE CAÑA, ÚLTIMAS 5 ZAFRAS .....	55
<b>FIGURA 21</b> GRÁFICO COMPARATIVO DE LA TENDENCIA PORCENTUAL DE LA COSECHA GRANEL EN QUEMADO VERSUS GRANEL EN VERDE EN LAS ÚLTIMAS 5 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO. ....	59
<b>FIGURA 22</b> GRÁFICO COMPARATIVO DE LA TENDENCIA PORCENTUAL DE LA COSECHA GRANEL VERSUS MECANIZADO EN LAS ÚLTIMAS 5 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO. ....	64
<b>FIGURA 23</b> HISTÓRICO DE TONELADAS COSECHADAS CON SISTEMA MECANIZADO EN LAS ÚLTIMAS 5 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO. .	65
<b>FIGURA 24</b> ESQUEMA DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE COSECHA MECANIZADO INTEGRAL .....	67
<b>FIGURA 25</b> HISTÓRICO DE TONELADAS COSECHADAS CON SISTEMA TRAMERO EN LAS ÚLTIMAS 8 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO .....	69
<b>FIGURA 26</b> HISTÓRICO DE TONELADAS COSECHADAS CON SISTEMA MALETERO EN LAS ÚLTIMAS 8 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO .....	72
<b>FIGURA 27</b> GRÁFICO COMPARATIVO DE LA TENDENCIA PORCENTUAL DE LOS 4 SISTEMAS DE COSECHA UTILIZADOS EN LAS ÚLTIMAS 5 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO. ....	75

## Índice de Cuadros

<b>CUADRO 1</b> MATRIZ DE INSTRUMENTOS PARA DESARROLLO DE SISTEMATIZACIÓN.....	19
<b>CUADRO 2</b> COMPARATIVO DE METAS DE LA OPERACIÓN DE LA COSECHA DE LAS ULTIMAS 5 ZAFRAS. ....	45
<b>CUADRO 3</b> APORTE DE LOS PROCESOS AGRICOLAS EN LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA.....	51
<b>CUADRO 4</b> COMPONENTES DE LA MATERIA EXTRAÑA .....	51
<b>CUADRO 5</b> REPORTE DE HORAS QUEMA POR FRENTE .....	52
<b>CUADRO 6</b> ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA GRANEL CHORRA CONTINUA VERSUS SISTEMA GRANEL CHORRA DISCONTINUA.....	58
<b>CUADRO 7</b> ANALISIS COMPARATIVO DE LA COSECHA GRANEL EN QUEMADO VERSUS LA COSECHA GRANEL EN VERDE .....	58
<b>CUADRO 8</b> GUIA PARA LA CLASIFICACION DE CAMPOS EN FUNCION DE LA COSECHA MECANIZADA.....	63
<b>CUADRO 9</b> CARACTERIZACION EN HECTAREAS DE FINCAS DEL INGENIO PALO GORDO EN FUNCION DE LA COSECHA MECANIZADA.....	64
<b>CUADRO 10</b> HISTORICO DE TONELADAS COSECHADAS POR SISTEMA DURANTE LAS ULTIMAS 5 ZAFRAS EN INGENIO PALO GORDO.....	75
<b>CUADRO 11</b> ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DE CORTADORES (THD) EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA .....	76
<b>CUADRO 12</b> EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GALONES/TONELDA) DE LA MAQUINARIA DEL ALCE.....	77
<b>CUADRO 13</b> COMPARATIVO DE LAS TONELADAS TRANSPORTADAS POR EQUIPO DE 42 PIES EN COSECHA GRANEL Y MECANIZADO .....	78
<b>CUADRO 14</b> RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE CONTENIDO DE MATERIA EXTRAÑA VEGETAL PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA.....	79
<b>CUADRO 15</b> RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE CONTENIDO DE MATERIA EXTRAÑA MINERAL PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA.....	80
<b>CUADRO 16</b> RESULTADOS DE LAS HORAS DE PERMANENCIA PROMEDIO DE LA CAÑA ENTRE LA COSECHA Y LA MOLIENDA PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA .....	81
<b>CUADRO 17</b> RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES PROMEDIO DE LA CAÑA DEJADA EN CAMPO POR EFECTO DE LA COSECHA .....	82
<b>CUADRO 18</b> RESULTADOS DEL CONTENIDO DE SACAROSA AL INGRESO DE LA CAÑA EN CORE-SAMPLER .....	83
<b>CUADRO 19</b> RESUMEN COMPARATIVO DE LOS COSTOS PROMEDIO POR TONELADA COSECHADA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COSECHA.....	83

## RESUMEN

### **Evaluación de diferentes sistemas de cosecha en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en el Ingenio Palo Gordo, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez. (Sistematización de experiencia laboral)**

El presente trabajo de sistematización de experiencia laboral se realizó en el Ingenio Palo Gordo ubicado en el Municipio de San Antonio Suchitepéquez, departamento de Suchitepéquez. Este se desarrolló para evaluar y comparar los diferentes sistemas de cosecha utilizados en el ingenio con el objetivo de determinar y recomendar el sistema de cosecha más eficiente en función de las variables económicas y de calidad de la materia prima. Para lograr el cumplimiento de los objetivos de la sistematización fue necesario hacer una descripción de cada uno de los procesos y etapas que intervienen en la labor de la cosecha, también se hizo una descripción detallada de los diferentes indicadores de gestión que determinan la calidad de la cosecha de la caña de azúcar, así como un comparativo desde el punto de vista económico, operativo, ambiental y de calidad de los 4 sistemas de cosecha utilizados durante las últimas 5 zafas. La información obtenida a lo largo de 5 zafas sirvió de herramienta principal para poder realizar los comparativos y las descripciones de cada una de los procesos que intervienen en la cosecha de la caña de azúcar. La importancia de esta sistematización se sustenta en que la labor de la cosecha de la caña de azúcar es una de las etapas más importantes en el ciclo del cultivo teniendo una participación del 25 % de los costos de producción del cultivo, por ello la importancia de determinar el sistema de cosecha más eficiente y económico para el Ingenio Palo Gordo.

De acuerdo a los análisis y comparativos realizados en los 4 sistemas de cosecha la sistematización sugiere que el SISTEMA DE COSECHA MECANIZADO EN VERDE es operativa, ambiental y económicamente la mejor opción para la cosecha de caña de azúcar del Ingenio Palo Gordo, lo cual implicaría un fuerte trabajo de adecuación del 60% de sus áreas productivas y una sustitución del 18% de sus áreas actuales por no poder desarrollarse este tipo de cosecha en esas condiciones.

## **SUMMARY**

### **Evaluation of different cropping systems in the sugar cane cultivation (*Saccharum officinarum*), in the Palo Gordo mill, San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez. (Systematization of work experience)**

This work experience systematization took place in the Palo Gordo mill located in San Antonio Suchitepéquez municipality, Suchitepéquez city. This was developed to evaluate and compare different harvesting systems used in that mill in order to determine and recommend the most efficient harvesting system based on economic variables and raw material quality. To achieve the compliance of the systematization objectives was necessary to make a description of each of the processes and stages involved in the harvest work, a detailed description of the different management indicators that determine the quality of sugar cane harvest, as well as a comparison from the economic, operational, environmentally and the 4 harvesting systems quality used during the 5 last harvests. The information obtained over those 5 harvests served as the main tool to perform the comparative and the descriptions of each of the processes involved in sugar cane harvest. The importance of this systematization is based on the work of sugar cane harvest one of the most important stages in the crop cycle having 25% of the costs of crop production, hence the importance of determine the harvesting system more efficient and economical for the Palo Gordo mill.

According to the analysis and comparison made in the 4 harvesting systems systematization it suggests that HARVESTING SYSTEM MACHINING IN GREEN is operational, environmental and economically the best option for the sugar cane harvest in the Palo Gordo mill, which would imply hard work of adequacy of the 60% of their productive areas and a replacement of the 18% of its current areas for not being able to develop this type of crop in such conditions.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar, en la actualidad es uno de los cultivos más importantes en la economía de nuestro país Guatemala, ya que además de generar divisas, es una fuente de mano de obra para muchas familias, generando alrededor de 70,000 empleos directos y 375,000 empleos indirectos. (ASAZGUA, 2015). Constituyéndose en la actualidad como el segundo generador de divisas para el país por exportaciones con US\$ 850.9 millones (Banguat, 2015), representando el 7.9 % del PIB del país.

Actualmente la agroindustria azucarera guatemalteca se sitúa como la quinta potencia exportadora de azúcar a nivel mundial y el segundo lugar a nivel mundial en productividad (ASAZGUA, 2015), lo que significa que es una industria en constante desarrollo, investigación e innovación de sus procesos productivos.

Las prácticas agrícolas desarrolladas e implementadas en los 12 ingenios de Guatemala, son el resultado de años de investigación y el esfuerzo de muchos técnicos azucareros, esto con el objetivo de cada año ser más eficientes, competitivos, rentables, y con ello transformarse y adaptarse a los precios del mercado y otros factores que afectan la rentabilidad del proceso. La mayoría de prácticas en los últimos 10 años se han enfocado a ser eficientes y más rentables, esto debido a que en los últimos 5 años los precios del azúcar en el mercado internacional han variado.

Dentro de estas prácticas agrícolas se encuentra la cosecha del cultivo de la caña de azúcar, denominada comúnmente CAT (corte, alce y transporte de caña de azúcar). La cosecha es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar. Su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuno y en cantidad suficiente a la fábrica, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (especialmente de hojas, puntas y tierra) y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos.

Durante los últimos 5 periodos de zafra, ha venido evaluando diferentes sistemas de cosecha con el objetivo de determinar cuál es el sistema más rentable y que reporte los mejores resultados en los parámetros de calidad establecidos, de acuerdo a las características particulares (topografía, tipo de suelo, rutas, variedades, condiciones climáticas, mano de obra, etc.); Ingenio Palo Gordo, es la empresa en la que se ha desarrollado la presente investigación, sabiendo la importancia que tiene en este sistema de la agroindustria los procesos de la cosecha y su repercusión en los costos de producción y la alta incidencia que tiene esta, en la calidad de la materia prima obtenida.

Actualmente el Ingenio Palo Gordo efectúa una cosecha anual de 1,784,000 toneladas de caña, las cuales son cosechadas con 4 sistemas; cada uno de los cuales de acuerdo a su estructura, tienen sus particularidades logísticas, operativas, mano de obra, maquinaria, índices de gestión, costos y resultados. Debido a estas características mencionadas, la sistematización de mi experiencia laboral y la evaluación de resultados durante 5 años; en el presente documento se permite recomendar el sistema de cosecha más eficiente y rentable de acuerdo a las características particulares de dicho ingenio.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar los diferentes sistemas de cosecha del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), implementados en el Ingenio Palo Gordo.

### 2.2 Objetivos específicos

- Describir cada una de las etapas que involucran la cosecha de caña de azúcar.
- Describir las características particulares de cada sistema de cosecha implementado en Ingenio Palo Gordo.
- Comparar los diferentes sistemas de cosecha implementados en Ingenio Palo Gordo.
- Determinar el sistema de cosecha que reporte los mejores índices de calidad.
- Identificar el sistema de cosecha más económico en función de la variable costo por tonelada para la operación del Ingenio Palo Gordo.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 Cultivo de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea perenne y gigante, que se caracteriza por la capacidad de captación de energía durante la etapa de desarrollo gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, la sacarosa es sintetizada por la caña con la cual forma carbohidratos y los transforma en azúcares. (Galdámez, 1982).

Buenaventura (1986), determinó que la caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y catalizado en el ingenio forma los gránulos de azúcar.

#### 3.2 Descripción botánica

Subiros (1995), indica que la caña de azúcar se ubica dentro del género *Saccharum*, el cual está constituido por seis especies, cuatro domesticadas (*S. officinarum*, *S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensis*) y dos silvestres (*S. spontaneum*, *S. robustum*).

#### 3.3 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar (Flores, 1,976)

Reino.....Planteae  
División.....Magnoliophyta  
Clase.....Liliopsida  
Subclase.....Commelinidae  
Orden.....Poales  
Familia.....Poaceae  
Subfamilia.....Panicoideae  
Tribu.....Andropogoneae  
Género.....*Saccharum*  
Especie.....*officinarum* (4).

### **3.4 Fenología del cultivo de la caña de azúcar.**

Según Ellis y Lakford (1991), el crecimiento de la caña de azúcar está dividido en tres fases: Germinación o macollamiento, elongación o rápido crecimiento de los tallos y maduración. La fase de crecimiento comprende desde el momento en que da inicio la germinación, hasta el despegue de la tasa de crecimiento, lo cual sucede entre dos o tres meses de edad, aunque si las condiciones de humedad son adversas pudieran llegarse a prolongar. Para la fase de elongación consideran que da inicio entre dos y tres meses y puede llegar hasta los nueve o diez meses, lo cual dependerá del régimen de lluvia y de la variedad y para la fase de maduración inicia aproximadamente a los nueve o diez meses de edad, para que se obtenga una buena maduración, la humedad debe bajar a un 73-75% en la parte superior de la planta.

#### **a.) Período de germinación.**

La velocidad en la germinación y desarrollo de la yema se reduce a temperaturas del suelo inferiores a 18°C y cuando ésta es menor de 6°C, el desarrollo prácticamente cesa. Estas condiciones en un suelo con un alto contenido de humedad (70-80% de su capacidad de campo) favorece el deterioro de la yema por el ataque de patógenos específicos existentes en el suelo o en la propia semilla. (Sánchez, 1992).

La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de la caña se encuentra comprendida entre 18° y 32°C, siempre y cuando la capacidad de humedad de campo no sea menor de 40 al 50%. Lo anterior favorece la germinación de la yema y el establecimiento del sistema radicular permanente de la cepa o rizoma de la caña. (Sánchez, 1992).

#### **b.) Período de crecimiento.**

Dentro del ciclo vegetativo de la caña, el crecimiento representa un aumento en su masa, aun cuando éste se manifieste inicialmente en forma de un desarrollo lento o imperfecto en las zonas de temporal, por carencia de humedad en el suelo. (Sánchez, 1992).

#### **c.) Período de desarrollo.**

El término corresponde a una serie de transformaciones de tipo morfológico y fisiológico que ocurren en la planta y marcan con una solución de continuidad, la evolución que la caña sufre a partir de la germinación hasta que alcanza su maduración completa. El clima y los factores que intervienen tales como temperatura, luminosidad, insolación, humedad relativa y capacidad de campo del suelo cultivado, determinan el desarrollo y producción de la cosecha: (germinación, cierre del surco, sazonado y formación de tonelaje; sazonado maduración). (Sánchez, 1992).

#### **d.) Período crítico.**

El período o períodos críticos en la caña se presentan como intervalos durante su ciclo vegetativo, respecto a la influencia que ejerce la acción de ciertos factores del medio en su desarrollo. Sus efectos pueden ser positivos o negativos en relación con el rendimiento unitario de caña de azúcar. Las altas y bajas temperaturas así como la sequía, ocasionan generalmente períodos críticos decrecientes en el crecimiento de la planta. (Sánchez, 1992).

#### **e.) Período de maduración.**

La maduración de la caña de azúcar se define como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta. Clements (citado por Humbert, 1970) describe este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados. Esta última etapa depende de factores nutricionales y ambientales. Varios investigadores (citados por Humbert, 1970) sostienen que si el agua y el nitrógeno son abundantes, la planta no madura. Estos investigadores encontraron que la fertilización con altas dosis de nitrógeno es la causa principal de las bajas acumulaciones de sacarosa en la caña, aunque este nutrimento puede incrementar la capacidad potencial de almacenamiento de una determinada variedad. Según investigaciones se ha encontrado que la absorción excesiva de potasio influye en el ciclo biológico de la planta, ocasionando el adelanto de la maduración y un aumento de sacarosa, en comparación con un cultivo que crece en condiciones normales. (Dávila, Torres y Echeverri, 1995).

### **3.5 Cosecha de la caña de azúcar.**

En Guatemala la cosecha de caña se desarrolla en un período de 6 meses que es denominado zafra, esto a diferencia de otras Regiones como Colombia, Perú y Hawai que al ubicarse en diferentes latitudes pueden cosechar sin mayores variaciones climáticas a lo largo de todo el año (Giraldo, 1995). El objetivo principal de la labor es proporcionar a las áreas de producción el servicio de corte, alce y transporte de caña con la finalidad de cumplir con el plan de productividad para el área de campo, mismo que incluye fechas de corte de acuerdo a conceptos agronómicos, a la vez cumplir con un suministro constante y oportuno para el área de fábrica.

Quizás la explicación más coherente para la cosecha de la caña de azúcar en ingenios azucareros es la dada por (Cárdenas, 1986). La cosecha constituye una de las labores más importantes. Esta operación requiere de una adecuada organización, con el fin de llevar al ingenio la cantidad de caña necesaria para cumplir con los presupuestos anuales de molienda y producción, en la forma más oportuna y con la mejor calidad, para obtener los beneficios esperados.

Lo evidente en el caso de los ingenios azucareros, la principal función de la cosecha es la reducción de desperdicios de la materia prima, sumada a cumplir con el oportuno momento de corte para alcanzar los mayores beneficios posibles, esto no puede ser posible sin una adecuada planeación que incluya a todos los actores y procesos que participan en la producción de caña.

Normalmente se define a los sistemas de cosecha como manuales y mecanizados, sin embargo en Guatemala se ha hecho una combinación de prácticas que han dado origen a una clasificación más amplia. El tipo de combinación CAT empleado (corte, alce y transporte) ha dependido más que otra cosa de las necesidades de abastecimiento que se han mostrado crecientes durante los últimos años, a las condiciones de topografía y presencia de piedras o materiales extraños sobre la superficie del terreno, sin embargo es evidente que la calidad de la caña enviada a la fábrica depende mayormente del tipo de corte empleado y en segundo lugar del tipo de alce.

En el caso del transporte no tiene mayor incidencia en la calidad final (a menos que se sobrepasen los tiempos requeridos, que pueden alterarla con la aparición de hongos y/o fermentaciones), pero constituye el costo más alto de la cosecha por lo que es esencial que sea eficiente para tener costos bajos. (García, 2008).

### **3.6 Planeación de la cosecha**

Solares (2012) indica que la planeación de la cosecha es una actividad importante como estrategia para el cumplimiento de las metas productivas, debido a que como se mencionó anteriormente agrupa los conceptos de las áreas técnicas, producción y logística as en busca de un balance de todos los aspectos priorizándolos. Dicho de otra manera debe originar el plan de cosecha conteniendo todos los recursos a utilizar y ser una herramienta de agricultura de precisión.

La planeación básica de la cosecha debe estar en función de las expectativas estratégicas de producción contempladas en períodos a mediano plazo, debido a que esto rige hacia donde se quiere llevar el diseño y distribución varietal de las áreas en función de obtener la “ finca ideal “ en función de producción y por consiguiente aprovechamiento de recursos.

En muchos casos un aspecto primordial y que dificulta la planeación de la cosecha, es la presencia de proveedores, con los cuales debe ejecutarse una gestión muy cercana para contar con datos reales ya que ellos responden a planes distintos a los nuestros, proceso que debe ir haciendo ajustes en relación a los cambios en los paquetes tecnológicos pero atendiendo a pasos metódicos por ejecutar:

### **3.7 Plan de zafra.**

Solares (2012) indique que el plan de zafra no es más que actualizar la información base a áreas, variedades, edades y distribución administrativa de lotes y/o fincas que se incluirán en la zafra. Estimar la caña que se destinara a zafra a partir de una evaluación de campo y estadística que preferiblemente incluya los pronósticos climáticos. Obtener pronósticos de lluvias para el último trimestre del año.

Obtener retroalimentación del cumplimiento del plan de reparaciones y modificaciones de fábrica previa a la zafra, estos dos últimos puntos puede determinar la probable fecha de inicio de zafra, capacidad de molienda estimada de fábrica y elaborar el calendario de molienda tomando en cuenta paradas por limpieza, tiempo perdido por reparaciones y probables feriados.

### **3.8 Programación de la cosecha**

Para que la cosecha sea eficiente desde que se comienza a planear el corte es necesario contar con información adicional:

- Estrato altitudinal.
- Variedades a cosechar por tercio de zafra.
- Clasificación de los lotes en función de la cosecha.
- Número de cortes por lote.
- Distancia a la fábrica.
- Aspectos logísticos como accesos y rutas.
- Presencia de tendidos eléctricos.
- Clasificación de los lotes en función al tipo de cosecha.
- Presencia de piedras.
- Disponibilidad y tipo de riego.
- Tipo de suelo.
- Tipo de maduración de cada variedad.
- Determinar la capacidad de molienda diaria de la fábrica.

Solares, (2012) reporta que los puntos mencionados ayudan a determinar la mejor distribución geográfica de los frentes de cosecha a lo largo de la zafra y que muchos de los ajustes en los programas se originan por las quemas no programadas o quemas accidentales que se dan dentro del periodo de zafra.

La edad de corte está dada por la variedad, el clima, la rapidez de maduración, el manejo de la planeación y las necesidades de la molienda. Las cañas socas se cosechan a una edad más temprana que las cañas plantías. Tanto las características de manejo como las zonas geográficas inciden en la edad de corte.

### **3.9 Sistemas de cosecha.**

Como se mencionó con anterioridad en Guatemala se acostumbra a hacer una clasificación de sistemas de cosecha en función de la mezcla de prácticas y combinaciones (García, 2008). Cabe resaltar que también se puede incluir dentro de estas combinaciones la presencia o no de quema previa al corte, aunque salvo restricciones de cercanía a carreteras o a la presencia de tendidos eléctricos es normal que se programe quemar previo a la cosecha. Sin embargo podemos clasificar la cosecha por su combinación de corte, alce y transporte en:

#### **a.) Sistema tramero.**

Es el primer sistema utilizado en Guatemala, actualmente se utiliza en aquellas aéreas que tienen restricciones de accesos, en terrenos con topografía irregular. Consiste en utilizar cuadrillas de trabajo que realizan el corte y el alce manualmente empleando para el transporte vehículos tipo camión de capacidad de 10 a 15 toneladas dividida la plataforma de carga en tramos de marcos de madera, siendo su uso cada día en menor escala debido a normativas a cumplir (Solares, 2012).

#### **b.) Sistema granel.**

El corte a granel o chorra continua siendo el más común en la industria azucarera, utiliza el machete tipo australiano y en cañales 100% quemados, su uso ha sido generalizado en todos los ingenios del país. El sistema de corte con este machete es con 5 y 6 surcos por cortador. Cada hombre tiene una eficiencia que va de 5-6 toneladas métricas por día (aunque en la Corporación Pantaleón hay registro de personas que han llegado a cosechar hasta 7 toneladas por día). Las características de este machete son: tiene un ángulo de 135° grados con respecto al cabo y un ancho a la hoja de 15.5 centímetros, lo cual le permite al cortador realizar el corte con menos esfuerzo y cortar 2-4 tallos por tajo. (Solares 2012)

Las ventajas que ofrece el machete australiano sobre otros machetes:

- Mejor descepa de la caña por la forma del machete que permite realizar el corte más a ras del suelo.
- Por ser un machete más pesado, se puede cortar varios tallos de un solo golpe.
- Menores índices de accidentes, ya que el área de exposición del machete es mucho menor.
- El corte con el machete australiano permite, por su forma, una menor inclinación del cuerpo.

Para el alce de la caña se requiere de alzadoras mecánicas las cuales cargan la caña directamente del ras del suelo a las jaulas las cuales son jaladas por tractores que luego se acoplan a los camiones para su transporte a la fábrica (Duarte, 2006).

#### **c) Sistema maletero.**

El corte maleteado consiste en la utilización de machete tradicional colocando la caña sobre cadenas para formar maletas las cuales se amarran cuando estas tienen un volumen adecuado las cuales son cargadas a camiones mediante tractores modificados para operar como grúas (Duarte, 2006).

#### **d) Sistema mecanizado.**

Sistema en el cual se realiza toda la labor totalmente mecanizada con máquinas cosechadoras que cortan, trocean, limpian y alzan la caña depositándola en vagones o carretones de alta capacidad de carga; utilizándose el método en cañales quemados o en cañales en verde.

Se inició en Guatemala en el año 1993; actualmente representa solamente el 20% del total del área cultivada pues se presentan una serie de limitaciones como topografía irregular de los terrenos, pantos o lotes no adecuados, presencia de quíneles y alta presencia de materia extraña (Trash) trasladada a la fábrica.

Solares (2012), reporta que la cosecha en verde mecanizada ha sido una práctica de muy buena aceptación debido a los beneficios que esta aporta en reducir pérdidas de agua, mejorar la

fertilidad de los suelos, reducir la población de malezas, eliminación de los efectos de la quema e incremento de rendimiento de azúcar.

*d.1) Sistema mecanizado en quemado.*

Las variantes que principalmente pueden hacerse en la cosecha mecanizada son la presencia o no de la quema previa al corte, en Guatemala lo normal es el corte en quemado debido a que las eficiencias de corte son teóricamente más altas que las de corte en verde por la disminución de biomasa (García, 2008).

*d.2) Sistema mecanizado en verde.*

La cosecha mecanizada en verde no es más que la ejecución de la cosecha de manera mecanizada en ausencia de la tradicional quema. Existe al menos un estudio documentado sobre cosecha mecanizada verde realizado por Del Cid (2006) que abarcó el desarrollo de este tipo de cosecha sobre un área de 190 hectáreas pero no cuenta con análisis de fábrica.

En condiciones lluviosas el residuo dejado en el campo por la cosecha verde mecanizada produce condiciones de exceso de humedad que pueden derivar en la presencia de problemas fitosanitarios que inciden en la germinación de las cepas no obstante en suelos permeables y cepas aporcadas por encima del nivel del suelo estos problemas no se presentan. (Cock, 1995).

Dinardo (2002) reporta un aumento en la población de chinche salivosa (*Aenolamia postica*) para cañales cosechados en verde con cosecha mecanizada en Sao Paulo Brasil.

La cosecha de caña verde mecanizada ha sido una práctica de buena aceptación a nivel de zonas semi-áridas (Churchward y Poulsen, 1988) debido a los beneficios resultantes de una cobertura de residuos vegetales que reducen las pérdidas de agua por evaporación, mejoran la penetración de la lluvia al suelo, reducen los riesgos de erosión, mejoran la fertilidad de los suelos, reducen la población de malezas y en general se siguen alternativas de labranza mínima que resultan en menores costos de producción de caña (Torres y Villegas, 1997).

Cock (1995) reporta que el efecto de la caña sobre los rendimientos de azúcar es difícil de cuantificar no obstante en Brasil, Australia y Colombia se considera que puede ser de 0.5 puntos porcentuales, además el tiempo transcurrido entre la quema y entrega a fábrica produce pérdidas que alcanzan hasta un 0.4% por cada hora transcurrida después de la quema y finalmente menciona que observó que el promedio de rendimiento corregido para materia extraña de un lote cosechado en verde contra quemado fue entre 0.5 y 1 % superior, sugiriendo que el aumento en el rendimiento se debió a la caña fresca por la no presencia de quema.

La reducción del daño físico en la cosecha mecanizada es viable con el cumplimiento del mantenimiento de cuchillas de discos base, troceadoras y la reducción de la velocidad de operación al cosechar mecanizadamente en verde (Canegrowers, 2006). Son aspectos a considerar y no desventajas los puntos teóricamente negativos producto de la cosecha verde mecanizada (Ripoli, 2002), dentro de los que están:

- El incremento en la cantidad de trash vegetal
- Incremento de infestación de chinche salivosa
- El costo más alto por tonelada cosechada (mayor mantenimiento)
- Precisa de un mejor conocimiento de los factores limitantes de cosechabilidad

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Descripción del área.

#### a.) Localización geográfica.

Según el Instituto Nacional Geográfico, (1981), el Ingenio Palo Gordo se encuentra ubicado en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, departamento de Suchitepéquez en el kilómetro 142.5 ruta al pacífico, en las coordenadas 91°29'13' latitud norte y 14°29'13' longitud este, cuenta con una precipitación pluvial de 3,000 milímetros promedio anual, temperatura mínima de 27°C y una máxima de 30 °C, una humedad relativa de 85% y a una altura de 252 metros sobre el nivel del mar, con una topografía que va de plana a ondulada, la época más calurosa es de noviembre a marzo. . Ver Anexo 1 (Mapa de ubicación de fincas del Ingenio Palo Gordo)

**Figura 1** Mapa de ubicación Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (Mapa.google.com.gt 2016)

## **b.) Descripción agro-ecológica.**

Las condiciones meteorológicas, registradas en el Ingenio Palo Gordo, son:

- Clima: **Cálido.**
- Precipitación pluvial: **3000 mm anual.**
- Temperatura: **Máxima promedio anual 30°C**  
**Mínima promedio anual 27°C**
- Altura: **252 metros sobre el nivel del mar.**
- Topografía: **Plana a ondulada.**
- Época más calurosa: **Noviembre a Abril.**
- Inicio época lluviosa: **Mayo.**

## **4.2 Recursos**

- Manuales del sistema de documentación del Ingenio Palo Gordo.
- Estadísticas de la Coordinación de Cosecha del Ingenio Palo Gordo.
- Memoria de labores.
- Informes de resultados.
- Programas de capacitación.
- Programas de cosecha.
- Programas de evaluación de índices de gestión de la cosecha.

### **4.3. Metodología de la investigación**

De acuerdo a los objetivos planteados la sistematización se desarrolló, utilizando el método descriptivo, método comparativo y método analítico, utilizando como base e instrumento principal revisiones bibliográficas, análisis de resultados de la operación de la cosecha en las últimas 5 zafas y las experiencias de los involucrados en el proceso de corte, alce y transporte del Ingenio Palo Gordo.

#### **4.3.1 Fuentes de información.**

Consultas bibliográficas:

1. Revisión de informes.
2. Revisión de manuales técnicos.
3. Revisión de investigaciones afines.
4. Consultas electrónicas.

Consultas a instituciones:

1. Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar –CENGICAÑA-
2. Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala –ATAGUA-
3. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-
4. Comité de Cosecha-CENGICAÑA-

Consulta a especialistas:

1. Superintendentes de cosecha de la agroindustria azucarera.
2. Coordinadores de cosecha de la agroindustria azucarera.
3. Encargado de laboratorio de caña.
4. Jefes de frente.

### 4.3.2 Instrumentos.

Para poder alcanzar los objetivos trazados se utilizaron diferentes métodos y técnicas, las cuales se describen a continuación:

**Cuadro 1** Matriz de instrumentos para desarrollo de sistematización.

Objetivo	Método	Técnica	Resultado Esperado
Describir cada una de las etapas que involucran la cosecha de caña de azúcar.	Descriptivo	Revisión bibliográfica Revisión de manuales internos de operación Entrevistas a especialistas Consultas electrónicas	Entender cada una de las etapas y procesos para poder desarrollar la labor de la cosecha
Describir las características particulares de cada sistema de cosecha implementado en ingenio Palo Gordo	Descriptivo	Revisión bibliográfica Revisión de manuales internos de operación Entrevistas a especialistas Consultas electrónicas	Caracterizar y conocer cada uno de los sistemas de cosecha de acuerdo a sus características particulares en función de sus recursos y resultados.
Comparar los diferentes sistemas de cosecha implementados en Ingenio Palo Gordo.	Comparativo	Revisión de resultados operativos Revisión bibliográfica Entrevistas a especialistas Visitas de campo Visitas a instituciones	Establecer las diferencias específicas de cada sistema de cosecha
Determinar el sistema de cosecha que reporte los mejores índices de calidad.	Analítico	Revisión de resultados operativos Revisión bibliográfica Revisión de memoria de labores Entrevistas a especialistas Visitas a campo y fabrica	Recomendar el sistema de cosecha que sea mas eficiente en cuanto a indicadores de calidad

Fuente: (El autor 2016)

### 4.4 Factores a evaluar

a. Características de los procesos de corte, alce y transporte de los diferentes sistemas de cosecha utilizados en los últimos 5 años en el Ingenio Palo Gordo

b. Índices de gestión (parámetros de calidad) de los sistemas de cosecha del Ingenio Palo Gordo.

c. Comparativo de costos por tonelada cosechada de los diferentes sistemas de cosecha del Ingenio Palo Gordo.

#### **4.5 Etapa de gabinete**

Recopilación de información a nivel de oficina, toda la información relacionada a la planificación, ejecución, monitoreo y evaluación de la cosecha, políticas, mapas, procedimientos, análisis de laboratorio, formatos para el cumplimiento programas, manuales y otros documentos relacionados a la cosecha de caña de azúcar en el Ingenio Palo Gordo.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

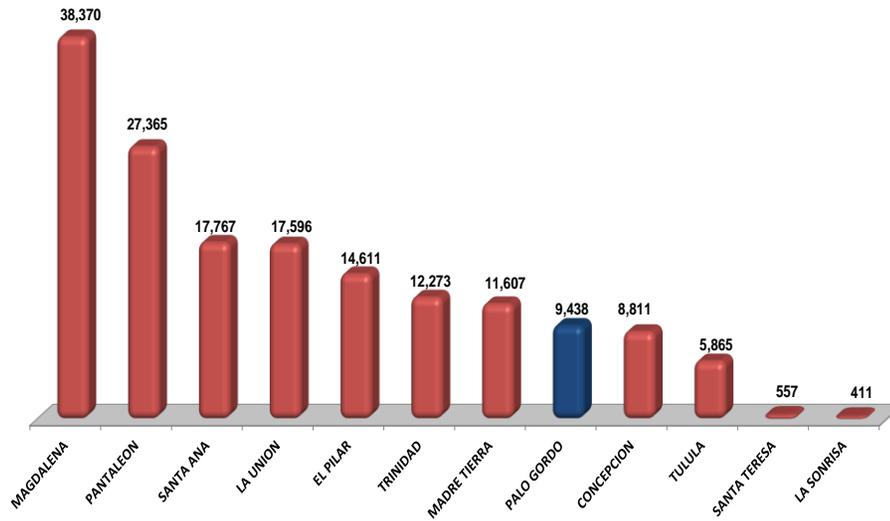
El presente trabajo tiene como finalidad documentar las experiencias relacionadas con los diferentes sistemas de cosecha implementados en el Ingenio Palo Gordo durante 5 años, así como establecer su viabilidad operativa y económica en las diferentes etapas del proceso. El trabajo consistió principalmente en analizar el proceso de corte, alce y transporte de caña de azúcar en los diferentes sistemas.

### 5.1. Marco referencial.

El Ingenio Palo Gordo es una empresa agroindustrial fundada hace más de 50 años por varios agricultores del área de San Antonio Suchitepéquez. En sus inicios su principal labor productiva era el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con fines de transformación en azúcar comercial. Actualmente por los cambios que han sufrido los mercados en calidad y precios, Ingenio Palo Gordo ha tenido que diversificar su producción, teniendo como líneas de producción; el azúcar, alcohol, melaza y energía eléctrica. Ver Anexo 14 (Fotografías de planta industrial y planta de cogeneración)

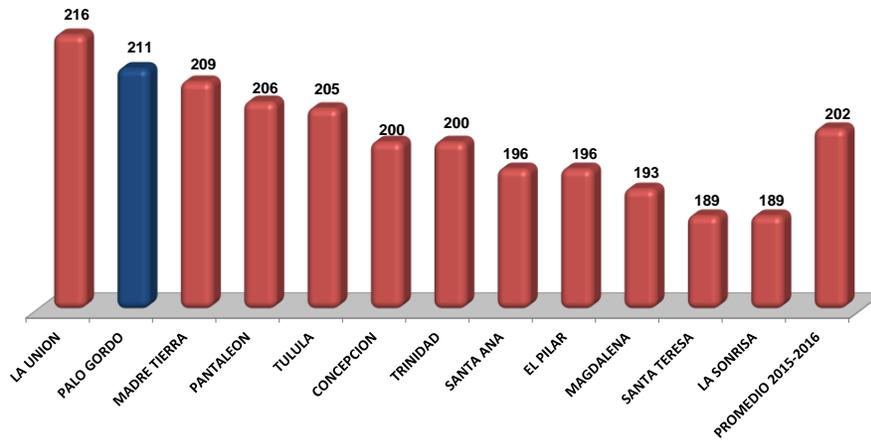
Esta diversificación ha hecho que las diferentes áreas que conforman el ingenio sean cada día más eficientes y rentables para que la empresa sea sostenible en el tiempo. Actualmente el Ingenio Palo Gordo es miembro activo de Asazgua (Asociación de Azucareros de Guatemala) y de Cengicaña (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Guatemala) ocupando el octavo lugar a nivel nacional en producción de azúcar y capacidad de molienda (Asazgua 2,015) y el segundo lugar en producción de azúcar por tonelada envasada. Estos datos demuestran el crecimiento que ha tenido el ingenio a lo largo de su historia es producto de la diversificación y el compromiso de sus colaboradores.

**Figura 2** Grafico Comparativo promedio de molienda diaria en toneladas por ingenio. Zafra 2015-2016.



Fuente: (Asazgua 2015)

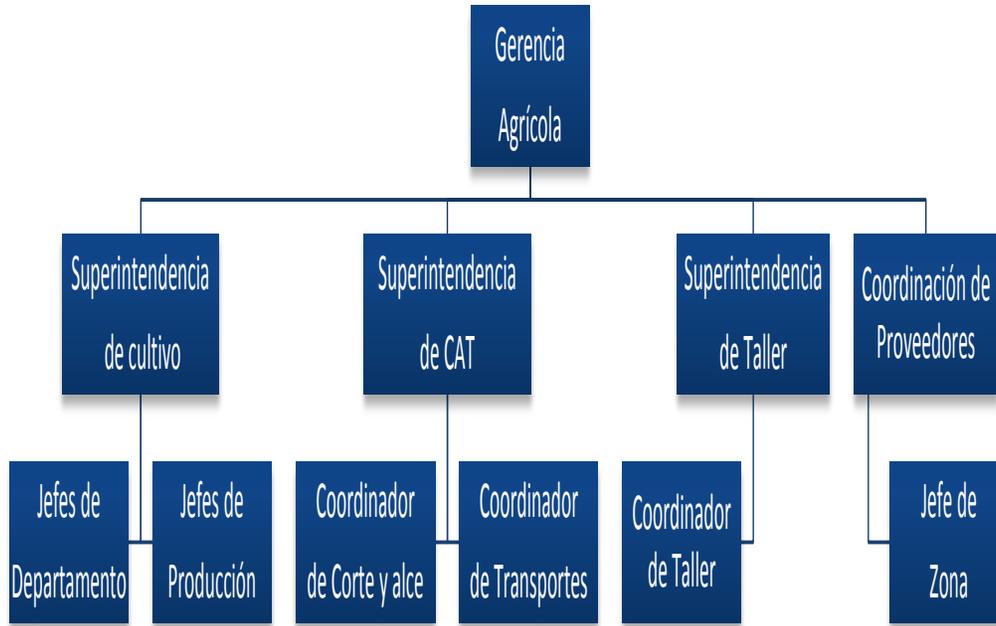
**Figura 3** Gráfico comparativo rendimiento envasado por ingenio zafra 2015-2016.



Fuente: (Asazgua 2015)

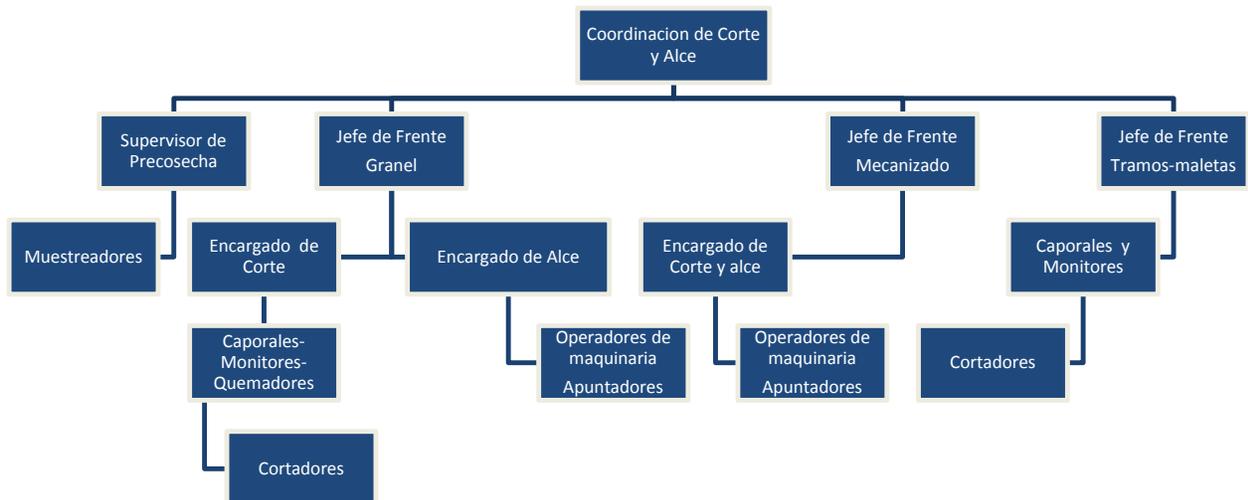
### 5.1.1 Estructura organizacional área agrícola Ingenio Palo Gordo.

**Figura 4** Niveles de responsabilidad área agrícola Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (Investigación de Campo 2016)

**Figura 5** Niveles de responsabilidad de la Coordinación de CAT del Ingenio Palo Gordo



Fuente: (Investigación de Campo 2016)

### 5.1.2 Cosecha de la caña de azúcar.

La cosecha en la producción de caña de azúcar tiene por objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuno y en cantidad suficiente a la fábrica, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (hojas, puntas y tierra) y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y precios competitivos.

Su incidencia en los costos de producción siempre ha tenido alta significación, por lo que cualquier variación que se registre en esta etapa, resultará de gran impacto en la rentabilidad del cultivo.

El objetivo de la cosecha se puede resumir en lo siguiente: **“Proveer materia prima de alta calidad a fábrica, garantizando la continuidad de la molienda y optimizando los recursos”**

### 5.1.3. Características y limitaciones de la cosecha de la caña de azúcar.

La época de cosecha, comúnmente denominada zafra debe adaptarse a las condiciones climáticas típicas del área cañera, por la marcada influencia que ejercen estos factores en la calidad de la materia prima, en especial las lluvias que se presentan al inicio y al final de la zafra. Entre los factores climáticos a considerar se destaca el volumen y el número de días con lluvia, la humedad relativa ambiente y las temperaturas. La ausencia de lluvias, baja humedad relativa y temperaturas bajas, resultan las condiciones más adecuadas para obtener los mejores resultados en producción de azúcar.

La cosecha se realiza generalmente iniciando en la segunda semana de noviembre y finalizando en los primeros días de mayo, con una duración media total de 181-196 días (ver figura 6), con importantes variaciones entre años.

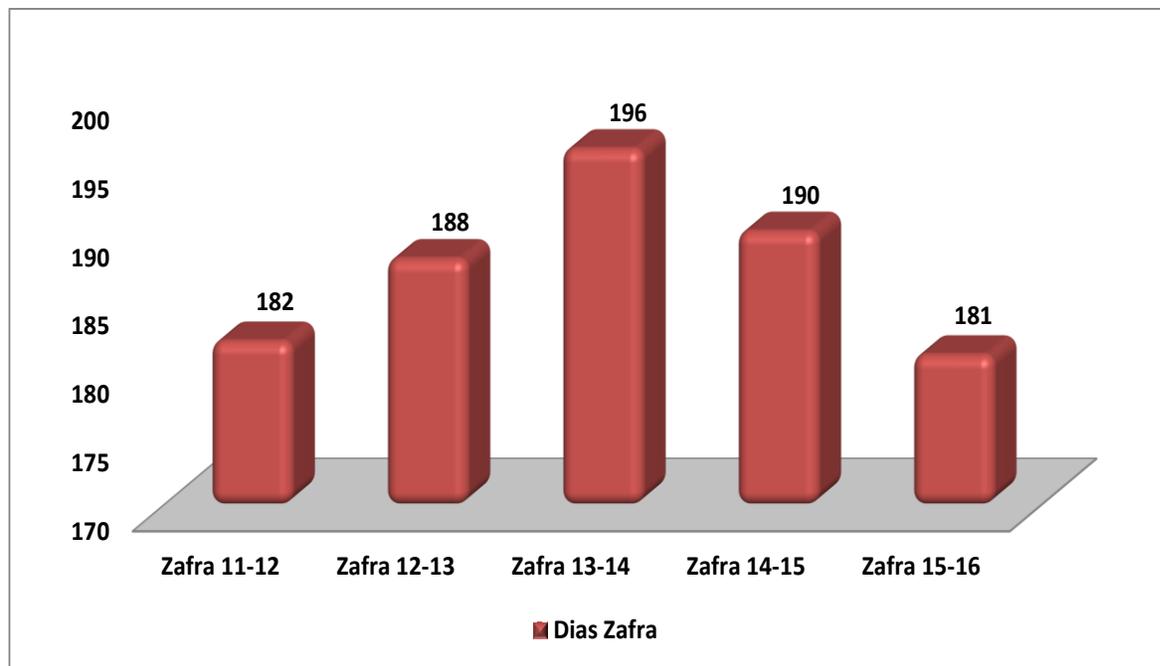
Debido a las características climáticas y edáficas de las fincas, en el inicio y fin de la zafra se pueden presentar los siguientes inconvenientes:

- Dificultades operativas en la cosecha debido a falta de piso (lluvias).
- Bajos rendimientos fabriles, más aún si no se emplean maduradores químicos.
- Altos niveles de contenidos de materia extraña.

- Retiro de cortadores, por corte de materia prima en verde.
- Daño a los campos de cultivo.
- Daño a maquinaria y equipos de transporte.
- Falta de abastecimiento de materia prima a fábrica.
- Aumento de hasta un 30% en los costos de operación de la cosecha.

Lo anterior destaca el grave riesgo que implica para la actividad azucarera y los costos de producción del Ingenio Palo Gordo, el no considerar de manera prioritaria la definición de la fecha de inicio de la zafra, el volumen de materia prima cosechable, la capacidad de molienda disponible y los argumentos técnicos y económicos que aseguren el logro de elevadas recuperaciones del azúcar formada en el campo, en relación a otras variables que no siempre favorecen la ejecución de una zafra eficiente y rentable.

**Figura 6** Comparativo duración de período de zafra en Ingenio Palo Gordo en los últimos 5 años.



Fuente: (El autor 2016)

## **5.2 Procedimientos técnicos y operativos de la cosecha de caña de azúcar.**

La cosecha de la caña de azúcar, comúnmente conocida como CAT (Corte, Alce y Transporte) tiene una serie de criterios técnicos y operativos, que van desde la planificación hasta la reingeniería de procesos. Criterios que deben de ser tomados en cuenta para poder cumplir con los parámetros exigidos por los diferentes clientes (campo y fábrica) del proceso. Para poder tener una idea clara del proceso de la cosecha de caña de azúcar se realizará una descripción secuencial de cada uno de los procesos y sub-procesos que la conforman.

### **5.2.1 Etapa 1: Planeación de la cosecha.**

#### **5.2.1.1 Planificación general de la cosecha.**

Etapa previa a la zafra, que consiste en obtener, agrupar y analizar información que servirá como punto de partida para poder organizar recursos, fechas de inicio y fin de zafra, presupuesto, actividades y procesos que servirán para la ejecución eficiente de la misma. La planeación de la cosecha se convierte en la actividad más importante como estrategia para el cumplimiento de las metas productivas, debido a que como se mencionó anteriormente agrupa los conceptos de las áreas técnicas, producción y logística en busca de un balance de todos los aspectos priorizados.

Si la planificación de la cosecha es la correcta, el éxito en el cumplimiento de las metas de producción proyectadas se asegura; la planificación más específica y detallada de los frentes de cosecha, la maquinaria, los sistemas de cosecha, el programa general y semanal de cosecha, los indicadores de gestión y el presupuesto para cada una de las actividades, se desglosan unas de otras.

La planificación de la cosecha debe agrupar la siguiente información:

- Estimado de Producción ( volumen de caña a moler)
- Capacidad de molienda diaria proporcionado por fábrica.
- Análisis estadístico de precipitación pluvial de los últimos 5 años.
- Cantidad de caña disponible para sistema de cosecha mecanizada.
- Días estimados de feriados (navidad, año nuevo y semana santa)

- Análisis general de ejecución de la zafra anterior.
- Calendario de elaboración de azúcar de acuerdo a su denominación.

El agrupar, analizar y conjugar adecuadamente esta información tendrá como producto una programación general de la zafra (ver figura 7), en donde se proponen las fechas adecuadas de inicio y fin de zafra y los recursos generales para favorecer la ejecución de una zafra eficiente y rentable.

**Figura 7.** Programación general de la cosecha para la zafra 2016-2017.

**PROGRAMA GENERAL DE COSECHA  
ZAFRA 2016-2017**

Datos generales	Zafra 2015-2016 (Real)	Zafra 2016-2017	Diferencia	Incremento molienda
Total de Caña	1,708,252	1,782,387	74,135	19%
Razón de Molienda	11,000	12,000	1,000	
Molienda Efectiva	9,438	11,200	1,762	
Días Molienda	181	159	-22	
Inicio de Zafra	13 noviembre 2015	12 noviembre 2016		
Fin de Zafra	11 mayo 2016	20 abril 2017		

**Semana Santa del 9 al 16 de abril del 2017**

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

### 5.2.1.2 Planificación operativa de la zafra.

Después de la etapa de planificación anterior, es de vital importancia ordenar y agrupar los recursos que se utilizarán por sistema y frente de cosecha para poder ejecutar adecuadamente la zafra. La organización de este proceso tendrá como producto:

- El número de frentes de cosecha. (Ver figura 8)
- Los sistemas de cosecha por frente. (Ver figura 8)
- Las toneladas a cosechar por frente y sistema de cosecha. (Ver figura 8)
- El número de cortadores a contratar en la zafra. (Ver figura 9)
- La cantidad de personal operativo y de supervisión a utilizar en la zafra. (Ver figura 10)

- Los materiales y suministros a utilizar por frente a lo largo de la zafra.
- La cantidad y tipo de maquinaria a utilizar en la zafra (alzadoras, cosechadoras, tractores, dollie, tanques contra incendios, auto volteos, camiones y jaulas).
- Los días de zafra y edades calculadas por frente. (Ver figura 8)

Esta información bien analizada y conjugada dará como resultado una buena ejecución en la administración de los recursos y un orden adecuado en la ejecución de los mismos.

**Figura 8** Planificación de cuotas por frente.

### PLANIFICACION DE CUOTAS POR FRENTE ZAFRA 2016-2017

Frente	Entrega diaria	Toneladas Estimadas zafra	%	Dias Zafra	Inicio	Fin	Edad meses
F1 Granel	2,050	331,409	18	149	12-nov-16	10-abr-17	11.31
F2 Granel	3,250	502,760	29	147	12-nov-16	08-abr-17	11.21
F3 Granel	1,000	175,446	9	150	12-nov-16	11-abr-17	10.86
F6 Granelito	850	153,989	8	152	12-nov-16	12-abr-17	11.21
F23 Granel	850	128,129	8	151	12-nov-16	11-abr-17	11.12
22 Mecanizado	1,800	300,477	17	153	12-nov-16	14-abr-17	10.85
<b>TOTAL GRANEL Y MECANIZADO</b>	<b>9,800</b>	<b>1,592,210</b>	<b>89</b>				
Tramero	400	59,748	4	149	12-nov-16	10-abr-17	11.03
Maletero	100	16,349	1	163	12-nov-16	10-abr-17	11.53
Particulares	900	114,080	6	127			
<b>TOTAL OTROS</b>	<b>1,400</b>	<b>190,177</b>	<b>11</b>				
<b>TOTAL</b>	<b>11,200</b>	<b>1,782,387</b>	<b>100</b>				<b>11.12</b>

**Semana Santa del 9 al 16 de abril del 2017**

Fuente: (El autor 2016)

**Figura 9** Requerimiento de cortadores por frente.

FRENTE	Real Zafra 15-16					Proyeccion zafra 16-17 (10,500 toneladas)						
	Cortadores Inicio	Cortadores Final	Cortadores Promedio	% Cumplimie	THD 15-16	THD 16-17	Cortadores *	Cortadores Efectivos **	Cortadores solicitados	Incremento Cortadores	% incremento	
1	412	295	353	72	4.88	5.00	309	334	465	112	24	
2	624	461	518	81	4.69	4.90	622	672	550	32	6	
3	192	143	158	81	4.37	4.65	202	218	190	32	17	
6	228	152	189	94	5.50	5.50	145	156	210	21	10	
23	168	132	154	86	4.90	5.15	155	167	175	21	12	
<b>Total granel</b>	<b>1,624</b>	<b>1,183</b>	<b>1,372</b>	<b>80</b>	<b>4.86</b>	<b>4.98</b>	<b>1,432</b>	<b>1,547</b>	<b>1,590</b>	<b>218</b>	<b>14</b>	

Fuente: (Coordinación de cosecha 2016)

**Figura 10** Requerimiento de personal para corte y alce.

CORTE			
ORDEN	PUESTO	EJECUTADO 2015-2016	PROPUESTA ZAFRA 2016-2017
1	Supervisor de corte	7	2
2	Caporales	26	27
3	Monitores	13	22
4	Quemadores	28	28
5	Apuntadores Corte	5	5
6	Operadores de Cosechadora	4	6
7	Operadores de Tractor	8	12
8	Ayudantes de cosechadora	12	18
9	Enfermeros	5	5
<b>TOTAL</b>		<b>108</b>	<b>125</b>
ALCE			
ORDEN.	PUESTO	EJECUTADO 2015-2016	PROPUESTA ZAFRA 2016-2017
1	Supervisor de alce.	9	9
2	Operador de alzada.	20	20
3	Operador suplente Alzadora	0	0
4	Operador de tractor.	34	32
5	Operador suplente de tractor	0	0
6	Apuntador.	20	20
7	Apuntador Suplente (enganchador)	0	0
8	Enganchador	35	35
9	Recogedores de caña	68	68
10	Fajero.	14	14
11	Bandera (señalización)	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>200</b>	<b>198</b>

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

### 5.2.1.3 Programa de cosecha.

El programa de cosecha, consiste en ubicar en un periodo determinado de la zafra a cada uno de los lotes productivos que tiene cada finca, buscando que estos se cosechen en donde expresen su máximo potencial productivo en toneladas por hectárea y en libras de azúcar por tonelada, así como el frente y sistema de cosecha más rentable y eficiente. Esta expresión máxima de eficiencia se logra únicamente a través de un análisis profundo de las características de cada finca y cada frente de cosecha, buscando que cada lote y finca sean cosechados por el frente, sistema y periodo de zafra más adecuado en función de su capacidad productiva (ver figura 11).

Para poder cosechar los lotes productivos en función de su máxima capacidad productiva es necesario organizar y analizar la siguiente información:

- Tipo de finca (propia, proveedora o intercambio)
- Toneladas por hectárea a producir por cada lote y finca.
- Variedad.
- Ubicación relacionada a su estrato altitudinal ( litoral, bajo, medio y alto)
- Distancia hacia la fábrica.
- Fecha de corte o siembra de la zafra anterior.
- Disponibilidad y tipo de riego.
- Tipo de suelo.
- Características topográficas.
- Lotes con alta incidencia de quemas criminales.

- Numero de cortes por lote.
- Clasificación de los lotes en función de la cosecha.
- Aspectos logísticos de las rutas y los accesos.
- Edad de los lotes productivos al corte.
- Cultivos y comunidades vecinas.
- Presencia o no de piedras en los lotes productivos.
- Precipitación diaria y promedio mensual de las diferentes fincas.

También es importante considerar los criterios establecidos por técnicos especialistas en campo y cosecha tales como:

- Cosecha de las variedades de acuerdo al tercio recomendado y a su estrato altitudinal (variedades tempranas, intermedias o tardías).
- Fincas con alta incidencia de quemas criminales deben de ser cosechadas lo más temprano de la zafra posible (primer tercio de zafra).
- Cañas plantías deben de ser cosechadas después de los 12 meses, preferiblemente a los 13 meses de edad.
- No se deberán programar la cosecha en cañales con edades menores de 10 meses.
- Lotes sin riego y con suelos arcillosos deberán cosecharse a finales del mes de diciembre.
- Lotes con presencia de vetas arenosas deberán ser cosechados antes del mes de enero.
- Lotes sujetos a renovación deberán ser cosechados de acuerdo a la variedad a sembrar

Toda la información y características de cada lote que se mencionaron anteriormente y la consideración de los criterios técnicos harán que se obtenga un programa de cosecha adecuado a cada finca, en donde se pueda encontrar la máxima capacidad productiva de cada lote. Todo esto se resume en que una de las principales funciones de la cosecha es **“Perder la menor cantidad de azúcar en la cosecha y la entrega de la mejor calidad de materia prima a fábrica”**

**Figura 11** Programa de cosecha general por frente.

FRENTE No. 22														
Sistema	Granel	TCH	105											
Cuota	1,800	Edad	10.85											
Area	2,615	Dias Zafra	153.04											
Toneladas	275,477													
										153.04	10.85			
Grupo	Finca	Finca	Lote	No. Cortes	Variedad	Fecha Corte 15-16	Inicio corte 16-17	Fin corte 16-17	Dias Corte	Edad	2,615 Area	275,477 Toneladas	105.36 TCH	Distancia
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0913	4	CP73-1547	23-nov-15	12-nov-16	12-nov-16	0.40	11.68	6.58	724	110	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0912	4	CP73-1547	25-nov-15	12-nov-16	13-nov-16	0.73	11.63	10.95	1,314	120	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0911	4	CP73-1547	26-nov-15	13-nov-16	13-nov-16	0.60	11.62	10.23	1,074	105	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0905	4	CP73-1547	28-nov-15	13-nov-16	14-nov-16	0.95	11.58	12.70	1,715	135	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0904	4	CP73-1547	28-nov-15	14-nov-16	15-nov-16	0.61	11.60	9.61	1,105	115	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0906	4	CP73-1547	29-nov-15	15-nov-16	15-nov-16	0.56	11.59	9.64	1,012	105	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0903	4	CP73-1547	29-nov-15	15-nov-16	16-nov-16	0.45	11.61	7.29	802	110	35
Arrendada	TQ948	LA CABANA - PG	0910	4	CP73-1547	30-nov-15	16-nov-16	16-nov-16	0.62	11.59	9.70	1,116	115	35
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0602	4	CP73-1547	26-nov-15	16-nov-16	17-nov-16	0.54	11.74	8.46	973	115	37
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0703	4	CP73-1547	29-nov-15	17-nov-16	18-nov-16	0.63	11.66	10.37	1,141	110	37
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0203	4	CP73-1547	01-dic-15	18-nov-16	18-nov-16	0.42	11.61	6.81	749	110	37
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0204	4	CP73-1547	01-dic-15	18-nov-16	18-nov-16	0.40	11.63	6.47	712	110	37
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0202	4	CP73-1547	02-dic-15	18-nov-16	19-nov-16	0.50	11.61	7.27	909	125	37
Arrendada	RB892	SIGUACAN - PG	0301	4	CP73-1547	03-dic-15	19-nov-16	20-nov-16	0.61	11.59	9.19	1,103	120	37

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

#### 5.2.1.4 Plan de cosecha semanal.

El programa semanal de cosecha se desprende del programa general de cosecha y se realiza en conjunto con los técnicos de campo, proveedores, madurantes y caminos, para velar por el cumplimiento de lo planificado en el programa general y hacer los cambios y ajustes necesarios para no perder los objetivos planteados en las fases iniciales. En este programa se visualizan los rendimientos de azúcar esperados por cada finca y la ventana de madurez de acuerdo al tipo de producto madurante utilizado, estas variables hacen que la cosecha sea más eficiente en la toma de decisiones y en la ejecución de las estrategias planteadas, este programa es la principal herramienta del día a día para obtener los resultados esperados.

**Figura 12** Plan de cosecha semanal.

**ZAFRA 2,015 -2,016**  
**PROGRAMA DE COSECHA No.6**  
**DEL 21.diciembre.15 AL 27.diciembre.15**

FRENTE	FINCA	AREA (Ha.)	TONELADAS	TON/Ha	RENDIMIENTO POTENCIAL	FECHA MUESTREO	PRODUCTO	FECHA APLICACION	CORTE DE	CORTE A	D.MAD. DE	D.MAD. A	DIAS MADUREZ	KM
F-1	CALIFORNIA - PG	11.09	1,131	102	331	15-dic-15	Round-up	23-oct-15	21-dic-15	21-dic-15	60	61	60	43
	COCALES	14.48	1,941	134	305	16-dic-15	Curavial	5-nov-15	21-dic-15	22-dic-15	48	49	48	14
	MELIMAR	20.20	2,497	124	279	16-dic-15	Select 24	17-nov-15	27-dic-15	28-dic-15	41	42	42	8
F-2	SANTA RITA	9.51	1,188	125	282	16-dic-15	Curavial	5-nov-15	20-dic-15	21-dic-15	47	47	47	14
	LOS PATOS	65.98	8,063	122	326	14-dic-15	Round-up	24-oct-15	21-dic-15	24-dic-15	59	62	61	21
	LOS PATOS	20.22	2,629	130	246	14-dic-15	Varios	24-oct-15	27-dic-15	28-dic-15	65	66	66	21
F-22	NARANJALES	52.95	7,332	138	249	9-dic-15	Round-up	4-nov-15	20-dic-15	25-dic-15	48	52	50	22
	NARANJALES	51.09	5,671	111	253	16-dic-15	Round-up	13-nov-15	25-dic-15	28-dic-15	43	46	45	22
F-23	CHACALTE - PG	16.29	1704.20	105	264	8-dic-15	Round-up	6-nov-15	21-dic-15	23-dic-15	46	48	47	30
	SANTA CATALINA II	14.50	1465.95	101	244	15-dic-15	Select 24	27-nov-15	23-dic-15	25-dic-15	27	29	28	3
	CHACALTE - PG	6.20	626.20	101	326	15-dic-15	Round-up	6-nov-15	26-dic-15	27-dic-15	52	52	52	30
<b>TOTALES Y PROMEDIOS</b>		<b>621</b>	<b>69,566</b>	<b>112</b>	<b>275</b>									<b>17</b>

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

### 5.2.1.5 Programa de muestreos pre-cosecha.

El muestreo pre cosecha es una herramienta de la cosecha para garantizar la adecuada toma de decisiones; esta actividad consiste en tomar muestras de los lotes a cosechar, para luego determinar a través de evaluaciones de laboratorio (ver figura 13) el grado de madurez y concentración de sacarosa de cada uno de los lotes productivos de caña de azúcar. Los resultados de cada muestreo son obtenidos en libras de azúcar por tonelada de caña, estos resultados analizados cuidadosamente servirán para determinar el orden de cosecha de cada lote de acuerdo a su madurez y concentración de sacarosa.

Como se puede ver es una de las etapas más importantes de la cosecha, debido a que una correcta ejecución de los muestreos así como una adecuada interpretación de los resultados, hará que se puedan cosechar los cañaverales cuando estos dispongan de su mayor potencial de azúcar. Caso contrario una mala ejecución de las técnicas de muestreos o una mala interpretación de resultados incidirá en la toma de malas decisiones, cosecha de cañales sin madures, perdidas de azúcar, bajo porcentaje de cumplimiento de objetivos y por ende perdidas económicas para la empresa.

Debido a la importancia de esta herramienta es importante seguir la metodología que se describe a continuación:

- El muestreo pre-cosecha se realiza obteniendo 3 muestras de cada lote antes de la cosecha de acuerdo al programa semanal de pre-cosecha. En casos especiales el Coordinador de

Corte y Alce determina la cantidad de muestras por lote (quemadas criminales, madurez visual y fincas por bajo contenido de sacarosa).

- La muestra es utilizada para evaluar el contenido de sacarosa.
- Determinar la cantidad de muestras por fincas dependiendo del área del lote (1 muestra por cada 4.5 hectáreas).
- Determinar el punto de muestreo en el bloque: Para el primer muestreo medir hacia dentro 20 metros, en el segundo muestreo 2 metros después del primero y el tercer muestreo 2 metros más después del segundo. Ver anexo 2 (Localización de puntos para el muestreo pre cosecha).
- Marcar la entrada con una cinta de nylon de los puntos definidos del muestreo.
- Tomar la primera muestra 20 metros hacia dentro de la orilla para evitar el efecto de borda.
- Para muestras de granel se cortan 12 tallos seguidos en la macolla simulando la forma de cosecha manual, al ras del suelo, no incluyendo mamones (tallos menores de 1 metro). En el caso de las variedades que presenten caña seca en sistema granel, la muestra incluirá un 15% de la caña seca encontrada y el resto será desechado. Para corte mecanizado se enviara en la muestra el 50% de la caña seca encontrada.
- Evitar que el corte sea muy bajo para que no se tome tierra con el tallo. En el caso para muestras de cosecha mecanizada se deja mayor cantidad de follaje simulando la operación de la maquinaria, y los mamones menores de 1 metro se tomaran dentro del muestreo.
- Amarrar la muestra en su totalidad.
- Identificar la muestra con número de lote, código, nombre de la finca, fecha de aplicación de madurante, fecha de muestreo y hora de muestreo.
- Entregar las muestras al laboratorio.

**Figura 13** Reporte de resultados de muestreos de pre-cosecha.

Fecha Inicio: 04/08/2014		Fecha Final: 22/10/2014		ZAFRA: 13/14		Hora: 06:14														
Finca	Lote	Variedad	Fecha	Numero	SI/Alco	Maturante	Fecha	Area	Brix	Pol	Pureza	pH	% AR	Glucobrix	% Pol	Azucar	Cl.			
Codigo	Nombre														% Pol	Lib X				
															% Pol	Lib X				
															% Pol	Lib X				
CU004	ENTRE RIOS - PG	0101	MEX79-431	05/08/2014	16	N		12.2	16.35	58.04	86.75	5.36	0.80	4.89	11.75	69.94	13.25	235.03	C	
				02/09/2014	15	N		12.2	15.41	53.15	84.61	5.65	1.00	6.49	10.68	72.24	13.68	213.68	C	
				24/09/2014	5	N		12.2	16.40	55.66	82.92	4.63	0.95	5.79	11.32	68.40	12.97	226.46	C	
				16/10/2014	23	N		12.2	15.21	53.48	86.33	5.46	0.89	5.85	10.75	72.18	13.91	215.07	C	
					Promedios a nivel de lote:				15.84	55.08	85.15	5.28	0.91	5.74	11.13	70.69	13.50	222.56		
	0102	VARIAS			05/08/2014	20	N		10.73	13.00	40.24	76.68	5.23	1.03	7.92	8.15	70.44	13.98	163.08	C
					05/08/2014	21	N		10.73	12.81	39.34	76.13	5.33	1.03	8.04	7.89	74.42	14.59	157.82	C
					05/08/2014	22	N		10.73	15.94	56.36	86.55	5.27	1.03	6.46	11.40	70.30	13.40	228.00	C
					02/09/2014	16	N		10.73	17.36	62.00	86.92	5.88	1.14	6.57	12.71	66.32	12.31	254.19	C
					02/09/2014	17	N		10.73	12.45	36.88	73.48	5.80	1.14	9.15	7.44	72.22	14.35	148.81	C
					02/09/2014	18	N		10.73	13.04	41.56	78.94	5.82	1.14	8.74	8.40	71.32	14.12	167.97	C
					24/09/2014	10	N		10.73	12.45	39.72	79.20	5.32	0.86	6.91	8.08	68.78	13.87	161.64	C
					24/09/2014	11	N		10.73	14.69	50.66	84.85	5.30	0.86	5.85	10.29	68.88	13.43	205.90	C
					24/09/2014	12	N		10.73	12.00	36.95	76.58	5.33	0.86	7.17	7.48	70.84	14.24	149.66	C
					01/10/2014	15	N		10.73	14.09	44.77	78.37	4.61	1.38	9.79	9.23	64.04	12.78	184.50	C
					16/10/2014	27	N		10.73	14.15	47.20	82.25	5.33	1.32	9.33	9.49	72.54	14.14	189.85	C
					16/10/2014	28	N		10.73	12.59	39.17	77.20	5.34	1.32	10.48	7.88	73.46	14.51	157.51	C
	16/10/2014	29	N		10.73	14.09	46.99	82.25	5.41	1.32	9.37	9.43	73.14	14.25	188.69	C				
					Promedios a nivel de lote:				13.74	44.76	79.95	5.38	1.11	8.08	9.07	70.52	13.64	181.36		
	0105	MEX79-431			05/08/2014	11	N		11.03	16.03	57.82	88.26	5.20	0.90	5.61	11.76	68.54	13.05	235.28	C
					05/08/2014	12	N		11.03	14.79	51.26	85.24	5.27	0.90	6.09	10.45	68.08	13.24	208.95	C
					05/08/2014	13	N		11.03	13.96	46.59	82.23	5.30	0.90	6.44	9.43	70.42	13.80	188.68	C
					02/09/2014	2	N		11.03	11.12	30.96	69.49	5.89	1.06	9.53	6.21	75.58	14.97	124.22	C
					02/09/2014	3	N		11.03	12.35	37.04	74.49	5.84	1.06	8.58	7.39	76.66	14.99	147.82	C
02/09/2014					4	N		11.03	13.53	43.42	79.33	5.78	1.06	7.83	8.77	71.50	14.07	175.31	C	
24/09/2014					13	N		11.03	11.14	31.50	70.57	5.39	0.94	8.44	6.31	76.04	15.03	126.22	C	
24/09/2014					14	N		11.03	13.35	41.98	77.79	5.28	0.94	7.04	8.55	68.24	13.60	171.01	C	

Fuente: (Laboratorio de Caña IPG 2014)

### 5.2.1.6 Establecimiento de metas e índices de gestión de la cosecha.

Cada uno de los procesos del CAT (corte, alce y transporte) deben ser medidos y monitoreados constantemente. El establecimiento de metas e índices de gestión, así como su constante monitoreo sirven a los colaboradores y a las gerencias para determinar el grado de éxito de la planificación, también para medir la efectividad en la ejecución de los procesos, analizar los factores que afectan el cumplimiento y el bajo cumplimiento de los mismos, y con ello hacer las modificaciones y ajustes necesarios para poder cumplirlos o mejorarlos.

Todos estos indicadores de gestión son transmitidos a todo nivel desde el inicio de la planificación y constantemente durante la zafra, para que esta retroalimentación sirva de guía en la operación y cada uno de los colaboradores pueda medir la efectividad de lo que realiza en su proceso. A continuación se hará una lista de los principales indicadores que se utilizan para

medir la efectividad de la operación y la planificación, para más adelante describir detalladamente a cada uno de ellos:

- Porcentaje de contenido materia extraña vegetal (*trash* vegetal).
- Porcentaje de contenido materia extraña mineral (*trash* mineral).
- Porcentaje de caña dejada en campo. (pérdidas en campo)
- Porcentaje de caña entregada antes de 36 horas. (horas quema)
- Porcentaje de caña entregada antes de 24 horas. (horas quema)
- Eficiencia del corte manual. (toneladas de caña hombre día)
- Porcentaje de eficiencia del proceso de CAT.
- Rendimiento core-sampler. (libras de azúcar por tonelada de caña).
- Porcentaje de tiempo perdido por falta de caña.
- Toneladas transportadas por jaula.

#### **5.2.1.7 Programas de capacitación.**

El programa tiene como objetivo promover a través de un proceso integrado de capacitación, un mayor compromiso del personal hacia el cumplimiento de los objetivos generales de la empresa, así como el cumplimiento de los indicadores de gestión de cada área, esto permite a cada colaborador a contribuir a alcanzar niveles de calidad y productividad en forma sostenible y competitiva. Los programas de capacitación son diseñados de acuerdo a las actividades que desarrolla cada puesto, los avances tecnológicos de cada área, la experiencia de los participantes y los paquetes tecnológicos de cada actividad, para poder lograr capacitaciones que aporten al desarrollo personal y profesional de cada colaborador.

**Figura 14** Programa de capacitación para colaboradores de cosecha.

**PROGRAMA DE CAPACITACION  
COORDINACION DE COSECHA  
ZAFRA 2016-2017**

No.	Capacitación	Zafra 15-16			Zafra 16-17		
		Días	Horas	Personas	Días	Horas	Personas
1	Diplomado CAT	14	112	19	0	0	0
2	Caporales y monitores locales	6	48	30	6	48	20
3	Caporales y monitores no locales	6	48	40	6	48	25
4	Apuntadores Hand-held	11	52	36	6	48	30
5	Escalamiento Hand-Held Supervisores	3	24	27	0	0	0
6	Cosecha mecanizada	5	40	13	5	40	25
7	Encargados de corte y alce	5	40	20	5	40	14
8	Escuela de operadores	6	48	15	0	0	0
9	Operadores de maquinaria	10	80	55	6	48	55
<b>Total</b>		<b>66</b>	<b>492</b>	<b>255</b>	<b>34</b>	<b>272</b>	<b>169</b>

Fuente: (Coordinación de Cosecha IPG 2016)

### 5.2.1.8 Presupuesto operativo anual de la cosecha.

Según estimaciones del total de costos del ingenio la cosecha de la caña de azúcar representa cerca del 25% de los costos de producción del cultivo, por lo que cualquier variación o mala ejecución de esta labor impactará significativamente en la rentabilidad del cultivo y los costos de producción de los productos finales. Es por ello que la buena planificación y realización del presupuesto operativo de la cosecha es de vital importancia para visualizar el impacto económico de cada actividad realizada.

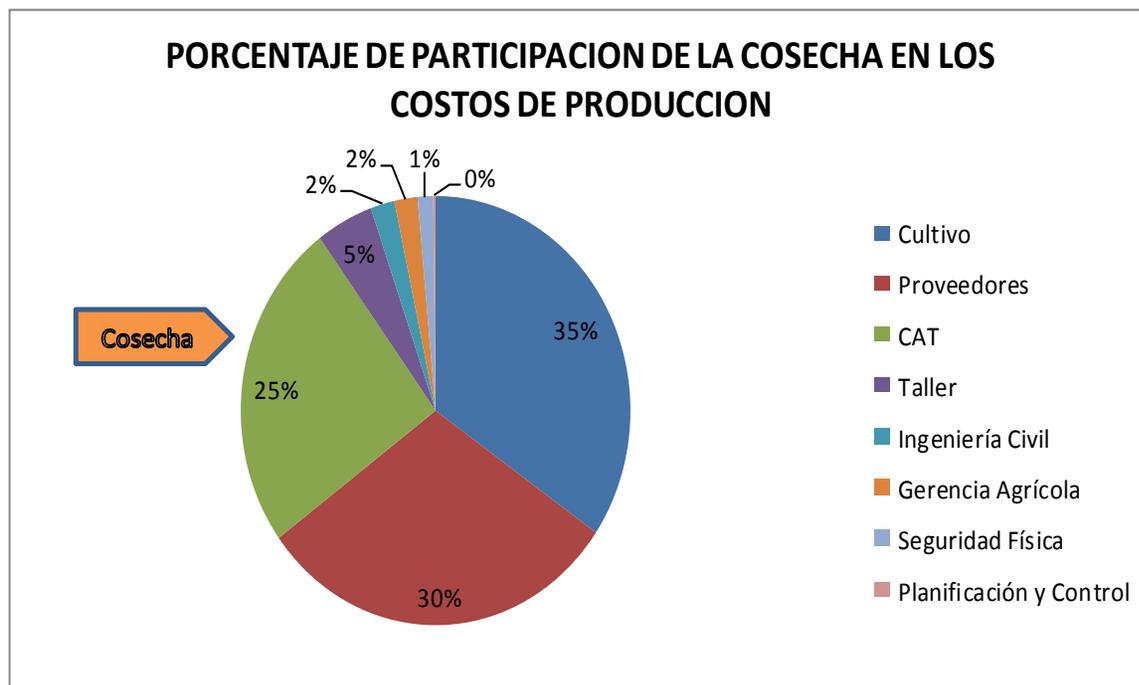
El presupuesto no es más que el análisis o cálculo anticipado del costo de todas las labores realizadas en la cosecha. Agrupando todos los gastos que se realizaran en el periodo de zafra. Después de su elaboración y análisis, el presupuesto es presentado a las gerencias General, Financiera y Agrícola, antes que determinaran la viabilidad del mismo. Una vez aprobado el presupuesto se procede a solicitar todos los recursos necesarios para la ejecución de la zafra, posterior a ello, mensualmente hay un proceso de revisión del avance de la ejecución del presupuesto, proceso que sirve para realizar las correcciones o ampliaciones necesarias para el cumplimiento del mismo. Los rubros más importantes a medir en el presupuesto son: **Porcentaje de cumplimiento del presupuesto y comparativo costo por tonelada (quetzal/tonelada) en relación al presupuesto de la zafra anterior.**

El Presupuesto de la cosecha está dividido en 3 grandes ejes económicos:

- Mano de obra
- Rentas y servicios
- Bienes y gastos

A lo largo de la descripción de esta primera parte del trabajo de sistematización de experiencia laboral, se puede observar la importancia que tiene la etapa de la planificación en la labor de la cosecha de la caña de azúcar, de esta planificación bien analizada, agrupada y consensuada depende el cumplimiento de metas, la eficiencia y rentabilidad de los procesos (entendiendo que todo funciona como un sistema) y en general del éxito de la zafra y de las labores del cultivo programadas para el siguiente ciclo.

**Figura 15** Gráfico de porcentaje de participación de la cosecha en los costos de producción.



Fuente: (Presupuestos 2015)

## 5.2.2 Ejecución de la cosecha.

### 5.2.2.1 Asignación de caña semanal.

La asignación de caña a cosechar semanalmente para cada frente, tiene su origen en el plan semanal de cosecha (Ver 5.2.1.4). En época de zafra, una vez por semana un grupo de técnicos agrupados en un comité denominado Comité de Cosecha, compuesto por; Superintendente de CAT, Coordinador de Cosecha, Jefe de Aplicaciones Aéreas, Superintendente de Campo, Coordinador de Proveedores y Jefes de Zona, se reúnen para decidir cuáles son los lotes y las fincas a cosechar en la siguiente semana.

En esta reunión se analizan los rendimientos de azúcar potenciales de cada lote, la ventana de madurante de acuerdo al producto aplicado, los resultados de los sobrevuelos realizados a cada finca. Ver anexo 15 (fotografías aéreas para verificar madurez de fincas), las

recomendaciones de los jefes de zona sobre las condiciones de madurez visual y deterioro de sus fincas, las condiciones climáticas, para que en conjunto se pueda decir que lotes presentan su mayor potencial de producción de caña y azúcar y los lotes que se están perdiendo azúcar y tonelaje por efecto del clima, suelo, variedad y el producto aplicado. Una vez definidos los lotes estos se conforman en un formato digital y es trasladado a cada jefe de frente, para que de acuerdo a este programa o plan se ejecute la cosecha diaria y semanal.

#### **5.2.2.2 Asignación de cuotas diarias.**

La asignación de cuotas, es una actividad que se realiza todos los días durante la zafra, realizándola en dos momentos; asignación de cuotas matutina y nocturna. De esta asignación dependen en un 100 % todas las actividades de quema, corte, alce y transporte que se realizarán en cada uno de los frentes de cosecha en el día, para cumplir con la demanda de materia prima a fábrica y cumplir con cada una de las metas establecidas.

Esta actividad consiste en agrupar todos los datos relacionados a la cosecha tales como, saldos en campo, asistencia de cortadores, disponibilidad de maquinaria, disponibilidad de transporte, estado de las rutas cañeras, lluvia, molienda calculada de fábrica, problemas ocurridos en el día o en la noche, quemas criminales. De la agrupación y análisis de esta información, (la cual es transmitida todos los días en la mañana y en la noche por cada uno de los jefes de frente de cosecha), se obtendrá como producto la cantidad de caña diaria a quemar, cortar, alzar y transportar por cada frente, para que con ello se programe diariamente la cantidad de personas necesarias para el corte, la cantidad de maquinaria a utilizar por frente, los traslados de frente a realizarse y la cantidad de transporte necesario para llevar la caña a fábrica. En esta asignación participan Jefes de Frente, Coordinador de Cosecha y Coordinador de Transporte. Los resultados de esta asignación son los siguientes:

- Cumplir con la entrega de caña que solicita fábrica.
- Utilizar los recursos necesarios para cumplir con la asignación.
- Mejorar la eficiencia de los índices de gestión con la buena administración de los recursos.
- Llevar un control diario de las actividades a realizar.
- Informar a todos el personal sobre las actividades diarias.

**Figura 16** Formato de asignación de cuotas.

PROYECCION DE MOLIDA							9,500				
FRENTE	FINCA			MOLIDA NOCHE	SALDO 6:00 am	CAÑA QUEMADA			TOTAL QUEM+SALD	% CUOTA	CUOTA 4-may-16
						FINCA	Lote	TON			
F.1	Veracruz Contreras	104	150	0	300	Veracruz Contreras	102	285	1,500	14%	1,350
						103	415				
						Mis Ilusiones	202	500			
	Ruedas		150								
		300									
								1,200			
F.6	Camelias	201	405	0	405	Camelias	103	275	1,180	7%	650
						102	300				
						Lucifacnia Agromarsa	101	200			
		405						775			
F.23	Las Delicias	202	100	0	180	Las Delicias	203	500	680	9%	850
	Ruedas		80								
			180								
F.4	La Promesa Jerez	101	45	0	65	La Promesa Jerez	101	200	515	7%	650
	Esperanza Rok	105	20			Esperanza Rok	105	250			
	Ruedas		0								
			65								
PATIO			0	0	0						0
TOTAL			3,260	0	3,260			8,600	11,860	100.00%	9,500

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

### 5.2.2.3 Quema de la caña de azúcar.

Es una práctica o labor que se realiza previo al corte, esta labor consiste en quemar lo cañales que estén listos para el corte. Y en general se realiza para tener las siguientes ventajas:

- Mayor rendimiento de los cortadores.
- Mejorar la calidad de corte (perdidas de caña en campo por efecto del corte).
- Menor porcentaje de materia extraña (*trash vegetal*) entregado a fábrica.
- Facilita las labores de extracción de azúcar en fábrica.
- Mayor seguridad operacional para los cortadores.

La labor es realizada por un grupo de personas previamente capacitadas, para evitar accidentes laborales y daños a cultivos vecinos. Los lotes a quemar son seleccionados por el Jefe

de Frente y el Encargado de Corte tomando en cuenta los siguiente criterios: Madurez de la caña (de acuerdo a madurez visual, plan semanal de cosecha y resultados de laboratorio de muestreos pre cosecha), logística de la cosecha y deterioro de la caña.

La cantidad de caña a quemar por frente la decide el Coordinador de Cosecha, generalmente para cosecha manual se quema el 40% de la caña el día anterior y el 60% el día de la cosecha del lote y para cosecha mecanizada se realiza haciendo partidores que dependen de la cantidad de caña a cosechar por frente. La cantidad de caña a quemar por frente depende de varios factores: Cantidad de caña quemada criminalmente en el día, capacidad de corte y alce de cada frente, molienda diaria y condiciones climáticas.

Las quemas se realizan de acuerdo a un procedimiento previamente establecido; para asegurar la efectividad de la labor, accidentes laborales y daños a cultivos vecinos, para ello es importante tomar en cuenta los siguientes pasos y recomendaciones:

- Antes de la quema se debe analizar el patrón de vientos previamente proporcionado. Ver anexo 3 (Tabla de vientos)
- Todos los frentes de quema deben contar con el equipo de quema adecuado (Bombas de mochila, tanques contraincendios, etc.) y el equipo de seguridad en buen estado.
- Las áreas a quemar deben de estar previamente revisadas.
- No quemar bajo líneas de tendido eléctrico.
- No quemar con vientos fuertes o calmos.
- Lotes cercanos a carreteras quemarlos únicamente cuando el viento esté en dirección contraria a la misma

Al momento de iniciar la quema es necesario contar con el visto bueno o aprobación del sistema de quemas programadas del ICC, si no se cuenta con la aprobación del sistema se deberá quemar en otro horario o cosechar dicho lote en verde. Este sistema fue diseñado para ser más responsables con esta práctica, evitar problemas con comunidades, garantizar que la pavesa (residuos de la quema) se dirija a lugares donde no existan comunidades o centros de interés, y en general evitar daños a otros cultivos y a terceros.

Dicho sistema se describe brevemente a continuación; es una herramienta tecnológica que preliminarmente estudió por 3 años el comportamiento de la pavesa, los resultados fueron modelados estadísticamente para generar patrones de comportamiento en combinación con variables climáticas, y esto fue trasladado a una aplicación para teléfonos móviles los cuales al momento de posicionarse en el lote a quemar procesan la información y recomiendan la viabilidad o no de la quema. Actualmente esta es la principal herramienta que se utiliza en el campo para decidir si se ejecuta la quema o no. Ver anexo 4 (Fotografías preparación y ejecución de la quema de cañaverales)

Después de haber considerado todas las variables mencionadas anteriormente, y todos los análisis indican que se puede realizar la quema, esta se realiza de la manera siguiente:

- La quema se debe iniciar en el lado contrario de la dirección del viento (contrafuego).
- Seguido al contrafuego, se debe realizar la quema en la dirección al viento para que tome velocidad y se junte con el contrafuego, en una distancia prudencial que no dañe la orilla del cerco, otro lote de caña u otro cultivo.
- Durante el tiempo de quema, se debe colocar personal para apagar el fuego alrededor del lote con implementos (bombas manuales con agua y con combustible).
- Utilizar si fuera necesario el apoyo del tanque contra incendios con el fin de humedecer los lotes que rodean el área que se está quemando.
- No debe quemarse más de lo programado.
- Dependiendo de las condiciones climáticas también se realizan quemas de madrugada conocidas como quemas frías, con el propósito de ingresar caña más fresca.

#### **5.2.2.4 Corte de la caña de azúcar.**

El corte de la caña de azúcar en Ingenio Palo gordo se realiza con 4 diferentes sistemas; granel, tramos y maletas y mecanizado. Cada una de estos sistemas de corte tiene la variable de cortarse en verde o quemado, variable que también tendrá su respectivo análisis, debido principalmente a los cuestionamientos ambientales de la práctica de la quema de la caña de azúcar.

La labor del corte consiste en asignar un grupo de personas (manual) o máquinas cosechadoras (mecanizado) a un lote de producción previamente seleccionado de acuerdo a las condiciones de madurez o deterioro de la caña, para que corten la caña y la tengan disponible para trasladarla a la unidad de transporte y luego a fábrica. La cantidad de caña a cortar por frente es decidida por la Coordinación de Cosecha, y depende de varios factores tales como, la molienda de fábrica, condiciones de los cañales, sistema de cosecha, quemados criminales, caña quemada o verde, asistencia de cortadores, disponibilidad de cosechadoras y de transporte. Al momento de tener este análisis de variables, se asigna la cantidad de caña a cortar por frente y sistema, trasladando esta información a los responsables de cada frente para que la ejecuten. Es de vital importancia el control de la cuota de corte, sobre todo no cortar más de lo asignado, ya que esto repercutirá en los saldos de caña amanecidos al siguiente día y en la frescura de la caña.

De esta etapa de la cosecha dependen el 70% de los indicadores de calidad del proceso del CAT, por ello es de vital importancia realizarla adecuadamente y bajo la supervisión necesaria, ya que una mala ejecución tendrá como resultado pérdidas en campo, mayores porcentajes de materia extraña llevados a fábrica, pérdidas de frescura en la caña, y todo esto impactará en los rendimientos de azúcar en core-sampler y fábrica, reducción en la producción de los cañales para el siguiente ciclo productivo y pérdidas económicas para la empresa. Ver anexo 5 (Fotografías de Corte manual en verde y en quemado de la caña de azúcar)

#### **5.2.2.5 Alce de la caña de azúcar.**

El alce de la caña de azúcar se puede realizar de forma manual por un grupo de personas y mecánico por un grupo y tipo de máquinas (grúas, alzadoras y cosechadoras). Independientemente de la forma esta labor consiste en trasladar y acomodar adecuadamente la caña ya cortada en unidades receptoras (jaulas o plataformas).

Una vez llenas estas unidades receptoras se enganchan al camión y se dirigen con la caña hacia la fábrica. La labor del alce debe ser bien ejecutada, tratando de llevar adecuadamente la caña en las carretas o plataformas para evitar que esta se caiga en la ruta. Así como asegurarse que lleve la mayor cantidad de caña posible, de acuerdo a las condiciones de la ruta (asfalto, tendidos eléctricos, paso por comunidades). Ver anexo 6 (Fotografías del alce mecánico sistema granel y alce sistema mecanizado)

La labor del alce tiene influencia en los indicadores de calidad específicamente en el porcentaje de materia extraña mineral llevado a fábrica y en las pérdidas en campo por efecto del alce. El alce es una labor clave en el logro de los indicadores económicos del proceso, debido a que las eficiencias de las máquinas y los pesos de los equipos determinan en gran parte el ahorro o gasto de insumos (combustible) y el pago por concepto de transporte. Por ello los operadores de maquinaria del alce deben de estar debidamente capacitados para lograr estos objetivos económicos y sobre todos evitar daños en la maquinaria y en el transporte.

### **5.2.2.6 Transporte de la caña de azúcar.**

Es la última etapa en el proceso de la cosecha, consiste en asignar un grupo de camiones con sus respectivos equipos de arrastre (carretas o plataformas) a los frentes de corte, para que sean llenados y trasladados al ingenio. De esta labor depende en gran parte el abastecimiento de caña a fábrica y las horas de permanencia de la caña, por lo cual es muy importante monitorearla y ejecutarla adecuadamente Ver anexo 7 (Fotografías del transporte de la caña de azúcar con 2 y 4 jaulas). Todos los días de operación se asignan la cantidad de unidades para cada frente y el tipo de combinaciones de equipos de arrastre (sencillo, doble, triple y tetra) esta asignación depende básicamente de los siguientes factores:

- Molienda programa para el día.
- Caña cortada disponible en los frentes de alce manual.
- Caña a cortar en los frentes de cosecha mecanizada.
- Ingreso de proveedores por su cuenta.
- Ingreso de frentes de tramos y maletas.
- Capacidad de alce por frente.
- Distancia de las fincas.
- Disponibilidad de camiones y equipos de arrastre.
- Condiciones de las rutas cañeras.
- Bloqueos o problemas en las rutas.

### **5.2.3 Monitoreo de la cosecha.**

El monitoreo de la operación de la cosecha es la etapa donde se verifican los resultados de la planificación y la ejecución de la cosecha, es el momento clave y oportuno para fortalecer

los procesos o re direccionarlos de acuerdo a los resultados de las mediciones. El monitoreo de la cosecha es realizado a través de índices de gestión o indicadores, los cuales son establecidos anualmente por la Superintendencia de CAT, Coordinador de Cosecha, Coordinador de Transportes, Jefes de Frente. Una vez propuestos estos indicadores son avalados y aprobados por la Gerencia Agrícola y Gerencia General.

Los indicadores de gestión son establecidos de acuerdo a las características de cada labor y operación, así como del análisis de los resultados cada proceso de por lo menos 4 zafras anteriores, y de las innovaciones o cambios desarrollados en cada labor de la cosecha. Los indicadores van dirigidos a medir la eficiencia y calidad de los procesos, en el caso de la cosecha se pueden dividir en 3: Eficiencia de la operación, Calidad de la materia prima y gestión del servicio de la cosecha a campo y fábrica.

**Cuadro 2** Comparativo de metas de la operación de la cosecha de las ultimas 5 zafras.

Indicador	Zafra				
	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Toneladas Hombre dia	4.90	5.10	5.15	5.25	5.30
Gal/ton alzadoras Sp-1850	0.0676	0.0619	0.0620	0.0575	0.0575
Gal/ton alzadoras Sp-2254	0.0568	0.0560	0.0520	0.0505	0.0475
Gal/ton cosechadoras	0.2532	0.2309	0.2300	0.2290	0.2210
Ton-hora alzadora Sp-1850	45.90	46.25	47.00	47.00	47.00
Ton-hora alzadora Sp-2254	75.16	75.00	75.00	75.00	76.00
Ton-hora cosechadora	32.95	34.00	34.00	34.00	40.00
Toneladas por jaula	24.35	24.55	25.00	25.50	26.00
% Eficiencia del CAT	N/D	N/D	82.00	85.00	88.00
Rendimiento Core-sampler (lbs/ton)	266.76	267.50	272.00	272.00	268.00
% materia extraña vegetal granel (Q)	6.18	5.90	5.80	6.40	6.30
% materia extraña mineral granel (Q)	0.22	0.20	1.00	0.80	0.55
% materia extraña vegetal mecanizado (Q)	13.20	10.00	9.00	9.00	9.50
% materia extraña mineral mecanizado (Q)	0.36	0.20	1.50	1.50	0.75
% caña ingresada antes de 36 horas granel	60.75	75.00	70.00	70.00	75.00
% caña ingresada antes de 24 horas granel	30.71	38.00	40.00	40.00	35.00
% caña ingresada antes de 36 horas mecanizado	98.00	98.00	98.00	98.00	98.00
% caña ingresada antes de 24 horas mecanizado	91.00	88.00	85.00	85.00	80.00
Caña dejada en campo granel	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Caña dejada en campo mecanizado	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50
Tiempo perdido por falta de caña	0.70	0.80	0.60	0.40	0.74

Fuente: (Investigación de campo 2016)

El cuadro 2 muestra las metas establecidas para cada indicador en las últimas 5 zafras, demostrando en su mayoría mejora de los indicadores, producto de procesos fuertes de capacitación, implementación de supervisión integral, gestión de la información, implementación de nuevas metodologías en los procesos y comunicación efectiva entre los responsables de los procesos.

### **5.2.3.1 Eficiencia de la operación de la cosecha.**

El monitoreo de la operación de la cosecha enfocado en la eficiencia, no es más que medir como se están utilizando los recursos para realizar las labores y cumplir con los objetivos establecidos. Estos indicadores van dirigidos a aspectos económicos e influyen en la rentabilidad de los procesos. Los indicadores de eficiencia son establecidos de acuerdo a los resultados alcanzados en zafras anteriores, también se toma en cuenta las condiciones de la operación, características de las fincas y las labores a realizar. A continuación se describen los indicadores de eficiencia de la operación de la cosecha que están sujetos a monitoreo.

#### *a. Toneladas hombre día (THD).*

Este indicador se refiere a la cantidad promedio de toneladas que un cortador puede cosechar en un periodo de zafra determinado. Y se mide por la cantidad total de toneladas cortadas dividido dentro de los días que asistió a la labor del corte. Este indicador impacta directamente en los aspectos económicos de la cosecha, debido a que a menor cantidad de toneladas cortadas por persona mayor será el número de personas que se necesitan, esto impactara en mayor supervisión (Caporales y monitores), mayor cantidad de buses y mayor cantidad alimentación, y como producto final mayor cantidad de costos para cortar la misma cantidad de toneladas (menos eficiencia).

Los resultados de las eficiencias de THD se entregan quincenal y mensualmente a los Jefes de frente, Encargados de corte, a través de los resultados por cortador y por grupo se analizan las causas del bajo rendimiento (condiciones del cañal, distancias de la fincas, condiciones propias del cortador) y se toman las medidas necesarias para que este indicador este dentro de los parámetros permitidos.

**Figura 17** Gráfico comparativo mensual por frente de eficiencia (ton-hora) de alzadoras.

CODIGO	NOMBRE DEL CORTADOR	ZAFRA 14-15		ZAFRA 15-16		DIFERENCIA
		DIAS	THD	DIAS	THD	
290558	RAXHULEU LASPOP, AGUSTIN	143	7.00	151	6.93	-0.07
265046	PAR POS, REGINALDO	178	6.20	167	6.56	0.36
265110	CAN SOP, FRANCISCO	136	5.90	162	6.54	0.64
66010	CHACAJ JOJ, PEDRO	172	5.89	99	6.44	0.55
265072	IXQUIACTAP SANTIZO, FELIX	168	5.79	164	6.27	0.48
265058	BALTAZAR TOMAS, CANDIDO	177	5.75	166	6.22	0.47
290575	PAR POS, MACARIO	146	5.75	162	6.10	0.35
66011	CHACAJ JOJ, VALENTIN	131	5.70	164	5.88	0.18
265007	GUZMÁN PÉREZ, MARVIN OTTO	112	5.62	142	5.76	0.14
265061	COTUC MARCOS, NOLBERTO	148	5.56	149	5.57	0.01
66113	SILVESTRE GOMEZ, GUILLERMO	159	5.52	160	5.52	0.00
265008	ESQUIPULAS XOCOL, RAFAEL	155	5.52	149	5.51	-0.01
290580	CARRILLO MORALES, EVER JOSE	151	5.38	150	5.45	0.07
265015	SILVESTRE GOMEZ, PABLO	140	5.38	148	5.44	0.06
265003	LOPEZ, MATIAS	178	5.27	144	5.44	0.17
265083	SILVESTRE PÉREZ, CESAR AUGUSTO	146	5.16	68	5.41	0.25
265124	VASQUEZ SALQUIL, MANUEL	163	5.15	154	5.36	0.21
265016	SILVESTRE GOMEZ, RICARDO	138	5.15	143	5.36	0.21
265028	GUZMAN PEREZ, ISRAEL	173	5.05	136	5.21	0.16
66007	GOMEZ LOPEZ, LUCIO	174	4.99	94	5.18	0.19
265098	DE LEON CHAVEZ, ELIAS	174	4.99	117	5.16	0.17
265020	SALQUIL GOMEZ, ARTURO	161	4.98	100	5.09	0.11
265018	OXLAJ LASTOR, BERNABE	152	4.96	158	5.08	0.12
66098	MORALES IXQUIER, MYNOR EVER	168	4.92	156	5.06	0.14
265125	POS TUNAY, JUAN JOSE ANTON	150	4.85	139	4.97	0.12
PROMEDIO			5.46		5.66	0.20

Fuente: (El autor 2016)

*b. Consumo de combustible (gal/ton).*

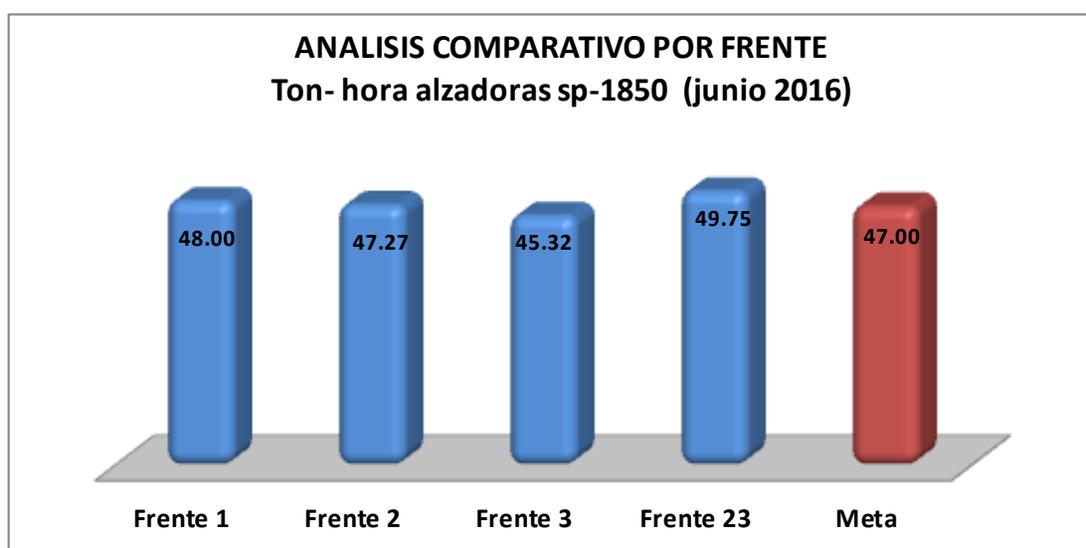
Indicador que hace referencia a la cantidad de combustible (galones diesel) utilizado para alzar, halar o cortar/alzar una tonelada de caña (de acuerdo al tipo de maquinaria). La gestión del indicador se mide por la cantidad de galones consumidos por maquina dividido la cantidad de toneladas cosechadas por la misma. La gestión de este indicador impacta directamente en los costos de la cosecha, debido a que un mal uso de la maquinaria tendrá como efecto directo mayor utilización de combustible con menor cantidad de toneladas cosechadas.

El reporte de eficiencias es entregado quincenalmente a los Jefes de Frente, Encargados de alce y operadores de maquinaria, para que puedan analizar las causas (habilidades del operador, estado, tipo y edad de la máquina, condiciones topográficas de las fincas, condiciones de los cañales) del cumplimiento o incumplimiento del mismo, para después hacer las correcciones o mejoras necesarias y lograr el cumplimiento de los mismos.

*c. Capacidad de la maquinaria (Ton/hora)*

La capacidad de la maquinaria está relacionada a la cantidad de toneladas cosechadas en una hora efectiva de operación (no incluyen movimiento ajenos a la operación). Se mide contabilizando la cantidad de toneladas cosechadas en un periodo determinado dividido las horas efectivas utilizadas para la labor (alce, corte-alce, movimiento interno). Aunque este indicador no impacta directamente en los aspectos económicos, determina las habilidades del operador y el uso adecuado y estado de la maquinaria. Generalmente se mide con el objetivo de administrar adecuadamente la maquinaria del alce. Este indicador es revisado quincenalmente por Jefes de frente y encargados de alce, a través de él toman decisiones sobre el uso de la maquinaria en los frentes y la necesidad de capacitación para los operadores de maquinaria.

**Figura 18** Gráfico comparativo mensual por frente de eficiencia (ton-hora) de alzadoras.



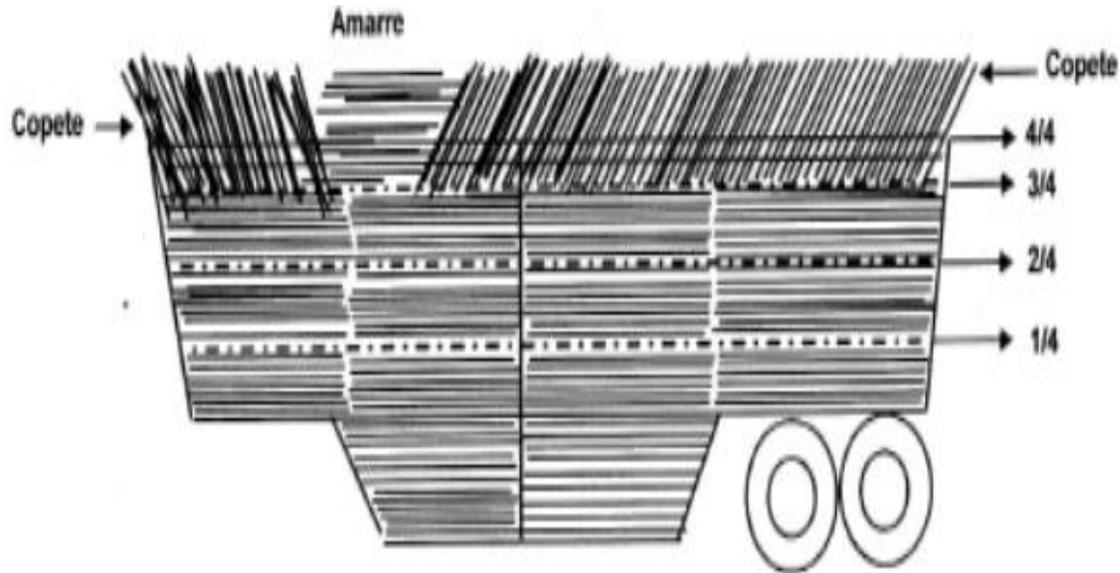
Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

*d. Toneladas transportadas por jaula.*

Este indicador hace referencia a la cantidad de caña (toneladas) que se transporta por cada jaula o carreta cañera, se establece de acuerdo al sistema de cosecha (granel o mecanizado), a las condiciones de las rutas cañeras y a las dimensiones de los equipos. La importancia de la gestión de este indicador radica en que impacta directamente en los costos del transporte, costos que representan el 25% de los costos totales de las labores del CAT.

Debido a que mayor cantidad de toneladas transportadas menor uso de transporte (viajes camión día y toneladas camión día). Este indicador se transmite diariamente a los involucrados en la operación del alce y del transporte. Para que en conjunto con los operadores de maquinaria y supervisores de transporte hagan las correcciones necesarias en la metodología de carga y aumenten los pesos de las jaulas cañeras.

**Figura 19** Metodología de alce para sistema de cosecha granel.



Fuente: (Coordinación de Cosecha 2016)

### 5.2.3.2 Calidad de la materia prima.

La calidad de la materia prima es un objetivo prioritario y necesita de un compromiso de todos los involucrados en la operación. Una materia prima de óptima calidad será aquella que se caracterice por un alto contenido de sacarosa, un bajo contenido de materias extrañas (*trash* vegetal y mineral) y de sustancias solubles no-sacarosa y por un nivel adecuado de fibra, asegurando un máximo rendimiento fabril y la mejor calidad del azúcar obtenida, resultando en una mejor eficiencia y rentabilidad, tanto de la fábrica como de los costos de producción del cultivo.

Es muy importante entender que el resultado final del proceso agroindustrial azucarero, expresado como el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos, depende del azúcar acumulado en la caña durante su crecimiento y maduración, de la calidad de la materia prima que se entrega y de la producción eficiente del proceso fabril, considerando de manera especial la cantidad de las sustancias no-azúcares que la acompañan al momento de su molienda.

En resumen el principal objetivo de los procesos de corte, alce y transporte de la caña de azúcar es entregar materia prima de alta calidad a fábrica, o visto desde otro punto de vista es perder la menor cantidad de azúcar (entregada por campo) desde el inicio del proceso de cosecha hasta la entrega a fábrica.

A continuación se describe los indicadores de calidad de materia prima de la cosecha que están sujetos a monitoreo.

*a. Eficiencia del CAT (% de eficiencia).*

Este indicador hace referencia a las pérdidas de azúcar por efecto de los procesos de corte, alce y transporte de la caña de azúcar, este indicador se mide en el laboratorio de caña y fabrica del ingenio y están determinados por las libras por tonelada de azúcar que entrega campo a la cosecha (análisis pre cosecha) y las libras por tonelada de azúcar que entrega la cosecha a fabrica (análisis *core-sampler*). De esta manera la eficiencia se calcula dividiendo las libras de azúcar del muestreo de caña en *core-sampler* dentro de las libras de azúcar del muestreo de caña en pre cosecha, multiplicado por 100. La medición y análisis de los resultados de la eficiencia del CAT sirven de base para determinar la gestión de otros índices de gestión como lo son los % de materia extraña, las horas quema y la permanencia de la caña en campo.

Cada ingenio define el valor de este indicador, pero generalmente se dice que los procesos del CAT son eficientes en el proceso de pérdidas de azúcar cuando alcanzan porcentajes iguales o mayores al 88%.

El monitoreo de este indicador lo realizan los laboratorios de caña y fabrica del ingenio, y los resultados son analizados todos los días por los involucrados en la operación para tomar decisiones relacionados en las practicas que se realizan para mejorar la calidad de la caña, decisiones que van dirigidas a eficientar el proceso de la quema, la selección adecuada de caña moledera por parte del cortador, disminuir los % de materia extraña o disminuir los tiempos de permanencia de la caña en el campo.

*b. Contenido de sacarosa al ingreso de caña a fabrica (Rendimiento *core-sampler*).*

El muestreo de caña en el *core-sampler* es un indicador que expresa el contenido de sacarosa que trae la caña antes de su ingreso a fábrica. Este indicador evalúa si las prácticas agrícolas dirigidas a acumular azúcar durante su desarrollo y crecimiento fueron realizadas adecuadamente y las labores de cosecha cumplieron el objetivo de perder la menor cantidad de sacarosa posible.

Los resultados de los muestreos pre-cosecha son generados todos los días por finca y lote, y son analizados diaria y semanalmente para determinar si las labores de campo y de cosecha están siendo orientadas adecuadamente para cosechar la caña cuando presente sus mayores contenidos de sacarosa o mejorar las practicas que involucran la gestión de la calidad de la caña.

**Cuadro 3** Aporte de los procesos agrícolas en la calidad de la materia prima

Campo (producción)	Cosecha
Fertilización	Cosecha de variedades de acuerdo al estrato y tercio de zafra
Siembra de variedades adecuadas al estrato y tercio de cosecha	Cosecha de caña en la ventana de madurez adecuada
Control de plagas y enfermedades	Mejorar la eficiencia de la cosecha
Aplicación de madurantes	Disminuir los contenidos de materia extraña en la caña
Control y tipo de riego	Disminuir las horas de permanencia de la caña
Disminución de quemas criminales	Planificar y ejecutar adecuadamente la cosecha

Fuente: (Investigación de campo 2,016)

El cuadro 3 muestra cada una de las etapas críticas por proceso que intervienen o aportan a la calidad de la materia prima. En los últimos años los procesos de campo y cosecha han enfocado sus labores de supervisión, capacitación, investigación y monitoreo a estas etapas críticas, para lograr obtener los mejores resultados en los rendimientos de azúcar por tonelada. Ver gráfico 3. (Gráfico comparativo rendimiento envasado por Ingenio zafra 2015-2016)

c. Porcentaje de materia extraña o trash

El porcentaje (en peso) de contenido de materia extraña es otro indicador de la calidad de la materia prima, y hace referencia a todo el material vegetal que no contiene sacarosa y que acompaña a la caña de azúcar, este indicador es evaluado a diario en el laboratorio de caña, y es comunicado al inicio de la jornada de corte a todos los involucrados en el proceso para que tomen las medidas necesarias para disminuir los porcentajes que estén fuera de parámetro, la materia extraña fuera de parámetro afecta en los siguientes procesos:

- Liquidación a los proveedores.
- El costo de la cosecha y el transporte.
- La Eficiencia de la fábrica, debido a que causa incremento en el bagazo y la fibra, ocasionando disminuciones en la extracción y la recuperación final del azúcar.

**Cuadro 4** Componentes de la materia Extraña

Componentes de la materia extraña	Componentes de la materia extraña
Hojas	Cogollos
Raíces	Tallos secos
Tallos podridos	Tallos inmaduros (mamones)
Tierra	Lalas
Maleza	Corcho

Fuente: (Investigación de campo 2,016)

El cuadro 4 muestra cada uno de los componentes o factores de la materia extraña o *trash*. Es importante mencionar que los porcentajes de materia extraña varían de acuerdo al sistema de cosecha, la calidad de la quema, si fue cortado en verde o quemado, la variedad y las condiciones climáticas. Sin embargo los factores o componentes de mayor impacto son los cogollos, hojas y tierra. Ver anexo 8 (Fotografía materia extraña vegetal)

*d. Porcentaje de horas quema.*

La caña cosechada que estuvo sujeta al proceso de quema, sufre deterioro por efecto de la temperatura (quema) y por el tiempo (horas) después de la quema hasta la entrega a fábrica, este deterioro impacta directamente en las pérdidas de azúcar y reducciones apreciables en el peso de la caña por la pérdida de humedad, por ello a mayor cantidad de caña fresca menor cantidad de sacarosa perdida. El deterioro de la caña por efecto de la quema y la permanencia en el campo es uno de los factores que en combinación con la materia extraña afectan en mayor porcentaje la calidad de la materia prima y los rendimientos de azúcares finales.

Por ello este indicador es medido todos los días, y monitoreado en cada uno de los frentes de cosecha para que se comporte de acuerdo a los parámetros permitidos, generalmente se mide en porcentajes de caña ingresada a fábrica antes de 36 horas y porcentaje de caña ingresada antes de 24 horas. Poniendo especial atención de este índice en la cosecha mecanizada debido a que el deterioro es mayor debido al tipo de corte (trozos de caña) que se realiza, este deterioro se debe a la entrada de microorganismos a la planta como resultado de las operaciones mecánicas, especialmente cuando las cuchillas de las cosechadoras no están bien afiladas. En general se recomienda que la caña cosechada mecánicamente desde la quema hasta la entrega a fábrica ingrese un 90 % antes de las 24 horas y la caña cosechada manualmente ingrese un 75 % antes de las 36 horas y nos mas de las 48 horas.

**Cuadro 5** Reporte de horas quema por frente

<b>Frente</b>	<b>12-24 horas</b>	<b>% 12-24</b>	<b>24-36 horas</b>	<b>% 24-36</b>	<b>TOTAL</b>	<b>&lt; De 36 Hrs</b>	<b>&lt; De 36 %</b>
1	92,741	41	86,239	38	<b>224,956</b>	184,587	82
2	119,284	34	153,934	44	<b>349,068</b>	283,361	81
3	28,126	31	34,088	38	<b>90,094</b>	65,889	73
4	19,301	47	10,730	26	<b>40,927</b>	38,009	93
5	10,132	29	13,503	39	<b>34,947</b>	29,685	85
6	35,524	34	39,072	37	<b>105,452</b>	80,169	76
22	75,498	44	9,438	5	<b>173,088</b>	171,237	99
23	25,927	28	30,163	33	<b>91,337</b>	58,368	64
36	5,011	24	8,585	41	<b>20,968</b>	14,475	69
55	888	16	2,805	49	<b>5,714</b>	3,772	66
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>412,432</b>	<b>36</b>	<b>388,557</b>	<b>34</b>	<b>1,136,550</b>	<b>929,552</b>	<b>82</b>

Fuente: (Coordinación de Cosecha 2,016)

El cuadro 5 nos muestra el comportamiento de los porcentajes de caña ingresados antes de 36 horas para frente de granel. Considerando que para la zafra 2015-2016 la meta de este indicador era del 75 %, ver cuadro 2 (Comparativo de Indicadores de gestión operación de la cosecha de las ultimas 5 zafras) este indicador fue superado en 7 puntos porcentuales lo cual refleja el trabajo desarrollado por todos los involucrados en este indicador. Los frentes que no cumplieron con el indicador están influenciados por la cosecha de cañales fuera de programa producto de quemas criminales.

### **5.2.3.3 Gestión del servicio de la cosecha a campo y fábrica.**

La cosecha de la caña de azúcar es un proceso de servicio, teniendo como sus principales clientes y aliados estratégicos a las áreas de producción y fábrica. El servicio a campo va dirigido a cosechar la caña en el momento oportuno, cuando reporte sus mejores niveles de producción de azúcar, causar el mínimo daño posible a los campos de producción, perder la menor cantidad de azúcar en el proceso del corte, alce y transporte, evitar al máximo pérdidas de caña en campo. El servicio a fábrica va dirigido a entregar materia prima de alta calidad y garantizar el suministro de caña diariamente. Algunos de estas prácticas son evaluadas dentro de las gestiones mencionadas y explicadas anteriormente, en este numeral explicaremos dos indicadores, los cuales se detallan a continuación:

#### *a. Caña dejada en campo por efecto de la cosecha.*

En la cosecha de la caña de azúcar se producen pérdidas de caña, estas pérdidas si no son controladas y monitoreadas pueden provocar considerables afectaciones económicas en el proceso de producción. Las pérdidas de caña en campo son provocadas por diferentes razones; estado de los cañales, malas técnicas en el proceso de corte, mala operación en alce, baja supervisión, campos no adecuados correctamente para la cosecha mecanizada, mal acomodo de la carga en las carretas cañeras.

Los parámetros establecidos para esta mala práctica son establecidos de acuerdo al tipo de cosecha, es así que para la cosecha granel un parámetro permisible es de 1% de la productividad del lote y para cosecha mecanizada 2% de la productividad del lote cosechado. La caña dejada en campo es evaluada diariamente por el área de producción y los resultados son entregados de manera inmediata a los Jefes de frente y Encargados de corte y alce, con el objetivo de verificar si las prácticas de supervisión enfocadas en este indicador están dando los resultados esperados o de acuerdo a los parámetros establecidos.

#### *b. Abastecimiento de caña fabrica (Tiempo perdido por falta de caña)*

El abastecimiento continuo de materia prima a fábrica es de suma importancia para un ingenio azucarero, abastecimiento que se logra a través de una correcta planificación y logística de cada uno de los procesos de corte, alce, red vial y transporte. Una mala planificación o

logística inadecuada puede provocar una parada inminente de fábrica por falta de caña. Para lograr un continuo abastecimiento de caña, se debe analizar correctamente antes del inicio de zafra los recursos humanos y materiales a utilizar, los factores externos que pueden influir y los planes de contingencia para minimizar el impacto.

Un aspecto importante en el cumplimiento de este indicador es la comunicación que debe existir entre campo y cosecha, para determinar si ambos pueden cumplir con la planificación diaria de molienda, o reducir o ampliar la molienda de acuerdo a las condiciones de los recursos. La falta de caña en fábrica provoca pérdidas en calidad de la materia prima, desajustes en las labores de la cosecha, aumento de los costos de la cosecha y de la fábrica. Existen factores externos e internos que pueden provocar el desabastecimiento de caña a fábrica, dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes:

#### b.1 Factores externos.

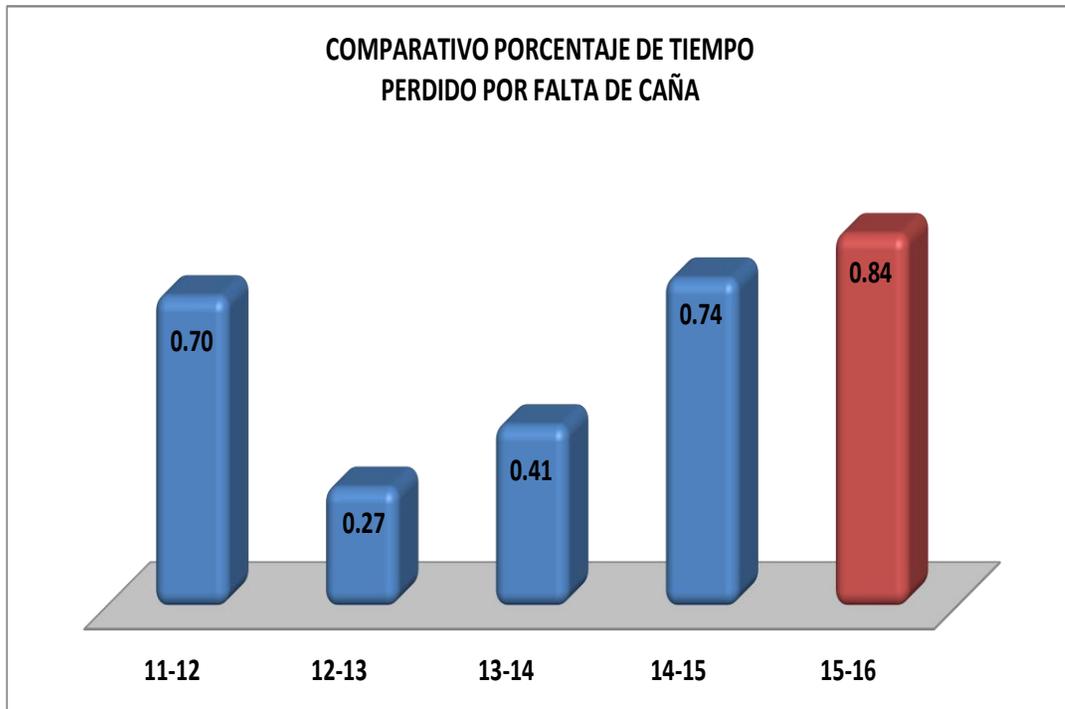
- Lluvia
- Accidentes en carretera
- Bloqueos de rutas
- Desastres naturales

#### b.2 Factores internos

- Inasistencia de cortadores
- Mala planificación diaria de la cosecha
- Logística inadecuada de la cosecha
- Estado de los cañales
- Baja disponibilidad de maquinaria de alce

- Baja disponibilidad de transporte
- Malas condiciones de las rutas cañeras
- Falta de comunicación entre los procesos de corte, alce, transporte y red vial.

**Figura 20** Tiempo perdido por falta de caña, últimas 5 zafas



Fuente: (Laboratorio de Fábrica 2016)

### 5.3. Sistemas de cosecha de caña de azúcar en ingenio Palo Gordo

La cosecha es un conjunto de labores y operaciones tecnológicas, las cuales constituyen la etapa final del proceso productivo de la caña de azúcar. La misma consta de 3 labores básicas, corte, alce y transporte de la caña de azúcar. En el Ingenio Palo Gordo se clasificó la cosecha en 4 sistemas, en función de la mezcla de prácticas y combinación de tecnologías en las labores del corte, alce y transporte de la caña.

Actualmente el 90% de los ingenios cosechan la caña de azúcar con dos sistemas (granel y mecanizado), el ingenio Palo Gordo en la actualidad depende de dos sistemas más debido a las topografía, accesos y tamaño de las fincas. Estas características hacen que existan fincas que se cosechen con sistemas que son obsoletos y poco rentables para otros ingenios.

Es necesario mencionar que de acuerdo a las características de las fincas es así como se establecen los sistemas y frentes de cosecha. Esta caracterización de fincas se realiza todos los años para garantizar que cada una de las unidades de producción sean cosechadas con el sistema y frente de cosecha adecuado en función de los costos de operación, calidad de la materia prima y la gestión de servicios de la cosecha a campo y fábrica.

### **5.3.1 Sistema de cosecha “A GRANEL”**

#### ***5.3.1.1 Generalidades.***

Actualmente es el sistema con mayor porcentaje de participación en la cosecha de caña de azúcar de ingenio Palo Gordo, fue implementado en los años 80 y ha sufrido varias modificaciones desde su implementación, cambios producto de la búsqueda de la eficiencia y la mejora de los procesos. La mayoría de cambios que ha sufrido este sistema han sido en el tipo de herramienta de corte, el tipo de maquinaria para la labor del alce, la metodología del corte, los parámetros de medición, el tipo de corte (continuo o discontinuo) y la logística de operación, hasta llegar a la versión actual que es la cosecha a granel a seis surcos con machete australiano.

En general este sistema de cosecha se puede establecer en la mayoría de las fincas a excepción de fincas que por condiciones de acceso (ancho de calles) no permiten el ingreso de las jaulas cañeras y fincas con topografía con alta pendiente. Actualmente el 95% de la caña que se cosecha con este sistema se corta en quemado y el restante 5 % se corta en verde, para poder entender el comportamiento de esta variable o labor (quema) se realizara un comparativo de estas dos modalidades (quemado y verde) y el resultado comparativo de los indicadores de la cosecha en quemada versus la cosecha en verde.

#### *a. Corte de la caña con sistema “A GRANEL”.*

El corte de la caña se realiza completamente manual, esta labor se puede realizar en quemado o en verde, utilizando la herramienta denominada machete australiano. El corte es realizado por obreros (cortadores) que están constituidos en grupos de 50 personas máximo dirigidos por un caporal y un monitor. Los cortadores deben poseer habilidades y conocimientos para cortar la caña, aspecto fundamental para evitar pérdidas en campo y cumplir con los parámetros de calidad permitidos por la empresa.

Este sistema tiene dos variantes que dependen principalmente de la presencia de piedra en los lotes a cosechar y de la densidad de los cañales, de acuerdo a estas características se clasifican en corte con chorra continua y corte con chorra discontinua.

Es importante mencionar que la chorra discontinua se aplicó en el ingenio para disminuir los porcentajes de materia extraña mineral (tierra y arena), sin embargo por su alto costo, baja eficiencia de los cortadores y alto consumo de combustible en la maquinaria se buscó una alternativa más eficiente que es la implementación del apilador de trineo en las alzadoras, ver anexo 9 (alzadoras sin y con apilador de trineo) esta modificación permite con una buena operación y metodología disminuir los porcentajes de materia extraña mineral presente en la caña que se entrega a fábrica.

En general los dos sistemas en su metodología son similares, la única variable es la forma en que el cortador acomoda la caña para que pueda ser alzada, en la chorra continua el cortador la acomoda de manera continua y en la chora discontinua el cortador la acomoda haciendo maletas o bultos de caña de 1.5 metros de largo y 1.20 metros de altura dejando una separación de aproximadamente 75 centímetros entre sí.

Los puntos claves en la supervisión del corte a granel son los siguientes:

- Caña dejada en campo por efecto del corte.
- Rendimiento del cortador.
- Materia extraña vegetal.
- Selección adecuada de tallos molederos.
- Permanencia de la caña después del corte.

**Cuadro 6** Analisis comparativo del sistema granel chorra continua versus sistema granel chorra discontinua

Variable	Chorra continua	Chorra discontinua o mini chorra
Ventajas	Mayor eficiencia del cortador en THD	Disminuye el porcentaje de materia extraña mineral
	Mayor eficiencia del alce en toneladas hora	Se puede utilizar en fincas con presencia de piedra
	Menor consumo de combustible en galones por tonelada	Se puede utilizar en fincas con baja densidad
	Menor costo por tonelada cortada	Disminuye el envío de piedras a fabrica
	Mayor eficiencia en el transporte	
	Menor utilización de tiempo en el ciclo de carga	
Desventajas	No se puede utilizar en fincas con presencia de piedra	Menor eficiencia del cortador en THD
	Alto consumo de combustible en cañales con baja densidad	Menor eficiencia del alce en toneladas hora
	Aumenta el % de piedras enviadas a fabrica	Mayor consumo de combustible en galones por tonelada
		Mayor costo por tonelada cortada
		Menor eficiencia en el transporte
	Mayor utilización de tiempo en el ciclo de carga	

Fuente: (Investigación de campo 2016)

El cuadro 6 nos muestra las ventajas y desventajas en la aplicación del sistema granel chorra continua versus el sistema granel chorra discontinua. Podemos ver claramente las ventajas competitivas de la chorra continua razón por la cual actualmente este tipo de corte se utiliza en el 90% de las fincas y el 10% restante con chorra discontinua utilizando únicamente en fincas con alta presencia de piedras y cañales con producciones menores a las 75 toneladas por hectárea. Importante mencionar que aunque la chorra discontinua disminuye los porcentajes de materia extraña mineral, esta ventaja competitiva del sistema chorra discontinua se iguala con la adaptación de apiladores de trineo en las alzadoras. Ver anexo 10 (Fotografía corte a granel con chorra discontinua en finca con alta presencia de piedra)

**Cuadro 7** Analisis comparativo de la cosecha granel en quemado versus la cosecha granel en verde

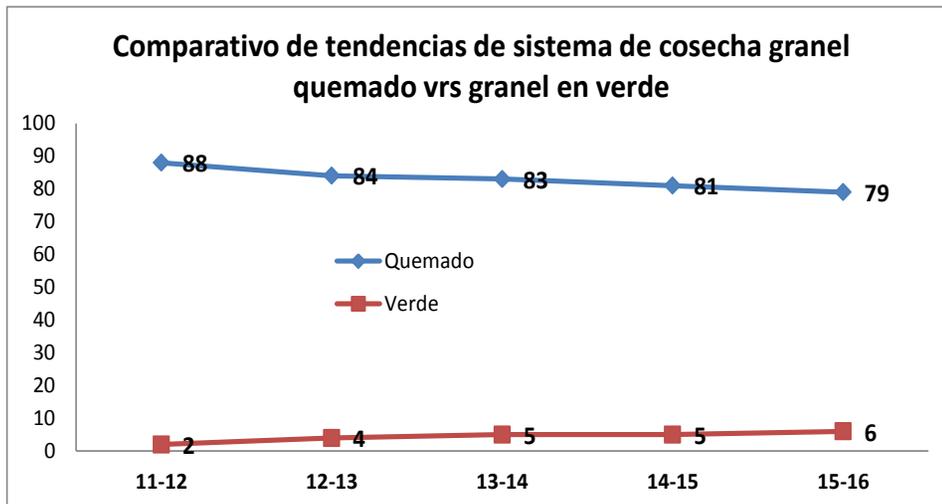
Variable	Cosecha granel en quemado	Cosecha granel en verde
Ventajas	Mayor eficiencia del cortador en THD	Disminuye conflictos con comunidades y organizaciones ambientales
	Menor costo por tonelada cortada	Entrega de caña a fabrica mas fresca y con menor deterioro
	Disminuye el porcentaje de materia extraña vegetal	Reduce la contaminación por efecto del humo y la pavesa
	Disminución de accidentes y peligros para el cortador	Biomasa sirve como sub-producto para cogeneración de energía eléctrica
	Mejores resultados en la calidad de corte	Disminución en gastos agrícolas en malezas y riego
	Disminuye las pérdidas de caña dejada en campo	
Desventajas	Provoca molestias en comunidades y organizaciones ambientales	Disminución considerable del rendimiento del cortador en THD
	Contaminación al medio ambiente por el humo y la pavesa	Aumento considerable de los costos por tonelada cortada
	Aumenta las horas de permanencia de la caña en el campo	Aumento del porcentaje de materia extraña vegetal entregada a fabrica
	Acelera la descomposición de la caña	Mayor % de pérdidas de caña dejada en campo
	Aumenta el riesgo de provocar daños a cultivo vecinos	Mayor riesgo de accidentes y peligro para cortadores

Fuente: (Investigación de campo 2016)

El cuadro 7 muestra las ventajas y desventajas de la aplicación de la cosecha granel en verde y en quemado. Aunque son factores generales y de carácter cualitativo, los indicadores que más impactan negativamente al proceso utilizando la cosecha granel en verde son; el aumento considerable del costo la tonelada cortada, el aumento de materia extraña vegetal y disminución de hasta el 51.46 % del rendimiento del cortador.

No así la cosecha en quemado que reporta mejores indicadores en función de costos por tonelada cortada y en calidad de la materia prima. Importante mencionar que en los últimos años ha existido constante presión por organismos internaciones, comunidades y organizaciones ambientales, para que la práctica de la quema sea suspendida, ha provocado que la cosecha en verde sea en estos momentos la solución a estos problemas de carácter social y ambiental.

**Figura 21** Gráfico comparativo de la tendencia porcentual de la cosecha granel en quemado versus granel en verde en las últimas 5 zafas en Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (El autor 2016)

La figura 21 muestra la tendencia muy estable en la participación del sistema de cosecha a granel a lo largo de los últimos 5 años, disminuyendo únicamente 5 puntos porcentuales con relación al año de mayor participación. Así mismo se puede observar la marcada diferencia de hasta 80 puntos porcentuales entre el granel quemado y granel en verde, causada principalmente por los altos costos de la tonelada cortada y aumento de la materia extraña vegetal. La cosecha granel en verde se utiliza únicamente en cañales donde por diferentes condiciones (tendidos eléctricos, daño a otros cultivos o condiciones de vientos) no se puede quemar y cuando la lluvia no permite ejecutar la labor de la quema.

*b. Alce de la caña con sistema granel.*

El alce o alza de la caña con este sistema es completamente mecánico, utilizando para esta labor dos tipos de máquinas; alzadoras y tractores de movimiento interno, Ver Figura 21 (alce mecánico de la caña de azúcar con sistema granel).

La función de las alzadoras es recolectar o levantar la caña que el cortador acomodo en el suelo para luego trasladar a una unidad receptora (jaula) halada por un tractor.

El tractor se utiliza para jalar la jaula cañera dentro de los lotes de producción y con movimientos sincronizados con la alzadora recibir la caña. En esta labor es muy importante el apunte de la caña, labor que debe ser bien realizada ya que a través de ella se determina el salario de todos los puestos de cosecha. Los puntos clave de supervisión en el alce de caña a granel son los siguientes:

- Eficiencia de la maquinaria.
- Caña dejada en campo por efecto del alce.
- Daños al cultivo y a los campos de producción.
- Materia extraña mineral.
- Permanencia de la caña.
- Eficiencia y buen uso de la metodología del alce.
- Toneladas transportadas por viaje.
- Daño a maquinaria por mala operación.

*c. Transporte de la caña con sistema granel.*

El transporte que se utiliza para este sistema es un cabezal o camión de alta potencia que lleva enganchadas 2 hasta 5 jaulas, la cantidad de jaulas que lleva cada camión dependerá del tipo de ruta cañera (asfalto o terracería), condiciones y dimensiones de la ruta. La logística es la siguiente: las unidades son asignadas a los diferentes frentes de cosecha, estas al llegar al frente le desenganchan las jaulas para que sean enganchadas al tractor y comenzar la labor de llenado de jaulas (alce), una vez llenas las jaulas se enganchen nuevamente a la unidad, la cual retorna con la caña a la fábrica.

Los puntos clave de supervisión de esta labor son los siguientes:

- Eficiencia en el consumo de combustible.
- Viajes cabezal día.
- Toneladas transportadas por viaje y combinación.
- Daño a unidades por mala operación.

*d. Ventajas operativas del sistema de cosecha granel.*

- Existencia de mano de obra con años de experiencia en el sistema.
- Infraestructura y recursos adaptados al tipo de cosecha.
- Alta oferta de mano de obra para cubrir las labores de la cosecha.
- Se adapta a la mayoría de condiciones de las fincas.
- Fuente de empleos directos e indirectos.
- Existencia de maquinaria y herramientas ya diseñadas para este tipo de cosecha.

- Versatilidad en los movimientos de los frentes de corte y alce.
- Posibilidad de transporte desde 2 hasta 5 jaulas por camión.

*e. Desventajas operativas del sistema de cosecha granel.*

- Alta dependencia de mano de obra.
- Inasistencia de cortadores provoca paradas frecuentes de fábrica.
- No apto para fincas con pendientes muy pronunciadas.
- No se adapta en fincas donde los accesos y caminos restringen el paso del transporte (ancho de caminos y radios de giro)
- Paradas de fábrica por baja disponibilidad de unidades de transporte y maquinaria de alce.
- Al prohibirse la quema de los cañales la utilización de este sistema en verde sería inoperante por los altos costos que representa, disminución de hasta un 51% de los rendimientos del cortador y disminución de los rendimientos de azúcar por alta presencia de materia extraña vegetal.

### **5.3.2 Sistema de cosecha mecanizada.**

#### ***5.3.2.1 Generalidades.***

La cosecha mecanizada tuvo sus inicios en Ingenio Palo Gordo en la zafra 2,003-2,004, iniciando esta experiencia con un frente de cosecha rentado con capacidad para 1,000 toneladas diarias, sin embargo por la inexperiencia en el sistema y falta de diseños de campo adecuados para la cosecha mecanizada el proyecto no tuvo el impacto esperado, cosechando en promedio 500 toneladas diarias. Esta experiencia sirvió de plataforma para que los diseños de campo se empezaran a adecuar a las características que necesita la cosecha mecanizada y fuertes procesos de capacitación al personal en áreas de cosecha mecanizada, logrando que el día de hoy sea el sistema de cosecha con el segundo porcentaje de participación en el ingenio.

A partir de la zafra 12-13 existe un cambio radical en la cosecha mecanizada del ingenio, se cambió de cosecha rentada a cosecha propia, cambio que ha impactado en la mejora del sistema y el cumplimiento de los indicadores de gestión. Actualmente el 93% de la caña que se cosecha con este sistema se corta en quemado y el restante 7 % se corta en verde.

La cosecha mecanizada operativa y logísticamente tiene sus implicaciones, ya que las fincas deben contar con características específicas para el buen funcionamiento del sistema, caso contrario provocara; daños al cultivo, aumento de la caña dejada en campo, daño a la maquinaria, mayor incorporación de materia extraña vegetal y mineral y aumento en la velocidad de descomposición o deterioro de la materia prima. A partir de los primeros resultados obtenidos por la cosecha mecanizada en el Ingenio Palo Gordo y tomando en cuenta los daños provocados por no contar con las características para el sistema, se estableció una guía para la clasificación de campos en función de la cosecha mecanizada, esta guía fue realizada entre técnicos de campo y cosecha de acuerdo a las características de las fincas del Ingenio Palo Gordo.

**Cuadro 8** Guía para la clasificación de campos en función de la cosecha mecanizada

Clase	Definición	Descripción
A	Lotes con características aptas para la cosecha mecanizada	Libres de piedras y obstáculos Pendientes de terreno hasta el 10% Pendiente del surco hasta del 5 por mil Largo de surco no menor de 160 metros Acceso adecuado para maquinaria Calles y rondas adecuadas Drenajes permiten la circulación de la maquinaria sin daño Distanciamiento de surco entre 1.60 a 1.75 metros Aporques para chinche salivosa menores de 20 centímetros
B	Lotes que con poca inversión y buen diseño pueden convertirse en Tipo A	Baja presencia de piedra que puede ser extraída Drenajes o quíneles inadecuados que pueden ser mejorados con diseño Topografía semiplana con pendientes que puedan surcarse hasta el 5 por mil Largo de surco menor a 160 metros Aporque para chinche salivosa mayores a 20 centímetros Calles y rondas inadecuadas que pueden ser mejoradas con diseño
C	Lotes que pueden cosecharse mecánicamente sacrificando la eficiencia o con riesgo de daño a la maquinaria, pero que pueden convertirse en lotes tipo A con alto costo.	Alta presencia de piedras y obstáculos (extraíble) Topografía irregular Alta cantidad de canales de drenajes Accesos difíciles para el transporte y la maquinaria Distanciamiento de surco menor de 75 metros Calles y rondas en anchos menores a los 6 metros
D	Lotes que definitivamente no son aptos para el sistema de cosecha mecanizada.	Alta pedregosidad Alta pendiente Topografía irregular Suelos muy arenosos Imposible el acceso a maquinaria y equipos de transporte

Fuente: (Departamento de Investigación Agrícola 2014)

El cuadro 8 muestra un sistema de clasificación para los lotes productivos del ingenio. Este sistema de clasificación es una guía para determinar los trabajos a realizar en función a la cosecha mecanizada y para los técnicos del CAT para clasificar el sistema de cosecha de acuerdo a las características de los lotes productivos. Esta clasificación sirvió de base para caracterizar todos los lotes productivos de las fincas del ingenio, pudiendo determinar las hectáreas, toneladas y porcentajes de cada clasificación. Con ello conocer la capacidad instalada que se tiene para la cosecha mecanizada y hacer proyecciones reales de acuerdo a inversiones de los porcentajes de incremento de la cosecha mecanizada para futuras zafras.

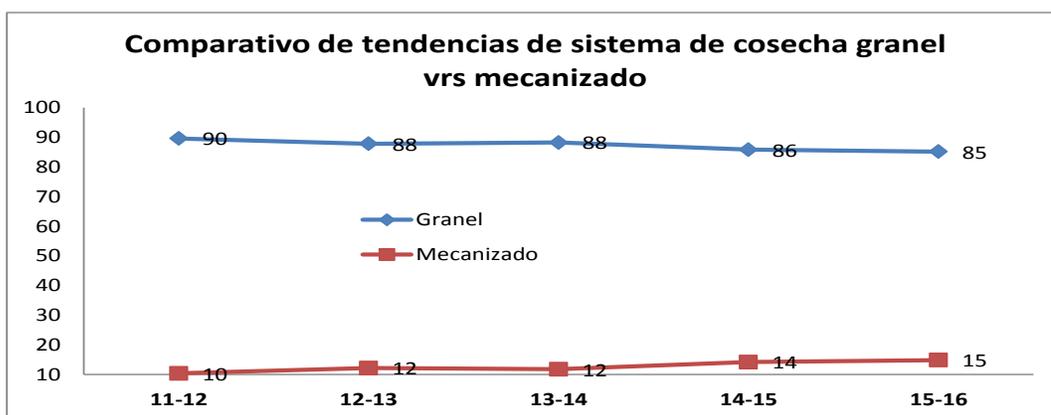
**Cuadro 9** Caracterización en hectáreas de fincas del Ingenio Palo Gordo en función de la cosecha mecanizada

Clase	Hectareas	%
A	2,175	13
B	7,789	46
C	4,016	24
D	2,975	18
<b>Totales</b>	<b>16,955</b>	<b>100</b>

Fuente: (Coordinación de cosecha 2016)

El cuadro 9 muestra la cantidad de hectáreas de las fincas del Ingenio Palo Gordo que tiene características para la cosecha mecanizada. Observando que actualmente en un 59% de las hectáreas del ingenio ya se puede realizar cosecha mecanizada, un 24% necesita fuertes trabajos para poderlos convertir a cosecha mecanizada y un 18% no son aptos para la cosecha mecanizada. Este 18 % (2,975 hectáreas) representa una limitante de impacto para el avance de la cosecha mecanizada en el Ingenio Palo Gordo, debido a que estas áreas definitivamente no se pueden cosechar mecanizadamente.

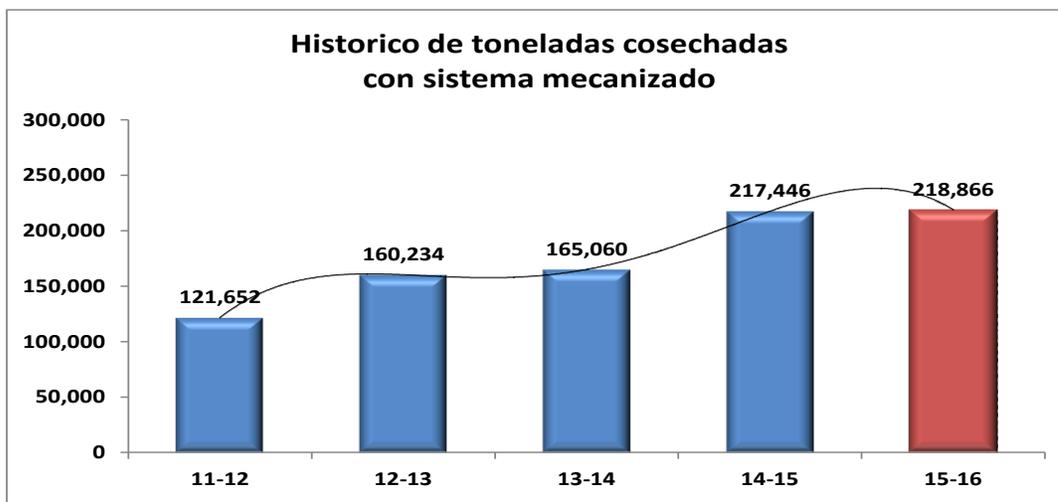
**Figura 22** Gráfico comparativo de la tendencia porcentual de la cosecha granel versus mecanizado en las últimas 5 zafras en Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (El autor 2016)

La figura 22 muestra la tendencia de los dos sistemas con mayores porcentajes de participación en las últimas 5 zafras, la gráfica muestra al sistema mecanizado con una pequeña tendencia de crecimiento de 5 puntos porcentuales y al sistema granel con una tendencia disminuida en 5 puntos porcentuales. Comparado con otros ingenios el crecimiento es mínimo, consecuencia de las características topográficas y de diseño de las fincas y obstáculos que no favorecen a la cosecha mecanizada. Ver anexo 16 (condiciones desfavorables para la cosecha mecanizada).

**Figura 23** Histórico de toneladas cosechadas con sistema mecanizado en las últimas 5 zafras en Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (El autor 2016)

La figura 23 muestra el avance de la cosecha mecanizada en el Ingenio Palo Gordo en las últimas 5 zafras, teniendo un crecimiento en toneladas del 44.42 % entre la zafra 11-12 y la zafra 15-16. El mayor crecimiento en toneladas se da a partir de la zafra 14-15, crecimiento que se debe principalmente a compra de dos cosechadoras más y el avance en la adaptación de los campos de cultivo.

*a. Corte de la caña con sistema mecanizado.*

El corte se realiza con máquinas llamadas cosechadoras, estas están compuestas de una serie de cuchillas base que se encargan de cortar la caña, introduciéndolas a la cosechadoras por unos molinos que se encargan de llevar la caña hacia las cuchillas trazadoras, herramientas que se encargan de cortar la caña en trozos o toletes, y a través de componentes mecánicos llevarlas hasta los elevadores para que comience la siguiente etapa. La operación del corte requiere que se realice con operadores previamente capacitados y con máquinas que tengan los mantenimientos oportunos y correctos. La combinación de la capacitación, adaptación de campos, maquinas en buen estado y supervisión permitirán una cosecha de caña mecanizada bajo los parámetros establecidos.

*b. Alce de la caña con sistema mecanizado.*

Una vez la caña está cortada en trozos, esta circula por medio de bandas hasta los elevadores, expulsando los trozos de caña hacia unidades receptoras que son llamados auto-descargables. Los auto-descargables se llenan y son llevados por medio de un tractor hacia la zona denominada de trasiego. Área preparada previamente para el alce o trasiego de la caña hacia las jaulas cañeras. Ver anexo 11 (Fotografía alce de la caña cortada con sistema mecanizado)

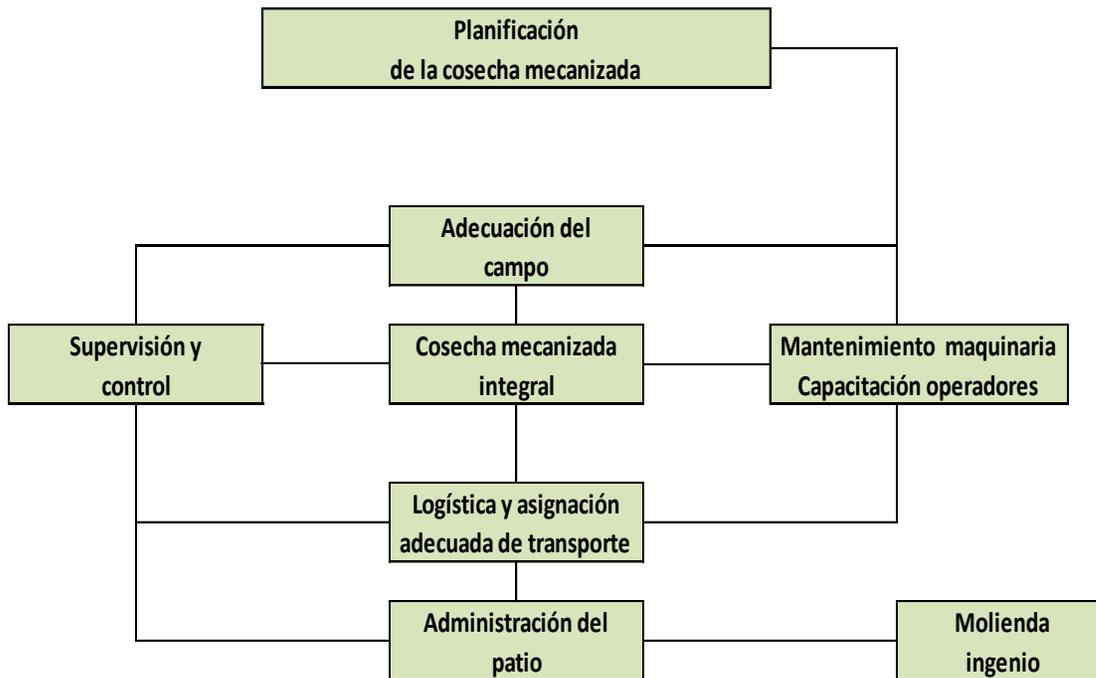
Al Llegar el punto de trasiego el tractor por medio de fuerzas hidráulicas levanta el auto descargable hasta la altura superior de la jaula, depositando adecuadamente la caña en la unidad receptora. En esta actividad es muy importante la sincronización entre el operador de tractor y la cosechadora, un adecuado punto de trasiego y seguir los pasos de la metodología de llenado de jaulas con sistema de cosecha mecanizado. Estas 3 consideraciones permitirán, menor daño al cultivo, menor compactación al suelo y menor cantidad de caña dejada en campo.

*c. Transporte de la caña con sistema mecanizado.*

Al igual que el sistema granel el transporte que se utiliza para este sistema es un cabezal o camión de alta potencia que lleva enganchadas 2 hasta 5 jaulas, la cantidad de jaulas que lleva cada camión dependerá del tipo de camino (asfalto o terracería), condiciones y dimensiones de la ruta. La diferencia principal es que las jaulas para granel son llenadas con alzadora y para mecanizado por medio de un auto-descargable.

También es importante destacar que el transporte cargado con caña cosechada mecánicamente es más eficiente que el granel ya que la caña en trozos ocupa menos espacio que la caña larga y por lo tanto se incrementa la capacidad de carga de los equipos de transporte.

**Figura 24** Esquema de los factores que intervienen en un sistema de cosecha mecanizado integral.



Fuente: (El autor 2016)

*d. Ventajas operativas del sistema de cosecha mecanizado.*

- Disminución de la dependencia de la mano de obra en la cosecha. Una cosechadora puede cortar en un día lo equivalente a 120 obreros.
- Entrega oportuna de caña al ingenio. Porque se cosecha cañas las 24 horas del día.
- Entrega de caña más fresca al ingenio.
- Se puede realizar la cosecha en verde o en quemado.
- Mayor cantidad de caña transportada por equipo de transporte.
- Ahorro en el control de malezas y mejora las características del suelo (cosecha en verde).

- Si se cosecha en verde se eliminan los impactos negativos al medio ambiente por efecto de la quema.
- Menor costo por tonelada cortada.

*e. Desventajas operativas del sistema de cosecha mecanizado.*

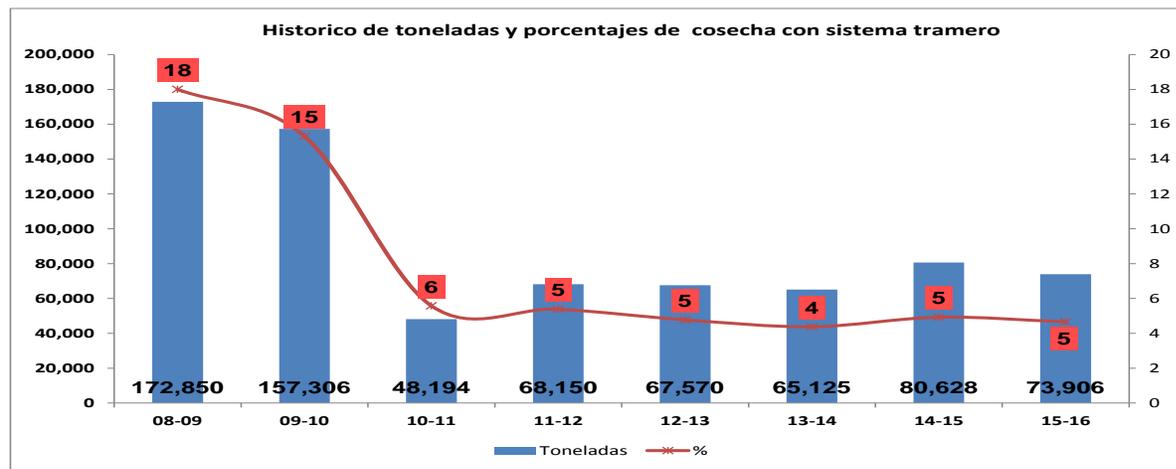
- No todas las fincas están adecuadas para este sistema.
- Los movimientos de los frentes son más tardados por la cantidad de maquinaria a trasladar.
- Bajo porcentaje de mano de obra calificada.
- Una mala decisión en la asignación de lotes puede causar daños altísimos a la maquinaria.
- Debido a que la caña es cortada en trozos se deteriora con mayor rapidez, por lo que debe ser molida de preferencia antes de 24 horas.
- Incrementa la resiembra en un 10 %.
- Aumento de la materia extraña vegetal y mineral entregada a fábrica.
- Mala operación puede causar daños severos en los campos y al cultivo de la caña de azúcar.
- La implementación total de este sistema disminuirá la mano de obra de cortadores y se convertirá en un problema social.

### 5.3.3 Sistema de cosecha “TRAMERO”.

#### 5.3.3.1 Generalidades.

Es uno de los primeros sistemas utilizado en el Ingenio Palo Gordo, la adaptación del nombre se debe principalmente por que la caña es acomodada dentro de un camión en donde la plataforma tiene divisiones de madera o tramos. Hasta la zafra 2009-2010 este sistema ocupaba el segundo lugar en porcentaje de participación en la cosecha, pero debido a la inasistencia de cortadores los fines de semana que provocaban contantes paradas de fábrica se empezó a disminuir la dependencia de este sistema, ubicándolo en fincas donde por razones de ruta las unidades de transporte y la maquinaria no pueden ingresar, también es utilizado en fincas pequeñas con producciones totales menores a las 1,000 toneladas y en quemas criminales pequeñas. Este sistema se puede cosechar en verde o quemado, pero los cortadores de este sistema no realizan el corte en verde aunque se les duplique el valor normal pagado por tonelada.

**Figura 25** Histórico de toneladas cosechadas con sistema tramero en las últimas 8 zafras en Ingenio Palo Gordo



Fuente: (El autor 2016)

La figura 25 muestra el comportamiento de la cosecha con sistema tramero, es importante mencionar que en los comparativos anteriores de otros sistemas se evaluó el comportamiento de 5 años, mientras que en este se tomaron los datos de las ultimas 8 zafras, debido a que la disminución del sistema empezó a partir de la zafra 2009-2010, pudiendo ver una dependencia de hasta el 18 % en la zafra 2008-2009, ocupado el segundo lugar en porcentaje de participación.

Entre la zafra 2008-2009 y la zafra 2015-2016 existe una disminución de 98,944 toneladas de caña lo que representa una baja del 57%. A partir de la zafra 2010-2011 hasta la zafra actual la tendencia es similar entre el 4 y el 6% de participación. Aunque este sistema es más caro en el costo por tonelada cortada y su logística es más complicada (cultura del personal) que los dos sistemas analizados anteriormente su desaparición se ve poco probable en el tiempo,

debido a características que se mencionaron anteriormente como los accesos, quemas criminales y producciones de las fincas.

*a. Corte de la caña con sistema “TRAMERO”.*

Esta labor es realizada completamente manual en surcos continuos por cuadrillas de 8 personas utilizando el machete tradicional. Se diferencia del sistema granel en que la caña es cortada en secciones de hasta 3 tramos para que pueda ser acomodada en los camiones. Los cortadores de este sistema tienen bajos rendimientos comparados con el sistema granel debido principalmente a que ellos también realizan la labor de alce de la caña, sin embargo los aspectos de calidad del corte son exigidos de igual manera que el corte a granel. Es importante mencionar que por el tipo de herramienta que utiliza las pérdidas en campo por efecto del corte son más altas que las reportadas en el corte a granel. Ver anexo 12 (Sistema de cosecha con sistema tramero)

*b. Alce de la caña con sistema “TRAMERO”.*

Esta labor es realizada completamente manual por los mismos obreros que cortan la caña, sin la ayuda de ningún tipo de maquinaria. Después de que la caña es cortada en tramos, es colocada o acomodada en el suelo y luego trasladada y acomodada manualmente hacia los camiones.

El proceso de alce o carga de un camión regularmente oscila en aproximadamente dos horas. Debido a que no se utiliza maquinaria en esta labor los índices de materia extraña mineral en este sistema son considerablemente menores a los reportados por los otros sistemas.

*c. Transporte de la caña con sistema tramero.*

En la figura 40 podemos observar el tipo de transporte utilizado en el sistema tramero, camiones doble eje acondicionados con plataformas de madera divididas en tramos, acondicionadas con cadenas que sirven para sujetar la carga y esta no se caiga en la ruta. Por su tamaño y estructura estos camiones pueden transportar hasta 13 toneladas de caña como máximo.

*d. Ventajas operativas del sistema de cosecha tramero.*

- Versatilidad de movimientos por que no usa maquinaria para sus labores.
- El alce manual de este sistema disminuye los porcentajes de materia extraña mineral.

- Por el tipo de transporte que utiliza puede cosechar fincas con accesos difíciles y rutas angostas.
- Por su logística de operación es ideal para la cosecha de fincas con producciones totales menores a las 1,000 toneladas de caña.
- Por su logística es ideal para la cosecha de quemados menores a 1,000 toneladas de caña.
- Fácil descarga de la caña en la fábrica.
- Menor compactación al suelo por el tipo de transporte y labor de alce manual.
- Menor daño al cultivo por maquinaria y transporte.

*e. Desventajas operativas del sistema de cosecha tramero.*

- Paradas constantes de fábrica por asistencia diaria irregular de cortadores.
- Suministro de caña únicamente de 12 horas del día.
- Inasistencia de un 75 % de cortadores los fines de semana.
- Por cultura de cortadores fincas con baja densidad, problemas de maleza o programadas para cosecha en verde no son cortadas por los obreros de este sistema.
- Baja eficiencia en toneladas cortadas hombre día.
- Baja disponibilidad de mano de obra para este sistema.
- Aumento de las pérdidas de caña dejada en campo por efecto del corte.

- Abandono total de labores por condiciones climáticas (lluvia) adversas.
- El sistema por logística se vuelve ineficiente a distancias mayores de 30 kilómetros del ingenio.

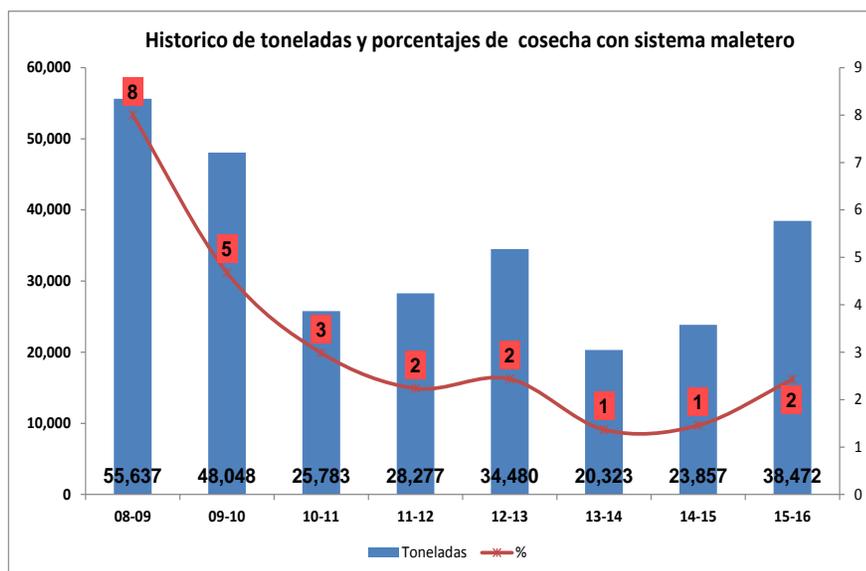
### 5.3.4 Sistema de cosecha “MALETERO”.

#### 5.3.4.1 Generalidades.

Al igual que el sistema tramero es uno de los primeros sistemas utilizados en Ingenio Palo Gordo; el nombre del sistema se debe a que la caña después de cortada es colocada en el suelo en forma de maletas o pequeños volcanes de caña separada entre sí; este sistema es utilizado en condiciones topográficas especiales donde la maquinaria y el transporte no pueden acceder, tal es el caso de bordos y cerros, lugares en donde únicamente se puede bajar la caña con la ayuda de tractores modificados llamados grúas.

Actualmente también es utilizado en fincas con altos porcentajes de piedra donde la maquinaria del alce granel no puede ingresar o en fincas con densidades menores a las 60 toneladas por hectárea. Este sistema ha venido en disminución debido al alto costo por toneladas cosechada y al abandono de fincas poco productivas que presentan las características mencionadas anteriormente.

**Figura 26** Histórico de toneladas cosechadas con sistema maletero en las últimas 8 zafras en Ingenio Palo Gordo



Fuente: (El autor 2016)

La figura 26 muestra la participación del sistema maletero en las últimas 8 zafra, pudiendo observar que en la zafra 2008-2009 llega a tener el 8 % de participación en la cosecha del Ingenio Palo Gordo.

En el transcurso de la zafra 2008-2009 a las zafra 2015-2016 su porcentaje de participación ha disminuido hasta un 2 %. Con una disminución de hasta 35,314 toneladas de caña en la zafra 13-14 lo que representa un 63% menor de toneladas cosechadas con este sistema. La disminución de este sistema se debe principalmente al alto costo que reporta por tonelada cosechada y que lotes ubicados en bordos y con alta presencia de piedra se han dejado de producir.

*a. Corte de la caña con sistema “MALETERO”.*

Esta labor se realiza de forma manual con obreros que vienen de diferentes áreas del país y son acampamentados en módulos habitacionales. La diferencia de este con los otros dos sistemas manuales (granel y tramos) utilizados en el ingenio es el tipo de enchorre o acomodo de la caña en el suelo, ya que en el sistema maletero se acomoda en forma de maletas separadas entre sí, haciendo aberturas en el suelo para que se puedan introducir cadenas y amarren a la caña para su posterior traslado a las unidades receptoras.

*b. Alce de la caña con sistema “MALETERO”.*

Debido a las condiciones donde se ejecuta la labor del alce para este sistema, y la imposibilidad de operar con maquinaria tradicional, se utilizan tractores modificados llamados grúas, que por sus características particulares pueden acceder a condiciones topográficas no aptas para otro tipo de maquinaria de cosecha.

Después de que la caña es acomodada en el suelo en forma de maletas, se introducen cadenas alrededor de la caña para que después sea enganchada a la grúa y está por un mecanismo de cadenas la levante del suelo y la deposite en unidades receptoras que están ubicadas fuera de los lotes productivos. Las unidades (jaulas) receptoras se ubican fuera de los lotes productivos debido a que no existe posibilidad de ingreso o los riesgos de volcaduras son altos. Por ello las grúas tienen que recorrer grandes distancias desde donde esta acomodada la caña hasta las unidades receptoras.

Debido a que la caña es levantada y casi no tiene contacto con el suelo al momento del alce los porcentajes de materia extraña mineral son mínimos comparados con los sistemas granel y mecanizado.

*c. Transporte de la caña con sistema “MALETERO”.*

Para este sistema son utilizados diferentes tipos de transporte, de acuerdo al tipo de ingreso a las fincas y a las condiciones de las rutas cañeras. Si las condiciones lo permiten se utilizan camiones tipo granel con dos o una jaula, pero si las condiciones de acceso son limitadas o las rutas están en mal estado se utilizan camiones tipo tramero o camiones doble eje con plataforma ancha.

*c. Ventajas operativas del sistema de cosecha maletero.*

- Acceso a lotes productivos donde otro tipo de maquinaria no puede acceder.
- Por el tipo de alce los porcentajes de materia extraña mineral se disminuyen.
- Después de la lluvia puede trabajar sin que exista atascamiento de la maquinaria y daño al cultivo.
- Menor compactación al suelo por el tipo de maquinaria que utiliza y que el transporte no ingresa a los lotes productivos.
- Menor daño al cultivo por el tipo de maquinaria.

*d. Desventajas operativas del sistema de cosecha maletero*

- Baja disponibilidad de mano de obra.
- Paradas de fábrica por inasistencia de cortadores y baja disponibilidad de maquinaria.
- Altos costos por tonelada cosechada.
- Baja eficiencia en el corte, alce y transporte provocan irregularidad en el abastecimiento a fábrica.
- Aumento de las pérdidas de caña dejada en campo por efecto del corte.

**5.4. Análisis comparativo de resultados de los parámetros de calidad, eficiencia y de los costos por tonelada cosechada de los 4 sistemas de cosecha implementados en el Ingenio Palo Gordo en las últimas 5 zafras.**

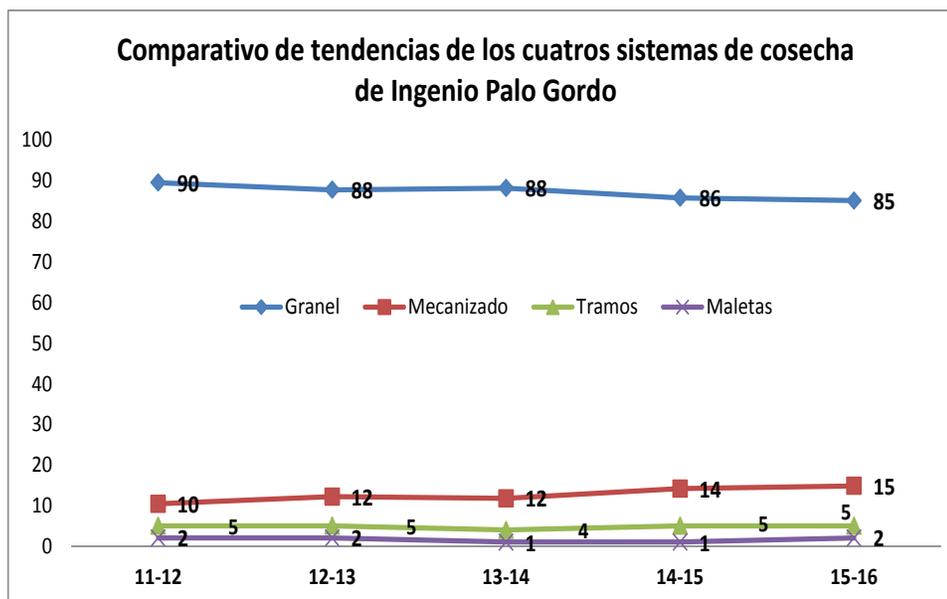
**5.4.1 Toneladas cosechadas y porcentajes de participación de los sistemas de cosecha.**

**Cuadro 10** Historico de toneladas cosechadas por sistema durante las ultimas 5 zafras en Ingenio Palo Gordo.

Sistema	Zafra 11-12		Zafra 12-13		Zafra 13-14		Zafra 14-15		Zafra 15-16	
	Toneladas	%								
Granel	1,046,373	83	1,152,939	81	1,236,435	83	1,315,005	80	1,254,303	79
Mecanizado	121,652	10	160,234	11	165,060	11	217,446	13	218,866	14
Tramos	68,150	5	67,570	5	65,125	4	80,628	5	73,906	5
Maletas	28,277	2	34,480	2	20,323	1	23,857	1	38,472	2
<b>Total</b>	<b>1,264,452</b>	<b>100</b>	<b>1,415,222</b>	<b>100</b>	<b>1,486,944</b>	<b>100</b>	<b>1,636,936</b>	<b>100</b>	<b>1,585,547</b>	<b>100</b>

Fuente: (El Autor 2,016)

**Figura 27** Gráfico comparativo de la tendencia porcentual de los 4 sistemas de cosecha utilizados en las últimas 5 zafras en Ingenio Palo Gordo.



Fuente: (El autor 2016)

El cuadro 6 y la figura 27 muestran claramente las toneladas cosechadas y el porcentaje de participación de los 4 diferentes sistemas de cosecha a lo largo de 5 años de operación sistematizados, observando que el sistema granel ocupa el primer lugar en participación siendo muy superior en porcentajes a los demás sistemas, sin embargo existe en una leve disminución en los sistemas granel, tramos y maletas producto del aumento de la cosecha mecanizada. Para la zafra 16-17 se tiene proyectado un crecimiento de la cosecha mecanizada a un 18% y una disminución de la cosecha granel a un 75 %.

#### 5.4.2 Eficiencia de cortadores cosecha manual expresada en toneladas cortadas hombre día (THD).

El comparativo se realizara únicamente para los sistemas que realizan el corte de manera manual que es donde intervienen obreros o cortadores para realizar esta operación. Se evaluarán resultados en verde y en quemado para entender el impacto de la quema en las eficiencias de los cortadores.

**Cuadro 11** Analisis comparativo de la eficiencia de cortadores (THD) en los diferentes sistemas de cosecha

Sistema	Zafra					Promedio
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	THD
Granel quemado chorra continua	4.90	5.02	5.16	5.25	5.40	5.15
Granel verde	2.48	2.63	2.69	2.72	2.75	2.65
Granel quemado chorra discontinua	3.32	3.45	3.55	3.48	3.68	3.50
Tramos quemado	2.74	2.76	2.78	2.72	2.77	2.75
Tramos verde	2.05	2.10	2.09	2.12	2.07	2.09
Maletas quemado	2.25	2.28	2.32	2.21	2.40	2.29
Maletas verde	1.90	2.10	1.95	2.05	2.13	2.03

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 11 muestra el comportamiento de la eficiencia de los cortadores en función del promedio de las toneladas cortadas por hombre día durante 5 zafras con los diferentes sistemas de cosecha tanto en quemado como en verde. Se realizó la comparación del corte en verde debido al interés a empezar a implementar la cosecha en verde por presiones ambientales y legales.

El rendimiento promedio alcanzado para granel quemado chorra continua es de 5.15 THD y para el corte granel en verde es de 2.65 THD mostrando una eficiencia superior de 51.46 %, esto implicaría que al adoptarse el corte granel en verde se tendría que aumentar la cantidad de cortadores, alimentación, buses, supervisión, herramientas y costo fijo para cortar la misma cantidad de toneladas lo que impactaría en el costo de la labor de la cosecha que representa un 25% del total de los costos del Ingenio.

El sistema de corte tramos quemado en eficiencia de THD es inferior al corte granel quemado en un 46.48 % con 2.39 de THD menos que el corte granel en quemado, esto se debe principalmente a que el cortador de tramos también realiza la labor del alce de caña. Así mismo el corte granel en quemado es superior en eficiencia que el corte de maletas en quemado con un 55.46 % con 2.85 THD más para este sistema. Las eficiencias entre el sistema tramos en quemado y maletas en quemado no son significativas reportando un eficiencia superior el sistema tramero de 16.77%

### 5.4.3 Eficiencia de la maquinaria en función del consumo de combustible (galones/tonelada)

El análisis se realizara únicamente para la maquinaria encargada del alce de la caña (alzadoras y cosechadoras) para los sistemas granel y mecanizado, descartándose el sistema tramero que realiza la labor del alce de forma manual y el sistema maletero que realiza el alce de caña con grúas y su tipo de operación es diferente por características de topografía.

Es muy importante mencionar que el consumo de combustible es variable y depende del tipo de topografía, densidad de los cañales, estado y año de la maquinaria y largo de los surcos, sin embargo se hará un análisis para tener un conocimiento general de este aspecto.

**Cuadro 12** Eficiencia en el consumo de combustible (galones/tonelada) de la maquinaria del alce

Tipo de maquina	Zafra					Promedio Gal-Ton
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	
Alzadora John Deere Sp-2254	0.0566	0.0558	0.0520	0.0515	0.0505	0.0533
Alzadora John Deere Sp-1800	0.0676	0.0621	0.0618	0.0590	0.0598	0.0621
Cosechadora Case Austoft 8800	0.25290	0.22950	0.23100	0.22980	0.22450	0.2335

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 12 registra el comportamiento promedio de las eficiencias de las ultimas 5 zafras de la maquinaria utilizada para la labor del alce de la caña, para ello se utilizó la relación de los galones de combustible utilizados para cada tonelada de caña alzada. Las primeras dos máquinas que se reportan en este cuadro se utilizan en el sistema granel; la alzadora John Deere Sp-2254 reporta un consumo de combustible de 0.0533 galones por cada tonelada alzada mientras que la alzadora John Deere Sp-1850 reporta 0.0621 galones por tonelada alzada. Los resultados nos muestran que la eficiencia en la alzadora en función de los galones por tonelada son superiores en la alzadora Sp-2254 con un consumo de combustible menor del 14.15% lo que representa 0.0088 galones por tonelada, esto se debe principalmente a que la flota de alzadoras Sp-2254 se renovó en la zafra 2013- 2014 (nótese que a partir de la zafra 2013-2014 el consumo de combustible disminuye considerablemente), también estas diferencias en la eficiencia son consecuencia de que la alzadora Sp-2254 esta acondicionada con una garra de mayor capacidad lo que implica que en un solo esfuerzo se levante más cantidad de caña.

El rendimiento promedio en consumo de combustible de la alzadora Sp-2254 es de 0.0533 y para la cosechadora Case Austoft es de 0.2335, con una diferencia promedio de 0.1803 galones por toneladas haciendo a la alzadora Sp-2254 un 77.19 % más eficiente en consumo de combustible, sin embargo es importante mencionar que esta diferencias tan significativas se deben a que la cosechadora realiza el corte, limpieza y alce de la caña en una sola operación, mientras que la alzadora solo realiza la labor del alce. Esto hace que las cosechadoras tengan motores de mayor potencia y por lo tanto mayor consumo de combustible.

#### 5.4.4 Eficiencia de los equipos de transporte (toneladas por jaula)

Este indicador se analizara únicamente para los sistemas granel y mecanizado, dejando fuera del análisis a los sistemas tramos y maletas porque utilizan otro tipo de equipo (plataforma) receptor que no es comparable con el equipo utilizado en el granel y mecanizado. Aunque los pesos por equipo varían de acuerdo al tipo de maquinaria de alce utilizada, las condiciones de la ruta y al tamaño de la jaula en este comparativo se analizaran únicamente las jaulas de 42 pies de largo.

**Cuadro 13** Comparativo de las toneladas transportadas por equipo de 42 pies en cosecha granel y mecanizado

Sistema	Zafra					Promedio
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Tonelada-equipos
Granel	29.57	30.22	30.85	31.20	31.75	30.72
Mecanizado	40.32	40.65	42.35	44.36	44.92	42.52
Diferencia	10.75	10.43	11.50	13.16	13.17	11.80

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 13 muestra una comparación de los pesos promedio por equipo entre los sistemas granel y mecanizado. En esta comparación se observa que en todas las zafras existe una mejora en las eficiencias, para el sistema granel entre la zafra 11-12 y la zafra 15-16 hay un aumento en los pesos de los equipos de 2.18 toneladas lo que representa un 6.87% de mejora en la eficiencia, para el caso del sistema mecanizado entre la zafra 11-12 y la zafra 15.16 se reporta un aumento de en los pesos de los equipo de 4.60 toneladas lo que representan un 10.24 % de mejora en la eficiencia. Estas mejoras se deben principalmente a cambio en la metodología de alce, mejor supervisión en el proceso y capacitación constante a operadores de maquinaria.

En general el sistema granel reporta una eficiencia promedio a lo largo de 5 zafras de 30.72 toneladas por equipo de 42 pies, mientras que el sistema mecanizado reporta una eficiencia promedio de 42.52 toneladas por equipo, con una diferencia a favor del sistema mecanizado de 11.80 toneladas, haciendo este sistema en función al transporte más eficiente en un 27.75 %.

Este porcentaje de eficiencia impacta directamente en los costos de la cosecha, debido a que a menor cantidad de toneladas transportadas por equipo mayor será la cantidad de viajes, utilizando más combustible y unidades para transportar la misma cantidad de caña. Esta es una de las razones por las cuales el costo por tonelada de la cosecha mecanizada es menor que los otros sistemas.

#### 5.4.5 Porcentaje de materia extraña vegetal en la caña (*trash vegetal*).

Para poder analizar adecuadamente este indicador los comparativos en cada uno de los sistemas de cosecha se realizara tanto en verde como en quemado, con el objetivo de analizar el incremento por efecto del corte en verde.

**Cuadro 14** Resultados de los porcentajes de contenido de materia extraña vegetal para los diferentes sistemas de cosecha

Sistema	Zafra					Promedio Trash vegetal	Diferencia
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016		
Granel quemado	6.10	5.03	7.70	6.44	6.52	6.36	
Granel verde	7.85	7.25	8.12	8.75	8.88	8.17	1.81
Mecanizado quemado	10.21	8.62	9.68	9.97	8.83	9.46	
Mecanizado verde	12.42	12.82	11.55	11.88	11.55	12.04	2.58
Tramos quemado	5.32	4.74	5.58	5.71	5.19	5.31	
Tramos verde	7.12	6.91	6.82	6.68	6.88	6.88	1.57
Maletas quemado	5.68	5.15	7.14	5.90	6.12	6.00	
Maletas verde	7.21	7.45	8.21	7.44	7.96	7.65	1.66

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 14 registra el comportamiento promedio de los contenidos de materia extraña vegetal en las ultimas 5 zafras en el Ingenio Palo Gordo, también nos muestra un comparativo entre la cosecha en verde y en quemado para cada uno de los sistemas. Para la modalidad en quemado el sistema que reporta los menores índices de contenido de materia extraña vegetal es el tramero con un 5.31%, teniendo una diferencia de 1.05 % respecto al sistema granel lo que representa un 16.51% de disminución en este factor.

Al compararlo con el sistema mecanizado se reporta una diferencia de 4.15% que representa una disminución entre los dos sistemas del 43.90 %. Con el sistema maletero existe una diferencia de 0.69 % de contenido de materia extraña para una disminución del indicador de 11.50%.

En relación a los sistemas cosechados en verde el sistema tramero reporta el mejor resultado con 6.88 % de contenido de materia extraña, reportando una diferencia de 1.29 % de materia extraña vegetal respecto al sistema granel con una disminución porcentual de 15.76. Contra el sistema mecanizado se observa que el tramero es más eficiente con una entrega de contenido extraño vegetal menor de 5.16 % lo que representa una mejora del indicador tramero del 42.85%. Al compararlo con el sistema maletero existe una diferencia del contenido de materia extraña del 0.77% haciendo más eficiente al sistema tramero en este indicador en un 10.08%.

Podemos observar también en este cuadro que la modalidad en quemado versus en verde reporta menores porcentajes de contenido de materia extraña en todos los sistemas de cosecha, en el caso del sistema granel verde existe un aumento de 1.81% de contenidos de materia extraña vegetal comparado con el sistema granel en quemado aumentando este indicador en un 22.17 %.

La cosecha mecanizada en verde reporta un aumento del contenido de materia extraña en un 2.58% en relación a la cosecha mecanizada en quemada aumentando este indicador en un 21.43%, porcentajes muy similares entre los dos sistemas.

Al comparar los dos sistemas que actualmente tienen el mayor porcentaje de participación en el ingenio, que son los sistemas granel en quemado y mecanizado en quemado se reporta que el sistema mecanizado presenta un porcentaje mayor de contenido de materia extraña de 3.10 % con respecto al sistema granel en quemado aumentando este indicador entre los dos sistemas en un 32.80%.

#### 5.4.6 Porcentaje de materia extraña mineral en la caña (*trash mineral*).

Los resultados de este indicador dependen mucho de la maquinaria que se utiliza, el tipo de suelo, condiciones climáticas. En este análisis podremos observar el comportamiento del trash mineral a los largo de 5 años de zafra en el Ingenio Palo gordo para cada uno de los sistemas de cosecha implementados.

**Cuadro 15** Resultados de los porcentajes de contenido de materia extraña mineral para los diferentes sistemas de cosecha

Sistema	Zafra					Promedio
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Trash mineral
Granel	0.22	0.17	0.84	0.54	0.51	0.46
Mecanizado	0.36	0.19	0.78	0.79	0.80	0.58
Tramos	0.09	0.09	0.28	0.28	0.19	0.19
Maletas	0.18	0.14	0.28	0.27	0.20	0.21

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 15 registra el comportamiento de los porcentajes de contenido de *trash* mineral en las ultimas 5 zafra en los diferentes sistemas de cosecha utilizados en Ingenio Palo Gordo. El mejor indicador lo reporta el sistema tramos con un 0.19 %. Esto se debe principalmente a que la caña con este sistema esalzada de forma manual.

El sistema que reporta mayores contenidos de materia extraña mineral es el mecanizado con un 0.59%. Al comparar los indicadores de los dos sistemas con mayor porcentaje de participación (granel y mecanizado) se observa que el sistema mecanizado reporta una mayor entrega de materia extraña mineral con un 0.13% con respecto al sistema granel, haciendo más eficiente al sistema granel en este indicador en un 21.91%.

#### 5.4.7 Horas de permanencia de la caña entre la cosecha y la entrega a fábrica.

Este indicador determina la frescura con que la cosecha entrega la caña a fábrica, en capítulos anteriores se analizaron los indicadores que hacen referencia a los porcentajes de caña entregada antes de 36 y 24 horas, los cuales en conjunto dan como resultado las horas de permanencia de la caña, por tal motivo el indicador horas de permanencia servirá para analizar el resultado de la caña entregada antes de 36 y 24 horas y la permanencia de la caña expresada en horas.

**Cuadro 16** Resultados de las horas de permanencia promedio de la caña entre la cosecha y la molienda para los diferentes sistemas de cosecha

Sistema	Zafra					Promedio horas permanencia	Diferencia
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016		
Granel quemado	35.28	31.88	32.70	36.92	32.29	33.81	
Granel verde	31.95	29.72	30.18	32.45	29.96	30.85	-2.96
Mecanizado quemado	25.14	24.87	19.82	21.11	17.71	21.73	
Mecanizado verde	23.12	22.18	18.36	19.22	15.32	19.64	-2.09
Tramos quemado	27.86	25.55	23.17	25.98	31.66	26.84	
Tramos verde	24.78	23.95	21.66	23.78	29.25	24.68	-2.16
Maletas quemado	30.78	25.96	21.37	21.73	27.43	25.45	
Maletas verde	28.32	23.45	20.21	19.97	24.36	23.26	-2.19

Fuente: (El Autor 2016)

En el cuadro 16 podemos ver la importancia que se le ha dado este indicador, reflejado en la disminución que se observa en todos los sistemas a lo largo de las 5 zafras. El sistema que reporta los mejores resultados en función de las horas de permanencia de la caña es el sistema mecanizado en verde con un promedio en las 5 zafras de 19.64 horas, mientras que el sistema que reporta la mayor cantidad de horas de permanencia es el sistema granel en quemado con 33.81 horas lo que indica una mejor eficiencia del sistema mecanizado en verde en un 41.91 % con respecto al mayor tiempo de permanencia reportado por el sistema granel en quemado.

Al comparar la permanencia en todos los sistemas en las modalidades verde y quemado podemos observar que la cosecha en verde disminuye en promedio 2.35 horas la permanencia de la caña, esto debido principalmente al tiempo que lleva realizar la práctica de la quema.

#### 5.4.8 Porcentaje de caña dejada en campo por efecto de la cosecha.

Este indicador es el resultado de las operaciones del corte y alce, y dependerá del tipo de cosecha utilizada expresándolo en el porcentaje producido por hectárea de cada lote. La evaluación de este indicador se realiza por personal de campo de acuerdo a una metodología previamente establecida.

**Cuadro 17** Resultados de los porcentajes promedio de la caña dejada en campo por efecto de la cosecha

Sistema	Zafra					Promedio
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	% caña
Granel	0.98	0.91	0.76	0.72	0.64	0.80
Mecanizado	1.32	1.68	0.75	0.53	1.16	1.09
Tramos	0.90	1.35	1.00	0.39	0.64	0.86
Maletas	1.15	1.03	0.92	0.66	0.51	0.85

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 17 muestra el comparativo de porcentaje promedio de caña dejada en campo de los 4 sistemas utilizados en las últimas 5 zafas en Ingenio Palo Gordo. Registrando que el mayor porcentaje de perdidas lo reporta el sistema mecanizado con 1.09 % y el que reporta los mejores resultados o menores perdidas es el sistema granel registrando 0.80% con una diferencia de eficiencia entre ambos de 26.28 %.

#### 5.4.9 Contenido de sacarosa al ingreso al ingenio (rendimiento *core-sampler*)

El contenido de la sacarosa en el *core-sampler* es el resultado de la intervención de las prácticas realizadas en campo y las prácticas para realizar la cosecha. Esto hace que sus resultados dependan de muchas variables (variedad, estrato, tipo de madurantes, edad al corte, tipo de suelo, tercio de cosecha, sistema de cosecha, quemado o en verde) y sus eficiencias no dependan exclusivamente de la cosecha, por tal motivo se realizara un análisis general de los resultados obtenidos en las ultimas 5 zafas por cada uno de los sistemas.

**Cuadro 18** Resultados del contenido de sacarosa al ingreso de la caña en *Core-sampler*

Sistema	Zafra					Promedio libras-tonelada	Diferencia
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016		
Granel	264.66	269.02	261.43	263.46	264.78	264.67	
Mecanizado	262.98	268.18	260.72	263.09	262.91	263.58	1.09
Tramos	263.49	267.25	260.28	263.12	263.12	263.45	1.22
Maletas	263.21	268.39	259.99	262.98	262.88	263.49	1.18

Fuente: (El Autor 2016)

El cuadro 18 registra el resultado promedio de los contenidos de sacarosa de cada uno de los sistemas de cosecha en las últimas 5 zafras en el Ingenio Palo Gordo. El sistema que reporta las mayores concentraciones de sacarosa en libras por toneladas es el sistema granel con 264.67 libras por tonelada de caña y el que reporta las menores concentraciones es el sistema tramero con 263.45 libras por tonelada de caña. Las variaciones entre los 4 sistemas son mínimas con un promedio general de 1.16 libras de azúcar por tonelada cosechada.

#### 5.4.10 Evaluación económica de los 4 sistemas de cosecha en función del costo por tonelada cosechada

Para realizar la evaluación económica de los costos de cada tonelada cosechada se tomarán en cuenta cada una de las actividades que intervienen en la operación de la cosecha en sus modalidades en verde y quemada. Se realizará la comparación en verde de cada uno de los sistemas debido a la necesidad de contar con alternativas de cosecha por la inminente regulación de las quemadas de los cañaverales.

**Cuadro 19** Resumen comparativo de los costos promedio por tonelada cosechada de los diferentes sistemas de cosecha.

Sistema	Zafra					Promedio costo Q-tonelada	Diferencia
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016		
Granel quemado	Q82.25	Q81.23	Q79.65	Q79.44	Q77.22	Q79.96	
Granel verde	Q110.22	Q108.85	Q106.73	Q106.45	Q103.47	Q107.14	Q27.19
Mecanizado quemado	Q59.21	Q60.05	Q57.66	Q57.44	Q55.14	Q57.90	
Mecanizado verde	Q67.50	Q68.46	Q65.73	Q65.48	Q62.86	Q66.01	Q8.11
Tramos quemado	Q86.22	Q85.45	Q84.67	Q84.12	Q84.21	Q84.93	
Tramos verde	Q115.53	Q114.50	Q113.46	Q112.72	Q112.84	Q113.81	Q28.88
Maletas quemado	Q94.12	Q96.21	Q96.03	Q92.21	Q91.15	Q93.94	
Maletas verde	Q124.03	Q126.79	Q126.55	Q121.51	Q120.12	Q123.80	Q29.86

Fuente:(El autor 2016)

El cuadro 19 registra a lo largo de las últimas 5 zafas el promedio del costo por tonelada cosechada de cada uno de los sistemas utilizados en Ingenio Palo Gordo incluyendo las modalidades en verde y en quemado. El análisis comparativo muestra que el sistema de cosecha mecanizado en quemado es el que tiene el menor costo en quetzales por tonelada cosechada con un valor de Q.57.90 siendo muy superior a los demás sistemas en quemado.

El sistema granel reporta un aumento respecto al sistema mecanizado de Q. 22.06 por tonelada cosechada, lo que significa que si la cosecha granel se realizara con sistema mecanizado existiría una disminución en el costo por tonelada cosechada del 27.58%. Así mismo el sistema maletero registra que con respecto al sistema mecanizado tiene un aumento de Q.36.04 por cada tonelada cosechada indicando que el sistema mecanizado en quemado es 38.36 % menor en función del costo por tonelada cosechada.

El cuadro 19 registra también el comportamiento de los costos por tonelada cosechada en cada sistema con la modalidad en verde, reportando también que el sistema mecanizado tiene el menor costo con Q. 66.01 por tonelada cosechada, es importante mencionar que aunque la cosecha mecanizada se realice en verde sigue reportando menor costo por tonelada que los otros sistemas de cosecha tanto en verde como en quemado.

## 6 CONCLUSIONES

- 6.1 La planificación de la labor de cosecha de caña en la industria azucarera, es una etapa vital e importante para organizar, gestionar y eficientar los recursos para la ejecución de la zafra con calidad en los procesos que conlleva.
- 6.2 La capacitación al personal, monitoreo de los indicadores de gestión, la supervisión efectiva y la comunicación real en el Ingenio Palo Gordo en las últimas 5 zafras (2,011-2,015), han permitido obtener resultados con indicadores de calidad y eficiencia de la cosecha de la caña de azúcar.
- 6.3 El sistema de cosecha “A GRANEL EN QUEMADO”, es el que reporta las mejores eficiencias en relación al indicador toneladas cortadas/hombre/día registrando un rendimiento de 5.15 toneladas en relación a los otros sistemas utilizados.
- 6.4 El sistema “A GRANEL” posee la mejor eficiencia en consumo de combustible por tonelada de caña de azúcar alzada en campo utilizando maquinaria agrícola marca John Deere Sp-2254 (0.0533 gal./ton.), en relación a la cosechadora Case Austoft 8800 (0.094341 gal./ton.). Esto indica que el sistema granel reporta las mejores eficiencias en consumo de combustible por tonelada alzada.
- 6.5 El indicador de pesos transportados por jaula de 42 pies en los 5 años evaluados ha tenido una mejora de 2.18 toneladas de caña para el sistema “A GRANEL” y 4.60 toneladas de caña para el sistema de cosecha “MECANIZADO”, lo que representa una mejora en la eficiencia del proceso del alce de 6.87 % y 10.24 % respectivamente.
- 6.6 El sistema de transporte de caña de azúcar “MECANIZADO” en jaulas de 42 pies es el más eficiente, superando en un 27.75% a las jaulas cargadas con sistema “A GRANEL”, lo cual impacta directamente a los costos de producción de esta industria.
- 6.7 El sistema de transporte “TRAMERO EN VERDE”, es el más eficiente que cualquier otro sistema en relación al contenido de materia extraña vegetal y materia extraña mineral entregada a la planta, reduciendo con ello las eventualidades en la transformación. Sin embargo debido a los problemas operativos que representa en el abastecimiento oportuno de la caña a fábrica y los costos por tonelada cosechada reportados de Q. 84.93, es un sistema que paulatinamente debería de desaparecer y utilizarse únicamente en fincas pequeñas o en quemas criminales.

- 6.8 El sistema de cosecha “MECANIZADO EN VERDE” reporta los mejores resultados en función de las horas de permanencia de la caña en campo en relación a los demás analizados.
- 6.9 El sistema de cosecha “A GRANEL” es el que reporta las mayores concentraciones de sacarosa en planta expresado en libras de azúcar por tonelada.
- 6.10 En términos económicos, el mejor costo por tonelada cosechada lo reporta el sistema “MECANIZADO EN QUEMADO” con un valor de Q 57.90 siendo muy superior a los costos por tonelada cosechada reportada por los demás sistemas tanto en verde como en quemado.
- 6.11 El sistema que reporta los mejores índices de calidad en relación a la caña dejada en campo es el sistema “A GRANEL”; sin embargo al compararlo económicamente con el sistema mecanizado es más caro en relación al costo por tonelada cosechada con un aumento de Q. 22.06 por tonelada, valor que inclinaría decisivamente una decisión gerencial al momento de determinar el sistema de cosecha a utilizar en las zafas siguientes.
- 6.12 El sistema maletero es el que reporta los mayores costos por tonelada cosechada tanto en verde (Q.123.80) como en quemado (Q.93.94), y su eficiencia y calidad es inferior comparado con los demás sistemas, por lo cual este sistema debe ser sustituido paulatinamente por otro sistema de cosecha.
- 6.13 El sistema de cosecha “MECANIZADO” en verde es operativa, ambiental y económicamente la mejor opción para la cosecha de la caña de azúcar para el Ingenio Palo Gordo lo cual conlleva un fuerte trabajo de adecuación del 60 % de sus áreas productivas para cosecha mecanizada y una sustitución del 18 % de sus áreas actuales.
- 6.14 Si el sistema de cosecha “MECANIZADO” se implementaría en el 100% de las áreas de cultivo del Ingenio Palo Gordo se provocaría un grave problema social, debido a que se prescindirá de los servicios prestados como cortadores de caña de 1,950 jornaleros.
- 6.15 Las quemas criminales son un factor que puede determinar en un gran porcentaje el cumplimiento efectivo de todo lo planificado, provocando pérdidas en la producción y en los rendimientos de azúcar.

## 7 RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda realizar estudios similares al presente en las distintas empresas azucareras del país con el fin de realizar análisis comparativos para variedades, tipos de suelo, estratos altitudinales, sistemas de cosecha, contenidos de sacarosa reportados en fábrica entre la caña quemada y verde para contar con datos para cada región de influencia de cada ingenio.
- 7.2 Debido a sus complicaciones operacionales en las áreas de cosecha bajo el sistema “MALETERO”, se propone sustituir la caña de azúcar por otros cultivos agroforestales, que permitan dar al recurso suelo el aprovechamiento adecuado según sus características de clasificación por vocación de uso.
- 7.3 Para incrementar la eficiencia productiva evidenciada en el presente estudio, se recomienda que el ingenio Palo Gordo realice la planificación estratégica pertinente para que anualmente la cosecha “MECANIZADA” se extienda su cobertura en un rango del 8 % al 10% en cada zafra.
- 7.4 Realizar pruebas de corte en verde con sistema mecanizado para validar la forma en que los residuos dejados en el campo afectaran la producción y futuras secuencias de labores. Así como las implicaciones que resultan de este sistema que inminentemente será el sistema de cosecha a utilizar en un futuro no mayor de 10 años.

## 8 BIBLIOGRAFIA

Buenaventura. 1986. Evaluación de la aplicación de madurantes químicos en caña de azúcar en Colombia. Cali, Colombia.

Cárdenas, A. 1986. La cosecha de la caña de azúcar, Memorias del curso dictado en la Ciudad de Cali. Colombia: Tecnicaña.

Cock, J. 1995. Manejo de la caña para cosecha en estado verde, El Cultivo de la caña de azúcar en la Industria Azucarera de Colombia, Colombia: Cassalet, Torres y Echeverri.

Dávila, Torres, y Echeverri. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali: CENICAÑA

Del Cid, H. 2006. Cambio del sistema de cosecha de caña de azúcar de manual quemado a mecanizado verde en finca San Jorge. Tesis. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Duarte, J. 2006 Cambios generados por la introducción del sistema de cosecha mecanizada en caña de azúcar, en sustitución de la cosecha manual en la empresa Pantaleón, Escuintla,

Elis y lankford. 1991. Fisiología y anatomía del cultivo de la caña de azúcar.

Flores, S. 1976 Manual de la caña de azúcar, instituto técnico de capacitación y productividad. INTECAP, Guatemala.

Galdámez, J 1982. Determinación del período crítico de competencias de malezas, en el Valle de la fragua, Zacapa.

García, J. 2008. Implementación del sistema de minichorras tipo brasileño, tesis. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Giraldo, F. 1995. Cosecha, alce y transporte, El Cultivo de la caña de azúcar en la Industria Azucarera de Colombia, Colombia: Cassalet, Torres y Echeverri.

Ripoli, C. 2002. Cosecha mecanizada verde, Revista Atagua, Guatemala.

Sánchez, T. 1992. Guía de estudio de la caña de azúcar, Maracay, Venezuela.

Solares, J. 2012 Proceso de implementación del corte verde en un frente de cosecha mecanizada de caña de azúcar, Ingenio Concepción, Escuintla, Guatemala.

Subirós, R. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José Costa Rica Universidad Estatal a distancia.

Torres, J., Villegas, F. 1997. Manejo de residuos de la cosecha de caña verde, Memorias del cuarto Congreso de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali Colombia: Buenaventura



## LOCALIZACION DEL PUNTO DE MUESTREO



**Anexo 3** Tabla de dirección de vientos para quema de cañales

Probabilidad de dirección del viento para la estación BONANZA							
Hora	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
00:00	N/NE 62%	N/NE 70%	N/NE 64%	N/NE 64%	N/NE 63%	N/NE 62%	N/NE 62%
01:00	N/NE 64%	N/NE 74%	N/NE 66%	N/NE 72%	N/NE 66%	N/NE 64%	N/NE 66%
02:00	N/NE 59%	N/NE 73%	N/NE 67%	N/NE 68%	N/NE 73%	N/NO 65%	N/NE 63%
03:00	N/NE 65%	N/NE 74%	N/NE 65%	N/NE 66%	N/NE 75%	N/NE 70%	N/NE 67%
04:00	N/NE 60%	N/NE 77%	N/NE 66%	N/NE 75%	N/NE 76%	N/NE 70%	N/NE 67%
05:00	N/NE 62%	N/NE 75%	N/NE 71%	N/NE 74%	N/NE 74%	N/NE 72%	N/NE 71%
06:00	N/NE 60%	N/NE 73%	N/NE 69%	N/NE 74%	N/NE 72%	N/NE 77%	N/NE 68%
07:00	NE/N 66%	N/NE 69%	N/NE 66%	N/NE 68%	N/NE 71%	N/NE 69%	NE/N 64%
08:00	NE/N 46%	N/NE 48%	NE/N 57%	NE/N 59%	NE/N 53%	N/NE 45%	NE/N 47%
09:00	NO/O 39%	NO/N 39%	NO/O 37%	NO/N 36%	NO/O 40%	NO/O 48%	NO/O 39%
10:00	O/SO 42%	O/SO 44%	O/SO 45%	O/SO 42%	SO/S 42%	O/SO 41%	SE/S 33%
11:00	O/SO 48%	O/SO 49%	SO/O 47%	SO/O 46%	SO/S 52%	SO/S 51%	SO/O 37%

Hora	Noviembre	Dirección desde donde el viento proviene y tiene más probabilidad durante esa hora y ese mes (El primer punto cardinal indica el de mayor probabilidad)		Probabilidad de ocurrencia para ese mes y esa hora
00:00	N/NE 62%			
	<b>Negro</b>	Mayor del 65% de probabilidad		Horario recomendado para planificar quemas
	<b>Gris</b>	Entre 0% y 65% de probabilidad		Horario no recomendado para planificar quemas

	PUNTO CARDINAL		RANGO DEL AZIMUT	
	N	360°	Norte	337.5° 22.5°
	NE	45°	Noreste	22.5° 67.5°
	E	90°	Este	67.5° 112.5°
	SE	135°	Sureste	112.5° 157.5°
	S	180°	Sur	157.5° 202.5°
	SO	225°	Suroeste	202.5° 247.5°
	O	270°	Oeste	247.5° 292.5°
	NO	315°	Noroeste	292.5° 337.5°

## Anexo 4 Fotografías preparación y ejecución de la quema de cañaverales

### Fotografía 1 Preparación de la quema



Fuente: (El autor 2016)

### Fotografía 2 Quema de la caña de azúcar



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 5** Fotografías corte manual en verde y quemado de la caña de azúcar.

**Fotografía 3** Corte manual en verde de la caña de azúcar



Fuente: (El autor 2016)

**Fotografía 4** Corte manual en quemado de la caña de azúcar



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 6** Fotografías del alce mecánico sistema granel y alce mecánico sistema mecanizado

**Fotografía 5** Alce mecánico de la caña de azúcar con sistema granel



Fuente: (El autor 2016)

**Fotografía 6** Alce mecánico de la caña de azúcar con sistema mecanizado



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 7** Fotografías del transporte de la caña de azúcar con 2 y 4 jaulas

**Fotografía 7** Transporte de caña de azúcar sistema mecanizado con 2 jaulas.



Fuente: (El autor 2016)

**Fotografía 8** Transporte de caña de azúcar sistema granel con 4 jaulas.



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 8** Fotografía Materia extraña vegetal

**Fotografía 9** Presencia de caña seca en caña moledera



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 9** Fotografías alzadoras con y sin apilador de trineo

**Fotografía 10** Alzadora sin apilador de Trineo



Fuente: (el autor 2016)

**Fotografía 11** Alzadora con apilador de Trineo



Fuente: (el autor 2016)

**Anexo 10** Fotografía Corte a granel con chorra discontinua en finca con alta presencia de piedra)

**Fotografía 12** Corte a granel chorra discontinua



Fuente: (el autor 2016)

**Anexo 11** Fotografía del alce de la caña cortada con sistema mecanizado

**Fotografía 13** Alce de la caña con sistema mecanizado



Fuente: (el autor 2016)

**Anexo 12** Fotografías sistema de cosecha tramero

**Fotografía 14** Corte de caña con sistema tramero



Fuente: (El autor 2015)

**Fotografía 15** Alce caña con sistema tramero



Fuente: (El autor 2016)

**Anexo 13** Fotografías sistema de cosecha maletero

**Fotografía 16** Corte de caña con sistema maletero



Fuente: (el autor 2016)

**Fotografía 17** Alce de caña con sistema maletero



Fuente: (el autor 2016)

**Anexo 14** Fotografías aéreas planta industrial y cogeneración



**Anexo 15** Fotografías de sobrevuelos para verificar la madurez de las fincas.



**Anexo 16** Condiciones desfavorables para la cosecha mecanizada

