

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO  
AMBIENTE Y DESARROLLO, CIIEMAD**

**Maestría en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Integradado**

**Propuesta para establecer medidas con enfoque de producción  
más limpia en el ingenio El Potrero, Veracruz.**

**Emma Dennise Arreguín López**

**Directores:**

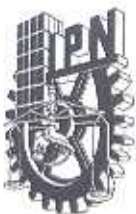
**Dr. Mario del Roble Pensado Leglise**

**Dr. Guillermo Julio Román Moguel**

**Comité Tutorial:**

**Dra. V. Sophie Avila Foucat**

**M. en C. Juan Manuel Sánchez Nuñez**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 13:00 horas del día 17 del mes de Mayo del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIEMAD para examinar la tesis titulada:

Propuesta para establecer medidas con enfoque de producción más limpia en el ingenio El Potrero, Veracruz.

Presentada por el alumno:

Arreguín López  
Apellido paterno Apellido materno  
Nombre(s) Emma Dennise

Con registro: 

B	0	7	1	3	2	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: Maestría en ciencias en medio ambiente y desarrollo integrado

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

#### Directores de tesis

Mario del Roble Pensado Leglise

Guillermo Julio Román Moguel

Véronique Sophie Ávila Foucat

Rosa Laura Meraz Cabrera

Juan Manuel Sánchez Nuñez



PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Norma Patricia Muñoz Sevilla

CIEMAD  
DIRECCION



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México el día 15 de Junio del año 2011, el (la) que suscribe Emma Dennise Arreguín López alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado con número de registro B071328, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Mario del Roble Pensado Leglise y cede los derechos del trabajo intitulado Propuesta para establecer medidas con enfoque de producción más limpia en el ingenio El Potrero, Veracruz, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección emmadennise@yahoo.com.mx y mpensado@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Emma Dennise Arreguín López

Nombre y firma

# ÍNDICE

Resumen 6

Abstract **¡Error! Marcador no definido.**

1.Introducción. ....	8
1.1 Planteamiento del Problema. ....	10
1.2 Justificación. ....	11
1.3 Metodología. ....	12
2. <i>Marco Conceptual.</i> ....	13
2.1 Explicación de la Contaminación. ....	13
2.2 Concepciones de P+L y conceptos relacionados. ....	14
2.2.1 Producción más Limpia, P+L. ....	15
2.2.2 Ecoeficiencia. ....	17
2.2.3 Norma ISO 14000. ....	19
2.2.4 Análisis de Ciclo de Vida (ACV). ....	21
2.2.5 Análisis Costo Beneficio. ....	23
3. La Industria Azucarera. ....	27
3.1 Caña de azúcar. ....	27
3.2 Azúcar. ....	28
3.3 Fabricación de azúcar. ....	29
3.4 La industria azucarera a nivel mundial. ....	33
3.5 Comercio del azúcar entre México y Estados Unidos. ....	34
3.6 La industria azucarera en México. ....	35
3.7 Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen. ....	40
3.8 Aspectos legales. ....	44
3.8.1 Avance del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) 2007-2012. ....	45
3.8.2 Acciones implementadas en el marco del PRONAC 2007-2012 por el Sistema de Administración de los Ingenios Expropiados. ....	46
3.8.3 Programa de Apoyo al Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar (PROINCAÑA). ....	47
4. Producción más Limpia. ....	50
4.1 Metodología de producción más limpia. ....	50
4.2 Metodología de producción más limpia en la industria del azúcar. ....	51
4.3. Casos de implementación de P+L en ingenios azucareros de Latinoamérica. ....	53
4.4 Medidas técnicas de producción más limpia en ingenios azucareros. ....	59
5. Indicadores ambientales de la industria azucarera. ....	62
5.1 Consumo Energético en la Industria Azucarera Mexicana. ....	63
5.2 Consumo de agua en la industria Azucarera. ....	65
5.3 Análisis de emisiones contaminantes. ....	68
5.3.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> por combustóleo. ....	68
5.3.2 Emisión de CO <sub>2</sub> por la utilización de bagazo. ....	69
6. Casos de Ingenios con P+L y sin P+L. Ingenio “Tres Valles” vs. Ingenio “El Potrero”. ....	72
6.1 Caso ingenio Tres Valles. ....	72
6.1.1 Características del ingenio Tres Valles. ....	73
6.1.2 Proceso en fábrica del ingenio Tres Valles. ....	73
6.1.3 Servicios periféricos del ingenio Tres Valles. ....	83
6.1.3 Cultivo de la Caña de azúcar en el ingenio Tres Valles. ....	87
6.1.4 Medidas implementadas de enfoque ambiental en el ingenio Tres Valles. ....	89
6.1.5 Análisis de costos del ingenio Tres Valles en campo. ....	91
6.2 Caso Ingenio El Potrero. ....	95
6.2.1 Características del ingenio El Potrero. ....	97

6.2.2 Proceso en fábrica.....	97
6.2.3 Servicios periféricos.....	111
6.2.4 Inversiones realizadas en el ingenio El Potrero de 2002 al 2009.....	113
6.1.5 Cultivo de la Caña de azúcar en el ingenio El Potrero.....	118
6.3 Comparativo de los ingenios Tres Valles y El Potrero.....	122
6.4 Beneficios económicos al aplicar las medidas técnicas de P+L al ingenio El Potrero.....	125
6.5 Propuesta para la implementación de medida de P+L en el ingenio El Potrero..	128
Conclusiones.....	131
ANEXOS 133	
Anexo 1. Producción de azúcar de los ingenios tipo A.....	134
Anexo 2. Producción de azúcar de los ingenios tipo B.....	135
Anexo 3. Producción de azúcar de los ingenios tipo C.....	136
Anexo 10. Consumo de energía eléctrica en las zafas 2006 a 2008, de los ingenios tipo A.....	149
Anexo 11. Consumo de energía eléctrica en las zafas 2006 a 2008, de los ingenios tipo B.....	150
Anexo 12. Consumo de energía eléctrica en las zafas 2006 a 2008, de los ingenios tipo C.....	151
Anexo 13. Índice promedio de extracción, recirculación, demanda, consumo y descarga de agua, para la producción de azúcar refinada.....	152
Anexo 14. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo A en las zafas 2002 hasta 2008.....	153
Anexo 15. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo A en las zafas 2002 hasta 2008.....	154
Anexo 16. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo B en las zafas 2002 hasta 2008.....	155
Anexo 17. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo B en las zafas 2002 hasta 2008.....	156
Anexo 18. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo B en las zafas 2002 hasta 2008.....	157
Anexo 19. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo C en las zafas 2002 hasta 2008.....	158
Anexo 20. Índice de carga contaminante al día en las industrias azucareras.....	158
Anexo 21. Emisiones de CO2 de los ingenios tipo A por el uso de bagazo como combustible en las zafas 2008 a 2002.....	159
Anexo 22. Emisiones de CO2 de los ingenios tipo B por el uso de bagazo como combustible en las zafas 2008 a 2002.....	163
Anexo 23. Emisiones de CO2 de los ingenios tipo C por el uso de bagazo como combustible en las zafas 2008 a 2002.....	167
Anexo 24. Cuestionario realizado en los ingenios Tres Valles y El Potrero, basado en pre- evaluación de P+L.....	171
Glosario de Términos.....	180
Acrónimos.....	181
BIBLIOGRAFÍA.....	182
Medios Electrónicos.....	184

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Indicadores utilizados en esta investigación.....	13
Tabla 2: Norma ISO 14000.....	20
Tabla 3. Composición física de la caña de azúcar.....	28
Tabla 4: Materias primas utilizadas en el proceso de fabricación del azúcar.....	32

Tabla 5. Países productores de caña de azúcar.....	34
Tabla 6. Referencias Históricas relacionadas con la Industria Azucarera.....	37
Tabla 7. Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen. ....	41
Tabla 8. Comparativo de los principales indicadores al cierre de la zafra 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009.....	47
Tabla 10. Mejoras en el desempeño de la planta según indicadores antes y después de implementar las recomendaciones de P+L .....	54
Tabla 11. Inversiones, ahorros, retornos de la inversión y beneficios ambientales.....	54
Tabla 12. Resultados de las medidas implementadas en complejos agroindustriales. ...	55
Tabla 13. resultados del seguimiento de las medidas implantadas de P+L en la empresa Heriberto Duquense. ....	56
Tabla 14. Resultados de la introducción de medidas de P+L en la industria cubana en 2007.....	56
Tabla 15. Estimación del impacto económico en el ingenio de El Salvador. ....	57
Tabla 16: Beneficios económicos de la implementación de medidas técnicas de P+L en ingenios azucareros de México.....	58
Tabla 17. Producción de azúcar durante las zafras 2002 hasta 2008. ....	63
Tabla 18. Producción Promedio por ingenio durante las zafras 2002 hasta 2008.....	63
Tabla 19. Consumo de energía en el sector azucarero durante las zafras 2003 a 2008 según la SENER.....	64
Tabla 20. Consumo de combustible estimado durante la zafra 2002-2008.....	64
Tabla 21. Consumo de combustible promedio por ingenio estimado durante la zafra 2002-2008. ....	65
Tabla 22. Consumo de energía eléctrica.....	65
Tabla 23. Cantidades de agua extraída por los tres tipos de ingenios durante las zafras 2002 a 2008.....	66
Tabla 24. Promedio de agua extraída por ingenio durante las zafras 2002 a 2008. ....	67
Tabla 25. Cantidades de agua de descarga de los tres tipos de ingenios durante las zafras 2002 a 2008.....	67
Tabla 26. Promedio de agua de descarga por ingenio durante las zafras 2002 a 2008. .	68
Tabla 27. Índice de carga contaminante al día en las industrias azucareras.....	68
Tabla 28. Generación estimada de CO <sub>2</sub> por el uso de combustóleo.....	69
Tabla 29. Promedio de generación de CO <sub>2</sub> por el uso de combustóleo, por ingenio. ....	69
Tabla 30: Generación de CO <sub>2</sub> por el uso de bagazo como combustible en calderas, zafras 2002 – 2008. ....	71
Tabla 31:-Promedio de generación de CO <sub>2</sub> por ingenio debido al uso de bagazo como combustible en calderas, zafras 2002 – 2008.....	71
Tabla 32. Molinos en servicio en el ingenio Tres Valles. ....	75
Tabla 33. Reductores de velocidad de los molinos en el ingenio Tres Valles. ....	75
Tabla 34. Bombas utilizadas en los molinos en el ingenio Tres Valles. ....	76
Tabla 35. Tanques utilizados en el área de clarificación en el ingenio Tres Valles.....	76
Tanque 36. Vasos de evaporación utilizados en el ingenio Tres Valles.....	78
Tabla 37. Superficie de calefacción de los vasos en el ingenio Tres Valles. ....	78
Tabla 38. Distribución de los tachos y su distribución en el ingenio Tres Valles.....	79
Tabla 39. Centrifugas de crudo utilizadas en el ingenio Tres Valles. ....	80
Tabla 40. Equipo de la planta de fundición del ingenio Tres Valles.....	81
Tabla 41. Centrifugas de azúcar refinada utilizadas en el ingenio Tres Valles.....	81
Tabla 42. Equipo de secado de azúcar en el ingenio Tres Valles.....	82
Tabla 43. Equipo de envasado de azúcar en el ingenio Tres Valles.....	83
Tabla 44. Número y capacidades de las calderas utilizadas en el ingenio Tres Valles. .	84
Tabla 45. Equipo de la planta eléctrica del ingenio Tres Valles. ....	85
Tabla 46. Medidas de P+L implementadas en el ingenio Tres Valles. ....	90
Tabla 47. Cantidades promedio para el cultivo de caña por hectárea. ....	91

Tabla 48. Costos de operación debidas a maquila por hectárea de caña de azúcar, Socas y resocas 2006-2007. ....	92
Tabla 49. Costos de operación en maquila por hectárea de caña de azúcar, plantillas 2006-2008. ....	93
Tabla 50. Descripción histórica del ingenio El Potrero.....	95
Figura 6. Ubicación del ingenio El Potrero, google earth. ....	97
Tabla 51. Equipo utilizado en el área de batey.....	98
Figura 7. Diagrama juego de mazas de un molino. ....	99
Tabla 52. Molinos utilizados en el ingenio El Potrero. ....	99
Tabla 53. Equipo de utilizado en el área de clarificación.....	102
Tabla 54. Evaporadores utilizados en el ingenio El Potrero.....	103
Tabla 55. Tachos utilizados en el área de cristalización en crudo en el ingenio El Potrero.....	104
Tabla 56. Equipo de condensación en el ingenio El Potrero.....	105
Tabla 57. Equipo de cristalización del ingenio El Potrero. ....	106
Tabla 58. Centrífugas de crudo en el ingenio El Potrero. ....	107
Tabla 59. Equipo del área de refinación del ingenio El Potrero.....	108
Tabla 60. Equipo de centrifugación de azúcar refinada en el ingenio El Potrero. ....	109
Tabla 61. Equipo de secado del ingenio El Potrero.....	110
Tabla 62. Equipo para el envasado de azúcar del ingenio El Potrero. ....	110
Tabla 63. Programa de inversiones del ingenio El Potrero 2002-2009.....	114
Tabla 64: Requisiciones necesarias en el ingenio El Potrero durante los siguientes 5 años. ....	116
Tabla 65: Comparativo de los parámetros de eficiencia de los ingenios Tres Valles y El Potrero.....	122
Tabla 66: Indicadores ambientales de los ingenios Tres Valles y El Potrero.....	124
Tabla 67: Beneficios económicos de la aplicación de las medidas técnicas de P+L....	126
Tabla 68: Costo de los insumos para recalcular las medidas técnicas de P+L.....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de la regla de flujo referente a desechos.....	14
Figura 2. Características del valor total económico por tipos de valor. ....	24
Figura 4. Diagrama de la metodología de P+L.....	51
Figura 5. Ubicación del ingenio Tres Valles .....	73

## Resumen

En México la industria azucarera es de gran importancia ya que su producto es considerado como básico en nuestro país. El aspecto económico tampoco es menor puesto que en esta actividad se generan alrededor de 450 mil empleos directos, sustancialmente en el medio rural. Su relevancia implicó que fuera incluido en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (1994) y se tenía contemplado por parte del Estado mexicano que el sector azucarero tendería a lograr una mayor modernización y competitividad a nivel internacional, sustentada en su desarrollo integral.

Sin embargo esto no ha sido así y en materia ambiental actualmente los ingenios se caracterizan por generar contaminación en aire, agua y producir gran cantidad de residuos sólidos industriales, por lo que la metodología de producción más limpia es una opción para mejorar los aspectos negativos que puedan presentarse, así como para implementar medidas preventivas que además de mejorar las condiciones ambientales impulsen la ecoeficiencia de la industria azucarera mexicana.

En este trabajo se visitó y analizó el ingenio El Potrero en el estado de Veracruz para poder establecer medidas de buenas prácticas que mejoren su operación mediante la reducción de costos económicos y ambientales, a partir de la revisión del caso del ingenio Tres Valles en el mismo estado. Se analizaron las medidas implementadas de Producción más Limpia en el ingenio Tres Valles, y se determinaron cuales de ellas pueden ser implementadas en el ingenio EL Potrero.

Los ahorros económicos estimados al implementar las medidas de Producción más Limpia en el ingenio EL Potrero serían de **10, 523, 942** pesos en un periodo de recuperación no mayor a 6 meses. La reducción de los impactos ambientales son: 3,399 ton de CO<sub>2</sub> que se dejarían de emitir a la atmósfera, la reducción en el consumo de agua sería de 67,374 m<sup>3</sup> en cada zafra, si se implementaran las medidas de Producción más Limpia. Los residuos peligrosos no representan ningún peligro para el ambiente ni la salud ya que el ingenio los dispone conforme lo dicta la normatividad correspondiente.



## Abstract

The sugar industry in Mexico is of great importance since the sugar in the country is considered as a basic commodity; furthermore, this activity generates 450,000 direct jobs driving the rural economy, it is so important that it was included in the North America Free Trade Agreement (1994). The Mexican State expected both vigorous modernization and international competitiveness based on integrated development for the sugar industry.

However, results are less than expected. On the environmental side, sugar mills area characterized by producing air and water pollution besides large quantities of solid waste. One option to address these problems is a cleaner production methodology which could improve the negative aspects of the activity as well as to implement preventive measures that not only to improve the environmental conditions but to speed up the ecological efficiency of the Mexican sugar industry.

This work included field visits to the sugar mill “Tres Valles” to analyze the best practices that it has implemented to achieve reductions in both economical and environmental costs on its operations. On the other hand the sugar mill “El Potrero” was visited too, this mill can improve its operation greatly. The best practices observed in “Tres Valles” were analyzed and this work proposes which of those practices are feasible to be implemented by “El Potrero”.

The estimated savings that “El Potrero” could achieve are over 10 million pesos with an estimated return period of the investment of six months. On the environmental side, if these practices are implanted by the sugar mill “El Potrero” 3,400 tons of CO<sub>2</sub> would not be sent to the atmosphere and 67,374 m<sup>3</sup> of water could be reduced in every harvest. The hazardous waste does not represent a danger to the environment since “El Potrero” disposes it observing the environmental law.

## 1. Introducción.

La industria azucarera es el sustento de miles de personas que directa o indirectamente dependen de ella. Esta investigación está dirigida a examinar la operación del Ingenio Tres Valles, el cual está certificado como Industria Limpia, con el fin de considerar los beneficios ambientales y económicos que conllevaría la aplicación de la metodología de producción más limpia para el caso de un ingenio que carece de ella como lo es el Ingenio El Potrero.

La agroindustria azucarera cuenta con 57 ingenios ubicados en 15 estados en la República Mexicana, en el periodo 2007-2008 produjo 5, 320, 687 toneladas de azúcar. Anualmente la agroindustria azucarera obtiene ganancias por más de 3 mil millones de dólares, además genera más de 450 mil empleos directos y beneficios indirectos a más de 2.2 millones de personas.

Los ingenios tienen problemas de contaminación en agua, aire y residuos industriales siendo los dos primeros los más significativos. Respecto al tema del agua la agroindustria azucarera consume grandes cantidades de agua necesaria para su proceso y aporta 28% de la materia orgánica de las descargas de aguas residuales industriales. En materia de aire, un manejo deficiente en el parámetro de exceso de aire en las calderas genera emisiones de partículas como hollín y humo así también se generan gases como monóxido de carbono lo que contribuye al calentamiento global, en caso contrario el sobre exceso de aire tiene como consecuencia la pérdida de calor, lo cual reduce la eficiencia de la caldera. Los ingenios también son generadores de residuos que se producen en todas las áreas de proceso, ejemplo: basura industrial, basura de caña, chatarra y ceniza de bagazo.

Los ingenios Adolfo López Mateos en Oaxaca y Tres Valles en Veracruz son los únicos que cuentan con la certificación de Industria Limpia y han tenido beneficios al implementar la metodología de producción más limpia, permitiéndoles ser más competitivos en el mercado azucarero, por lo que este trabajo tiene como objetivo general determinar el potencial de disminución de emisiones y de ahorros económicos que se obtendrían si se aplicarían opciones de producción más limpia, determinadas anteriormente en una muestra de ingenios de América Latina, a una fracción del sector azucarero mexicano actual.

En 2007, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) dio a conocer el "Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar" y tuvo como objetivo consolidar una agroindustria integrada y competitiva que enfrentara con éxito la competencia en el mercado norteamericano de edulcorantes y bioenergéticos con productos de calidad provenientes de procesos rentables y amables con el ambiente. Todos estos esfuerzos fueron fundamentados a partir de la apertura comercial en 2008 del Tratado de Libre Comercio de América del Norte que tenía como principales motivos evitar las triangulaciones comerciales de azúcares adquiridos en mercados diferentes, homologar costos y eliminar subsidios. Hoy en día sigue siendo imperativo redoblar los esfuerzos por encaminar el avance del sector azucarero mexicano, sea acompañado por la implementación de tecnologías eficientes y de prácticas que ayuden a los ingenios que no poseen el modelo de Producción más Limpia a establecer estrategias de desarrollo para ellos y el entorno en el que laboran.

En el presente capítulo se describe el planteamiento del problema, la justificación de este trabajo, la tesis, los objetivos de investigación y la metodología utilizada. En el capítulo dos se incluye el marco conceptual utilizado. El capítulo tres presenta las características de la agroindustria, el proceso de producción del azúcar, el contexto mundial y nacional del sector azucarero. El capítulo cuatro explica la metodología de Producción más Limpia (P+L) en la agroindustria azucarera y se presentan algunos casos de ingenios que la han implementado en Latinoamérica. En el capítulo cinco se muestran los indicadores ambientales del sector azucarero mexicano. El capítulo seis detalla el análisis descriptivo de los procesos de producción Más Limpia en el Ingenio de Tres Valles y cómo se podrían adoptar este modelo en el Ingenio con algunas medidas en el Ingenio el Potrero. Finalmente se presenta una conclusión general y se añaden los anexos técnicos correspondientes al análisis.

### **Tesis.**

Existen beneficios ambientales y económicos en el ingenio El Potrero que se deriven de la adopción de medidas de P+L.”.

### **Objetivo general.**

Establecer medidas de buenas prácticas que mejoren la operación del ingenio El Potrero mediante la reducción de costos económicos y ambientales.

### **Objetivos particulares.**

- Revisar el caso del Ingenio Tres Valles y realizar un diagnóstico del ingenio El Potrero.
  
- Seleccionar los aspectos críticos del proceso productivo del ingenio El Potrero que sean susceptibles a mejorar con las buenas prácticas.
  
- Utilizar el esquema implementado de Producción más Limpia en el ingenio Tres Valles para diseñar las medidas de buenas prácticas para el ingenio El Potrero.
  
- Estimar los beneficios económicos y ambientales que se pudieran obtener al implementar medidas de P+L, en los principales aspectos críticos del proceso del ingenio El Potrero.

## 1. *Planteamiento del Problema.*

El ingenio El Potrero inició operaciones en 1909 con una capacidad de molienda de 600 ton/día, después de 35 años aumentó su capacidad de molienda y logró posicionarse como el ingenio más vanguardista en el uso de tecnología de aquella época, no sólo a nivel nacional sino también internacionalmente. Desde 1944 el ingenio no ha tenido un cambio significativo en uso de la tecnología que utiliza en su proceso productivo, ya que se ha visto afectado por las distintas administraciones que lo han comprado y a la vez vendido durante su historia por lo no ha tenido avances en este tema durante la última década. En el año 2001 el ingenio sufrió su última expropiación debido a malos manejos administrativos de su anterior dueño, por lo que ahora pertenece al Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA), lo que hace aún más difícil la adquisición de tecnología que ayude a elevar la eficiencia de la fábrica.

Cabe señalar que el ingenio proporciona una importante derrama económica ya que lo abastecen alrededor de 6,441 entre ejidatarios, propietarios y arrendatarios de las tierras de cultivo, además de activar la economía de la zona.

Los habitantes del poblado General Miguel Alemán conocido por los pobladores "EL Viejo Potrero" donde se ubica el ingenio, han realizado diversas quejas en los medios locales de comunicación debido a problemas de contaminación en aire y agua, durante los periodos de zafra. Cabe señalar que la problemática del ingenio EL Potrero en materia ambiental la presentan la mayoría de los ingenios del país y pese a los esfuerzos sostenibles por los demás ingenios y el Estado, la industria azucarera nacional persiste en generar problemas de contaminación en agua, aire y generación de residuos peligrosos como se describen en los siguientes rubros:

- Agua. El consumo de agua en los ingenios es elevado, por lo que las descargas de agua residual se ven impactadas principalmente en la carga de DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos totales y temperatura. Existen también aguas provenientes de condensadores y otros sistemas de intercambio energético que no son aprovechadas y que contribuyen a disipar el calor disminuyendo la eficiencia energética global del sistema y contaminando el medio ambiente, así como también la contaminación que se genera en el proceso de la molienda por medio del uso de lubricantes, originando la mezcla de éste con bagazo y agua de la molienda (CMP+L, 2005).

En los últimos años, el cierre de ingenios y la adopción de medidas anticontaminantes han permitido una mejora en este rubro. En el año 2000 existían 60 ingenios los cuales generaron 5,6 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales industriales lo cual significó alrededor del 41% del total de las descargas a nivel industrial (PROFEPA y SEMARNAP 2000). En contraste, en el año de 2005, solo había cincuenta y siete ingenios y ellos significaron el 28% de la carga orgánica en los ríos del país (SEMARNAT Y UNDP, 2005). Esto es, se disminuyó el volumen de la descargas residuales al pasar de 49 m<sup>3</sup>/s a 23.6 m<sup>3</sup>/s (CONAGUA, 2008). A pesar de la reducción de las descargas de aguas residuales es necesario reducir el

volumen de la carga orgánica, ya que esta es vertida en los cuerpos de agua de nuestro país y generalmente contiene residuos peligrosos como grasas y aceites.

- Aire. El uso cada vez más frecuente de bagazo y combustóleo como combustible en calderas genera la emisión de partículas y gases contaminantes que contribuyen al calentamiento global. Los ingenios azucareros no están claramente considerados dentro del ámbito de jurisdicción federal en materia de aire ya que al no existir especificidad en el tipo de combustibles mixtos (bagazo y combustóleo no están obligados a cumplir con los niveles máximos permisibles en materia de aire. En 2000 se detectó que el 66% de los ingenios auditados carecen de sistemas de control y escasa labor en materia de monitoreo y cumplimiento con la tramitación de licencias de funcionamiento y cédulas de operación (PROFEPA y SEMARNAP, 2000).
- Residuos Peligrosos. La generación de residuos peligrosos deriva en un impacto al suelo, ya que no existen almacenamientos adecuados para los residuos y estos se disponen en suelo natural o sobre pisos de cemento de manera inadecuada que permite la filtración de contaminantes. Los residuos sólidos que se generan en todas las áreas de proceso son: basura industrial (aceites, materiales contaminados con aceites, lámparas, equipos y refacciones de equipos ya usados, residuos generados por el laboratorio del ingenio, etc.) basura de la caña (bagazo), chatarra y ceniza de bagazo.

## *1.2 Justificación.*

En México, las haciendas azucareras se remontan a la época colonial pero la agroindustria azucarera fabril en México, comenzó a principios del siglo XX bajo el período del Porfiriato, en el cual se crearon 25 ingenios que hasta la fecha siguen en actividad, los cuales poseen tecnología muy básica y austera (Quesada, 2002). La producción de azúcar es de relevancia para el país y representa el 0.5 del PIB del sector agrícola (Unión Nacional de cañeros, 2006). En la actualidad en México existen 57 ingenios ubicados en 15 estados de la República, estos son abastecidos por más de 160 mil productores lo que genera alrededor de 450 mil empleos directos y 2.2 millones de empleos indirectos. Las zonas de abasto abarcan 227 municipios, en los que viven más de 12 millones de personas (Unión Nacional de cañeros, 2008). Por lo que este sector es estratégico por el tamaño y el impacto de su actividad económica, así como los beneficios a futuro que puede generar a partir de la explotación de bioenergéticos derivados, así como otros subproductos.

De 57 ingenios azucareros solamente dos, los ingenios Adolfo López Mateos y Tres Valles cuentan con la metodología de producción más limpia en sus procesos de producción, los cuales han obtenido buenos resultados al haber implantado esta metodología. Por lo tanto, es conveniente conocer la relevancia de adoptar la metodología de Producción más Limpia en el sector azucarero, para que los ingenios logren mayor grado de eco eficiencia en sus procesos productivos.

La conveniencia de esta metodología es lograr un uso razonable de los recursos, sobre todo obteniendo beneficios económicos si se implementará esta metodología a la par de reducir los impactos nocivos al ambiente que genera esta industria y así, lograr un desarrollo económico y ambiental beneficiando principalmente a la sociedad donde se localizan los ingenios y por supuesto a los trabajadores que dependen de esta agroindustria.

### *1.3 Metodología.*

Para realizar esta investigación se deberá llevar a cabo las metas y actividades mostradas a continuación:

- Búsqueda bibliográfica de libros, documentos, boletines acerca de las medidas con las que debe operar la industria azucarera en México y en el contexto latinoamericano.
- A partir de la construcción de una base de datos histórica de la industria azucarera, clasificar a los ingenios mexicanos basándose en la capacidad instalada de acuerdo a los siguientes tipos: tipo A de 2,000 a 5,000 ton/día, tipo B mayores de 5,000 a 8,000 ton/día y tipo C mayores de 8,000 a 18,000 ton/día.
- Análisis de los principales indicadores ambientales de la industria azucarera mexicana conforme la clasificación anterior.
- Revisión de la implementación de P+L en el caso del Ingenio Tres Valles.
- Análisis diagnóstico del ingenio azucarero El Potrero y estimación de algunos de los beneficios ambientales y económicos, en caso de la aplicación de P+L para el Ingenio El Potrero conforme el esquema de P+L del Ingenio Tres Valles.
- Comparación de los Ingenios Tres Valles y El Potrero.
- Adecuar la propuesta de P+L al Ingenio El Potrero.

Indicadores ambientales utilizados.

A continuación, se establecen los indicadores a utilizar durante esta investigación para la obtención de una mayor eficiencia en el proceso productivo de azúcar:

Tabla 1: Indicadores utilizados en esta investigación.

Indicadores	Unidades
Cantidad de agua	m <sup>3</sup> / tonelada de azúcar
Consumo de energía eléctrica y térmica	Kwh/por tonelada de azúcar
Emisión de CO <sub>2</sub>	ton/por tonelada de azúcar
Cantidad de desechos sólidos	ton/por tonelada de azúcar

## 2. Marco Conceptual.

### 2.1 Explicación de la Contaminación.

De acuerdo con David W. Pearce, la contaminación reduce la capacidad del sistema para soportar nueva contaminación y exhibe costos marginales y sociales crecientes. Por lo que, la sociedad tratará de reducir los choques sufridos por el sistema mediante la reducción de la contaminación o tratar de modificar el comportamiento de la sociedad de tal forma que aunque tales choques continúen en su nivel actual tenderán hacia un efecto cada vez menor en el ambiente. (Pearce, 1985).

Sin embargo, el ambiente tiene una capacidad de asimilación limitada, ya que no degradará todos los desechos, por lo que cobra importancia la gran cantidad de desechos que pasan al ambiente, ya que si se supera la capacidad de asimilación del ambiente, permanecerá allí como un acervo potencialmente nocivo, impidiendo el funcionamiento de las poblaciones de degradadores y por lo tanto el uso de los recursos y del mismo ambiente (Condesa, 1997).

El principio de la circulación de materiales y el flujo de energía en un sentido rigen a los ecosistemas, de ahí que los materiales extraídos de ellos fluyen hacia el sector de la producción en donde son procesados para convertirse en bienes económicos. La primera ley de la termodinámica establece que no es posible crear ni destruir los recursos, por lo tanto algunos de estos materiales utilizados en la producción se incorporarán en bienes consumibles y pasarán al consumidor. Los recursos que no son incorporados a la actividad económica se convertirán y aparecerán como un flujo de materiales que va del sector de producción al ambiente, en forma de capital no deseado, es decir desecho. Los recursos energéticos se transmitirán también como bienes de consumo o se disiparán al ambiente como calor y ruido. Algunos de los desechos materiales se reciclan, la energía no puede reciclarse porque obedece a la regla del flujo en un solo sentido como se muestra en el siguiente diagrama. (Ver Figura 1)

Un hecho importante de esta visión del proceso económico es que el consumo ya no aparece como el acto final, porque todo lo que se consume va acompañado de la aparición de desechos arrojados al ambiente susceptibles a ser reciclados lo cual los revaloriza económicamente pero a la vez también se da la posibilidad de existencia de residuos más difíciles de tratar (en términos económicos y tecnológicos). De tal manera, se busca adoptar un esquema preventivo más que curativo pues no solo se trata de tener un consumo más racional de los recursos naturales y que sea armónico con el ambiente y también de reciclar los desechos industriales sino que la tecnología utilizada en la producción posibilite la reducción al mínimo a los residuos generados.

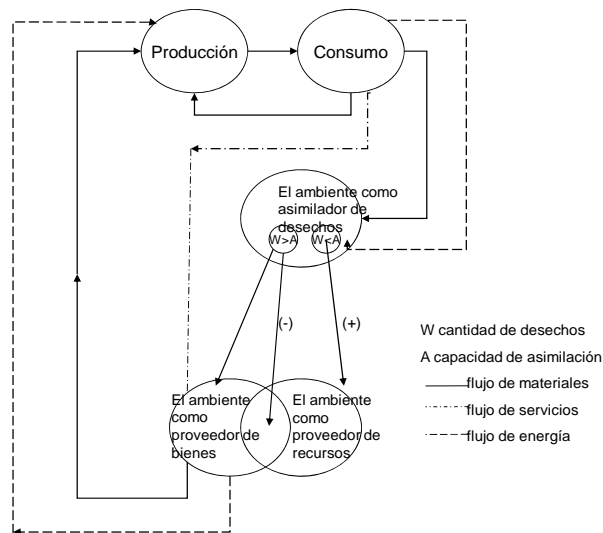


Figura 1. Diagrama de la regla de flujo referente a desechos.

Fuente: Condesa, 1997.

## 2.2 Concepciones de P+L y conceptos relacionados.

A partir de los años 80's y 90's se han desarrollado varios enfoques en la industria para reducir el impacto ambiental. Estos enfoques son una respuesta diferente a la lógica de Comando & Control de la legislación desarrollados en los años 70's y 80's. Los sistemas de control comenzaron a ser cuestionados por una serie de razones algunas de ellas se muestran a continuación (Dieleman, 2006):

1. Los industriales afirmaban que los legisladores no eran capaces de prescribir lo que debía aplicarse en las medidas de protección.
2. El sistema de permisos es muy complejo, ya que la legislación sobre medio ambiente se hizo diversa y especializada para hacer frente a diversos problemas ambientales en materia de aire, agua y los residuos, teniendo que pedir permiso para cada uno.
3. Solo un pequeño porcentaje de los permisos era exacto y con controles efectivos.



Por lo anterior, la industria respondió mediante el desarrollo de diversos sistemas y métodos que fueron basados en los mercados y de auto-regulación como los sistemas de gestión ISO que son los más conocidos. Otros enfoques desarrollados en los años 80's y 90's son "Producción más Limpia", "Ciclo de vida", "Eco-Diseño", "Ecología Industrial" y recientemente el de empresa con responsabilidad social y gestión sostenible industrial (Dieleman, 2006).

Una de las concepciones de P+L es la del Centro Mexicano de Producción más Limpia (CM P+L) la cual define en el caso de procesos industriales y productos y servicios, lo siguiente:

1. El Proceso P+L incluye el uso eficiente de materias primas y de energía, además de la eliminación o reducción al mínimo de las fuentes contaminantes, antes de que generen residuos y/o emisiones y la disminución de los riesgos que corren los seres humanos y el medio ambiente.
2. Productos y servicios, los puntos estratégicos se encuentran en la reducción de los efectos negativos sobre el ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de los materiales y servicios hasta su disposición final después de usado.

En las siguientes secciones se verán la evolución y los conceptos de P+L y eco eficiencia así como su relación con las actuales normas estandarizadas internacionalmente de la serie ISO 14000.

### 2.2.1 Producción más Limpia, P+L.

Producción más limpia es un enfoque específico para reducir el impacto del medio ambiente industrial y que inició entre los años 70's y 90's. Inicialmente se denominó "Prevención de la Contaminación" pero a partir de las décadas de los 80's y 90's se denomina "Producción más limpia". Producción más limpia tiene como objetivo reducir el impacto del entorno industrial en el proceso industrial y el cambio de productos. Establece que, las medidas de prevención son preferibles por encima de las medidas de control de la contaminación basado en la aplicación a lo que se le denomina tratamiento para el final de tubo (Dieleman, 2006).

Dieleman asevera que el inicio del enfoque de P+L comenzó con la compañía americana 3M en 1975 a través de la implementación de su programa *3P (Pollution Prevention Pays)*, el cuál consistía en que los residuos generados durante el proceso de producción debieran ser considerados como una mala asignación de los materiales de entrada, lo que no solo es negativo para el medio ambiente, sino que representa al mismo tiempo una pérdida financiera (Dieleman, 2006).

Por otra parte, Donald Huisingh en el periodo de 1985 a 1986 estimuló la organización de un proyecto de prevención de la contaminación en la ciudad de Landskrona, Suecia por lo que se le denominó: proyecto Landskrona y se convirtió en el primer proyecto europeo para la prevención de la contaminación. Este proyecto llamó la atención de investigadores de universidades que querían elaborar una metodología integral y un conjunto de herramientas que permitiera a la industria, los gobiernos y técnicos utilizar el enfoque *3P*. Lo que derivó posteriormente en 1989 al proyecto llamado PRISMA que utilizó la metodología de EPA S.U. "Manual de evaluación de oportunidades para minimizar residuos" (Dieleman, 2006).

Más tarde, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) explicitó una estrategia de “producción más limpia”, P+L, utilizando la metodología y las experiencias del proyecto PRISMA. La metodología de P+L utilizada en proyectos se centra en la identificación y la aplicación de las llamadas opciones de P+ L. Según el PNUMA, P+L lo define como “la aplicación continua de una estrategia integral de prevención ambiental a los procesos y productos los riesgos o impactos en contra de la humanidad y su ambiente” (PNUMA, en línea).

Para los procesos productivos, la P+L propone conservar las materias primas y la energía reduciendo la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos antes de que abandonen el proceso productivo. Para los productos, la estrategia de P+L se enfoca en reducir los impactos a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la extracción de su materia prima, hasta la disposición final del producto después de usado (CMP+L, 2005), es decir la P+L es una estrategia que busca prevenir la generación de los contaminantes en la fuente de su origen y no controlarlos al final del proceso, reduciendo los desperdicios y a la vez previniendo la contaminación (Van Hoof, Monroy y Saer, 2008).

La P+L, como mecanismo de política, se ha considerado actualmente como una de las alternativas para el manejo de los problemas de contaminación, pero además permite una nueva forma de pensar y analizar el desarrollo actual de las sociedades en función de la problemática ambiental, social y económica; en sus alcances se abarcan aspectos internos de la industria como la calidad del producto, el acceso a la tecnología alternativa, la disponibilidad de capital y la resistencia cultural. En los aspectos externos como son: la política macroeconómicas y ambientales, aspectos financieros, la presión de la comunidad, la demanda del mercado por productos sostenibles, y el acceso a tecnología alternativa (Van Hoof, Monroy y Saer, 2008).

Las opciones para la P+L se pueden encontrar en la tecnología utilizada para la producción, pero puede igualmente encontrarse en los cambios de organización que van desde la mejora con “una buena administración” hacia la mejora de la comunicación dentro de la empresa y los cambios en la asignación de responsabilidades (Dieleman, 2006).

Algunos estudios en los cuales se ha evaluado la eficiencia de P+L indican que tal concepto y metodología avanza con lentitud y enfrenta diversos obstáculos para ser aplicada, ya que en 1995, un instituto de investigación holandés llevo a cabo uno de los primeros estudios en la evaluación de la aplicación de P+L, en el cual se demostraba que las empresas no aplicaron las opciones de P+L en el periodo entre 1990-1995, solo el 40% de las opciones fueron aplicadas (Dieleman, 2006).

Dieleman en su tesis doctoral realizó un estudio en cinco empresas con la metodología de PRISMA en el periodo de 1989 hasta 1996. Las conclusiones de su estudio fueron que las empresas pusieron en práctica menos del 50% de las opciones generadas durante el proyecto. La razón de este suceso no fue que las empresas no tuvieran conciencia de la importancia de estas opciones sino que nunca hubo la intención de ponerlas en práctica. Sus principales conclusiones fueron las siguientes: en general, las decisiones estaban influidas por acontecimientos aleatorios como eran: presiones de parte de los legisladores; comunicación con colegas; enterarse de innovaciones por medio de la lectura del periódico, etc. En la toma de decisiones concretas por lo general se seguían rutinas establecidas y conocidas formas de resolución de problemas. Esto significó que los acontecimientos y la toma de decisiones

concretas se realizaron bajo influencias externas recibidas más que por razones propias (rentabilidad, competitividad, etc.). Cuando una de las partes interesadas expresaba que tenía experiencia en el control de la contaminación para manejar determinadas condiciones ambientales, con frecuencia la decisión era invertir en la opción de control de la contaminación pese a que se tenían ahorros económicos con la prevención de la contaminación (Dieleman, 2006). Por lo tanto, Dieleman sugiere, que las empresas deben concentrarse menos en la demostración de los beneficios ambientales de la P+L y centrarse más en la aplicación de P+L bajo las condiciones endógenas y exógenas empresariales.

En 2002 se realizó una revisión de las iniciativas de prevención de la contaminación en Estados Unidos en el periodo de 1976 a 2000, en el cual se hizo una distinción entre las grandes, medianas y pequeñas industrias y se concluyó que las grandes industrias tuvieron un cambio fundamental y profundo en la prevención de la contaminación. Sin embargo, para las medianas industrias la conclusión fue que sus representantes han identificado en su proceso cambios significativos con la aplicación de P+L y para el caso de las pequeñas industrias se ha intentado la implementación de P+L sin tener éxito. Por lo que se consideró que lo concluido tiene importantes implicaciones políticas ya que los gobiernos han dirigido los programas de prevención de la contaminación a las pequeñas industrias sin tener éxito en sus resultados. (Dieleman, 2006)

El PNUMA realizó una evaluación general que se llevó a cabo sobre una base regional en los distintos continentes. La conclusión general es que la P+L se está llevando a cabo prácticamente en todo el mundo y el concepto en sí es cada vez más integrado en otros enfoques. A pesar de los progresos realizados en los últimos años, se han presentado de forma más lenta de lo previsto inicialmente y aún queda mucho por hacer para la implementación a gran escala de P+L. Algunas explicaciones utilizadas en los estudios de evaluación son la falta de capacidades, la falta de recursos, una falta de compromiso de gestión y la falta de un marco institucional apropiado (Dieleman, 2006).

## 2.2.2 Ecoeficiencia.

Según Marcus Lehni, director ejecutivo del Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible, "...una empresa consigue la eco eficiencia cuando la oferta de productos y servicios está a un precio competitivo, la cual satisface necesidades humanas e incrementa su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida (de producto) se reduce progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de los recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta" (Capuz y Gómez, 2003).

Sin embargo la ecoeficiencia se considera en un campo más amplio que la protección del medio ambiente o el control de la contaminación, así como las formas tradicionales de tratar los problemas como son: la responsabilidad de los sectores productivos en su contribución a mejorar la calidad de vida de la población. Por lo que este enfoque se asocia normalmente a regulaciones y controles y no a costos adicionales para la empresa, que por lo general no puede asumir ni tampoco traspasar a los precios de sus productos en la mayoría de las veces, sobre todo el de los mercados altamente competitivos. Por eco eficiencia se entiende también

un enfoque que se interna en la operación de las empresas y no se queda en las externalidades (emisiones, efluentes, residuos), forma común y tradicional de tratar el tema (Leal, 2005).

En sus orígenes, la ecoeficiencia estuvo centrada en mantener las características técnicas y de calidad de los productos industriales reduciendo la cantidad de materiales en su producción. Por lo que el objetivo primordial era tener el mismo beneficio económico usando menos materias primas, y de esta forma se conseguía un mayor valor añadido del producto respecto al valor de las materias primas, a la vez que se reducía el impacto ambiental del consumo, extracción, proceso, transporte y fabricación de las materias primas (Capuz y Gómez, 2003).

El Consejo Empresarial Mundial para el desarrollo sustentable en 1992 definió el concepto de ecoeficiencia a partir que fue concebida al implantar acciones relacionadas con la protección del medio ambiente, que produjeron un aumento en la rentabilidad de las inversiones y en la eficiencia con que son utilizados tanto los recursos naturales y los servicios ambientales, con tal de satisfacer las necesidades humanas. De tal manera que eco eficiencia puede ser descrita como “la relación que guarda el producto o servicio resultante con respecto al total de las presiones ambientales generadas para producirlos” (CESPEDES, 2000).

Actualmente, la ecoeficiencia tiene como objetivo la minimización del impacto ambiental, aunque esto no suponga estrictamente la minimización en el uso de recursos (Capuz y Gómez, 2003). Por lo que un proceso productivo se puede denominar “ecoficiente” cuando se generan bienes y servicios a precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas de consumo mejorando la calidad de vida y que a la vez se reduzcan los impactos ambientales y la intensidad de uso de recursos naturales a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos igual a la capacidad de carga de los ecosistemas; es decir ecoeficiencia significa producir más con menos (CESPEDES, 2000). Las definiciones anteriores contienen importantes objetivos sociales y metas ambientales. Esto llevó a la adopción de siete criterios básicos para avanzar hacia la ecoeficiencia por parte de las empresas y son los siguientes (CESPEDES, 2000):

- Minimizar la intensidad de uso de materiales.
- Minimizar la intensidad de uso de energía.
- Minimizar la emisión de contaminantes.
- Aumentar las posibilidades de reciclaje.
- Maximizar el uso de recursos renovables contra no renovables.
- Aumentar la durabilidad de los productos.
- Incrementar la intensidad de servicio de los productos.

Con los criterios antes mencionados la eco eficiencia busca ir más allá que la reducción de la contaminación o el uso racional de los recursos, subrayando aspectos de productividad y proveyendo herramientas para la competitividad. La eco eficiencia conjunta objetivos económicos, ambientales y sociales haciendo del reto de la sustentabilidad una oportunidad de negocios y mejora tanto del medio ambiente como de calidad de vida (CESPEDES, 2000)

Para algunas personas el concepto de eco eficiencia y P+L son equivalentes, sin embargo, hoy en día se hace una diferencia que responde al distinto punto de vista de las iniciativas: la eco eficiencia es una estrategia corporativa, una iniciativa empresarial fundamentalmente privada; pero que cuenta cada vez con mayor apoyo de la instancia pública, por el contrario, la P+L es una estrategia de política pública que es impulsada por los gobiernos para embarcar a sectores productivos en una tarea de cumplimiento y superación de las exigencias de la regulación (Leal, 2005).

### 2.2.3 Norma ISO 14000.

Entre las formas de autoregulación empresarial que existen hoy en día se encuentra la aplicación de las normas ISO, que consiste en aceptar voluntariamente la normalización de los mercados de procesos, productos, bienes y servicios con lo cual una empresa puede distinguirse y alcanzar una posición más competitiva. La palabra ISO tiene una doble acepción corresponde a las siglas en inglés de International Standard Organization surgida en 1947 la cual tiene la función principal de establecer la concordancia y equivalencia de normas internacionales que faciliten el intercambio comercial entre países. El segundo significado corresponde a la palabra que proviene del griego "ISO" la cual significa igual ya que la finalidad es que las empresas puedan tener un marco común de interpretación para el comercio y que todas las normas ISO puedan encontrar oportunidades y ventajas en adoptarlas de manera voluntaria debido al prestigio social y excelente imagen pública de calidad que conlleva. Sin embargo la institución no gubernamental ISO, así como los organismos certificadores de las normas ISO no tienen autoridad para imponer sus normas en ningún país u organización (Cascio, Woodside y Mitchel, 1996).

Las normas ISO 14000 establecen herramientas y sistemas para la administración de distintas obligaciones ambientales y la realización de evaluaciones del producto sin imponer qué metas debe alcanzar una organización. Las normas ISO 14000 son una guía para una comprensión acertada y práctica en la administración del medio ambiente y la estandarización de algunas herramientas de análisis ambiental, tales como la clasificación y el análisis del ciclo de vida. Las normas ISO 14000 incluyen temas de administración ambiental, auditoría ambiental, evaluación del ciclo de vida, clasificación ambiental y desempeño ambiental y otros (Cascio, Woodside y Mitchel, 1996). A continuación se muestran las normas ISO y sus correspondientes guías para la aplicación en distintos tipos de organizaciones (ver tabla 2):

Tabla 2: Norma ISO 14000

ISO 14 000 : Normas de Evaluación de la organización	
Sistema de administración ambiental: ISO 14001	Especificación con guía para su uso.
ISO14004	Guías generales sobre principios, sistemas y técnicas de soporte
Auditoría ambiental: ISO 14010	Guías para la auditoría ambiental, principios generales.
ISO 14011-1	Procedimientos de auditoría. Parte 1: auditorías de sistemas de administración ambiental.
ISO 14012	Criterios de calificación para auditores ambientales de sistemas de administración ambiental.
Clasificación ambiental: ISO 14020	Principios básicos para todas las clasificaciones ambientales.
ISO 14021	Auto-declaración de afirmaciones ambientales, términos y definiciones.
ISO 14022	Símbolos.
ISO 14023	Metodologías de prueba y verificación.
ISO 14024	Programas del practicante, principios guía, prácticas y procedimientos de certificación de programas de criterios múltiples.
Evaluación de desempeño ambiental: ISO 14031	Guías para la evaluación del desempeño ambiental.
Evaluación de ciclo de vida: ISO 14040	Principios y macro.
ISO 14041	Análisis de metas y definiciones/ámbito e inventario.
ISO 14042	Evaluación de impacto.
ISO 14043	Evaluación de mejoras.
Términos y definiciones: ISO 14050	Términos y definiciones.
Aspectos Ambientales en las normas de productos: ISO 14060	Guía para aspectos ambientales para las normas de productos.

Fuente: Guía ISO 14000, 1996.

## 2.2.4 Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

El ACV es la metodología que se utiliza actualmente para evaluar la carga medioambiental de un producto, proceso o actividad en todo su ciclo de vida. Pretende evaluar los potenciales impactos ambientales causados durante todas las etapas, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final (Capuz y Gómez, 2003).

En una primera etapa el ACV precisa de elaborar inventarios que permiten a un fabricante cuantificar qué cantidad de energía, de agua y de materias primas se utilizan y cuáles son los residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados en cada una de las fases del proceso de fabricación, uso o consumo y su eliminación final. La segunda etapa consiste en valorar los resultados (Condesa, 1997), por lo que el ACV evalúa los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto mediante (Capuz y Gómez, 2003):

- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema;
- La evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados a esas entradas y salidas.
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Cuando se analizan las características ambientales de los productos industriales y se trata de explicar el ciclo de vida de ese producto, hay que entender que se refiere al ciclo de vida físico y éste incluye las siguientes etapas (Capuz y Gómez, 2003):

- Extracción de materias primas.
- Procesado de materiales.
- Producción y Montaje.
- Distribución.
- Uso y Servicios.
- Retiro, que incluye las alternativas:
  - Reutilización, refabricación y reciclaje.
  - Aprovechamiento energético u otro.
  - Deposición en vertedero.

En esta metodología se toman muy en cuenta los flujos de materiales y energía, y las transformaciones desde la adquisición de las materias primas hasta el destino final de los productos como residuos, ya que para el diseño y uso de los productos se consumen recursos y se generan residuos que se acumulan en la biosfera (Capuz y Gómez, 2003).

La metodología de ACV empezó siendo una herramienta para la evaluación de los impactos medioambientales del producto. Finalmente el ACV se ha universalizado y con el objetivo de uniformizar criterios y metodologías, han aparecido una serie de normas internacionales. Existen diversos términos a la hora de referirse a la Evaluación del Ciclo de Vida y al Análisis del Ciclo de vida, que se encuentran en la serie ISO 14040 y son los siguientes (Capuz y Gómez, 2003):

- Análisis de ciclo de vida: Recopilación y evaluación de las entradas, salidas y de los potenciales impactos medioambientales del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida.
- Ciclo de vida: Etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto desde la adquisición de materias primas o generación de recursos naturales hasta su eliminación final.
- Análisis de inventario de ciclo de vida: Fase de ACV que abarca la recopilación y cuantificación de datos de las entradas y salidas, para un sistema del producto dado, a lo largo de su ciclo de vida.
- Sistema del producto: Conjunto de procesos unitarios conectados material y energéticamente que realizan una o más funciones definidas.
- Proceso unitario: Parte más pequeña del sistema del producto para el que se recogen datos, cuando se realiza el análisis de ciclo de vida.
- Límite del sistema: Interfase entre el sistema del producto y el medio ambiente u otros sistemas del producto.
- Flujo elemental: Materia o energía que bien entra o bien sale del sistema de estudio.

Etapas de la Metodología del ACV.

Un ACV debe incluir las siguientes fases (Capuz y Gómez, 2003):

- Definición del objetivo y alcance. En qué consiste la aplicación, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto.
- Análisis de inventario. Comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema del producto.
- Evaluación de impacto. Se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida.
- Interpretación de resultados. Conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance definidos.



## 2.2.5 Análisis Costo Beneficio.

Antes de abordar el tema de análisis costo/beneficio es necesario considerar que es el ser humano quien da valor a la naturaleza, a los recursos naturales y al medio ambiente general, es decir, el ambiente tiene valor porqué cumple con una serie de funciones que afectan positivamente al bienestar de las personas que componen a la sociedad. Los que dan valor al ambiente son las personas que pueden en determinado momento exigir potenciales modificaciones en las actividades sociales y económicas que afectan a su bienestar, por lo que un cambio en la calidad ambiental del colectivo deben ser consideradas a la hora de tomar decisiones (Azqueda, 1994).

El valor económico total (VET) es la suma neta de la disposición de todos los criterios de pago y disposición de aceptar una indemnización por un proyecto o el cambio de una política. La noción de valor económico total proporciona una medida que engloba el valor económico de un activo ambiental. Se divide en uso y no uso (o uso pasivo) de los valores, y más subclasificaciones pueden proporcionarse cuando sea necesario. El VET no incluye otros tipos de valores, como valores intrínsecos que se definen generalmente como valores que residen "dentro" del activo y sin relación con las preferencias humanas o incluso la observación humana. Sin embargo, aparte de los problemas de la noción de valor intrínseco operativo, se puede argumentar que la voluntad de algunas personas a pagar por la conservación de un activo, independientemente de cualquier uso que hagan de ella, está influenciada por sus propios juicios sobre el valor intrínseco. Esto puede presentarse especialmente en las nociones de "derechos a la existencia", así también como una forma de altruismo (OECD, 2006).

Como se menciona anteriormente las personas pueden pagar para mantener un bien en existencia con el fin de preservar la opción de usarlo en el futuro, así pues, el valor de la opción se convierte en una forma de valor de uso o de no uso que refiere a la disposición a para mantener un bien por hacer posible simplemente su existencia, o bien como valor altruista o de valor del legado o herencia. Estas definiciones siguen a continuación (OECD, 2006).

- El valor de la existencia, es la disposición a pagar para mantener un bien que no tiene un uso real o que sea previsto para el, ya sea por que se tenga un sentimiento preocupación por el bien.
  
- El valor altruista puede surgir cuando el bien debe estar a disposición de los demás en la generación actual.
  
- Un valor de legado es similar, pero se refiere a la preocupación de que las futuras generaciones deben tener la opción del uso del bien.

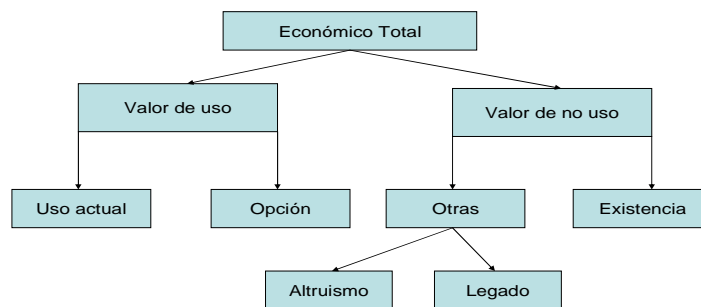


Figura 2. Características del valor total económico por tipos de valor.

Fuente. Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments, OECD, 2006

El análisis costo-beneficio constituye un estado de pérdidas y ganancias para el sector público lo mismo que para una compañía de negocios. Este análisis es una herramienta para ayudar a tomar decisiones públicas desde el punto de vista de la sociedad y no desde el criterio de una sola empresa con ánimo de lucro; con frecuencia este análisis se aplica a políticas y programas que tienen ciertos tipos de productos fuera del mercado como por ejemplo, los mejoramientos en la calidad ambiental (Field Barry, 1995).

Los fundamentos teóricos para el análisis costo beneficio pueden resumirse como (OECD, 2006):

- a) las preferencias de los individuos se deben tomar como fuente de valor. Es decir que el bienestar individual o utilidad es mayor en el estado de A que en el estado B según la preferencia de los individuos.
- b) las preferencias se miden por una disposición a pagar (WTP) por un beneficio o costo y una disposición a aceptar una compensación (WTA).
- c) se asume que las preferencias individuales pueden ser agregadas ya que los beneficios sociales son simplemente la suma de todos los beneficios individuales y el costo social es la suma de de todos los costos individuales.
- d) si los beneficiarios de un “cambio” hipotéticamente pueden compensar a los perdedores por dicho cambio, las ganancias superarían los costos por lo que los beneficios superan a los costos.

Los costos y beneficios se acumulan con el tiempo y la regla general será que los costos y beneficios futuros son ponderados, Este peso temporal se conoce como el factor de descuento:

$$DF= 1/(1+s)^t$$

Donde:

DF: factor de descuento, o peso en el periodo t.

s: tasa de descuento.

La regla de decisión de base para la aceptación de un proyecto o política es:

$$\{\sum WTP_{i,t}^G (1+s)^{-t} - \sum WTP_{i,t}^L (1+s)^{-t}\} > 0$$

donde

i, es el individuo i-ésimo

t, es el tiempo.

G, referente a los ganadores por la decisión.

L, referente a los perdedores por la decisión tomada.

En esta formulación, los beneficios se miden por WTP para garantizar el beneficio (G se refiere a los ganadores), y los costes se miden por WTP para evitar el costo (L se refiere a los perdedores). Si los "perdedores" del proyecto o la política tienen derechos de propiedad legítima de lo que pierden, entonces WTP debe ser sustituida por la WTA), y la ecuación sería el siguiente.

$$\{\sum WTP_{i,t}^G (1+s)^{-t} - \sum WTA_{i,t}^L (1+s)^{-t}\} > 0$$

El análisis costo-beneficio ha conducido a dos vías: la primera se encuentra entre sus practicantes, economistas dentro y fuera de las entidades públicas que han desarrollado las técnicas; la segunda está entre los políticos y administradores quienes han establecido las reglas y procedimientos que rigen el uso del análisis costo-beneficio para la toma de decisiones públicas (Field Barry, 1995). El análisis costo-beneficio implica medir, adicionar y comparar todos los beneficios así como todos los costos de un proyecto o un programa público ó particular. Existen esencialmente cuatro pasos en un análisis costo-beneficio (Barry, 1995).

1. Especificar en forma clara el proyecto o programa.
2. Describir en forma cuantitativa las entradas (insumos) y salidas (resultados) del programa.
3. Calcular los costos y beneficios sociales de estas entradas y salidas.
4. Comparar estos beneficios y costos.

Cada uno de estos pasos se constituye de varios componentes, por lo que al realizar un análisis costo-beneficio, una vez decidida la perspectiva desde la cual se va a realizar se debe incluir una especificación completa de los principales elementos del proyecto o programa: localización, calendario, grupos involucrados, vínculos con otros programas ambientales públicos para los cuales se realizan los análisis costo-beneficio (Barry, 1995).

1. Proyectos físicos que involucran la producción pública directa: las plantas públicas de tratamiento de aguas residuales, proyectos de mejoramiento de hábitat, compra de tierras para la preservación, etc.
2. Programas de regulación que se proyectan para ejecutar las leyes y regulaciones ambientales, como estándares para el control de la contaminación, opciones tecnológicas, prácticas de eliminación de desperdicios, restricciones a los proyectos de urbanización, y otros entre otros.

Posteriormente se asigna un valor a los flujos de entradas y salidas (medir costos y beneficios). Esto se podría hacer con cualquier unidad que se desee, pero significa que se realicen en términos de los valores del mercado, debido a que en muchos casos se estarán tratando los efectos, especialmente en cuanto a los beneficios, que no están registrados en forma directa en los mercados. Tampoco implica que solamente los valores monetarios son tomados en cuenta de manera fundamental ya que es necesario interpretar todos los impactos de un proyecto o programa con el fin de compararlos entre sí, al igual que con otros tipos de actividades públicas. Al final, ciertos impactos ambientales de un programa presentan dificultades para reducirlos a términos monetarios debido a que no es posible hallar una forma exacta para medir cuánto valoran las personas estos impactos (Barry, 1995). Por eso es necesario comparar los beneficios y los costos totales en diversas formas. Una de ellas y la más utilizada consisten en restar los costos totales de los beneficios totales para obtener los beneficios netos (Barry, 1995).

Como comentario final después de la revisión de los diversos enfoques conceptuales posibles a utilizar en la investigación, como se ha indicado en la metodología, este trabajo de investigación seleccionó los conceptos y categorías de P+L y de ecoeficiencia para analizar la forma en cómo lograr disminuir los costos ambientales del Ingenio El Potrero. Debido a que los demás enfoques conceptuales como el Análisis de Ciclo de Vida, Análisis Costo-Beneficio y de las normas ISO 14000 precisan de insumos, datos e instrumentos técnicos que no fueron accesibles o no pudieron ser aplicados en el proceso de investigación por falta de disponibilidad de las autoridades de los Ingenios o de falta de recurso para aplicación de encuestas.

### 3. La Industria Azucarera.

#### 3.1 Caña de azúcar.

La caña de azúcar es conocida con su nombre científico *Saccharum officinarum*, la cual es una “planta herbácea perenne con rizoma suculento del que nacen varios tallos compactos, nudosos y glaucos, que llega alcanzar una altura de 2 a 5 metros y un diámetro de 2.5 a 5 cm. Las hojas son lanceoladas, acuminadas denticuladas, glabras y abrazadoras, con un medio blanco. Se menciona que actualmente se utilizan hibridaciones por lo que continuamente se está trabajando a nivel internacional con el objetivo de obtener cañas con mayor contenido de jugo y menor contenido de fibra, a la vez que sean adecuadas para el tiempo de zafra (Quesada, 2002).

También se define como una “gramínea tropical que pertenece a la misma especie (*Andropogoneae*) del sorgo, el pasto Johnson, y el maíz. La caña de azúcar que se cultiva actualmente a nivel mundial es un híbrido complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barberi*, *S. officinarum* Linneo, *S. Robustum* Brandes & Jeswiet, *S. sinense* Roxburgh y *S. spontaneum*. El tallo de la caña está compuesto aproximadamente de 75% de agua y el resto consiste en fibras y sólidos solubles. Las variedades son ricas en agua relativamente bajas en fibra y de maduración tardía. Actualmente se acepta que *S. officinarum* se desarrolló mediante la selección practicada por los cazadores aborígenes, los cuales le daban diversos usos (Chen, 2004). Se conoce que la caña de azúcar proviene del Extremo Oriente según los más antiguos registros en específico en las regiones de Indonesia, Papúa y Nueva Guinea. En el siglo XVI se comercializó azúcar traída de India y hasta el siglo XVIII fue considerada un producto de lujo (Arroyo, 1988).

El registro más antiguo del cultivo de caña que se conoce es de aproximadamente 3,000 años en la literatura hindú y los registros más antiguos de la obtención del azúcar en crudo en el año 475 a. de J.C en la literatura china. El cultivo de caña se extendió lentamente hasta llegar a Egipto donde los pobladores desarrollaron la clarificación, cristalización y refinación, de esta forma se extendió tiempo después al norte de África, posteriormente se llevó hasta el Mediterráneo y consecutivamente a España lo cual trajo consigo que Colón la introdujera en América (Chen, 2004).

El inicio del azúcar comienza como una golosina cara destinada a una minoría privilegiada, con el tiempo al buscar nuevas formas de producirla a menor costo y en mayor cantidad se convirtió en un artículo de primera necesidad. Los pueblos europeos de ese tiempo entendieron que tenían que impulsar el desarrollo de esta industria ya que la política de cada país productor estaba inmersa en la producción de azúcar (Nasre, 1967). La llegada a México de la caña de azúcar se llevó a cabo debido a la expansión de las colonias españolas en América, Cristóbal Colón en su segundo viaje en 1493 tomó esta planta de Gomera para llevarla a la isla española, actualmente Santo Domingo. Se tienen registros que en 1524 ya existían cañaverales en Santiago Tuxtla en el actual Estado de Veracruz para ser procesadas en el trapiche “Tepecuan” y/o “La Rinconada” (Quesada, 2002). Antes de la primera guerra mundial existía la competencia entre el azúcar de remolacha y el azúcar de caña ya que se tenían grandes excedentes de producto, lo que provocó la caída de precios, pero llegó la

guerra y el campo de batalla tuvo lugar en las tierras donde se cultivaba la remolacha, es por eso que la producción del azúcar de caña hasta hoy día la supera en dos terceras partes (Ladasury y Vázquez, 1988).

### 3.2 Azúcar.

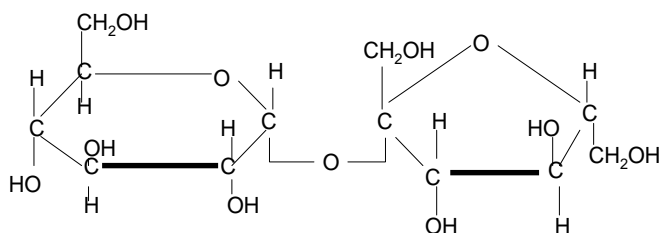
El azúcar es soluble en agua, incoloro e inodoro y normalmente se cristaliza en agujas largas y delgadas. Pertenece al grupo de los hidratos de carbono, que son compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza y constituyen la mayor fuente de energía, la más económica y de más fácil asimilación (Arroyo, 1988). La sacarosa en el jugo y la celulosa en la fibra son los dos principales constituyentes de la caña de azúcar, por lo que la producción de azúcar a partir del jugo de la caña está basada en la capacidad de la sacarosa de cristalizar a partir de un jarabe espeso, mientras que la glucosa y la fructuosa permanecen disueltas (Chen, 2004).

**Tabla 3. Composición física de la caña de azúcar.**

Composición de la caña de azúcar	
Caña molida	Caña (%)
Agua	73-76
Sólidos	24-27
Sólidos solubles	10-16
Fibra seca	11-16

Fuente: Manual del azúcar de caña, Chen, 2004.

Los azúcares son carbohidratos y están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno. La fórmula empírica de la sacarosa es  $C_{12}H_{22}O_{11}$  y se forma cuando se condensan la glucosa y la fructuosa (ver figura 3).



Sacarosa  
( $\alpha$ D-glucopiranosil- $\beta$ -D-fructofuranósido).

Figura 3. Fórmula de la sacarosa.

Fuente. Chen 2004.

### *3.3 Fabricación de azúcar.*

La producción azucarera se registra dentro del rubro de productos alimenticios, bebidas y tabaco en la rama 3118 de la Clasificación Mexicana de Actividades Productivas (CMAP) y 3113 del Sistema de Clasificación Industrial para América del Norte (SCIAN), la cual describe lo siguiente: La industria azucarera incluye a los ingenios azucareros y las fases de su proceso productivo como son: la molienda, extracción de jugos, caldeo del guarapo, clarificación, evaporación, cristalización, filtrado, centrifugado, refinación, tamizado, secado y envasado del azúcar. Incluye además los establecimientos que se dedican a la destilación de alcohol etílico cuando se realiza integrada al ingenio azucarero (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

Los ingenios en México producen tres tipos de azúcar: azúcar crudo o mascabado, azúcar estándar y azúcar refinado. Para la producción de estos tres tipos de azúcar se parte de la misma materia prima (caña de azúcar), el grado de refinamiento o número de procesos involucrados en un ingenio particular da lugar a la obtención de uno o más tipos de azúcar (Arroyo, 1988). De forma general, el proceso de producción de azúcar de acuerdo a las Guías de P+L y a los parámetros e índices en el uso industrial del agua (CONAGUA) es el siguiente:

#### *Campo:*

La caña de azúcar, una vez que ha llegado a su punto óptimo de madurez, es cosechada mediante el corte manual o mecánico. Ésta se deposita sobre una estructura tubular para que levante o alce y cargue la caña con equipo mecánico, transportándose, mediante camiones y trenes de carreteras arrastradas por tractores, al patio de almacenamiento llamado batey, previo paso por la báscula para determinar el peso de la misma.

#### *Batey:*

El área de batey abarca desde las básculas donde se recibe la caña, hasta el lugar donde el conductor la entrega ya preparada a los molinos. La descarga se efectúa utilizando grúas puente y volteadores que levantan los rollos amarrados con cadenas y depositan en las mesas alimentadora, o bien, las estiban, según las necesidades y la hora del día.

La alimentación de caña se hace mediante el uso de las grúas puente, un volteador y trascabo con tenazas hacia las mesas alimentadoras que, a su vez descargan la caña sobre los conductores que la llevan a la batería de molinos.

#### *Molienda:*

La caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños o mediante molinos de martillos que desmenuzan la caña pero no extraen el jugo. La caña previamente picada por cuchillas pasa por un primer molino (trapiche), que consta de tres cilindros rasurados que al girar muelen y extraen el jugo de la caña (guarapo). Este jugo es recolectado en un colector de jugo de primera presión y el bagazo (o caña molida) pasa a un difusor.

#### *Extracción:*

El difusor es un largo túnel dentro del cual avanza un transportador que lleva un colchón de bagazo de espesor uniforme. Para ayudar a la extracción del jugo (guarapo) se aplican

aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo según sale de cada unidad de molienda y contribuye a extraer por lixiviación el azúcar, a esta fase de operación se le conoce como imbibición. Este flujo de agua que circula a contracorriente por el difusor lava el bagazo y le extrae la sacarosa que todavía contiene. Una vez que el bagazo es utilizado como combustible en las calderas.

#### *Clarificación:*

La clarificación es la fase en la cual se eliminan, tanto parte de las impurezas solubles como las insolubles del jugo mezclado. Para tal efecto se usa una lechada de cal y agentes clarificantes y calor. La lechada de cal preparada con aproximadamente 1 Kg. de cal por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del jugo y forma sales insolubles de calcio, principalmente en forma de fosfatos.

Después del tratamiento químico mencionado, el jugo alcalino es calentado en dos pasos: 75° C y 105 ° C donde se coagula la albúmina y algunas grasas, ceras y gomas; el guarapo alcalizado es bombeado a los tanques clarificadores de procesamiento en continuo, desde los cuales es enviado a un filtro de tambor rotatorio provisto de telas metálicas, separando así el precipitado (lodo).

El lodo dulce o cachaza que se obtiene en los clarificadores debe procesarse para extraer la mayor cantidad de sacarosa que contiene; esto se logra al mezclarlo con bagacillo obtenido mediante tamices ubicados en el conductor elevador de bagazo. Mientras mas fino sea el tamaño del bagacillo, mejor será la retención. La cachaza preparada es filtrada y al mismo tiempo lavada con agua de los filtros de tambor rotatorios al vacío, a presión constante.

Así el jugo filtrado regresa al proceso y la torta de lodos (cachaza) es desechada o llevada a los campos como fertilizante.

#### *Evaporación:*

El jugo clarificado, que tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído, excepto las impurezas precipitadas, contiene aproximadamente el 85% de agua, las dos terceras partes de esta son eliminadas en los evaporadores de múltiple efecto al vacío, que son una sucesión (cuádruple o triple efecto) de celdas de ebullición al vacío llamados cuerpo, dispuestos en serie y a contracorriente directa para que cada cuerpo haga más vacío que en el cuerpo anterior y, así, el jugo contenido en dicho cuerpo hierva a menor temperatura.

El vapor que se introduce al cuerpo número uno logra producir “evaporación en múltiple efecto”; el que sale del último cuerpo va a un condensador barométrico. En esta etapa es importante que no se sobrepase; de lo contrario, el azúcar del jugo se carameliza provocando al mismo tiempo, una pérdida de sacarosa y una coloración que permanecerá hasta en los cristales de azúcar. Así se ha considerado una temperatura de 110 ° C, en la cual las pérdidas de sacarosa no son mayores al 0.1% a un pH de 6.6. 7.2. El jarabe (meladura) sale en forma continua del último cuerpo con aproximadamente el 65% de sólidos y el porcentaje restante es de agua.

#### *Cristalización:*

La cristalización es la operación que se lleva a cabo en recipientes al vacío, intermitentes de simple efecto, llamados tachos, en los que se concentra la meladura hasta la sobresaturación.



Al llegar a este punto se produce la formación de cristales por ensillamiento, que es un sistema basado en la introducción de núcleos que representan la cantidad necesaria de grano para la templa a elaborar. Se conoce como templa al contenido total de masa que se encuentra en el tacho.

Los cristales originales crecen sin que se formen cristales adicionales. A medida que se deposita en ellos azúcar procedente de la masa de ebullición, el crecimiento de los cristales continúa. Cuando el recipiente se llene, los cristales habrán alcanzado el tamaño que se ha determinado previamente (aproximadamente un milímetro). La mezcla de cristales y melaza queda concentrada hasta formar una masa densa, que recibe el nombre de “masa cocida” y la templa, es descargada por medio de una válvula colocada en la parte inferior del tacho, hacia un recipiente con agitación continua conocido como “cristalizador”.

#### *Centrifugación:*

La centrifugación permite separar los cristales de los jarabes residuales, siendo estos recirculados varias veces con el objeto de ayudar a la formación de cristales.

La masa cocida proveniente del mezclador o del cristalizador se lleva a maquinas giratorias llamadas centrífugas. El tambor cilíndrico suspendido de un eje tiene paredes laterales perforadas en el interior con tela metálica, entre ésta y las paredes hay láminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 1,000 y 1,800 rpm. El revestimiento perforado tiene cristales de azúcar que pueden lavarse con agua si se desea. El licor base, la miel, pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 hasta 1,800 veces la fuerza de la gravedad) y después de que el azúcar es purgada, la centrífuga está lista para recibir otra carga de masa cocida. Las masas cocidas de bajo grado que son recirculadas permanecen en movimiento por medio de brazos agitadores. Las mieles finales o melazas (mieles incristalizables) es un material denso y viscoso que contiene aproximadamente una tercera parte de sacarosa, una quinta parte de azúcares reductores, ceniza, compuestos orgánicos (no azúcares) y agua, sirve como base de alimentación para ganado, fabricación de alcohol industrial producción de levadura y para usos diversos.

#### *Refinado:*

A partir del azúcar mascabado se produce el azúcar refinado. El azúcar refinado se puede definir como el grado de azúcar crudo, del que se ha separado una delgada película de melaza y otras impurezas. El azúcar crudo se lava para remover parte de esa melaza y otras impurezas. El azúcar crudo se lava para remover parte de esa melaza, se pone en solución u se somete entonces a varios procesos de purificación para finalmente someterse a una recristalización.

El azúcar producto de la centrifugación se lleva a un tanque fundidor, donde se disuelve con agua caliente a una temperatura de 80º C y a un brix entre 63 y 65% hasta llegar a un brix de 15%. Posteriormente, se bombea a un tamizado en coladores vibratorios, pasando inmediatamente a un tratamiento químico a base de cal y ácido fosfórico, previo calentamiento, hasta una temperatura de 95º C, para eliminar las impurezas contenidas en el azúcar y neutralizar la acidez propia del licor hasta un pH de 7.4. Como estas impurezas son de pesos moleculares bajos, tienden a permanecer en suspensión; por ello, es necesario inyectar aire comprimido para formar espumas, estas contienen las impurezas del material. Además, se le agrega un decolorante inorgánico (agua oxigenada) y otro orgánico (poliacrilamida) con la

finalidad de incrementar la disminución de color. Posteriormente se pasa a un clarificador tipo circular donde se elimina la espuma formada, por medio de paletas raspadoras. El licor clarificado decantado tiene un color (% de brix) de 7, lo que quiere decir que se eliminó el 50% del color que tenía el material original. Este licor pasa a través de columnas empacadas con carbón granular, el cual es un medio absorbente que elimina el color. Al salir el licor con un brix de 63% y un color de brix de 1%, se envía a cristalización en tachos al vacío para formar una templa llamada de primera, pasando posteriormente a centrifugado, donde se forman cristales del licor madre llamado sirope o jarabe de primera. Este cristal obtenido tiene una humedad de 0.1% y un color medido por reflectancia del 74% el cual se envía a una tolva para posteriormente ligarlo con el azúcar productos de las templeas terceras y cuartas con la finalidad de uniformar el color de una templa de segunda. El azúcar se envía directamente al secador para eliminar la humedad que contiene.

#### *Secado y envasado.*

El secador o granulador está constituido por uno o varios tambores rotativos en paralelo, el cual recibe vapor o aire caliente junto con cristales de azúcar. Se remueve la mayor parte de humedad, hasta que el azúcar contenga 0.045% (o menos) que establece las Normas oficiales Mexicanas. Después del secado, el azúcar se envía a enfriadores. El azúcar cristalino se transporta a silos especialmente acondicionados y de ellos se toma para proceder a su envase.

En la tabla 4 se describe el consumo de materias primas utilizadas en el proceso de producción del azúcar.

Tabla 4: Materias primas utilizadas en el proceso de fabricación del azúcar.

Sustancia	Departamento	Consumo Diario (Kg)
Acido Clorhídrico	Evaporación	188
Acido Sulfúrico	Destilación	490
Decolorante TALOFLOC O KFLOC-4463	Refinación	114
Anti-Incrustante KVAP-250	Evaporación	65
Calhida	Clarificación	4,092
Carbón Granular	Refinación	98
Carbón Pulverizado	Refinación	329
Anti-Incrustante	Calderas	19
Anti-Incrustante	Calderas	3.5
Anti-Incrustante	Enfriamiento	9
Fluoruro de Sodio Anhidro	Destilación	10
Ablandador de Incrustación BUSPERSE 46	Calderas y Torre de Enfriamiento	49
Urea	Destilación	53

Sustancia	Departamento	Consumo Diario (Kg)
Tensoactivo	Cristalización	14
Antiespumante	Destilación	17
Sosa Cáustica	Calderas, Enfriamiento, Producción	3,973
DECALITE	Refinación	855
Dispersante	Calderas	32
Acido Fosfórico	Refinación	412
Antiespumante	Calderas	10
Aglutinante de Lodos	Calderas	10
Floculante	Refinación	10
Agua Oxigenada	Refinación	20
REBEFLOC 72 O KFLOC 4939	Clarificación	25
Inhibidor de Corrosión	Evaporación	29
Aminas (inhibidor de corrosión)	Calderas	5
Biocidas	Torre de Enfriamiento	22
Hipoclorito de sodio	Torre de Enfriamiento	152
Sulfito de sodio Anhidro	Calderas	10
Secuestrantes	Calderas	8
Alguicidas	Torre de Enfriamiento	42
Sal Gruesa	Calderas	2,100
Hilo Torsal	Calderas	14
Bolsa	Calderas	12,857 pzas.

Fuente: PROFEPA, 2000.

### *3.4 La industria azucarera a nivel mundial.*

Actualmente el mercado mundial del azúcar se encuentra dominado por Estados Unidos (EEUU), Australia y la Unión Europea con un aporte de cerca del 30 por ciento del total de la producción mundial. México, Brasil, China y la India son países representativos de esta producción mundial, particularmente México es uno de diez principales países productores de

azúcar. Más del 60 por ciento de la superficie cultivada de caña de azúcar, se concentra en México, Brasil, India, China, Tailandia y Pakistán (Torres, Acosta y Juárez, 2007). En particular, México ocupa el 4° lugar a nivel mundial, en cuanto a producción de caña de azúcar por hectárea, a continuación se presenta la tabla 5 de la relación de producción de caña de azúcar con otros países ([www.caneros.org.mx](http://www.caneros.org.mx), en línea).

Tabla 5. Países productores de caña de azúcar.

Lugar de países productores de caña de azúcar		Rendimiento de caña de azúcar por hectárea
1°	Colombia	110-120
2°	Australia	90-100
3°	Guatemala	78-90
4°	México	74-75
5°	EEUU	68-75
6°	Sudáfrica	65-68

Fuente: [www.caneros.org.mx](http://www.caneros.org.mx)

Los EEUU muestran un déficit anual de aproximadamente 1.5 millones de toneladas de azúcar, que reparte cuotas preferenciales con 40 países del mundo. En 2005 México logró ventas máximas de 250 mil toneladas con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

### *3.5 Comercio del azúcar entre México y Estados Unidos.*

Como se mencionó anteriormente EEUU es uno de los principales productores de azúcar a nivel mundial, sin embargo, es también uno de los mayores consumidores de este producto. En EEUU la mayor producción de azúcar es debida principalmente por la remolacha, la Dirección Nacional de Servicio de Estadística Agrícola (NASS) estimó que para la zafra 2009/10 se cosecharían 1.15 millones de hectáreas del cultivo de remolacha lo que significa 5.7 % más que la zafra anterior. Sin embargo el rendimiento estimado para la zafra 2009/2010 es de 26.4 ton/hectárea ligeramente por debajo del mejor rendimiento registrado en la zafra 2008/2009 que fue de 26.7 ton /hectárea. Se estima que alrededor del 95% de la superficie total sería sembrada con variedades de semillas genéticamente modificadas, ya que durante la zafra 2006/07 se sembraron semillas resistentes a las plagas lo que significó un aumento en el rendimiento de este cultivo. Para el año fiscal 2010 la producción de azúcar de remolacha se estimó en 4.5 millones de toneladas cortas en valor bruto (una tonelada corta equivale a 0.907 toneladas métricas), 6.8% más que en el año fiscal 2009.

La producción de azúcar de caña a nivel mundial para el año fiscal 2010 se estimó que sería de 3.5 millones de toneladas cortas en valor bruto, según el Departamento de Agricultura de los EEUU. Las proyecciones de importaciones de azúcar mexicana se esperaban en 165 mil toneladas cortas de valor bruto.

Sin embargo las exportaciones estadounidenses de este producto se estimaron para el año 2010 en un total de 200 mil toneladas cortas, la mayor cantidad de estas exportaciones están destinadas para México para su posterior reexportación basándose en el Decreto de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios para la Exportación (IMMEX). Este decreto es un instrumento facilitador y promotor de las operaciones de comercio exterior, ya que reduce los costos asociados a este tipo de operaciones, permite la adopción de nuevas modalidades de hacer y operar los negocios, así como exportación de servicios. Sus actividades consisten en importar temporalmente los bienes necesarios para ser utilizados en un proceso industrial o servicio destinado a la elaboración, transformación o reparación de mercancías de procedencia extranjera importadas temporalmente para su exportación o a la prestación de servicios de exportación sin cubrir el pago del impuesto general de importación, del impuesto al valor agregado y en su caso de las cuotas compensatorias. A pesar de lo anterior, el mercado estadounidense espera limitar la competitividad del azúcar mexicano debido a los recientes aumentos en este producto sustituyéndolo por el jarabe de maíz de alta fructuosa.

Las exportaciones mexicanas en 2009/10 se esperaban que fueran considerablemente más bajas que en 2008/09 debido a los bajos inventarios y perspectivas mediocres de producción en México (según el mercado de EEUU), además que es probable que se tuvieran precios más altos del azúcar mexicana respecto a los precios de los EEUU respecto a los anteriores de la zafra 2008/09.

### *3.6 La industria azucarera en México.*

En México se tienen registros de haciendas azucareras que iniciaron operaciones a finales del siglo XVI y durante el siglo XVII en los estados de Morelos, Veracruz, Jalisco, Puebla, Michoacán y el Estado de México. Una segunda oleada de modernización industrial azucarera fue la suscitada a fines del siglo XIX y a lo largo del siglo XX, cuando se crean la mayor parte de los ingenios que se encuentran trabajando actualmente en el país; entre 1900 y 1910 se crean 25 ingenios, aunque con la lucha armada que dura hasta 1917 se disminuye temporalmente la actividad (Quesada, 2002). La revolución de 1910, afectó el funcionamiento de los ingenios y desestabilizó su producción, generando el cierre de fábricas, la quiebra de ingenios y la pérdida de empleos (Torres, Acosta y Juárez, 2007). A finales de 1910 el Estado de Morelos pierde el primer lugar como productor de azúcar, que conservó durante tres siglos, debido también al crecimiento en otros estados en especial en el Estado de Veracruz (Quesada, 2002). Otro acontecimiento que afectó a la industria azucarera a finales de la década de los veinte fue la depresión económica mundial, la saturación del mercado interno, la caída de las exportaciones, la disminución de precios y la competencia desleal entre los mismos productores (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

La agroindustria del azúcar fue restableciendo su actividad en los años 1940 a 1950, lo cual reflejó un crecimiento importante por el aumento en la superficie de las tierras utilizadas para el cultivo de la caña y la expansión a nivel internacional de los mercados, para finales de esta década la presencia del gobierno se manifiesta con mayor rigor al fijar precios oficiales y garantizar el consumo popular del azúcar. En las décadas de los sesenta y setenta, los bajos precios internacionales del azúcar y las políticas públicas de financiamiento y de manejo oficial de precios originan la crisis financiera de varios ingenios y el desabasto del azúcar en el país. El

Estado intervino autorizando importaciones del producto, comprando algunos ingenios, financiando su deuda y facilitando la creación de algunas instituciones que apoyaron el desarrollo de la industria azucarera en esos años como fue el caso de la Operadora Nacional de Ingenios, S.A. (ONISA) y la Cámara Nacional de la Industria Azucarera (CNIA) (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

En la década de los setenta la industria azucarera presentó una crisis debido a problemas industriales, comerciales, sociales y políticos sucedió que al caer las exportaciones a principios de la década, se contrajo la producción y motivó que se importaran grandes cantidades de este producto; en esta crítica situación, el Estado intervino comprando ingenios y tomando acciones económicas aunque costosas que permitieron conseguir la autosuficiencia en este producto a mediados de los ochentas a partir de centralizar la Industria en la paraestatal de Azúcar, S.A. (Pensado, 1993).

Sin embargo, en 1989 hubo un cambio de política, el Estado tomó la decisión de retirarse gradualmente de este sector, vendiendo veinte ingenios. En 1990 fueron enajenados veintiuno y cuatro en 1991 lo que significó una mayor participación del sector privado en esta industria (González, 1993). De 1989 hasta 2000, se siguió presentando el agravamiento de la situación en el mercado del azúcar y de los problemas financieros y de productividad de los ingenios, lo que indujo al Estado a plantear la reconversión y modernización de la industria a través de una reordenación económica que contemplara acciones de impulso a la competitividad y productividad de los ingenios, a su liquidación y/o transferencia al sector privado y a una mayor apertura de fronteras con su correspondiente liberación de precios (Torres, Acosta y Juárez, 2007). Por lo que durante el sexenio de Carlos Salinas de Gortari se impulsó la reestructuración de esta industria mediante la liberalización económica (Pensado, 1993).

En los primeros años del siglo XXI imperaron precios bajos en el azúcar, entre otras cosas por un desplazamiento importante de su demanda por los edulcorantes artificiales; ello mantuvo las dificultades del sector azucarero con deficiencia en el gerenciamiento privado de los ingenios, un fuerte endeudamiento, obsolescencia tecnológica de los ingenios, excedentes en el mercado interno y la restricción de incrementar la cuota de exportación del azúcar debido a la negativa estadounidense de cumplir los términos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en materia de comercialización del azúcar (Torres, Acosta y Juárez, 2007). Ello motivó a que el gobierno en 2002 de nueva cuenta expropiara con fines de sanear financieramente a un gran número de ingenios que generaba cerca de la mitad de la producción nacional del azúcar (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

A continuación se presenta la tabla 6 que describe brevemente algunas referencias históricas relacionadas con la industria azucarera.

Tabla 6. Referencias Históricas relacionadas con la Industria Azucarera.

Fecha	Referencias relevantes
1909- 1910	Última zafra del Porfiriato
1912-1913	Se agota la inercia productiva prerrevolucionaria.
1917-1918	Con Carranza se inicia la recuperación
1925-1926	13 años para superar el nivel de producción que se dio en 1912/13.
1930-1931	En diciembre de 1931 se construye a iniciativa del Gral. Saénz la empresa que ordenará el mercado interno. Ya se avizora la nueva declinación de la producción.
1931-1932	En septiembre de 1932 inicia actividades el Banco Azucarero y la Comercializadora se prepara para la zafra que está por comenzar.
1932- 1933	Primera zafra con mercado interno organizado.
1934- 1935	Es la zafra del Gral. Cárdenas, con apenas dos años en el mercado interno ordenado, se supera el récord del ciclo de los años 30's y 31's.
1937-1938	En marzo de 1938 se constituye UNPASA la cual opera como Institución de Crédito.
1941-1942	Se constituye la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica.
1942-1943	Se constituye la Financiera Nacional Azucarera SA (FINASA), siendo sus accionistas los ingenios afiliados a UNPASA.
1943-1944	Ávila Camacho promulga el Decreto que habilita a la Caña de Azúcar como de interés público.
1955-1956	El congreso de los Estados Unidos aprueba cuotas del azúcar mexicana.
1956-1957	Con la información de esta zafra y datos de 5 zafras anteriores, nace el Manual Azucarero.
1961- 1962	Se inicia la construcción de lo que serán los últimos ingenios establecidos por la iniciativa privada.
1962-1963 1967-1968	El gobierno vía créditos hipotecarios previó el congelamiento de precios desde 1958, endeuda a la totalidad de la industria Azucarera y paralelamente arranca su proyecto de expansión de la industria, construyendo ingenios paraestatales.  En 1968 se estatiza FINASA.
1970-1971	En diciembre de 1970 se mueve el precio del azúcar por primera vez desde 1958. Se crea la Comisión Nacional de la Industria Azucarera (CNIA) y la operadora nacional de ingenios (ONISA). En 1971 se estatiza UNPASA.
1987-1988	Termina el régimen de Miguel de La Madrid. Durante su sexenio en consecuencia de la recurrente inflación, anualmente hubo un incremento en el precio del azúcar. En junio de 1988 se inicia la desincorporación de los ingenios paraestatales.
1990-1991	Terminada la desincorporación de los ingenios del Estado, se libera el precio y se abren las fronteras para el azúcar en el mercado mundial.
1993-1994	Termina el régimen de Salinas con la mayoría de los ingenios altamente endeudados.
2001-2002	El Estado expropia 27 ingenios.
2003- 2004	La iniciativa privada gana los primeros juicios de amparo contra la expropiación, iniciándose la devolución de los ingenios expropiados.
2004-2005	Vicente Fox abroga el Decreto Cañero y el Congreso legisla la Ley Sustentable para la Caña de Azúcar.

Fuente. Manual Azucarero Mexicano 2007, 50ª edición

A través de la historia el sistema azucarero mexicano se ha caracterizado por el fuerte financiamiento que proviene del Estado, una parte del cual es otorgado en forma de subsidio. Los subsidios han servido tanto financiar al capital de trabajo y desarrollo de las fuerzas productivas, para cubrir déficits presupuestarios originados por la ineficiencia productiva de la industria y también en las políticas estatales, como por ejemplo la de precios fijados por debajo de los costos de producción (Arroyo, 1988). Además de los apoyos económicos proporcionados por el Estado el sector azucarero depende también de factores estructurales, del desempeño económico del país y por supuesto de las mismas empresas, ya que están sujetas a los cambios en los patrones de consumo de los consumidores que son cada vez más exigentes al adquirir productos con altos estándares de calidad. De este modo la industria del azúcar debe de cumplir con los requerimientos de los clientes y proveedores para ser más competitivas en el mercado (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

Los ingenios cuentan con líneas de crédito oficial para la producción de caña (**Financiera Rural**) y canaliza estos créditos hacia los productores, a los que se les descuenta de su liquidación, al finalizar la zafra, los intereses y el principal correspondiente. La agroindustria de primera transformación (ingenios) recibe créditos de avío para el corte de la caña y para fábrica, entre otros. El ingenio recibe el avío para la zafra, puesto que allí se organiza, administra y supervisa esa actividad que comprende corte, alza y transporte de la caña del campo al ingenio; sin embargo, el productor agrícola es quien paga el avío del corte de la caña (Arroyo, 1988).

Entre los factores que determinan la producción de azúcar es el acceso a la tierra por parte de los productores agrícolas debido a que el mayor porcentaje de tierras cultivadas con caña está en manos de ejidatarios; en 1983, de las 508 mil ha cultivadas en ese entonces casi el 69% eran propiedad de ellos. Así mismo los propietarios privados acceden a la tierra a través del mercado de tierra pero disminuye su superficie cultivada por caña ya que los pequeños propietarios prefieren cultivos más rentables que la caña o el cambio de uso del suelo debido a que los precios de esta los consideran bajos aunado a la poca productividad en el campo (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

Los fertilizantes son parte importante del paquete tecnológico que ha determinado el desarrollo del cultivo de caña. Este insumo es costado en parte por el Estado, el cual lo vende en forma subsidiada a los productores de caña por intermedio de los ingenios, sin embargo para el desarrollo del cultivo de caña se deben considerar la aparición de plagas y enfermedades que demandan el uso de pesticidas y fungicidas. Estos compuestos son controlados por grandes empresas transnacionales pese a que el Estado provee de algunos materiales para su fabricación, lo cual motiva una dependencia de los productores hacia estos compuestos químicos (Arroyo, 1988). La superficie cañera fertilizada fue de 87% entre 1982 y 1990. (Pensado, 1993).

Otro factor determinante en la industria azucarera es la tecnología utilizada como maquinarias y equipos de campo usados en México que corresponden a diseños adecuados a las necesidades técnicas, económicas y sociales de la agricultura de los países de origen de este tipo de maquinaria. La dependencia tecnológica es aún mayor por parte de la maquinaria de



los ingenios mexicanos, la cual es totalmente importada y en su caso la industria nacional sólo provee algunas refacciones de mantenimiento. El productor cañero obtiene servicios de maquinaria y equipo de los ingenios así como de particulares que también venden este servicio (Arroyo, 1988).

En 1990 los cortadores de caña eran aproximadamente 76, 800 los cuales tenían bajos pagos por jornal, el desconocimiento de sus organizaciones gremiales y tanto malas condiciones de vida como de trabajo, en cambio los obreros, empleados y empleados de confianza que esa fecha eran alrededor de 49 200 tuvieron la incertidumbre de una reducción de personal en un 40% así como la modificación de las cláusulas del contrato de ley y la eliminación de todos los convenios por parte de los empresarios (Pensado, 1993). Sin embargo en 2006 se duplicó el número de cortadores ya que se contrataron 165,120 cortadores para cosechar un área de 655,087 hectáreas, las condiciones laborales no han cambiado significativamente desde los noventa hasta la actualidad (Torres, Acosta y Juárez, 2007).

En materia de salud, el IMSS beneficia a asalariados y productores de caña siendo el ingenio el encargado de pagar la prima patronal, por lo tanto el Estado cubre el 100% de la cotización. Los cortadores de caña son los que viven en peores condiciones de salud, educación y vivienda, esto sucede en época de corte, pero es aún peor en el resto del año cuando no gozan de ninguna cobertura debido a su carácter de inmigrante al interior de las zonas cañeras. Los trabajadores de ingenio tienen, por su parte, programas de vivienda y educación, para los cuales se han constituido fondos en fideicomisos de cierta cuantía (Arroyo, 1988).

En general la industria azucarera opera con elevados costos de producción debido a lo siguiente (Arroyo, 1988):

- el bajo avance tecnológico que determina una baja productividad, tanto en la producción cañera como de azúcar;
- factores de tipo político que llevan a cultivar en zonas de tierras marginales. Todo ello se agrava con la política sindical de presionar por mantener empleos, lo que ha generado una carga excesiva de personal aunque no se mejoren las condiciones de vida para los trabajadores no obstante su situación siempre ha sido menos desfavorable que la del jornalero agrícola.
- La obsolescencia de la maquinaria eleva sustancialmente los costos de producción no sólo por la baja productividad sino también por los gastos de mantenimiento y por los desequilibrios operativos y los tiempos muertos entre las diferentes áreas y departamentos.
- Los tiempos perdidos implican una carga financiera directa para los ingenios.

Otro de los factores que han incidido negativamente en los costos de producción son la situación de los precios de adquisición de la caña: la liquidación del pago al cañero se hace con base en el contenido de sacarosa de la caña y se le garantiza el precio fijado cuando ésta tiene un contenido mínimo de 8.3 por mil (es decir se le deduce el 2.64 como factor de pérdida de la fábrica). Si un productor entrega caña con un contenido mayor a 10.94, antes de la deducción de pérdida del ingenio, recibe un premio, lo cual no sucede cuando el índice es inferior a 10.94 pues se le garantiza sólo el mínimo ya señalado de 8.3. Esto implica un subsidio del ingenio al

productor y a la vez una política de poco estímulo a una mayor productividad del campo puesto que no se castiga la ineficiencia.

El transporte tiene gran incidencia en los costos dados los grandes volúmenes de movilización de la caña al ingenio, así como el azúcar y sus subproductos. El transporte es organizado por el ingenio con medios propios y arrendados. El transporte hacia las zonas de consumo se hace en un 57% por ferrocarril y el 43% en camiones. Para racionalizar esta actividad se ha desarrollado un modelo económico de origen y destino, en el que se consideran como variables principales la oferta, demanda, costo de manejo y costo de transporte. Un principio general es que las zonas abastecidas en primer lugar, son aquellas que están en la zona de influencia del campo de producción.

Es importante destacar que entre enero y junio de 2009 se comercializaron 976,989 toneladas de azúcar a un precio promedio de 277.26 [pesos/bulto de 50 Kg] LAB ingenio (precio libre a bordo Ingenio) y 127,437 toneladas de melaza a un precio de 1,359 [pesos/toneladas]. Y en ese mismo año el 70.3% de los azúcares comercializados se destinó al mercado doméstico y el 29.7% restante a la exportación (Aguilar, 2009). Según el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) en 2007, el consumo mundial de azúcar ronda las 145 millones de toneladas, la producción es por 147 millones de toneladas, lo que arroja excedentes anuales por alrededor de 2 millones de toneladas. El consumo nacional aparente es de 4.8 millones de toneladas anuales (promedio 2001-2006), con un consumo per capita de 47.9 kg/año, lo cual nos otorga el sexto lugar a nivel mundial en consumo de este producto (SAGARPA, 2007).

El valor generado en la producción de azúcar es por más de 3 mil millones de dólares anuales y el 57% de las ganancias se distribuye entre los 164 mil productores de caña. En nuestro país el azúcar es considerado como alimento básico por lo que esta actividad es regulada. Esta actividad representa el 11.6% del valor del sector primario y el 2.5 del PIB manufacturero (SAGARPA, 2007).

El presupuesto aprobado en el Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC) para el sector cañero y la industria del azúcar, ha sido creciente desde 2005 con 304 millones de pesos a 2.2 mmdp en 2009. En la propuesta de presupuesto enviada por el ejecutivo federal para el presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) 2010, se asignan 8.3 mmdp para el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar y 9.5 mmdp para FEESA (Aguilar, 2009).

### *3.7 Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen.*

Los ingenios que operan en la actualidad son cincuenta y siete, treinta y un ingenios funcionan bajo la administración de 12 grupos, 19 operan bajo el fideicomiso del Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA) en el sector público, siete con administraciones independientes y un ingenio bajo la administración del gobierno del Estado de Veracruz (véase tabla 7).

Tabla 7. Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen.

Estado	Ingenios	Grupo al que Pertenecen los Ingenios
Campeche	La Joya	SAGARPA-FEESA
Colima	Quesería	BETA SAN MIGUEL
Chiapas	La Fe	ZUCARMEX
	Huixtla	PORRES
Jalisco	Bella Vista	SANTOS
	Tala	GRUPO AZUCARERO MÉXICO (GAM)
	José María Morelos	SAGARPA-FEESA
	Melchor Ocampo	ZUCARMEX
	San Fco. Ameca	BETA SAN MIGUEL
	Tamazula	SAENZ
Michoacán	Pedernales	SANTOS
	Lázaro Cárdenas	GRUPO AZUCARERO MÉXICO (GAM)
	Santa Clara	PORRES
Morelos	Casasano"La Abeja"	SAGARPA-FEESA
	Emiliano Zapata	SAGARPA-FEESA
Nayarit	El Molino	NO AGRUPADO
	Puga	AGA

Continúa tabla 7. Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen.

Estado	Ingenios	Grupo al que Pertenecen los Ingenios
Oaxaca	Adolfo López Mateos	PIASA
	El Refugio	MACHADO
	La Margarita	MACHADO
Puebla	Atencingo	SAGARPA-FEESA
	Calípam	GARCÍA GONZALEZ
Quintana Roo	San Rafael de Pucté	BETA SAN MIGUEL
San Luis Potosí	Alianza Popular	SANTOS
	Plan de Ayala	SANTOS
	Plan de San Luis	FEESA
	San Miguel del Naranjo	BETA SAN MIGUEL
Sinaloa	El Dorado	GRUPO AZUCARERO MÉXICO (GAM)
	Los Mochis	AGA
	PROZUCAR	ZUCARMEX
Tabasco	AZUREMEX	NO AGRUPADO
	La Chontalpa	SAGARPA-FEESA
	Presidente Benito Juárez	GRUPO AZUCARERO MÉXICO (GAM)
Tamaulipas	Aarón Saenz Garza	SAENZ
	El Mante	SAENZ

Continúa tabla 7. Ubicación de los ingenios y grupo al que pertenecen.

Estado	Ingenios	Grupo al que Pertenecen los Ingenios
Veracruz	Independencia	NO AGRUPADO
	Central Motzorongo	MACHADO
	El Progreso	MACHADO
	Cuatotolapam	SAGARPA-FEESA
	San Pedro	SAGARPA-FEESA
	La Providencia	SAGARPA-FEESA
	San Cristóbal	SAGARPA-FEESA
	San Gabriel	SAGARPA-FEESA
	San Miguelito	SAGARPA-FEESA
	Zapoapita-Panuco Azucarero del Golfo	INDEPENDIENTE
	El Potrero	SAGARPA-FEESA
	El Modelo	SAGARPA-FEESA
	Constancia	BETA SAN MIGUEL
	El Carmen	GARCÍA GONZALEZ
	El Higo	ZUCARMEX
	La Concepción	NO AGRUPADO
	La Gloria	NO AGRUPADO
	Mahuixtlan	ZUCARMEX
	Nuevo San Francisco el Naranjal	GARCÍA GONZALEZ
	San José de Abajo	INDEPENDIENTE
San Nicolás	INDEPENDIENTE	
Tres Valles	PIASA	

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual Azucarero Mexicano 2007.

### *3.8 Aspectos legales.*

La LIX Legislatura de la Cámara de Diputados aprobó el dictamen en abril de 2005 que tuvo como propósito construir un marco jurídico que reglamente la agroindustria de la caña de azúcar en concordancia con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Este dictamen demandó que el gobierno federal definiera una política de Estado en materia azucarera para lograr la meta de “fortalecer y modernizar el marco jurídico que regula la actividad, y adecuar las políticas de fomento para la apertura comercial que inició en 2008”. Por lo tanto, se deberían considerar los balances azucareros de edulcorantes totales por país para el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), que incluyera la comparación de producción, consumo, costos, subsidios y precios del azúcar de caña, remolacha, jarabe de maíz de alta fructuosa y edulcorantes artificiales. Esto implicaba evitar las triangulaciones de azúcares adquiridos en mercados diferentes, homologar costos y eliminar subsidios con base en lo establecido en el TLCAN, ya que se pretendía alcanzar un intercambio comercial en el marco de una apertura verdadera con efectos positivos en eficiencia y productividad con una relación comercial justa y equitativa en un corto entorno de integración económica (Martínez, 2005)

En los programas emergentes para apoyar la producción de maíz y frijol, caña de azúcar y leche en 2009, se avanzó en el fortalecimiento de las acciones para elevar la competitividad de maíz, frijol, caña de azúcar y leche, para enfrentar la desgravación arancelaria total en el marco del TLCAN. Para el mismo año se autorizó un presupuesto por alrededor de los 24, 300 millones de pesos (4.2% más alto que año anterior), los avances más relevantes en materia de caña de azúcar se presentan a continuación (Aguilar 2009):

- Se invirtieron 179.2 millones de pesos durante el primer trimestre de 2009 en ejercicio conjunto entre el gobierno federal y los gobiernos de los estados para la instrumentación de acciones como: tecnificación del riego, mecanización de la cosecha, investigación y transferencia de tecnología.
- Para la operación del Proyecto Nacional de Alta Rentabilidad para la Transformación del Campo Cañero Mexicano, se autorizaron 30.4 millones de pesos (para asistencia técnica y capacitación se dispusieron 20.4 millones de pesos y 10 millones de pesos para investigación y transferencia tecnológica).
- Se beneficiaron 3.7 miles de productores de caña con las tarifas eléctricas de estímulo, mismos que registraron ahorros por 128.1 millones de pesos en el periodo enero-junio de 2009, cifra superior en 34% a lo reportado en el mismo periodo de 2008.
- En el primer semestre de 2009 se otorgaron apoyos por 17 millones de pesos para caña de azúcar por medio del esquema del diesel agropecuario, en beneficio de 3.6 miles de productores, cifra superior en 49.8% a la real alcanzada en el mismo periodo de 2008 con 10.7 millones de pesos.

### 3.8.1 Avance del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) 2007-2012.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2007), presentó el PRONAC 2007-2012, que resultó del compromiso de sustentabilidad y competitividad hacia la actividad del sector azucarero, junto con el Gobierno Federal se desarrolló una estrategia para el desarrollo de esta actividad.

El propósito de este programa es brindar certidumbre a productores del campo, obreros, industriales y a todos los agentes que integran la cadena productiva, a quedar establecido el rumbo, las metas, los mecanismos de colaboración y la coordinación interinstitucional, que coadyuven a mejorar la productividad y competitividad de las actividades de la agroindustria de la caña de azúcar.

Para el primer año de vigencia del PRONAC estableció un monto de 998.5 millones de pesos, sin embargo, el PEC 2007 sólo estableció de manera explícita 777.7 millones de pesos. A continuación se presentan las acciones realizadas del PRONAC en la actualidad (Aguilar, 2009):

- Establecimiento del padrón cañero, identificando plantilleros, variedades, organización y condiciones productivas.
- Realización de proyecto de digitalización del campo cañero para establecer un esquema de control y seguimiento al campo.
- Estudios integrales de detección de necesidades y potenciales en las zonas de abasto de los ingenios.
- Creación de los sistemas nacionales de información de la agroindustria azucarera (para contar con información oportuna y veraz) de investigación, innovación y transferencia de tecnología.
- Modernización del campo cañero mediante el apoyo para inversión de sistemas de riego y drenaje, nivelación maquinaria y equipo en cosecha en unidades de servicio, eficiencia en el alcance y acarreo, cosecha en verde (que elimine la quema) entre otras.
- Impulso a los programas de capacitación administrativa, gerencial y asistencia técnica y acompañamiento de proyectos, entre otras acciones.
- Impulso a los programas de capacitación administrativa, gerencial y asistencia técnica y acompañamiento de proyectos, entre otras acciones.
- Fomento al uso de paquetes tecnológicos que incluyan, entre otros biofertilizantes.
- Incremento de la superficie para la producción de caña (en función del diagnóstico).
- Para seguir fortaleciendo la competitividad de los productores, continuar con los apoyos en diesel a precio competitivo.
- Continuar con los apoyos en tarifas de energía eléctrica a precio competitivo.

- Fortalecimiento a la generación, difusión y transferencia de tecnologías.
- Caracterización del genoma funcional de la caña de azúcar, para el desarrollo de variedades especializadas en edulcorantes, biomasa y biocombustibles.

### 3.8.2 Acciones implementadas en el marco del PRONAC 2007-2012 por el Sistema de Administración de los Ingenios Expropiados.

El seguimiento del PRONAC se centra en la Estrategia II de dicho programa y se refiere “Eleva la producción de caña de azúcar, sustentada en un crecimiento continuo de los rendimientos de campo mediante agricultura de precisión, fertilización oportuna, aumento de la superficie de riego, desarrollo de nuevas variedades, compactación de superficies y nuevo equilibrio de campo”. De las acciones que se llevaron a cabo para cumplir con la estrategia destacan cuatro principales, se describen a continuación (Aguilar, 2009):

- Avanzar gradualmente y en forma programada en cada zona de abasto para la renovación del campo, promoviendo e incentivando plantillas y disminuyendo resocas.
- Con base en paquetes adecuados, reducir los costos de siembra y cultivo de plantas, socas y resocas.
- Modernización del campo cañero, mediante el apoyo para la inversión en maquinaria y equipo de cosecha en unidades de servicio, cosecha verde- disminución de la caña quemada del 90% al 70%- eficiencia en el aire y en la alineación del acarreo con el sistema de descarga de caña.
- Impulso a la capacitación administrativa y gerencial, asistencia técnica y acompañamiento de proyectos.

A continuación se muestra en la tabla 8 los principales indicadores al cierre de la zafra 2008-2009 de los 13 ingenios expropiados actualmente.



Tabla 8. Comparativo de los principales indicadores al cierre de la zafra 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009.

Indicador	Unidad	zafra	zafra	zafra
		2006-2007	2007-2008	2008-2009
Superficie industrializada	Hectárea	167,523	172,939	175,497
Riego	%	19	21	16
Riego de auxilio	%	13	10	14
Temporal	%	68	69	70
Producción de azúcar	Ton. Estándar	757,676	998,391	968,923
	Ton. Refinada	634,368	424,057	378,627
Productores	Persona	51,646	54,148	53,839
Ejidatarios	Persona	34,389	36,055	34,856
Pequeños propietarios	Persona	9,435	9,892	9,086
Arrendatarios	Persona	7,822	8,201	9,298
Empleos indirectos en el campo	Persona	77,842	77,842	77,842
Obreros y empleados	Persona	8,811	8,811	8,992
Valor de la caña	Millones de pesos	4,998.70	4,943.50	4,286.30
Organizaciones de productores	Organizaciones	5	5	5
Sindicatos	Sindicatos	3	3	3
Antigüedad promedio de la planta	Años	68	69	70

Fuente: Aguilar, 2009.

### 3.8.3 Programa de Apoyo al Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar (PROINCAÑA).

El 26 de Septiembre de 2008 se publicaron las medidas para la operación del PROINCAÑA. Este programa tiene como objetivo mantener la producción de azúcar en el país, impulsar la competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar y fomentar la integración y fortalecimiento de la cadena-azúcar a través del otorgamiento de subsidios de carácter temporal, por única vez, para el pago de la caña de azúcar en algunos ingenios del país.

De septiembre a diciembre de 2008 se aprobaron 44 solicitudes de apoyo por un monto de aportación de 665.2 millones de pesos por parte de la Secretaría de Economía. Estas solicitudes fueron presentadas por la CNIAA, mismas que permitirían mantener la operación y producción de la caña de azúcar para la zafra 2008-2009 de los 44 ingenios, lo que representó el apoyo a 77% de los ingenios participantes en la zafra 2007-2008 (Aguilar, 2009).

El listado de los montos aprobados para la operación del PROINCAÑA en 2008, se muestra a continuación.

Tabla 9. Listado del monto aprobado para el ejercicio fiscal 2008 para ingenios azucareros.

Ingenios	Apoyo para el ejercicio fiscal 2008
	[pesos]
La Gloria	24,170,759.91
Santa Clara	9,865,728.67
El Modelo	17,340,885.29
Central Motzorongo	20,769,444.09
El Refugio	6,991,883.44
La Joya	6,415,143.62
José María Morelos	9,618,657.97
Cassano "La Abeja"	6,343,123.60
Plan de San Luis	18,523,491.73
La Providencia	14,041,151.04
San Cristóbal	34,232,696.04
Santa Rosalía	6,625,552.22
Atencingo	27,370,216.79
Benito Juárez	10,603,607.85
Tala	30,549,386.34
El Dorado	7,289,382.64
Constancia	11,268,887.37
Lázaro Cárdenas	5,042,271.01
El Potrero	27,217,047.44
El Mante	13,546,864.73
Huixtla	13,946,235.31
Cía Azucarera del Río Guayalejo (Ingenio Aarón Sáenz Garza)	19,827,532.33
La Fé	25,425,386.37
San Miguelito	8,297,952.77

Ingenios	Apoyo para el ejercicio fiscal 2008
	[pesos]
San Pedro	8,699,931.73
PROZUCAR	7,320,248.37
Mahuixtlan	6,378,336.61
Melchor Ocampo	15,498,071.16
Quesería	14,214,462.80
Fomento Azucarero del Golfo	19,416,568.99
Nuevo San Francisco	8,332,731.05
San Francisco Ameca	15,516,474.67
San Rafael de Pucté	16,670,533.94
El Higo	19,633,643.42
Emiliano Zapata	21,400,090.24
San Miguel del Naranjo	24,763,584.68
Tamazula	23,553,735.25
San José de Abajo	8,055,519.18
El Carmen	9,448,099.49
Puga	21,074,913.32
Central Progreso	11,628,552.75
La Margarita	15,211,295.26
San Nicolás	8,803,107.29
Los Mochis	14,285,903.19
<b>Total</b>	<b>665,229,091.96</b>

Elaboración Propia con datos del listado de proyectos aprobados del PROINCAÑA, para el ejercicio fiscal 2008 en línea ([http://www.economia.gob.mx/pics/pages/03122008\\_base/Avances.pdf](http://www.economia.gob.mx/pics/pages/03122008_base/Avances.pdf)).

## 4. Producción más Limpia.

La importancia de utilizar métodos de P+L, consiste en una colaboración conjunta de diversos actores para realizar una estrategia por parte de las empresas comprometiéndose con la sociedad, sin descuidar los escenarios entorno a estas (Dieleman, 1999).

El proceso de avance de los países hacia un desarrollo sostenible en la industria es adoptar un enfoque en sus procesos de lo que se ha llamado ecoeficiencia, este enfoque busca lograr un incremento de la productividad de los recursos naturales, así como reducir los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos. En la Conferencia de Estocolmo en 1972, se hizo evidente la preocupación del deterioro ambiental, desde entonces han ocurrido avances importantes como estrategias políticas para impulsar el tema ambiental; lo que se ha traducido a su vez en planes, programas y regulaciones para lidiar con la problemática ambiental. Es así como en la década de los 90's nace el concepto de la Producción más Limpia (Leal, 2005)

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) realizada en 1992 en Río de Janeiro, Brasil aprobó La Agenda 21 Local, la cual contiene 40 capítulos que se ocupan de las diversas dimensiones del desarrollo, incluyendo los referentes a los patrones de producción y consumo, en ella se da prioridad a la implementación de P+L y a las tecnologías de prevención y reciclaje (Van Hoof, Monroy y Saer, 2008).

Derivado de la CNUMAD se propuso la creación de de los Centros Nacionales de Producción Más Limpia, al inicio se crearon ocho centros nacionales de producción más Limpia, actualmente existen dieciocho a nivel mundial, los cuales se encuentran localizados en Brasil, China, Costa Rica, Croacia, Guatemala, Hungría, India, Marruecos, Nicaragua, República Checa, El Salvador, Republica Eslovaca, Rusia, Tanzania, Túnez, Vietnam y Zimbabwe y México (Sánchez, 2001). El Centro Mexicano de Producción más Limpia fue inaugurado en diciembre de 1995 y ha realizado diversas investigaciones de P+L, en diversos sectores industriales, entre ellos el sector azucarero (CMP+L, 2005).

El protocolo de Kyoto expedido por las Naciones Unidas en 1998 en su artículo 12 define los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y tienen como meta ayudar a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último que es reducir la cantidad de emisiones contaminantes que provocan el calentamiento global, mediante la certificación de la reducción de emisiones por parte de las actividades productivas. Aunque los MDL solo tienen el propósito de reducir emisiones contaminantes a la atmósfera, la aplicación de estos mediante el uso de tecnologías ecoeficientes se obtendrían indirectamente reducciones de otros factores que contaminan al agua y al suelo, tal situación se relaciona con el concepto de P+L.

### *4.1 Metodología de producción más limpia.*

Como se ha mencionado en el marco conceptual, actualmente se utiliza la metodología de producción más limpia bajo las indicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y consiste en la realización de una evaluación que permite

identificar las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, mejorar el control de proceso e incrementar la rentabilidad de la empresa. A continuación se presenta en la figura 4 los pasos a seguir de la metodología de P+L (CMP+L, 2005):



Figura 4. Diagrama de la metodología de P+L.

Fuente. Centro Mexicano de Producción Más Limpia, 2005.

#### *4.2 Metodología de producción más limpia en la industria del azúcar.*

Como puede observarse en el diagrama la metodología de P+L, se compone de cinco fases y en particular para los ingenios azucareros, consiste en lo siguiente:

##### *Fase 1: Planeación y Organización.*

Las actividades a desarrollar en esta fase son las siguientes:

Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal del ingenio.

Organizar el equipo del proyecto de P+L.

Definir metas de P+L en el ingenio.

Identificar barreras y soluciones presentes en el proyecto de P+L.

##### *Fase 2: Evaluación previa del Diagnóstico de Producción Más Limpia.*

Una vez concluida la fase de Planeación y Organización, es indispensable realizar una evaluación previa de P+L para obtener los datos, las bases técnicas y financieras necesarias para la realización del proyecto. Las actividades a desarrollar en esta fase son:

Recopilar información sobre las actividades operativas del ingenio.

Definir y evaluar las actividades en el ingenio.

Definir el enfoque del diagnóstico

### *Fase 3. Evaluación de los Procedimientos prioritarios del ingenio.*

Los objetivos principales de esta etapa del proyecto de P+L son evaluar las actividades más importantes dentro del proceso productivo y desarrollar opciones de administración ambiental, prevención de la contaminación, ahorro de materia prima, agua y energía. Las actividades a desarrollar se describen a continuación:

Elaborar el balance de materiales, agua y energía.

Definir las causas de los flujos que generan los flujos de contaminantes y las desviaciones energéticas o consumos excesivos de materia prima y/o agua.

Desarrollar opciones de P+L.

Pre-seleccionar las opciones generadas.

### *Fase 4. Estudio de Factibilidad.*

El objetivo de este estudio es comprobar que las opciones pre-seleccionadas son factibles desde un punto de vista técnico y económico, y estimar el impacto de las opciones factibles sobre el rendimiento ambiental del ingenio. Para este análisis, el equipo de diagnóstico seguirá las siguientes actividades.

Realizar una evaluación preliminar.

Realizar una evaluación técnica.

Realizar una evaluación económica.

Realizar una evaluación ambiental.

Hacer una selección y presentación de las opciones factibles.

### *Fase 5. Implantación y Seguimiento de las Opciones de P+L.*

Con la entrega del informe del diagnóstico al comité de P+L, el manejo de las actividades del programa de P+L estará a cargo del comité del ingenio, el cual tendrá la responsabilidad de revisar los datos presentados en el informe, profundizar, cuando sea necesario, en las evaluaciones generadas por el equipo de diagnóstico, y preparar un plan de implantación para

introducir en el ingenio las opciones viables de ahorro de energía, agua y prevención de la contaminación. Las actividades del comité incluirán también monitoreo y evaluación de los beneficios logrados por las opciones implantadas, y deberán asegurar la continuidad del programa de P+L. En esta etapa se desarrollarán las siguientes actividades:

Preparar un plan de acción.

Implantar las opciones de P+L.

Monitorear los resultados de las opciones implantadas.

Asegurar la continuidad del programa de P+L.

### *4.3. Casos de implementación de P+L en ingenios azucareros de Latinoamérica.*

A continuación se presentan casos de la implementación de P+L en ingenios latinoamericanos.

#### **Bolivia.**

El estudio ingenio azucarero GUABIRÁ S. A. tiene una capacidad de procesamiento de 5,200 ton. de caña/día produciendo azúcar y alcohol, una vez ya con la implementación de P+L en su proceso productivo presenta los resultados de 5 recomendaciones para ese ingenio en 2000 y se muestran a continuación (CPTS, 2000):

1. Reducción del consumo del agua.
2. Reducción de la descarga de vinaza.
3. Eliminar la descarga de cachaza.
4. Mejorar las prácticas de mantenimiento y minimizar fugas y derrames de jugos azucarados.
5. Eliminar la descarga de plomo.

El análisis para la sacarosa en los jugos extraídos de la caña, se utilizaba subacetato de plomo, lo que generaba una descarga de alrededor de 126 kg de plomo por época de zafra. Una parte del plomo era desechado como sólido y la otra era incorporada al efluente de la planta. Los resultados se muestran en la tabla 10:

Tabla 10. Mejoras en el desempeño de la planta según indicadores antes y después de implementar las recomendaciones de P+L

Indicador de desempeño	Antes	Después	% de Reducción
Consumo de agua (m <sup>3</sup> /ton caña procesada)	3.34	1.38	59%
Descarga de DQO (sin vinaza), (Kg. DQO/ton caña procesada)	3.7	1.9	49%
Descarga de DQO (solo vinaza),(Kg. DQO/ton caña procesada)	8.3	6	28%
Descarga de DQO (total),(Kg DQO/ton caña procesada)	12	7.9	34%

Fuente. Centro de Producción de Tecnologías Sostenibles, 2000.

Las inversiones realizadas según las medidas implementadas, así como los ahorros anuales y retornos esperados debido a ellas contemplaban que la inversión se recuperaría en 3 años y a partir del término del periodo se tendrían beneficios para la empresa, lo cual se muestra en la tabla 11:

Tabla 11. Inversiones, ahorros, retornos de la inversión y beneficios ambientales

Recomendación	Inversión (US\$)	Ahorros anuales (US\$/zafra)	Retorno	Beneficio Ambiental
Reducir el consumo de agua	278,000	261,000	94%	- Reducción en el consumo total de agua, de 1,740,000 m <sup>3</sup> /zafra (59%).
Eliminar descarga de vinaza a las lagunas	1,440,000	266,000	18%	-Reducción en la descarga orgánica, de 3,600 ton DQO/zafra (34%)- Reducción en las descargas de plomo, de 126 Kg./ zafra (100%)
Eliminar descargas de cachaza a las lagunas				
Mejorar prácticas de mantenimiento y minimizar fugas y derrames				
Eliminar la descarga de plomo.				
<b>TOTAL</b>	<b>1,718,000</b>	<b>527,000</b>	<b>31%</b>	

Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2000.



## Cuba.

En este país la fabricación del azúcar compete a los llamados complejos agroindustriales azucareros en donde además de producir azúcar también producen alcohol y levadura forrajera, en 2003 según el boletín informativo número 3 expedido por la red de producción más limpia de Cuba, reportaron resultados de dos complejos agroindustriales, uno de ellos ubicado en la provincia Las Tunas en el complejo “Antonio Guiteras” y reportaron los siguientes resultados mostrados en la tabla 12 de la implementación de las medidas de producción más limpia:

Tabla 12. Resultados de las medidas implementadas en complejos agroindustriales.

Complejo agroindustrial azucarero	Características				
	Antonio Guiteras	Tierra agrícola[ha]	Capacidad de molienda [ton/día]	Producción anual de alcohol [hL]	Producción anual de levadura forrajera [ton]
	23,857	11,502	270,000	8,400	853
	Ahorros				
	Miel [ton de miel/t de levadura]	Ganancia por ahorro de miel [USD/año]	Ahorro de Agua [m <sup>3</sup> ]	Ganancia por ahorro de agua [USD/año]	% de la reducción de la carga contaminante
	2.5	212,500	40	68,000	60

Fuente: Red de Producción más limpia, boletín 3 pag.5, 2003.

En el boletín 16 la red de producción más limpia en 2006, reportó que la empresa “Heriberto Duquense” perteneciente también a la industria azucarera y que además es destilería y planta de biogás, se localiza en el municipio Remedios al Norte de la provincia Villa Clara, se le dio seguimiento a las medidas implantadas de P+L y cuyos resultados se muestran en la tabla 13, son los siguientes:

Tabla 13. resultados del seguimiento de las medidas implantadas de P+L en la empresa Heriberto Duquense.

Logros	Beneficios	Ahorros [CUC]*
Sustitución de fuentes fósiles por fuentes renovables de energía.		639, 576
Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> en 6 año.		24, 000
Reducción del consumo de agua	Reducción de 220, 000 m <sup>3</sup> de agua.	24,432
Reducción de nutrientes artificiales por el reuso de agua para el regadío de plantaciones.		49, 307
Se eleva la calidad del azúcar.	Por encima de 99.20 Pol y de 6 a 7 unidades de color HORNE.	
Reducción de la contaminación por vinazas.	En un 50%	
Balance energético favorable por la reducción del consumo de 2.70 a 0.51 kWh/ ton de azúcar.	Por la reducción del consumo de 2.70 a 0.51 kWh/ t de azúcar	
Venta de electricidad de 0.99 a 1.77 kWh/ton de azúcar.	Venta de 0.99 a 177 kWh/t de azúcar.	400

\*Convertible Cubano.

Fuente: Red de Producción más limpia, boletín 16 pag.3, 2006.

Para el boletín 18 de la mencionada red de producción más limpia, reportó para julio de 2007 se habían introducido una serie de medidas de P+L en la agroindustria cubana, y los resultados de estas medidas se muestran en la siguiente tabla 10:

Tabla 14. Resultados de la introducción de medidas de P+L en la industria cubana en 2007.

Logros	Beneficios
Se realizaron 25 entrenamientos con la formación de técnicos y especialistas en P+L con el mejoramiento continuo del desempeño económico y ambiental del sector agroindustrial azucarero.	Se formaron 418 técnicos y especialistas en P+L para el sector.
Disminución de los flujos de agua residual	De 0.93 m <sup>3</sup> /t a 0.55 m <sup>3</sup> /t de caña. Con un ahorro de 6,600 USD.
Reducción del consumo de agua en las empresas.	De 1.10 a 0.60 m <sup>3</sup> /t de caña.
Producción de proteína unicelular (levadura torula) a partir de vinazas residuales de destilerías de alcohol	Ahorro de mieles finales disponibles para otros usos aproximadamente 2.5t/t de levadura.

Logros	Beneficios
Se ha logrado elevar el nivel cultural de los participantes en los talleres y la formación de especialistas con mayor proyección ambiental.	
La creación del Centro Nacional de la estrategia de P+L en el sector agroindustrial.	

Fuente: Red de Producción más limpia, boletín 18 Pág. 3, 2007.

### El Salvador.

El Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador el proyecto piloto de P+L, en un ingenio que es una de las mayores empresas productoras de azúcar de ese país con el apoyo de la ONUDI, donde se realizó una inspección en las instalaciones de este ingenio para comprobar el grado de avance y/o ahorros reales que se obtuvieron por la aplicación de las recomendaciones de la pre-evaluación de P+L realizada durante la zafra de 1999 a 2000 (CMP+L, 2002). En ese entonces el ingenio procesó 1, 300, 000 toneladas de caña de azúcar de la cual se extrajo azúcar estándar y refinada. La asesoría en la planta de dicho ingenio dio como resultado la formulación de 20 opciones en P+L, principalmente opciones de buenas prácticas de manejo. Al aplicar estas medidas se estimó que la implementación de algunas de estas opciones tendría el impacto económico sobre el rendimiento del ingenio que se muestra a continuación en la tabla 15 (CMP+L, 2002).

Tabla 15. Estimación del impacto económico en el ingenio de El Salvador.

Oportunidad	Inversión (en dólares)	Beneficio Económico/ zafra (en dólares)	Periodo de retorno
Recuperación del condensado de la purga continua	\$ 5,000- \$15,000	\$10,585.35	2 zafras
Reducción de las pérdidas de vapor de alta presión	S/D*	\$69,149.13	S/D
Eliminación de las pérdidas de calor	\$3,514	\$574.80	6 zafras
Reducción de exceso de aire en caldera	S/D	\$8,297.86	S/D
Eliminación de fugas en tuberías de vapor	S/D	\$2,553.14	S/D
Beneficio económico total por zafra= \$91, 160.28**			

\* Sin Dato.

Fuente. Proyecto de Producción Más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental en la Industria de Azúcar de Caña en México y Centroamérica.

El beneficio ambiental que se proyectó en ahorro de consumo de agua es de 26,527,375 m<sup>3</sup>/zafra que se obtiene de un río cercano (CMP+L,2002).

## México.

En nuestro país el Centro Mexicano de P+L (CMP+L) ha reportado resultados de dos estudios que se realizaron en la industria azucarera. De uno de ellos los periodos simples de recuperación se muestran en los siguientes rubros (CMP+L, 2005):

En México el CMP+L estimó en base a los diagnósticos que detectaron en dos ingenios azucareros con una capacidad de molienda de 2,500 y 12,500 ton de caña por día, las oportunidades de ahorro detectadas representarían beneficios económicos además de una disminución de emisiones a la atmósfera de 16,665 ton/año de CO<sub>2</sub> (CMP+L, 2005), ver tabla 16:

Tabla 16: Beneficios económicos de la implementación de medidas técnicas de P+L en ingenios azucareros de México.

Rubros	Disminución	Inversión	Ahorros	Periodo de recuperación del capital
Uso de agua Industrial	573,549 m <sup>3</sup> /año	64,700 pesos	625,100 pesos/año	1.2 meses
Uso de energía eléctrica	1,676,410 Kwh./año	3,887,200 pesos	4,230,800 pesos/año	6 meses
Reducción de las pérdidas de azúcar	De 943.92 ton/año a 4,084.92 ton/año	120,000 pesos		2 semanas
Sistemas de Administración ambiental*				
Inversión total		5,221,825 pesos/año	9,814,170 pesos/año	0.53 años

Fuente: CMP+L, 2005.

\* El costo de inversión y beneficios de la aplicación de esta medida no fueron cuantificados en el estudio.

En la actualidad se han realizado diversos estudios acerca de la implementación de producción más limpia (P+L) en diversos sectores de la industria. En particular en la industria azucarera de México se han realizado dos certificaciones, cuya implementación ha tenido buenos resultados en cuanto ahorro de agua, energía y mejoras en el proceso de producción, de acuerdo al Manual azucarero 2007 expedido por La Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcohólicas, los ingenios que han introducido esta metodología son: Adolfo López Mateos en Oaxaca y Tres Valles en Veracruz, quienes han obtenido buenos resultados después de su implementación (Manual Azucarero, 2007). Es importante hacer notar que la mayoría de los ingenios azucareros en México no cumplen con la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, en aguas y bienes nacionales ya que este es el aspecto ambiental que se ve impactado de manera más significativa los ingenios. Las medidas propuestas de P+L por el CMP+L derivadas de los estudios realizados y que pueden encontrarse en la guía de producción más limpia no. 6 para Ingenios azucareros (editada en 2000), son las siguientes:

#### *4.4 Medidas técnicas de producción más limpia en ingenios azucareros.*

La guía de P+L en ingenios azucareros expedida por el Centro Mexicano para la Producción más Limpia, que fue realizada gracias a la evaluación de dos ingenios mexicanos y en los cuales detectaron, evaluaron una serie de medidas y cuyos resultados ambientales, técnicos y económicos consisten en lo siguiente:

- **Medidas en la reducción del consumo del agua.**

Resultados ambientales:

- ❖ Reducción de consumo de agua.
- ❖ Minimización en la generación de agua residual.

Resultados técnicos:

- ❖ Utilización de sistemas de recirculación en los procesos.
- ❖ Mantenimiento correctivo y preventivo en lo referente a fugas.

Resultados económicos:

- ❖ Ahorros económicos al reducir el consumo y costo por disposición del agua industrial así como costo por tratamiento de agua residual.

- **Medidas en la reducción de las pérdidas de azúcar.**

Resultados ambientales:

- ❖ Disminución de la DBO.
- ❖ Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Resultados técnicos:

- ❖ Instalación de controladores de nivel automáticos y de nivel con alarma.
- ❖ Utilización de un biocida, en diferentes puntos del proceso para controlar las dextranas.

Resultados económicos:

- ❖ Beneficios económicos por la reducción en las pérdidas de azúcar.
- ❖ Ahorros económicos por: combustóleo y productos químicos.

- **Medidas en la reducción del consumo de energía térmica.**

Resultados ambientales:

- ❖ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- ❖ Reducción del consumo de agua.

Resultados técnicos:

- ❖ Detección y eliminación de fugas en toda la línea de producción.
- ❖ Sustitución en trampas de vapor.
- ❖ Aislamiento térmico en tuberías, en las turbinas de los turbogeneradores, tanques.
- ❖ Programación adecuada en el área de evaporación.
- ❖ Reubicación del compresor de tornillo.
- ❖ Eliminación de desperdicios de aire comprimido y la reparación de fugas.
- ❖ Uso de vapor de venteo del tanque de condensados puros para el precalentamiento de algún otro equipo que lo requiera.
- ❖ Instalación de un tanque flash para recuperar el vapor de flasheo de la purga continúa.
- ❖ Sustitución de centrífugas que consuman mayor energía por otras de mayor eficiencia.
- ❖ Reemplazo del sistema de control actual.
- ❖ Sustitución programada de motores sobredimensionados y reembobinados.

Resultados económicos:

- ❖ Ahorros económicos por la eliminación de los desperdicios de energía térmica, que se refleja en el consumo de combustóleo.
- ❖ Ahorros de energía eléctrica que se refleja en el consumo de combustóleo.
- ❖ Ahorros por la reducción de combustóleo en la generación de vapor.

• **Medidas en la implementación de un sistema de administración ambiental.**

Resultados ambientales:

- ❖ Reducción del impacto ambiental ocasionado por las diferentes actividades del ingenio.

Resultados técnicos:

- ❖ Cumplimiento de la legislación ambiental.
- ❖ Mejoras en las condiciones laborales y de servicio.
- ❖ Mejora de la imagen pública.

• **Medidas en la implantación de un sistema de eficiencia energética.**

Resultados ambientales:

- ❖ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Resultados técnicos:

- ❖ Reemplazo de la iluminación por una más eficiente.

Resultados económicos:

- ❖ Se obtienen beneficios directos dependiendo de la situación en cada ingenio.
- ❖ Beneficios económicos al reducir el consumo de combustóleo durante la zafra y el consumo de energía eléctrica por reparaciones.

## 5. Indicadores ambientales de la industria azucarera.

Los resultados mostrados en este documento fueron obtenidos a partir de datos registrados en los manuales azucareros que emite la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica (CNIAA) y de la página electrónica del Sistema Nacional de Información de la Agroindustria del Azúcar (SIAZUCAR) para las zafras correspondientes a los años 2002 hasta 2008. De las fuentes mencionadas se obtuvo información acerca de los ingenios como es: toneladas de caña molida, días efectivos de molienda, toneladas de caña, tipo de azúcar producida, capacidad de molienda y litros de petróleo utilizado por tonelada de caña.

Los ingenios tienen características importantes que determinan su eficiencia durante los periodos de zafra como son: la cantidad de caña molida y la cantidad de azúcar producida, el rendimiento en campo, la eficiencia en fábrica, el contenido de sacarosa en la caña, entre otros. Además de las características mencionadas la capacidad instalada es muy importante para evaluar el desempeño de la productividad de los ingenios y se define como la capacidad de cada ingenio para procesar en un día una cantidad determinada de caña de azúcar expresada en toneladas (Hernández, 1992). Por lo tanto para esta investigación se tomó la capacidad instalada como primer parámetro a utilizar para el manejo de datos y a partir de ella se clasificaron los ingenios en tipos A, B y C. Esta clasificación se describe a continuación:

- Ingenios tipo A, son ingenios con capacidades de 2,000 ton/día (que es la capacidad mínima registrada en los ingenios mexicanos para las siete zafras analizadas) a 5000 ton/día. Cabe mencionar que en los periodos analizados de 2002 a 2005 se tomaron en cuenta 23 ingenios y de 2006 a 2008 se consideraron 22 ingenios, debido a que el ingenio Santo Domingo cerró operaciones a partir del año 2006.
- Ingenios tipo B, son aquellos que cuentan con capacidades mayores a 5,000 ton/día a 8000 ton/día. En esta categoría pertenecen 22 ingenios.
- Ingenios tipo C, cuentan con capacidades instaladas mayores a partir de las 8,000 ton/día a 18,000 ton/día (que es la máxima capacidad registrada para las siete zafras analizadas). Dentro de esta clasificación son 13 los ingenios que son tratados en este documento.

A partir de la clasificación anterior y de la información obtenida de los manuales de la CNIAA, y de datos aportados por la CNIAA, así como del manual de producción más limpia en ingenios azucareros y de SIAZUCAR, se obtuvo información de las zafras de 2002 hasta 2008 como se muestra en la tabla 17, (ver anexos 1,2 y 3)



Tabla 17. Producción de azúcar durante las zafras 2002 hasta 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida
	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)
<b>Tipo A</b>	1,019,129	1,049,965	1,087,254	1,192,519	1,113,232	1,148,172	1,118,179
<b>Tipo B</b>	1,915,770	1,928,786	1,951,129	2,275,379	2,118,064	2,057,056	2,313,573
<b>Tipo C</b>	1,903,985	1,948,825	1,985,693	2,328,541	2,050,794	2,108,856	2,088,955

Elaboración propia con datos del cierre de zafra de SIAZUCAR.

De acuerdo con la tabla anterior, destacan en cuanto a productividad los ingenios B y C, siendo los ingenios tipo B los mayores productores excepto durante las zafras 2002, 2006 y 2008. Sin embargo fue necesario conocer la producción promedio por ingenio a partir de los datos mostrados de la tabla anterior, los resultados se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Producción Promedio por ingenio durante las zafras 2002 hasta 2008.

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida	Promedio de azúcar producida
	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)
<b>Tipo A</b>	44,310	45,651	47,272	51,849	50,601	52,190	50,826
<b>Tipo B</b>	87,080	87,672	88,688	103,426	96,276	93,503	105,162
<b>Tipo C</b>	146,460	149,910	152,746	179,119	157,753	162,220	160,689

Elaboración propia con datos del cierre de zafra, SIAZUCAR.

Como puede observarse en la tabla anterior la mayor producción promedio de azúcar por ingenio es debida a los ingenios tipo C, teniendo mayor producción de azúcar estándar y posteriormente de azúcar refinada. Cabe mencionar que el ingenio Central Motzorongo tiene una producción exclusiva de azúcar mascabado durante el periodo analizado y es el único productor de azúcar mascabado de los ingenios tipo C (ver anexo 3).

### *5.1 Consumo Energético en la Industria Azucarera Mexicana.*

El consumo de energía en el sector azucarero mexicano se debe principalmente a la quema del bagazo de la caña de azúcar en las calderas de la fábrica, seguido del combustóleo, la electricidad y finalmente el diesel, según lo reportado en los balances energéticos emitidos por la Secretaría de Energía (SENER) en el periodo 2003 a 2008 (ver tabla 19), que corresponden a las zafras analizadas en este documento.

**Tabla 19. Consumo de energía en el sector azucarero durante las zafras 2003 a 2008 según la SENER.**

Sector Azucarero	Bagazo de Caña	Combustóleo	Electricidad	Diesel	TOTAL
	[MW*h]	[MW*h]	[MW*h]	[MW*h]	[MW*h]
2003	24,093,982	6,984,750	145,116	11,120	31,234,968
2004	24,680,840	7,372,560	152,900	11,120	32,217,420
2005	27,830,580	4,514,720	94,520	8,340	32,448,160
2006	26,134,780	3,605,660	88,960	5,560	29,834,960
2007	27,082,760	3,016,300	91,740	8,340	30,199,140
2008	27,038,280	1,676,340	100,080	11,120	28,825,820

Fuente: Elaboración propia con datos de Balance Nacional de Energía 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

En la tabla anterior se observa que el mayor aporte energético para la industria azucarera es debido al bagazo de caña, el cual es muy superior al de los demás combustibles por lo que contribuye principalmente a la contaminación de partículas de ceniza, CO<sub>2</sub> y otras emisiones contaminantes hacia la atmósfera.

La tabla 20 muestra el consumo de combustible estimado a partir de los datos de consumo de petróleo por tonelada de azúcar producida y datos de azúcar producida en los periodos ya mencionados según lo reportado por el SIAZUCAR. El petróleo es el combustible que es reportado en los manuales azucareros, sin embargo en la práctica es llamado combustóleo por lo que en este documento se le nombrará de ese modo, (ver anexos 4,5 y 6).

**Tabla 20. Consumo de combustible estimado durante la zafra 2002-2008.**

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]
Tipo A	151,388,473	142,031,143	141,539,575	138,752,719	121,458,600	126,057,048	92,342,220	913,569,779
Tipo B	137,371,534	150,467,998	159,223,858	118,792,040	117,129,757	128,321,131	79,116,427	890,422,745
Tipo C	213,774,916	225,213,474	185,666,567	175,610,592	137,746,756	126,971,979	76,705,348	1,141,689,632

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Como puede observarse en la tabla anterior el consumo de combustóleo es muy superior en los ingenios tipo C incluyendo durante las zafras 2002, 2006 y 2008, las cuales presentaron menor producción de azúcar en esos años. Lo que nos indica un desperdicio de energía debido a posibles fallas en la operación de las calderas en los ingenios. Generalmente el combustóleo se utiliza en las calderas y en la mayoría de los ingenios se utiliza en el arranque de las calderas utilizando posteriormente bagazo de caña, aunque algunos ingenios (cada vez menos) utilizan combustóleo exclusivamente para el funcionamiento de las calderas.

Tabla 21. Consumo de combustible promedio por ingenio estimado durante la zafra 2002-2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]
<b>Tipo A</b>	6,582,108	6,175,267	6,153,895	6,032,727	5,520,845	5,729,866	4,197,374
<b>Tipo B</b>	6,244,161	6,839,454	7,237,448	5,399,638	5,324,080	5,832,779	3,596,201
<b>Tipo C</b>	16,444,224	17,324,113	14,282,044	13,508,507	10,595,904	9,767,075	5,900,411

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Como puede observarse en la tabla 21, el consumo promedio por ingenio de combustóleo es mayor en los ingenios C. Sin embargo los ingenios tipo B cuya mayor producción es de azúcar estándar, mantienen consumos de combustóleo similares con los ingenios tipo A. Sin embargo la productividad de los ingenios tipo A esta por debajo en aproximadamente 50% de la productividad de los ingenios tipo B. Por lo tanto se considera a los ingenios tipo B los más eficientes en el consumo de combustóleo en comparación con los demás ingenios.

Así también, es necesario para la industria el uso de la energía eléctrica por lo que en la tabla 22 se muestran datos del consumo de energía eléctrica promedio para cada tipo de ingenio durante las zafras 2007 y 2008 de acuerdo con datos proporcionados por CNIAA, (ver anexos 10, 11 y 12).

Tabla 22. Consumo de energía eléctrica.

INGENIOS	Consumo de energía eléctrica durante la zafra 2007	Consumo de energía eléctrica durante la zafra 2008	Consumo de energía eléctrica promedio por ingenio durante la zafra 2007	Consumo de energía eléctrica promedio por ingenio durante la zafra 2008
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	Tipo A	131,163,648	177,182,043	5,961,984
Tipo B	302,076,809	297,935,020	13,730,764	13,542,501
Tipo C	323,306,498	303,111,328	24,869,731	23,316,256

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CNIAA.

Los datos mostrados en la tabla anterior de las zafras 2007 y 2008 fueron proporcionados por la Cámara Nacional de la industria Azucarera y Alcohólica y en la cual se muestra que los ingenios tipo C son los mayores consumidores de energía eléctrica, sin embargo es de considerar que la producción de energía eléctrica es producida en la gran mayoría de los ingenios, y sólo se les provee durante los meses que no opera la fábrica.

## 5.2 Consumo de agua en la industria Azucarera.

El consumo de agua para el sector fue estimado a partir de datos proporcionados del proyecto Parámetros e Índices en el Uso Industrial del Agua, investigación que realizó la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en 1999, donde se hace referencia a las cantidades de agua extraída por los ingenios en unidades de m<sup>3</sup> de agua por tonelada de azúcar producida para los diferentes tipos de azúcar (refinada y estándar) de seis ingenios que tomaron como muestra en dicho proyecto de investigación (ver anexo 13).

El motivo por que se decidió utilizar los resultados del proyecto de investigación “Parámetros e Índices en el Uso Industrial del Agua” realizado por la comisión del agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, fue debido a que ninguna institución proporcionó datos acerca del consumo de agua y la descarga correspondiente de los ingenios, por lo que se tuvo la necesidad de estimar las cantidades de agua extraída y descargas de agua residual de los ingenios a partir de índices específicos de uso del agua en los ingenios como lo es: la extracción, recirculación, demanda, consumo y descarga de agua (ver anexos 14,15 y 16). Los valores mostrados en el proyecto corresponden a índices de una muestra de industrias azucareras a partir de la caña de azúcar, los valores de los índices se promediaron para calcular la extracción y descarga de agua a partir de la caña molida bruta reportada para cada ingenio durante las zafas tratadas en este documento (ver tabla 23).

Tabla 23. Cantidades de agua extraída por los tres tipos de ingenios durante las zafas 2002 a 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída
	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]
Tipo A	833,957,405	861,362,000	891,160,506	978,577,604	917,517,248	986,193,162	915,887,725
Tipo B	1,522,654,161	1,559,829,697	1,608,777,779	1,809,905,716	1,684,716,851	1,706,313,005	1,790,316,741
Tipo C	1,474,353,808	1,528,656,104	1,585,442,095	1,785,492,970	1,647,991,589	1,713,670,082	1,635,175,684

Elaboración propia, con datos de CONAGUA, 1999 y del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, (en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>).

Como puede observarse en la tabla anterior la extracción de agua es mucho mayor en los ingenios tipo B y C, sin embargo como puede apreciarse en la tabla 24 los ingenios tipo C son los mayores consumidores de agua. Esto toma relevancia ya que si consideramos que 464, 700, 886 m<sup>3</sup> de agua podrían abastecer de agua a 6.3 millones de personas (CONAGUA, 1999)

Sin embargo es de considerarse que cada vez los ingenios requieren de técnicas de ahorro del agua ya que uno de sus mayores usos en la industria azucarera es la generación de vapor para los molinos (así como agua para enfriar los molinos), evaporadores, planta eléctrica principalmente por lo que la utilización de sistemas de recirculación y aislamiento de tuberías es cada vez mas requerido en esta industria. Aunque cabe mencionar que muchos de los ingenios no cuentan con el presupuesto necesario para realizar las obras requeridas para el ahorro de agua por lo que se ha retrasado la aplicación de tecnologías para el ahorro del agua.

Tabla 24. Promedio de agua extraída por ingenio durante las zafras 2002 a 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída
	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]
Tipo A	36,259,018	37,450,522	38,746,109	42,546,852	41,705,329	44,826,962	41,631,260
TipoB	69,211,553	70,901,350	73,126,263	82,268,442	76,578,039	77,559,682	81,378,034
Tipo C	113,411,831	117,588,931	121,957,084	137,345,613	126,768,584	131,820,776	125,782,745

Elaboración propia, con datos de CONAGUA, 1999 y del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, (en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>).

La tabla 25 muestra las descargas de agua por tipo de ingenio ya sea en un bien nacional o en la red municipal siendo los ingenios tipo B y C los ingenios con mayores descargas de agua residual de la industria azucarera.

Tabla 25. Cantidades de agua de descarga de los tres tipos de ingenios durante las zafras 2002 a 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua
	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]	[m <sup>3</sup> /ton de caña]
Tipo A	676,213,028	698,434,000	722,596,071	793,478,085	743,967,393	799,653,148	742,646,097
TipoB	1,234,641,691	1,264,785,415	1,304,474,889	1,467,559,155	1,366,049,964	1,383,561,171	1,451,675,466
Tipo C	1,195,477,427	1,239,508,357	1,285,553,187	1,447,764,119	1,336,271,344	1,389,526,645	1,325,879,588

Elaboración propia, con datos de CONAGUA, 1999 y del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, (en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>).

Como lo indica la tabla 26 la descarga promedio de los ingenios es mayor en los ingenios tipo C debemos de tomar en cuenta la carga de contaminantes que representan las descargas de agua residual (ver tabla 27) ya que la gran mayoría de los ingenios no cuentan con tratamientos previos a la descarga. El ingenio Tres Valles es uno de los pocos ingenios que cuenta con una planta de tratamiento para la descarga de agua residual, por lo que no se han tomado las medidas necesarias para bajar los niveles de contaminación en las descargas de agua de en la mayoría de los ingenios el país, ya que sólo en 1999 se estimaba que la industria azucarera descargaba 412, 000 toneladas de DBO, 230,000 toneladas de sólidos suspendidos totales y 55, 000 toneladas de grasas y aceites (CONAGUA, 1999). Los datos mencionados fueron estimados a partir de índices de carga contaminante por día en las industrias azucareras generados por tonelada de azúcar producida, lo que implica un constante impacto ambiental en materia de agua en los municipios en los cuales se desarrolla esta actividad productiva, situación que prevalece hasta ahora ya que en lo reportado por los manuales azucareros que emite la CNIAA la mayoría de los ingenios no cuentan con plantas de tratamiento para aguas residuales.

Tabla 26. Promedio de agua de descarga por ingenio durante las zafras 2002 a 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Tipo A	29,400,566	30,366,696	31,417,220	34,499,047	33,816,700	36,347,870	33,756,641
TipoB	56,120,077	57,490,246	59,294,313	66,707,234	62,093,180	62,889,144	65,985,248
Tipo C	91,959,802	95,346,797	98,888,707	111,366,471	102,790,103	106,886,665	101,990,738

Elaboración propia, con datos de CONAGUA, 1999 y del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, (en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>).

Las áreas en las que se requiere gran cantidad de agua y por consecuencia mayores descargas de contaminantes son debido al lavado de la caña, la molienda de la caña, los vapores condensados y el lavado de filtros, existen servicios que tienen menores descargas como lo es la limpieza de oficinas, baños, lavado de tuberías y equipos durante los paros de los ingenios durante la zafra para mantener los equipos en óptimas condiciones.

Tabla 27. Índice de carga contaminante al día en las industrias azucareras.

Industria azucarera	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	Grasas y Aceites
	[Kg/ton de azúcar producida]	[Kg/ton]	[Kg/ton]	[Kg/ton]
Promedio	80	86	45	11

Fuente: CONAGUA e IMTA, 1999.

### 5.3 Análisis de emisiones contaminantes.

#### 5.3.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustóleo.

En este apartado se calculan las emisiones contaminantes de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por combustión de combustóleo y bagazo en la industria azucarera, a continuación se describen estas emisiones. De acuerdo con el manual azucarero para calcular la cantidad emitida de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, deben tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

Poder calorífico del combustóleo (PC): 43,162 kJ/l.

Factor de emisión de CO<sub>2</sub> (FECO<sub>2</sub>): 0.07 ton/GJ.

La fórmula para calcular la generación de CO<sub>2</sub> es la siguiente:

$$\text{Generación de CO}_2 = \text{L de combustóleo usado en la zafra} \times \text{PC} \times \left[ \frac{1\text{GJ}}{1 \times 10^6 \text{ kJ}} \right] \times \text{FECO}_2$$

De la fórmula anterior, se calculó para cada ingenio la generación de CO<sub>2</sub> en cada zafra y a continuación se muestra en la tabla 28 los resultados del cálculo de la generación de CO<sub>2</sub> para cada tipo de ingenios durante las tres zafras analizadas, ver anexos 4,5y 6.

Tabla 28. Generación estimada de CO<sub>2</sub> por el uso de combustóleo

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
<b>Tipo A</b>	457,396	429,124	427,639	419,219	366,968	380,861	278,997	2,760,205
<b>Tipo B</b>	415,046	454,615	481,069	358,911	353,889	387,702	239,038	2,690,270
<b>Tipo C</b>	645,887	680,446	560,962	530,579	416,180	383,626	231,753	3,449,433

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera.

Como puede observarse en la tabla anterior la generación de CO<sub>2</sub> ha disminuido durante el periodo 2002 a 2008 y es una tendencia que se espera disminuya en los años siguientes principalmente en los ingenios tipo C ya que como puede observarse en la tabla 29 el consumo de combustóleo de 2002 a 2008 se ha reducido 64% lo que implica una disminución considerable de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a este combustible.

Tabla 29. Promedio de generación de CO<sub>2</sub> por el uso de combustóleo, por ingenio.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
<b>Tipo A</b>	19,887	18,658	18,593	18,227	16,680	17,312	12,682
<b>Tipo B</b>	18,866	20,664	21,867	16,314	16,086	17,623	10,865
<b>Tipo C</b>	49,684	52,342	43,151	40,814	32,014	29,510	17,827

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera.

El promedio de generación de CO<sub>2</sub> por el uso de combustóleo es mayor en los ingenios tipo C, sin embargo las misiones de CO<sub>2</sub> en los ingenios Tipo A y B son muy similares tomando en cuenta que los ingenios tipo B producen casi el doble de azúcar respecto a los ingenios tipo A (ver tabla 17) sin embargo el consumo de combustóleo es mucho más moderado en los ingenios tipo B que en los ingenios tipo A.

### 5.3.2 Emisión de CO<sub>2</sub> por la utilización de bagazo.

La utilización de bagazo o fibra de caña como combustible en las calderas para la generación de vapor es cada vez más común ya que no representa ningún costo adicional para los ingenios disminuyendo en gran proporción en los últimos años el uso de combustóleo (ver tabla 20), sin embargo las emisiones de CO<sub>2</sub> son representativas durante el corte con la llamada “quema de la caña” y como combustible alternativo en fábrica, este último es el que se analizará a continuación.

A partir de los manuales azucareros del 2002 al 2008 se tomaron los datos de la cantidad de caña molida de todos los ingenios durante los periodos de las zafas mencionadas y se tomaron las siguientes consideraciones.

La composición media de la caña es:

Composición	% Peso
Agua	73
Fibra (seca)	11
Azúcares	16

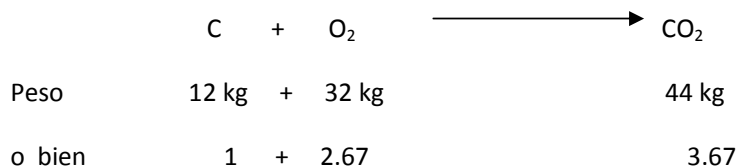
Fuente: Sánchez Robles Rebeca, 2001.

La composición promedio del bagazo es:

Composición	% Peso
C	47.0
H	6.5
O	44.0
Otros	2.5

Fuente: Sánchez Robles Rebeca, 2001.

Como parámetro se toma la siguiente reacción de combustión:



Por lo tanto, tenemos que:

Fibra en Caña = Ton de caña molida x % peso en fibra.

Carbono contenido en fibra = Fibra en caña x % C<sub>fibra</sub>.

Emissiones de Carbono = Carbono en caña x (3.67 CO<sub>2</sub>/ 1C)

Para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> de los ingenios, se obtuvo de la página electrónica del SIAZUCAR la información referente al porcentaje de la fibra en la caña molida neta de cada zafra en cada uno de los ingenios analizados. Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla 30:



Tabla 30: Generación de CO<sub>2</sub> por el uso de bagazo como combustible en calderas, zafras 2002 – 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
Tipo A	2,083,787	2,098,182	2,219,015	2,285,361	2,273,741	2,267,695	2,360,534
Tipo B	3,810,391	3,786,458	3,963,458	4,615,743	4,174,525	4,221,462	4,540,851
Tipo C	3,524,887	3,592,368	3,729,347	4,266,471	3,967,454	4,053,468	3,793,195

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera.

La tabla anterior muestra una estimación de la generación de CO<sub>2</sub> por la utilización del bagazo siendo los ingenios tipo B y C los mayores generadores de CO<sub>2</sub> debido a la utilización del bagazo. El promedio de generación de CO<sub>2</sub> por ingenio de los tres tipos es similar como se muestra en la tabla 31. Debido a que no se cuenta con datos precisos de generación de otro tipo de contaminantes para esta industria no es posible mostrar datos más detallados en materia de contaminación del aire.

Tabla 31:-Promedio de generación de CO<sub>2</sub> por ingenio debido al uso de bagazo como combustible en calderas, zafras 2002 – 2008.

Ingenios	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
Tipo A	90,599	91,225	96,479	99,364	103,352	103,077	107,297
Tipo B	173,200	172,112	180,157	209,807	189,751	191,885	206,402
Tipo C	271,145	276,336	286,873	328,190	305,189	311,805	291,784

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera.

## 6. Casos de Ingenios con P+L y sin P+L. Ingenio “Tres Valles” vs. Ingenio “El Potrero”.

### 6.1 Caso ingenio Tres Valles.

Entre 1999 y 2000 se realizó un proyecto de P+L con dos ingenios del grupo PIASA, el cual tenía como objetivo para el grupo obtener el certificado de industria limpia por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), del cual se derivaron una serie de medidas y actividades basadas en la metodología de P+L.

La ubicación geográfica del ingenio es la siguiente: está ubicado a una altitud de 31 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son: 18° 15 LN y 96° 08' LO. La temperatura media anual: 25.5°C. y la precipitación pluvial anual media es de 1, 950 mm. Los ríos circundantes son el Río Papaloapan, Río Amapa, Río Tonto, Río Hondo y Río de la Hacienda.

El ingenio de Tres Valles se encuentra ubicado en el kilómetro 68 de la carretera La Tinaja-Ciudad Alemán a 4.5 km de la ciudad con el mismo nombre en el estado de Veracruz (verfigura 5). El ingenio cuenta con una superficie cosechable de 32,845.16 ha de la cual corresponde el 63.53% a ejidos y 36.47% a pequeños productores de caña. El ingenio cuenta con 4,281 ejidatarios, 3,215 pequeños propietarios que abastecen al ingenio, las zonas donde se ubican estos productores son:

- Rivereños,
- Poblado Tres,
- Zapote Colorado,
- Los Naranjos, Las Yaguas,
- Colonia Independencia,
- Nuevo San José Independencia,
- Otatitlán,
- Gabino Barreda,
- Paraíso Río Tonto y
- San Pedro.

Los vehículos de transporte de la caña pertenecen a los productores de caña y se utilizaron 561 camiones, 557 carretas y 140 tractores de tiro. En la visita de trabajo de campo en el Ingenio Tres Valles se encontraron las siguientes características operativas:



Figura 5. Ubicación del ingenio Tres Valles, google earth.

### 6.1.1 Características del ingenio Tres Valles.

Para describir el funcionamiento del ingenio se puede dividir en dos, el proceso en fábrica y los servicios periféricos, el primero consiste en las etapas propias de producción del azúcar como son: batey, molienda, clarificación, evaporación, cristalización y refinado. Pero para llevar a cabo estas etapas de proceso se requiere de los servicios periféricos como lo son las calderas, la planta eléctrica, tratamiento de agua y las torres de enfriamiento.

### 6.1.2 Proceso en fábrica del ingenio Tres Valles.

#### **Batey.**

En el ingenio hay una entrada de vehículos que entregan la caña ya sean carretas de caña o camiones de carga en atados de aproximadamente 6,000 kg. La caña es pesada en dos básculas de plataforma electrónicas de 50 toneladas una de ellas modificada para carretas con pesaje máximo de 25 toneladas, así también el ingenio cuenta con una báscula de plataforma mecánica con elemento de medición electrónico para pesaje de cachaza, combustóleo y miel final. Cuenta con un conductor de caña con un ancho útil de 2.13m por 50.86 m de longitud cuenta con un reductor de velocidad, dos motores hidráulicos. Así también un volcador de plataforma de 25 toneladas que descarga en el conductor auxiliar.

## **Equipo de preparación.**

Una vez pesados en las básculas se colocan enfrente de las tres mesas de alimentación, dos de ellas cuentan con descargador tipo hilo y otra con descargador hidráulico. A su vez, cuenta con un conductor de caña principal con un ancho útil de 2.13m por 63.46 m de longitud con transmisión motriz compuesta por un por reductor de velocidad 3HP, un motor eléctrico de 149.1 kw y variador de velocidad, transmisión de un paso de engranes descubiertos, montaje horizontal, ejes paralelos, reducción cuádruple. El conductor tiene una velocidad de entrada de 1,760 r.p.m. con velocidad de salida 6.3r.p.m cuenta con un motor de 200 HP.

Cuenta con tres grúas con capacidad de 6.25 a 12.5 toneladas con claro puente de 27.5m y elevación de 16.45m y tres arañas mecánicas con capacidad de 6 toneladas cada una.

Tiene dos juegos de cuchillas cada una de 2,133 mm de ancho, 1,778 mm de diámetro periférico gira 1,000 r.p.m. con una velocidad periférica de 94 m/s, 164 martillos montados en 8 ejes oscilantes accionados por una turbina de vapor.

Para evitar que materiales extraños entren al proceso de molienda se cuenta con un separador electromagnético ubicado en la banda de hule que alimenta el chute del molino 1.

Se cuenta con un esparcidor de caña desfibrada el cual entrega del conductor metálico a la banda de hule con un ancho útil de 2,743 mm, 36puntas, tiene transmisión reductor de velocidad tipo montado en flecha, la relación de reducción es 13.587 a 1, con velocidad de entrada de 1, 760 r.p.m. y con velocidad de salida 76 r.p.m, con una banda de hule rápida con velocidad lineal de 50 a 100 m/min regulada automáticamente por el nivel del chute del molino 1y cuenta con un reductor de velocidad tipo montado en flecha con relación 24.733 a 1 con velocidad de entrada de 1,760 r.p.m. y con velocidad de salida 47 r.p.m. Estos equipos utilizan el vapor producido por las calderas a un ritmo de molienda de 500 toneladas de caña/hora, una vez triturada la caña esta es colocada en el conductor 2 en los hacia los molinos para la extracción del jugo.

## **Molinos.**

El ingenio cuenta con siete molinos en los cuales se extrae el jugo de la caña que en promedio utilizan 68,566 kg de vapor/hr a un ritmo de molienda de 500 toneladas de caña/hora con 12.5 % de fibra en caña que son los parámetros promedio que manejan en la fábrica.

El tándem de molinos cuenta con un total de 21 mazas de 1.04 m por 2.13 m con rayado circular de las mazas cañeras 50.8mm por 40° por 56 mm en los molinos del 1 al 4, para los restantes el rayado circular es de 50.8mm por 45° por 31.4 mm. Cada molino cuenta con un rodillo de alimentación forzada denominado 4ª maza con las siguientes características:

Tabla 32. Molinos en servicio en el ingenio Tres Valles.

Molinos	Rayado circular
1 y 2 de 0.97m x 2.08m	50.8 mm x 45° x 47 mm
3 y 4 de 0.94m x 2.08m	50.8 mm x 45° x 47 mm
5, 6 y 7 0.97 m x 2.08m	38.1 mm x 45° x 31.4 mm

Los reductores de velocidad de los siete molinos se describen a continuación:

Tabla 33. Reductores de velocidad de los molinos en el ingenio Tres Valles.

Molinos	Reductores de alta velocidad	Reductores de baja velocidad
1 y 6	Farrel Mod DR-39 con relación de 26.4:1	Farrel Mod. DRB-4571 con relación 26.8:1
	Ambos reductores fueron modificados en su potencia por Philadelphia Gear Corporation	
2,4 y 7	Farrel Mod DR-39 con relación de 26.4:1	Farrel Mod. DRB-4571 con relación 26.8:1
	Ambos reductores fueron modificados en su potencia por H&S	
3	Philadelphia Mod. 165HPSS-2SS con relación 26.4:1	Philadelphia Mod. 18.4 MSMD-2 con relación 26.8:1
5	Farrel Mod DR-39 con relación 18.849:1	Farrel Mod. DRB-4571 con relación 34.47:1

Cada molino está accionado por una turbina Murray de 899kwa 5,000 r.p.m. y cuentan con un sistema de lubricación automático para molinos Farval.

En esta área de proceso se cuenta con bombas para diferentes fines, se muestran a continuación:

Tabla 34. Bombas utilizadas en los molinos en el ingenio Tres Valles.

Número de bombas	Función	Características
5	Manejo de jugo de maceración	Tipo de flujo torsional Wemco tamaño 6 x 6 de 4,542.5 l.p.m, 18.29m de cabeza, 45kw.
2	Manejo de jugo a colador rotatorio	6,814 l.p.m., 18.29 m y 30.48m de cabeza, 93 kw.
2	Manejo de jugo colado a fábrica	8, 328 l.p.m., 18.29 m de cabeza, 93 kw.

En esta área cuenta con un sistema automático de agua de imbibición y cuenta con un tanque a nivel 0 m, en el cual se controla su nivel, temperatura y flujo de agua. También cuenta con un colador rotatorio con capacidad de 600 m<sup>3</sup>/hr con un área filtrante de 40.72 m<sup>2</sup> con cesto de 2, 500mm x 5, 400 mm de longitud. El manejo de los jugos de los molinos 1 y 2 con descarga de bagacillo a la entrada del molino 2 es mediante conductor de gusano.

### Clarificador.

Una vez extraído el jugo se pesa en 3 básculas con capacidad de 100-102 toneladas de jugo/hora cada una, se cuenta con un tanque receptor de 55,000 l, dos bombas de transferencia de guarapo 6,813 l.m.p., 58 m de cabeza con 112 kw. Sistema de alcalinizado automático con silo de cal para 100 toneladas cuenta con los siguientes tanques:

Tabla 35. Tanques utilizados en el área de clarificación en el ingenio Tres Valles.

Tanques en el proceso de alcalinizado	Capacidad [l]
Tanque preparador	9000
Tanque de bombeo	12,000
2 tanques receptores de jugo alcalinizado	55,000

Se conduce el jugo alcalinizado a seis calentadores de jugo alcalinizado de 325 m<sup>2</sup> cada uno, lo primeros tres calentadores son para el calentamiento primario con vapores de extracción del 2° vaso del evaporador, los otros tres para el calentamiento secundario con vapor de extracción de primeros vasos con opción vapor de escape operando en serie con calentador horizontal de 448 m<sup>2</sup>, utiliza vapor de extracción del 2° vaso, cuentan con 10 filtros automáticos autolimpiables para jugo clarificado. Se utilizan 4 calentadores de 155 m<sup>2</sup> con

180 placas cada uno, con operación mixta usando vapor de extracción de los segundos vasos para calentamiento de jugo claro. La batería se complementa con dos calentadores horizontales de 448 m<sup>2</sup> operando en serie con vapor de extracción de los primeros vasos o escape

El primer calentamiento el jugo se calienta a 80°C con pH 6.5, el segundo calentamiento se eleva la temperatura del jugo a 107-108 °C con pH 7.5, se cuenta con dos bombas para manejar guarapo del primer calentamiento de 8,328l.p.m., 58m de cabeza de 130 kw. El pH se eleva con una lechada de cal, aproximadamente se utiliza 1k de cal por una tonelada de jugo de caña.

Una vez alcalinizado el jugo y a la temperatura requerida el jugo pasa al clarificador con capacidad máxima de 620 m<sup>3</sup>/hora y una mínima de 300 m<sup>3</sup>/hora y dos bombas para manejar jugo clarificado de 7,571 l.p.m, 64m de cabeza con motor de 149 kw, 1,180 r.p.m. Cabe mencionar que el ingenio cuenta en la actualidad con solo un clarificador, anteriormente se utilizaban 2 clarificadores con mayor capacidad que el mencionado, los cuales ya no son utilizados, pero con una mayor eficiencia de clarificación. El ingenio planea comprar otro clarificador como el descrito anteriormente para las próximas zafas.

Una vez extraído el jugo clarificado este es enviado a los vasos de evaporación, los lodos que han sedimentado en el clarificador se conducen a los 5 filtros de cachaza con una superficie de 57 m<sup>2</sup>cada uno trabajan al vacío y separan la materia sólida que es conducida por un conductor hacia afuera del ingenio, la cachaza se coloca en tolvas para después colocarla en camiones. La cachaza es una mezcla de lodo, bagacillo, y químicos principalmente cal, esta se entrega a los representantes o cooperativas de los productores cañeros con el fin que a su vez les entreguen a estos la cachaza, ya que es una fuente de nutrientes para el campo y de tal manera evitar el empobrecimiento del campo. El líquido que es separado de la materia sólida por medio de los filtros de cachaza es enviado de nueva cuenta al clarificador.

## **Evaporación.**

El jugo clarificado entra en los evaporadores en donde se le extrae el 40% de agua. Los evaporadores de cuádruple efecto al vacío, el ingenio cuenta con 11 evaporadores en donde la temperatura de operación va de 60°C a 65 °C.

A continuación se muestran los vasos de evaporación:

Tabla 36. Vasos de evaporación utilizados en el ingenio Tres Valles.

Vasos de evaporación	Vasos que lo forman	Funcionamiento
1°	3 vasos: 1A,1B y 1C.	2 en operación y 1 en limpieza
2°	4 vasos: 2A, 2B, 2 C y 2 D.	3 en operación y 1 en limpieza o mantenimiento.
3° y 4° arreglados en dos juegos (Norte y Sur)	4 vasos: 4 norte y 4 sur, 3 norte y 3 sur.	1 en operación y uno en limpieza o mantenimiento

Las superficies de calefacción de los vasos son:

Tabla 37. Superficie de calefacción de los vasos en el ingenio Tres Valles.

Vasos	Superficie de calefacción [m <sup>2</sup> ]
1 A	4,310.
1B	3,066.
1C	2,044.
2A, 2B, 2C, 2D, 3 norte y 3 sur	1,858 cada uno.
4 norte y 4 sur	1,208.

Se extraen vapores del efecto 1 para tachos de refinado y calentamiento secundario de jugo claro y alcalinizado, precalentamiento de jugo claro y tachos de crudo. Los condensados de este proceso se utilizan para la fundición del azúcar estándar, como agua de maceración de los molinos, lavado de equipo de limpieza de granos y como agua de servicios.

### **Cristalización en crudo.**

El jugo clarificado una vez sometido al proceso de evaporación se lo conoce como meladura. La meladura es depositada en tachos que son recipientes al vacío intermitente de simple efecto en los que por ensillamiento se forma el azúcar. Para producir la semilla (comúnmente se le denomina a los cristales de azúcar que formaran más azúcar a partir de la meladura) se cuenta con dos semilleros para los tachos A y B. Es de esta manera que se forma azúcar de los tachos A, B y C, solo que el azúcar producida de estos últimos es retornada al proceso al agregarle agua caliente de servicios generales, ya que solo el azúcar proveniente del tacho A es utilizada para el proceso de refinamiento.

El ingenio cuenta con 10 tachos tipo baja carga hidrostática con capacidad de 56 m<sup>3</sup> de masa y superficie de calefacción de 345 m<sup>2</sup> cada uno, a continuación se muestra la distribución de los tachos:



Tabla 38. Distribución de los tachos y su distribución en el ingenio Tres Valles.

Número de Tachos	Distribución
5	Para masas de A, 1 tacho puede procesar masa de B. Cuentan con agitadores mecánicos verticales con un motor de 56 kw.
1	Para masas de C

Cuenta con un concentrador de licor decolorado de 750 m<sup>2</sup> s.c. operando con vapor de extracción de los primeros vasos, con equipo auxiliar un granero para 56 m<sup>3</sup> cada uno para la masa de C diseñado para trabajo al vacío y dos semilleros para las masas de A y De B con capacidad de 34 m<sup>3</sup> provistos con mecanismos de agitación tipo abierto.

Se tienen 4 cristalizadores continuos de 3 x 10 m para manejar 23 m<sup>3</sup> de masa/hr y una retención 12 hr con 26 discos para enfriar la masa con 297 m<sup>2</sup> de superficie de enfriamiento, movidos por dos motores de 6 kw con velocidad de agitación de 1 r.p.m. y un cristizador enfriador vertical continuo para 780 ton/día para la masa de C, con un volumen neto de 515 m<sup>3</sup> y 986 m<sup>2</sup> de superficie de enfriamiento.

### **Centrífugas de crudo.**

En las centrifugas de crudo se descargan las templeas para separar los cristales de azúcar de las mieles, las mieles C una vez retirados los cristales son eliminadas del proceso ya que son mieles incristalizables.

El ingenio cuenta con las siguientes centrífugas.

Tabla 39. Centrifugas de crudo utilizadas en el ingenio Tres Valles.

Grupo de baterías	Número de baterías	Características
Batería de A	12	2 con capacidad de 1,250 Kg./carga, 1 continua con capacidad de 263.4 tons/día y 9 de 1,219 x 762 mm para 650 Kg. de masa por carga con motores de 75 Kw. de 60/1,200 r.p.m. Todas equipadas con mezclador de 21m <sup>3</sup> con chaqueta para calentamiento de la masa, movido con motor de 19 kw.
Batería de B	5	4 con capacidad de 320 ton/día, 1 Western Sattes modelo CC-6ª. Todas equipadas con mezclador de 21 m <sup>3</sup> con chaqueta para calentamiento de la masa, movido con motor de 19 kw.
Batería de C	5	Centrífugas continuas con capacidad de 15 a 19 tons/hr con motores de 89 kw. Se cuenta con un calentador para la masas C de 1,208 m <sup>3</sup> s.c. con capacidad de 30 ton/día.

### Calentamiento de fundido.

Una vez extraída el azúcar estándar es nuevamente diluida mediante un calentador.

### Clarificación de refino.

El proceso de refinamiento se lleva a cabo al mezclar el azúcar A con agua de servicios generales y se lleva a un fundidor donde la mezcla tiene de 400 a 550 unidades de color ICUMSA, se le agrega ácido fosfórico, sacarato de calcio, decolorante y floculante. El jugo se pasa al clarificador y el licor clarificado sale de 300 a 400 unidades de color ICUMSA. Este es destinado a 3 filtros de lecho profundo el liquido filtrado a su vez pasa por columnas de carbón activado el licor decolorado con una apariencia como agua es bombeado a los tachos de refino (4 tachos).

El ingenio cuenta con una planta de fundición para azúcar procedente de fuentes externas formada por tanque fundidor cilíndrico vertical de 14,600 lt, con agitación central y un tanque dilutor cilíndrico vertical de 14,600 lt con agitación central y tanque de almacenamiento de fundido de 75,00 lt.

Además de lo anterior el ingenio tiene una planta de fundición de azúcar procedente de fuentes externas formada por tanque fundidor cilíndrico vertical de 14,600 lt con agitación central, un tanque dilutor cilíndrico vertical de 14,600 lt con agitación central y tanque de almacenamiento de fundido tipo U de 75,000. La planta de fundición de azúcar procedente de fábrica de crudo cuenta con lo siguiente:

Tabla 40. Equipo de la planta de fundición del ingenio Tres Valles.

Equipo de la planta de fundición procedente de fábrica.	
Un tanque fundidor cilíndrico vertical de 9000 lt con agitación central	
Tanque dilutor cilíndrico vertical de 10,000 lt con agitación central	
Tanque fundidor afinador tipo U de 30, 000 lt con 3 agitadores verticales de 630 mm de diámetro a 143 rpm c/u.	
Tanque de bombeo cilíndrico de fundido vertical de 8,000 lt	
Colador tipo DSM para fundido con 3.3m2 de superficie filtrante con apertura de tela de 1mm.	
3 coladores vibratorios tipo Sweco LS con malla de 10 TBC., movidos con motores de 1.9 kw a 1,200 r.p.m.	
Un tanque colchón para almacenamiento de fundido cilíndrico vertical de 60,000 lt con agitación central.	
2 calentadores horizontales de 46 m2 s.c. para elevar la temperatura de 70° a 85°C antes de entrar al tanque de reacción, emplea vapor de escape.	
Tanque de reacción- aereación diseño Talo tamaño 2 x 6 de 10,00 lt, cuenta con 2 agitadores de 1.65 kw y 2 cavitadores de 1.5 kw	

### Cristalización de refino.

La cristalización es llevada a cabo en 4 tachos para refinado, tres de estos tachos están provistos con agitador vertical con un motor de 56 kw.

### Centrífugas de refinado.

El ingenio cuenta con dos baterías de centrífugas de refinado instaladas formando dos líneas de proceso.

Tabla 41. Centrífugas de azúcar refinada utilizadas en el ingenio Tres Valles.

Número de centrífugas	Tipo de refino
R1: 4	2 centrífugas con capacidad de 1,750 kg/carga de masa, 2 centrífugas de bache con capacidad de 1,500kg/carga de masa, equipadas con mezclador presurizado de 1.50 m de diámetro x 7.635m de longitud con capacidad de 13.4m3 provisto de agitación a 4 r.p.m.

R2,R3,R4	2 centrífugas de bache con capacidad de 1,750 kg/carga de masa equipadas con mezclador presurizado de 1.50 m de diámetro x 10.97 m longitud, con capacidad de 19 m3 con 4 r.p.m.
----------	--

## Secado.

La azúcar producida es conducida a los secadores que son tanques donde se hace pasar aire caliente a contracorriente aproximadamente 120°C donde se le extrae la humedad hasta un 0.02%. El tanque de secador tiene dos ventiladores uno de extracción de aire de calentamiento y otro de extracción de aire de enfriamiento, El azúcar seca y fría es conducida por un conductor de sacudidas (chapulín) hacia una tolva recolectora en la cual hay una báscula dúplex automática que envasa sacos de 50kg y 1.5 ton de azúcar.

El equipo de secado cuenta con lo siguiente:

Tabla 42. Equipo de secado de azúcar en el ingenio Tres Valles.

Equipo de secado	Características del equipo.
2 secadores- enfriadores	De tambor tipo horizontal con inclinación de 4% de 35 tons/hr cada una para proporcionar al azúcar una humedad de 0.3%
Sistema de acondicionamiento de aire para la sección de enfriamiento	Lo componen 4 generadores de agua helada, 2 con capacidad de 70 tons y 2 con capacidad de 100 tons de refrigeración.
2 radiadores	Para deshumidificar y desaturar el aire.
1 criba de gruesos para azúcar seca	Para 100 tons/hr con malla de cribado de 12 Mesh.

## Envasado.

Los sacos de azúcar son llevados al almacén, donde son colocados en estibas cubiertas con plástico para evitar estar en contacto con el piso y a su vez son cubiertos por un plástico para evitar estar en contacto con la humedad ambiental.

El equipo de envasado cuenta con el siguiente equipo:

Tabla 43. Equipo de envasado de azúcar en el ingenio Tres Valles.

Equipo de envasado	Características de equipo.
2 Básculas de azúcar	1 triple y 1 doble con sistema secuencial de descarga mecanismos con mecanismo electroneumáticos, sistema de fijación de sacos y compuerta de alimentación. Su sistema de control está integrado por un microprocesador con capacidad de 35 sacos/min.
Báscula para envasado en súper saco de 1000 kg	Tiene alta tecnología en envasado con tablero de control e indicador electrónico.
Sistema de carga directa de sacos	Mediante un conductor retráctil reversible de 12 m. de carrera con capacidad de 60 tons/hr.

El almacén del ingenio tiene capacidad para almacenar 30, 000 ton de azúcar, equipado con 2 grúas viajeras para 6 ton cada una de ellas, y pueden manejar los supersacos (1,500 kilos).

### 6.1.3 Servicios periféricos del ingenio Tres Valles.

#### **Extracción y tratamiento de agua.**

El agua es extraída del río Tonto mediante bombeo, recorre aproximadamente 11 Km. y se dispone en la laguna de captación dentro del ingenio. El tratamiento que se le proporciona es únicamente cloración, una vez tratada se envía a calderas. Aproximadamente se consume de 4m<sup>3</sup> a 5m<sup>3</sup> de agua por tonelada de azúcar producida, con un promedio de 820 m<sup>3</sup>/zafra antes de aplicar medidas de reducción de agua se consumía 140, 000 m<sup>3</sup>/ zafra.

#### **Calderas.**

El ingenio cuenta con 6 caderas, 5 calderas de parrilla que utilizan principalmente bagazo en una proporción aproximada de 80 toneladas de bagazo para generar 260 toneladas de vapor/hr. El combustóleo se utiliza como combustible alterno, anteriormente se utilizaba exclusivamente para el funcionamiento de las calderas en la actualidad solo se utiliza para arranque de las mismas, cuando existen paros en la fábrica y cuando la humedad en el bagazo es alta. El consumo en el ingenio era de 80 litros de combustóleo/ tonelada de azúcar producida, en la actualidad es de 30-31 litros de combustóleo/ ton de azúcar producida y el objetivo para las próximas zafras es 16 litros de combustóleo/tonelada de azúcar producida.

Las calderas generan en promedio una presión de vapor de 25 Kg./cm<sup>2</sup> y generan 260 toneladas de vapor/hr con 80 toneladas de bagazo.

**Tabla 44. Número y capacidades de las calderas utilizadas en el ingenio Tres Valles.**

Calderas y equipo	Características
6 calderas	Capacidad de generación 57tons/hr cada una, a una presión de 25 kg/cm <sup>2</sup> a 400°C en calor vivo.
Calderas 1,2,3,4 y 5	Son acuotubulares, 1 y 5 equipadas con hornos de bagazo con quemadores auxiliares de petróleo, 2,3 y 4 equipadas con celdas ciclónicas para quemar bagazo alimentadas con 2 conductores helicoidales laterales a cada caldera con quemadores auxiliares de petróleo
Caldera 6	Equipada con celdas ciclónicas para quemar bagazo y alimentadas por dos conductores de bagazo laterales a la caldera.
Calderas 1,2,3,4,5 y 6	Equipados con dosificadores de bagazo, tres dosificadores para cada una de las calderas 1 y 5, 4 en cada una de las calderas
Calderas 1,2,3,4,5 y 6	Cada una de las calderas está equipada con ventiladores de tiro forzado de 37 kw/1,200 r.p.m
Planta de tratamiento de agua	45 ton/hr con 3 bombas de alimentación de agua tratada.
Deareadores	De 7, 570.82 l.p.m., 56 kW y 70 m de carga hidráulica.
3 bombas	De agua de alimentación a caldera Sultzer de 360 lt/hr con 372 m de cabeza hidráulica, 2 de ellas accionadas por motores eléctricos de 522 a 1,780 r.p.m y una turbina de 746 kw a 3,600 r.p.m.y un reductor de 820kwa 3600/1,800 r.p.m.
1 bomba	De 72,000 lt /hr con 372 m. de cabeza 149 kw a 3,500 r.p.m., accionada por motor eléctrico.
3 bombas	De petróleo a calderas de 417.6 lt/min, 15 kg/cm <sup>2</sup> , temperatura 115°C.
2 bombas	Para recepción de petróleo de 50m <sup>3</sup> /hr cada una, con cabeza de 25 m.
6 chimeneas metálicas	De 30 cm de altura.
Conductor de retorno	Para bagazo con capacidad de almacenamiento de 7 ton. De biomasa accionado por un reductor de engranes helicoidales, con montaje horizontal ejes paralelos, reducción cuádruple, velocidad de entrada 1,200 r.p.m., velocidad de salida 10.6 r.p.m relación 12.80 a 1 y motor 75HP.

## Planta eléctrica.

Como se mencionó anteriormente una parte del vapor generado en las calderas es destinado a la planta eléctrica del ingenio, la cual genera energía eléctrica a partir de una fracción del vapor que generan las calderas. La energía eléctrica en el ingenio es utilizada para el equipo de computo de toda la fábrica ya que todas las etapas del proceso de elaboración de azúcar es automatizado, claro con ciertas reservas de supervisión por el personal competente de fábrica.

El ingenio cuenta con los siguientes equipos:

Tabla 45. Equipo de la planta eléctrica del ingenio Tres Valles.

Equipo de la planta eléctrica	Características de funcionamiento
4 turbogeneradores	De 4 etapas de 3,000 kw a 8,914 r.p.m
Generadores Acec	De 3,750 kva, 4,160 volts, 3 fses y 60 hz, acoplado a un reductor Voith con salida a 1,800 r.p.m.
Subestación auxiliar conectada a C.F.E	De 1,500 Kva, 34.5/41.60 kv con un transformador
Planta de emergencia Diesel	De 1,563 kva, 1,250 kw, 4160 volts, 217 amps.

El calor vivo que necesita la planta eléctrica es de 23 kg/cm<sup>2</sup>, 375 °C y el escape es de 1.8 Kg/cm<sup>2</sup>.

## Torres de enfriamiento.

El ingenio cuenta con dos torres de enfriamiento con capacidad para soportar un gasto de 3,407 y 2,271 l/min, el 80% de agua que se trata en estas plantas se destina al proceso de evaporación. El ingenio cuenta con recirculación de vapor principalmente en los procesos de molienda, evaporación, cristalización y secado del azúcar, ya que las calderas pueden generar como máximo 25 Kg/cm<sup>2</sup> de vapor (19.7- 21.4 kg/cm<sup>2</sup> real) que se destina principalmente al funcionamiento de las cuchillas y molinos una vez entregada una parte de la energía del vapor a la maquinaria, se recircula al proceso de evaporación y cristalización en los tachos de cristalización el vapor que entra tiene en promedio con 6 kg/cm<sup>2</sup> de vapor. En el proceso de evaporación se calienta el jugo de 60 a 120 °C donde se genera más vapor y se le extrae al jugo un 40% de humedad que se convierte en vapor que recircula y es utilizado en diversas áreas de la planta. Una vez extraída la energía necesaria para el funcionamiento del equipo de la fábrica se destina a las torres de enfriamiento, para su recirculación en diversas áreas del ingenio.

## **Planta de tratamiento externo de agua para calderas.**

Esta planta tiene capacidad para retirar sólidos en suspensión y suavizar agua cruda hasta con 700 p.p.m. y volumen de 45 tons/hr formada por 3 filtros de carbón cilíndricos verticales de 1,524 mm de diámetro x 1,575 mm de altura. Cuenta con dos suavizadores cilíndricos verticales de 1,524 mm. De diámetro x 1,575 mm de altura y un tanque para salmuera cilíndrico vertical fabricado en placa de 6 mm. De 1.55 x 1.23 m.

## **Acciones ambientales.**

El ingenio monitorea los siguientes parámetros de las calderas:

- Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).
- Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).
- Partículas, se monitorea cada 6 meses.

Por motivos de confidencialidad estos datos no fueron proporcionados, sin embargo la área correspondiente informó que estos parámetros están dentro de los límites permisibles de las normas oficiales mexicanas y son del conocimiento de la PROFEPA.

El ingenio cuenta con tratamiento de aguas negras por aereación extendida y lodos activados. Consta de un cárcamo de bombeo de 17 m<sup>3</sup>, dos bombas sumergibles tipo vertical de 8 lt/seg cada uno, 3 aereadores de 7.5 HP con 14 kg. de oxígeno /hr cada uno. También cuenta con un tanque aereador de concreto con capacidad para tratar un gasto de 700 m<sup>3</sup>/día, dos bombas de recirculación de lodos con gasto de 10 m<sup>3</sup> con motor eléctrico de 1.5 HP a 1,715 r.p.m. Se cuenta además con una estación de cloración con tanque de polipropileno de 1,100 lt de capacidad y bomba dosificadora de hipoclorito de sodio. Para el secado de lodos se cuenta con un lecho de concreto armado y una línea entubada de la descarga de aguas tratadas con un medidor de flujo.

El sistema de tratamiento de aguas proviene de enjuagues ácidos y alcalinos formado por la laguna de oxidación y fosa de neutralización. El cárcamo está construido por concreto de 3.50m x 17 m x 1.20 de altura con una cisterna reguladora adjunta de concreto de 25m x 17m x 1.20 m con un tiempo de retención de 40 minutos. Este sistema cuenta con 2 bombas con motores de 100 HP, 1,720 m de tubería de descarga de 14" de diámetro.

El ingenio cuenta con muros de contención para evitar posibles derrames de los dos tanques de almacenamiento para combustóleo con capacidad total para 5,090,00 lt y un tanque para diesel con capacidad para 20,000 lt. Además cuenta con almacenamiento de ácido fosfórico, de sosa cáustica y de consumo diario de diesel para el horno de carbón. Cuentan también con una instalación de almacenamiento temporal de residuos peligrosos de 120 m<sup>2</sup> con cercado



perimetral, piso de concreto armado, trincheras y cárcamos, piso de concreto armado, trincheras y cárcamos de recuperación para el caso de derrames. Para el caso del almacenamiento de materiales y equipo de recuperación, así como la chatarra se construyó un almacén adecuado para este tipo de materiales que cumple con la normatividad correspondiente y evita que se contamine el suelo.

El ingenio tiene un programa de riego agrícola con aguas residuales con un gasto de 60 lt/seg, para el almacenamiento de las aguas residuales se tiene un cárcamo de recuperación con capacidad de 500m<sup>3</sup> se riega por aspersión 60 ha que corresponden al campo experimental.

### 6.1.3 Cultivo de la Caña de azúcar en el ingenio Tres Valles.

#### **Riego.**

L ha a riego por aspersión, a superficie bajo régimen de riego es **de 2,856 ha.**, correspondiendo 2,585 ha a riego por aspersión, 190ha a riego rodado y 81 ha. bajo el sistema de riego por goteo.

#### **Fertilización.**

En siembra se realiza de forma manual al fondo del surco, aplicando cuatro formulas diferentes en dosis que varían de 750 a 1,000 kg/ha. En socas y resocas se realiza mecánicamente con disco central, aplicándose ocho diferentes fórmulas en dosis que varían de 500 a 1,000 kg derivadas del estudio de suelos realizado en la zona de influencia del ingenio.

#### **Preparación de las tierras.**

La preparación de las tierras está regida por la topografía del lugar y la textura de los suelos, considerando para la preparación el arado de disco, la rastra semipesada y el surcado. El equipo agrícola es de los productores de caña, grupos solidarios de ejidos y maquiladores particulares.

#### **Periodo de siembra.**

La siembra se realiza en los períodos de Otoño a Diciembre denominado siembras de otoño-invierno. Se ha implementado el programa de siembra Primavera- Verano con una superficie definida, con el fin de obtener semilla de calidad, con pureza certificada para ser utilizada en la siembra Otoño- Invierno.

## **Siembra.**

La siembra se efectúa a 1.3 m de ancho entre surcos y con una densidad de 10 a 12 tons/ha de semilla a cordón doble. La semilla que se utiliza proviene de las siembras Primavera-Verano con edad de 9 meses con una pureza varietal certificada y con excelente estado fitosanitario. El tapado de la semilla se realiza con implementos llamados cubridores de tecnología Brasileña que son fácilmente regulables para depositar la cantidad de tierra necesaria en el tapado de la semilla de acuerdo a la humedad del suelo.

## **Cultivo de plantillas, socas y resocas.**

Después de la siembra se realiza una aplicación de herbicidas pre-emergentes en el 80% del área sembrada, de acuerdo a las condiciones de humedad y cuando no es posible, se aplican herbicidas en post-emergencia temprana aplicando según sea el problema de malezas existentes, para esto se utilizan diversos productos agroquímicos para el control oportuno como son: Ametrina con 2, 4-D en dosis de 5 a 6 lt/ha, Hexacinona + Diurón en dosis de 3 kg/ha. En 400lt de agua. Se realizan generalmente dos cultivos con maquinaria alternándose con una o dos limpias que pueden ser en forma manual o mediante control químico. En las socas y resocas después del corte se realiza la labor de destroncone y alineación de los residuos de la cosecha e inmediatamente se realiza la fertilización utilizando disco central. Se llevan a cabo generalmente dos limpias, con aplicaciones de agroquímicos. Se tiene establecido el proyecto de producción de plántulas para resiembra en aquellas superficies en cultivo que presentan despoblación, plántulas que son producidas en 4 invernaderos en el área de influencia del ingenio.

## **Combate a plagas.**

Las principales plagas con impacto son:

1) Salivazo o mosca pinta, controlada con uso racional de agroquímicos y aplicaciones con Entomopatógeno *Metarhizium anisopalae*, producido en laboratorio propiedad de los mismos productores.

2) Rata Cañera, controlada con el uso de rodenticida parafinados, brodifacoum, difacidona o flocoumafen.

## **Cosecha.**

Corte manual es de 93.10%, el corte mecánico es de 6.90% con 2 cosechadoras integrales. El alce es mecánico y se emplean 108 alzadoras. Para la programación individual de la cosecha, desde octubre del 2006, se tomaron y analizaron 22, 850 muestras de caña aplicando el método PL-RATIO. Para fines de administración se operó con 20 frentes de corte con un promedio de 3,439 cortadores de caña (78.2% de extracción local). Se efectuaron trabajos de mantenimiento en 232 km.

## **Clases de tierras.**

Los suelos de esta zona se clasifican en:

Vertisoles 24.77%.

Feozens 20.43%.

Cambisoles 18.43%.

Luvisoles 17.88%.

Fluvisoles 13.38%.

Regosoles 5.11%.

Por la topografía de la zona se presentan problemas de erosión hídrica, otros por su ubicación en las zonas bajas y durante la época de mayor precipitación, sufren inundaciones y mal drenaje; el pH del suelo es ligeramente ácido.

## **Utilización de subproductos.**

La cachaza producida es esparcida en las áreas de volteo de cepas ubicadas en un radio de 10 km del ingenio. Para obtener el aprovechamiento al máximo de este subproducto se inicio el proyecto de producción de composta en la zafra 2006/2007, con un volumen de cachaza como materia prima de 20,000 ton. de las cuales se obtendría alrededor de 4,600 ton. de composta que se aplicaría al fondo del surco en el programa de siembras de Otoño-Invierno. A partir de la zafra 2007/2008 se pretende procesar un volumen de 50, 000 ton. de cachaza.

### **6.1.4 Medidas implementadas de enfoque ambiental en el ingenio Tres Valles.**

El ingenio Tres Valles implementó una serie de medidas enfocadas a reducir los impactos ambientales y disminución de riesgo. Las medidas implementadas por el ingenio se muestran a continuación:

Tabla 46. Medidas de P+L implementadas en el ingenio Tres Valles.

Proyectos realizados en ingenio tres valles en el año 2001.	Costo del proyecto	Observaciones
Sustitución de la línea de descarga de tachos y evaporadores para lavado de los equipos, con tubería de fibra de vidrio de 10" 8".	338,489.00	
Instalación de chumaceras con sistema de enfriamiento interior. Ubicadas en las vírgenes de los Molinos, para el soporte de las Mazas.	741,234.98	
Construcción de los muros de contención para los tanques de almacenamiento de combustibles y productos químicos	457759.54	
Revestimiento con concreto del canal perimetral, lado sur.	46,200.65	
Instalación del sistema de clarificación, en la descarga del agua tratada de la planta de lodos activados	19,260.31	
Diseño, fabricación y colocación de guardas en las coronas de la transmisión de los molinos.	150,500	*Actividad rebasada.
Adecuación de la laguna de oxidación	53,501.28	
Adecuación del cárcamo de cachaza para utilizarlo como tratamiento primario al agua residual de tipo industrial para el uso de riego agrícola	169,474.80	
Sistema de riego agrícola en los campos experimentales del ingenio.	100,000.00	
Siembra de áreas verdes y plantas de ornato.	200,000.00	
Sistema de recuperación de agua de enfriamiento de chumaceras	50,000.00	
Almacén temporal de residuos peligrosos	203,893.94	
Construcción del almacén de material recuperable y chatarra	325,587.64	
Construcción de cárcamos de recuperación de agua residual	44,735.97	
Construcción de alcantarilla con estribos de mampostería y losa de concreto, en calle de acceso al patio del Batey	489,374.57	
Adecuación de un sistema de tratamiento a las aguas sanitarias de bocatoma, mediante una fosa séptica prefabricada	19,363.11	
Carga transportación y disposición final de residuos peligrosos	60,770.00	Costo por disposición semestral en el año 2000

Proyectos realizados en ingenio tres valles en el año 2001.	Costo del proyecto	Observaciones
Restitución de pisos de fábrica.	56,406.35	USD

\* Esta actividad no es realizada en la actualidad ya que las coronas fueron cambiadas por otras, las cuales operan con un lubricante de grafito biodegradable.

### 6.1.5 Análisis de costos del ingenio Tres Valles en campo.

Debido a motivos de confidencialidad no fue posible tener los datos actuales de los costos en campo del ingenio Tres Valles. Sin embargo se cuentan con costos y proyecciones de costos durante las zafas 2005-2008, durante estas zafas el Comité de Producción y Calidad Cañera define los parámetros de financiamiento de cada zafra, como son: las labores mínimas, tarifas, la superficie que se labrará y el crédito por hectárea a otorgar (financiamiento sólo para la siembra y mantenimiento del cultivo).

Se establecieron costos para la zafra 2005-2006 con un promedio de \$4,938 /ha y se proyectó que para la zafra 2006-2007 se tenía previsto financiar en el mismo rubro \$6,486/ha. Durante las zafas 2005/2007 la tarifa promedio de financiamiento es de 6,433.

Como se mencionó el financiamiento está asignado para las labores de cultivo ya sea mecanización del campo, siembra, acondicionamiento del campo y mantenimiento del cultivo, así como fertilizante a continuación se presenta en la tabla 47 el promedio de los insumos estratégicos para el cultivo de caña utilizados por hectárea.

Tabla 47. Cantidades promedio para el cultivo de caña por hectárea.

Insumos Estratégicos utilizados por hectárea		Promedio plantillas	Promedio socas < 5 ha	Promedio socas > 5 ha
Semillas	ton/ha	10	63	74
Nitrógeno	kg/ha	173	156	178
Fósforo	kg/ha	47	38	64
Potasio	kg/ha	105	71	125
Gasolina	Lt	127	501	278
Diesel	Lt	140	0	27
Mano de obra	jornales	62	23	29

A partir de los costos en la zafra 2005-2006 se proyectaron los costos para las zafas 2006/2007 y 2006/2008 se presentan a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 48. Costos de operación debidas a maquila por hectárea de caña de azúcar, Socas y resocas 2006-2007.

Concepto	Costo Labor o Insumo	Fuente de recursos		Total.
	[\$/ha]	Productor	Crédito	
Labores de cultivo				
Junta y alinear residuos	220	44	176	220
Destroncone	330	60	240	300
Primer cultivo	350	70	280	350
Fertilizada con disco	450	90	360	450
Chapeo de calles	100	20	80	100
Subtotal	900	180	1,136	1,420
Insumos				
Fertilizante varias fórmulas 700 kg	2,580	516	2,064	2,580
Herbicidas 3 kg	540	108	432	540
Insecticida vs salivazo	588	118	470	588
Insecticida varios	315	63	252	315
Rodenticidas 3 kg	170	34	136	170
Subtotal	4,193	839	3,354	4,193
Aplicación de insumos				
Fertilizantes	280	56	224	280
Herbicidas	200	40	160	200
Insecticida aplicación en área	250	50	200	250
Rodenticidas 3 kg	150	30	120	150
Fletes de fertilizantes	50	10	40	50
Subtotal	930	186	744	930
Cosecha (64 toneladas)				
corte \$26.40 ton	1,690	1,690	-	1,690

Concepto	Costo Labor o Insumo	Fuente de recursos		Total.
	[\$/ha]	Productor	Crédito	
Alce \$12.00 ton	768	768	-	768
Acarreo al ingenio \$44.60 ton	2,854	2,854	-	2,854
Subtotal	5,312	5,312	-	5,312
Administración y otros				
Depreciación	1,115	1,115	-	1,115
Gasto de vehículo	1,600	1,600	-	1,600
Cuotas (org. Cañera, administración, cosecha, etc.)	1,280	1,280	-	1,280
Otros gastos (distribución de comité de producción)	1,560	1,560		1,560
Impuestos (tenencia, predial)	200	200	-	200
Renta de tierra	2,500	2,500	-	2,500
Subtotal	8,255	8,255	-	8,255
Total	19,589	14,771	5,234	20,109

Fuente: Datos Proporcionados por el ingenio Tres Valles.

Tabla 49. Costos de operación en maquila por hectárea de caña de azúcar, plantillas 2006-2008.

Concepto	Costo Labor o Insumo	Fuente de recursos		Total.
	[\$/ha]	Productor	Crédito	
Preparación del suelo				
Chapeo				
Barbecho	600	240	960	1,200
Rastreo	400	160	640	800
Surcada	600	120	480	600

Concepto	Costo Labor o Insumo	Fuente de recursos		
	[\$/ha]	Productor	Crédito	Total.
Tapa				
Subtotal	1,600	520	2,080	2,600
Siembra				
Semilla (10 ton a \$380/ton)	3,800	760	3,040	3,800
Corte, acarreo, siembra, aplicación de fertilizante y de insecticida al suelo	3,000	600	2,400	3,000
Subtotal	6,800	1,360	5,440	6,800
Labores de cultivo				
Cultivos (2)	350	140	560	700
Chapo manual o limpia 2 jornaleros	200	40	160	200
Subtotal	550	180	720	900
Insumos				
Insecticida al suelo	480	96	384	480
Insecticidas	485	97	388	485
fertilizante varias fórmulas 700 kg	3,500	700	2,800	3,500
Enraizador	125	25	100	125
Herbicida pre-emergente	450	90	360	450
Rodenticida 3 kg	170	34	136	170
Subtotal	5,210	1,042	4,168	5,210

Fuente: Datos Proporcionados por el ingenio Tres Valles.

Hay factores que pueden determinar el aumento de estos costos como son:

Condiciones fitosanitarias. En el cultivo se pueden presentar condiciones para el desarrollo de plagas por lo que se tienen que implementar medidas de control, deteriorando la calidad del campo para la producción de la caña, por lo tanto una baja en el rendimiento y un aumento en los costos.



Pulverización de la tierra. Debido a la fragmentación de los predios los costos de operación en el campo aumentan ya que el 80% de los predios del sector social cuentan en promedio con 8 ha, 15% son de pequeña propiedad que van de 10 a 30 has y solo el 5% de la superficie cultivada son predios que cuentan con más de 30 has.

Utilización de subsidios. Existen subsidios para el campo cañero poco aprovechados, lo cual ocasiona retrasos en la siembra, y fertilización tardía en los cultivos de caña.

Fechas óptimas para el financiamiento. Se establecieron fechas óptimas y estas son en enero para el destronque y preparación del suelo y marzo cuando se lleva a cabo la preparación del suelo. Aunque esto podría ser variable ya que las condiciones ambientales de cada región son distintas entre sí lo cual no podría establecerse un financiamiento estrictamente en esas fechas.

## 6.2 Caso Ingenio El Potrero.

El ingenio El Potrero se encuentra ubicado en el municipio de Atoyac en el pueblo llamado General Miguel Alemán (conocido por los pobladores como el Viejo Potrero) en el estado de Veracruz a 20 kilómetros de la Ciudad de Córdoba. A continuación se muestra en la tabla 50 una breve descripción histórica del ingenio El Potrero:

Tabla 50. Descripción histórica del ingenio El Potrero.

1905	Construcción del ingenio El Potrero por "The Mexican Nacional Sugar Refining Compañy"
1909	Inició operaciones el ingenio, en aquel entonces tenía una capacidad de molienda de 600 toneladas de caña por día.
1911	Fue propiedad de la Unidad Industrial Hacienda el Potrero
1927	Fue propiedad de la Compañía manufacturera del Potrero, S. A.
1944	Perteneció a la "Compañía Ingenio el Potrero" del Señor Erich Koenig, en esta administración aumentó la capacidad del ingenio y el fue durante este periodo el ingenio más moderno del país y fue conocido mundialmente.
1975	Fue adquirido por la Comisión Nacional de la Industria Azucarera, comisión creada por el gobierno
1988	Propiedad del Corporativo Xafra
1993	Propiedad del Consorcio Caze. S.A. de C.V.
2001	El ingenio fue nuevamente expropiado por FEESA, debido a los malos manejos administrativos del Consorcio Caze.

Fuente: información proporcionada por el ingenio El Potrero.

La última expropiación resultó benéfica para los trabajadores del ingenio y de los alrededores. El ingenio sigue funcionando debido a que este ha sido muy productivo y reactivador de la economía de la zona donde se ubica, debido a malas administraciones no ha sido posible

mejorar sus instalaciones en fábrica. En esta nueva administración a cargo de FEESA, las inversiones para adquirir nuevos equipos se lleva a cabo de forma lenta ya que es un organismo gubernamental.

Al ingenio le pertenecen 132 ha., entre instalaciones de fábrica, vivienda y alojamiento para los empleados así como cultivos de caña. Además el ingenio cuenta con 878 personas sindicalizadas, 350 personas eventuales y 200 personas no sindicalizadas, durante la época de zafra.

La capacidad de molienda del ingenio es de 11 a 12 mil ton. Se ha llegado a moler alrededor de 13 mil ton. /día pero la eficiencia en las otras áreas de la fábrica disminuye, por lo que la capacidad de molienda ideal para el ingenio es de 11,000 ton de caña/ día.

Al ingenio lo abastecen 4,318 ejidatarios, 1,550 propietarios y 573 arrendatarios que abarcan 13 municipios con una derrama económica semanal de 22 millones de pesos, los municipios que abastecen al ingenio se presentan a continuación:

- Paso del Macho.
- Cuitláhuac.
- Villa Adalberto Tejeda.
- Amatlán de los Reyes.
- Yanga.
- Atoyac.
- Carrillo Puerto.
- Manlio Fabio Altamirano.
- Zentla.
- Tierra Blanca.
- Tepatlaxco.
- Soledad de doblado.
- Ixhuatlán del Café.

Para transportar la caña al batey se utilizan alrededor de 564 camiones y el corte es totalmente de forma manual con un alce manual del 4% y alce mecánico de 96% del cual 35% se levanta con alzadora con contenedores. El flujo económico derivado del ingenio beneficia directamente alrededor de treinta y cinco mil personas como lo son: productores cañeros, cortadores, obreros y empleados de fábrica, proveedores y de forma general el comercio de la región.

La ubicación del ingenio El Potrero es la siguiente:

Altitud 503 m.s.n.m., 18° 53'05'' LN y 96° 47'15'' LO en la Villa Gral Miguel Alemán en el estado de Veracruz (ver figura 6). La topografía es variable desde lomeríos suaves hasta accidentados con pendiente general del 1.6%. En cuanto a su orografía, al norte se localiza la Sierra Atoyac y/o Cañada Blanca, en la región central la Sierra de la Esperanza y al Suroeste la Sierra Cuichapa. Por la zona de abastecimiento cursan de poniente a oriente, los ríos Atoyac, Seco, Tizapa, Paso del Macho y Blanco, a los cuales se les unen numerosos arroyos mayores y menores. Precipitación promedio anual: 1,670.7 mm. Cuenta con una temperatura media anual de 28°C, una temperatura máxima de 37°C y una mínima de 10°C. La humedad relativa del aire es de 81% promedio anual y presión barométrica de 949 milibarios.

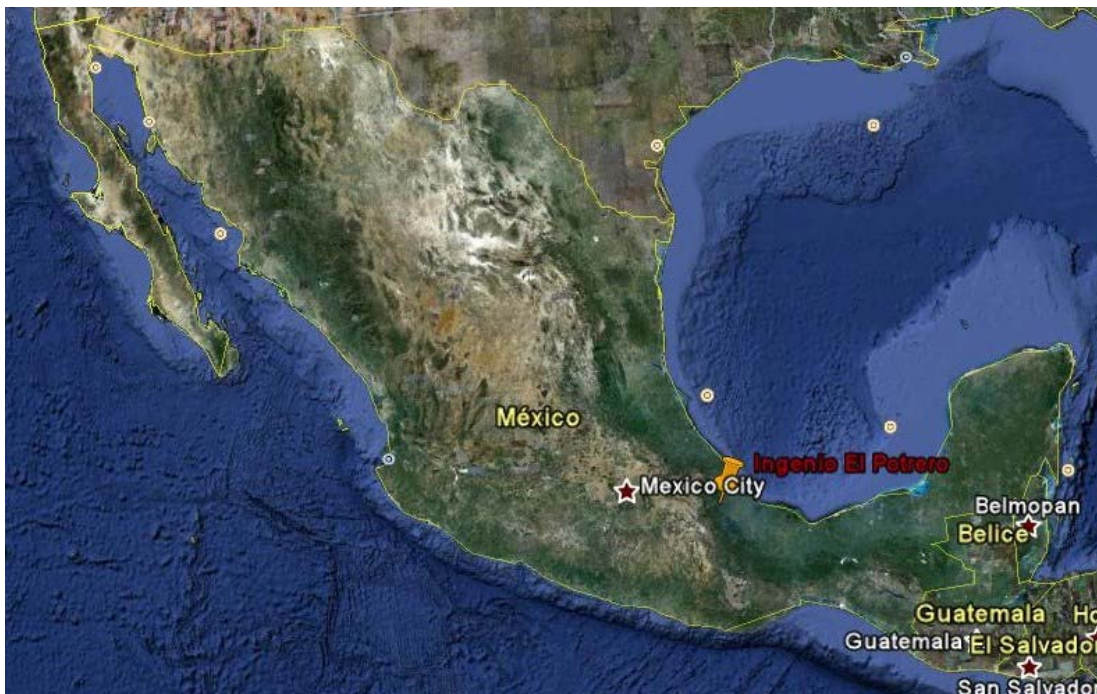


Figura 6. Ubicación del ingenio El Potrero, google earth.

### 6.2.1 Características del ingenio El Potrero.

El proceso de fabricación en el ingenio el potrero es similar a las etapas de producción de cualquier ingenio que fabrique azúcar refinado, a continuación se describe su funcionamiento tal como se realiza en el ingenio el potrero.

### 6.2.2 Proceso en fábrica.

#### **Batey**

En este lugar se lleva a cabo el pesado de los camiones mediante básculas eléctricas estos son vaciados mediante un volteador de camiones, la caña es depositada en las mesas alimentadoras, estas se encuentran en un cárcamo en el suelo. La caña es transportada por conductores y pasa por un primer juego de cuchillas que además de picar la caña la separa de cualquier material como piedras o metales que puedan perjudicar el funcionamiento del equipo y estas son transportadas por una banda que saca este tipo de materiales del proceso y a su vez reintegra la caña que puede ser desechada mediante este mecanismo.

Después del paso de la caña por el primer juego de cuchillas, esta es transportada por medio del conductor al segundo juego de cuchillas y consisten en un eje transversal con discos que

tienen flechas en las que van montadas cuchillas picadoras, las cuales cortan la caña en trozos más pequeños. Así también la caña troceada es conducida por un tercer juego de cuchillas que consiste en un eje colocado transversalmente en el que van montados discos que soportan flechas que contienen a su vez cuchillas picadoras. Una vez picada la caña es transportada a la desfibradora la cual consiste en discos que contienen flechas en las que van montados martillos que fragmentan la caña hasta pedazos muy finos. Todo el equipo antes descrito es accionado por una transmisión que consta de un reductor y una turbina de vapor. El equipo en el área de batey se describe a continuación:

Tabla 51. Equipo utilizado en el área de batey.

Equipo	Características
4 volteadores para camiones para alimentar el tándem de molinos	<p>1 volteador de 35 ton. Que descarga directamente al conductor de caña no. 1.</p> <p>1 volteador de 35 ton. Que descarga directamente al conductor de caña no. 2.</p> <p>2 volteadores de 20 ton. Que descargan al sistema de extracción mecánica de piedras y otras impurezas (275 ton/hr de caña), el cual la entrega limpia al conductor no. 1.</p>

## Molinos.

El área de molinos cuenta con cinco molinos (además de 1 que no es utilizado en esta zafra, aunque sus especificaciones se muestran en la tabla), cada molino consta de cuatro rodillos conocidos como maza cañera, maza bagacera, maza superior y cuarta maza. Estos rodillos extraen jugo y bagazo por medio de presión hidráulica en la maza superior, la cual puede desplazarse debido a que la alimentación de caña puede variar. Las mazas cañeras y bagacera se mantienen fijas y la cuarta maza que se encuentra al lado de la maza superior la cual facilita la alimentación de caña. Entre las mazas bagacera y cañera se encuentra un variador cuya función es dirigir el flujo de caña en el molino, a continuación se muestra en el siguiente esquema.

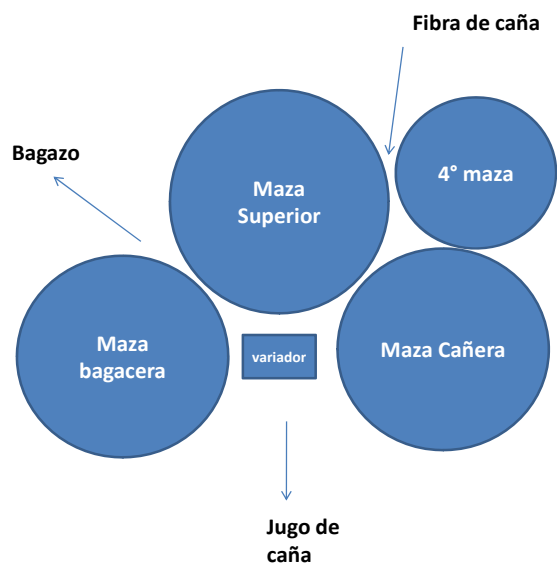


Figura 7. Diagrama juego de mazas de un molino.

El agua de imbibición es utilizada en el quinto molino para el lavado del bagazo con el fin de extraer la mayor cantidad de sacarosa, esta es proporcionada por el área de servicios generales y es reutilizada para el lavado de bagazo en el segundo y tercer molino.

El equipo de molienda se describe en la siguiente tabla:

Tabla 52. Molinos utilizados en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
6 conductores para caña	<p>5 se encuentran fuera de borda excepto uno.</p> <p>Los conductores 4 y 5 son accionados por sistemas hidráulicos de potencia automáticos Autocane Mod. Mark V de Edwards Engineering Co. De 100 y 75 HP respectivamente.</p> <p>Conductor de caña tipo banda de hule sinfín de 84" x 222 11/16", velocidad de 4.763:1</p>
3 juegos de cuchillas	<p>Juego 1: Mirrlees con 42 machetes accionado por turbina de vapor de 1,200 HP/4,041 r.p.m. y reductor de 1,200 HP relación de 7.1:1.</p> <p>Juego 2: Swing Back con 136 machetes oscilantes de 19 3/8" x 73/4" y diámetro de 60 1/2" accionado por turbina de vapor de 1,400 HP/4,041 r.p.m. con reductor de velocidad Lufkin de 1,500 HP relación de velocidad 4.763:1.</p> <p>Juego 3: Fulton Iron Works tipo Swing Back, 136 cuchillas oscilantes de 19 3/8" x 7" y 6 1/2" diámetro a 1/2 "altura y 850 r.p.m. accionado por turbina de vapor de 1,500 HP/4200 r.p.m. con reductor de velocidad Lufkinde 1,500 HP, relación de</p>

Equipo	Características
	velocidad de 4.761:1
Separador magnético	Tipo electroimán mod. SEMG8645 de 230 VCD, 64 ampere.
Desfibradora	Gruendler T-V de 60" de diámetro x 84" de longitud, accionada por turbina de vapor Elliott 2,000 HP/4500 r.p.m. con reductor a 3000 HP y relación de velocidad 3.91:1
6 molinos	Molino 1: mazas de 41" de diámetro x 872 con rayado de 2" de paso a 40°. Molino 2: mazas de 41" de diámetro x 87" con rayado de 2" de paso a 40°. Molino 3: mazas de 39 1/2" de diámetro x 87" con rayado de 2" de paso a 40°. Molino 4: mazas de 40" de diámetro x 87" con rayado de 2" de paso a 40°. Molino 5: mazas de 41" de diámetro x 87" con rayado de 2" de paso a 40°. Molino 6: mazas de 41" de diámetro x 87" con rayado de 2" de paso a 40°. El tándem está equipado con 4ª maza (como se describió en el punto 6.2.2.2), conductores intermedios de rastras para cada uno así como alimentadores Donnelly Transmisiones hidráulicas Hagglund's Drives AB, Mod 1600 CN138 con motores eléctricos d4e 362 KW instalados en las mazas cañeras
Sistema de presión	Cuenta con sistemas de presión Edwards con presiones que varían de de 161.7 a 175.76 kg/cm <sup>2</sup>
Sistema de bombas intascables para manejo de pachaquil	4 bombas para el manejo de jugos de imbibición, Pullstar tipo Vortex Mod. SPM-86 con capacidad de 810 g.p.m y 75 Hp y 2 bombas intascables Pullstar SPM-108 tipo Vortex con capacidad de 2500 g.p.m. y 125 HP
Para el manejo del jugo mezclado	El jugo mezclado es enviado a un colador rotatorio F.Y.T.I.S.A. con malla de acero inoxidable de 71" diámetro x 163 3/8" de longitud, con ranura de 0.020" para colar el jugo
2 bombas para el jugo mezclado a fábrica.	1 bomba Wemco tipo E de 8 x 6 x 14L, 11,356.24 L/min ( 3000 g.p.m), 200 HP.
Sistema de imbibición	1 calentador para agua alfa-Laval de placas. 1 bomba Worthington de 600 g.p.m. y 1750 5r.p.m. 1 bomba Durcomex de 700 g.p.m.
Sistema de control de molienda Quimizuk	Con la característica de pesaje de la caña en línea y control de velocidad electrónico, neumático en las turbinas de los molinos 1 y 6. Y control de agua de imbibición en función del peso de la caña.
Equipo de medición de los molinos	Juego de básculas electrónicas dúplex para pesar guarapo Acemex para 350 ton. de jugo/hora. El agua de imbibición es controlada por medidor tipo Vortex y totalizador electrónico Foxboro para 150 ton/hr.

## Clarificación.

Una vez extraído el jugo de los molinos se le denomina jugo mezclado al que se le agrega una lechada de cal (es preparada con cal hidratada pulverizada y agua de condensados hasta llegar a ajustando su densidad a 4 a 8 °Be y con un pH de 7 a 8.8). Una vez alcalinizado el jugo mezclado es calentado mediante calentadores que llevan el jugo a una temperatura de 100-105°C y con un pH de salida de 7.8 a 8.2.

Este jugo es llevado al tanque flash, el cual es un cilindro que tiene como función separar los vapores producidos por la sobrepresión así como pasar el flujo turbulento a laminar. Finalmente el jugo llega a los 4 clarificadores con los que cuenta el ingenio, tres de ellos con capacidad de 543 m<sup>3</sup> y uno con capacidad de 220 m<sup>3</sup>. La función del clarificador es separar del jugo las impurezas como tierra o bagacillo que pudiera contener el jugo. A la salida del clarificador el jugo claro tiene un pH de 6.6 a 7.2 y de 15 a 17 °Brix el cual es filtrado para asegurar que el jugo no contenga materiales o bagacillo que pudiera afectar el funcionamiento de los evaporadores.

Los lodos extraídos de los clarificadores son enviados a los filtros de cachaza. El ingenio el Potrero cuenta con 7 filtros de cachaza, dos de ellos con capacidad de 58.4 m<sup>2</sup>, otros tres filtros con una capacidad de 46.5 m<sup>2</sup> y finalmente los dos últimos filtros de cachaza tienen una capacidad de 27.9 m<sup>2</sup>. El jugo que es separado de los lodos es retornado al tanque de jugo alcalinizado y el lodo que es llamado cachaza se envía a los campos de cultivo de caña a petición de los cultivadores de caña.

Tabla 53. Equipo de utilizado en el área de clarificación.

Equipo	Características
Planta de alcalinización continua automática	<p>Con 2 tanques alcalizadores de 50,000 lt c/u.</p> <p>Tanque de lechada de cal con capacidad de 4,254 Lt.</p> <p>El pH se controla de forma automática con un aparato Beckman.</p> <p>Los agitadores de los tanques son de 15 HP/1750 r.p.m.</p> <p>3 bombas para lechada de cal 2Ingresoll Rand modelo 2CRVL de 250 g.p.m. de 4" x 2" y 1 Wifley Mod. 2K de 200 g.p.m de 4" x 2".</p> <p>3 Bombas para jugo alcalinizado Goulds de 1,800 r.p.m., 2,800 g.p.m. de 10" x 8" y 8 cm de cabeza.</p>
8 calentadores de jugo	<p>4 primarios Potrero de 374.6 m s.c. y 4 calentadores secundarios: 3 Saint Mary Iron Works de 114m. s.c. y 1 Potrero de 120.9 m<sup>2</sup>. El calentamiento se realiza en dos pasos y normalmente con 3 calentadores en cada paso, manteniendo un calentador en espera o limpieza.</p>
4 clarificadores para jugo.	<p>2 Dorr Oliver tipo 444 con 36 ft. de diámetro, 543, 400 lt. y 377.9 de superficie de sedimentación y 2 Dorr Oliver tipo Rapi- Dorr, uno de 22" de diámetro con 220, 600 lt. y 141 m. de superficie de sedimentación y uno de 36 ft. de diámetro con 589,700 lt y 377.9 m de superficie de sedimentación.</p>
3 bombas para jugo clarificado.	<p>1 AGASA de 2,000 g.p.m. de 12" x 10", 1 Worthington de 1,500 g.p.m. de 8"x 6"y 1 Goulds de 2,800 g.p.m. de 10" x 8".</p>
Tanque de recepción para jugo clarificado.	<p>Can capacidad para 42,763 lt de jugo clarificado.</p>
3 coladores de jugo clarificado.	<p>Carter, cilíndricos horizontales, mallas de 100 mesh, 1.6 m de diámetro, 3.3 r.p.m. del tambor, motor de i.5 HP/1,800 rpm</p>
Filtro.	<p>D.S.M. de 1.6 m de 3.4 m<sup>2</sup> superficie coladora.</p>
7 filtros rotatorios para cachaza.	<p>4 Dorr Oliver de 46.5 m<sup>2</sup>, 2 Dorr Oliver de 27.9 m<sup>2</sup> y 1 Eimco de 37.2 m<sup>2</sup> de superficie de filtrado</p>
Filtro	<p>Dorr Oliver de 58.40 m<sup>2</sup>.</p>



## Evaporación.

El área de evaporación se encarga de quitar la mayor cantidad de agua al jugo clarificado o jugo claro, una vez en la salida de esta fase del proceso el jugo claro es llamado meladura. Los requisitos en la entrada de la fase de evaporación es que el jugo claro debe tener de 14 a 17 °Brix y a la salida tiene 64 a 67 °Brix, entrada de vapor con 25 lb/Pig<sup>2</sup> con un requerimiento de 440 y 2400 Volts. Los equipos que son necesarios para este proceso son 5 preevaporadores, manejan una temperatura de operación de 130°C, dos evaporadores de doble efecto con una temperatura de operación de 118°C y nueve evaporadores de triple efecto con una temperatura de operación de 106°C. Los condensados extraídos de esta fase son nuevamente enviados a las calderas o son utilizados en el área de servicios generales para la dilución de mieles, lavado de azúcar, entre otros.

Además de lo anterior es necesario equipo para bombas de vacío con acondicionamientos eléctricos y equipos de bombas accionados por vapor. El medio de control en esta fase de proceso es por automatización. Para el lavado del equipo de evaporación se utiliza un sistema de hidrolavado a una presión de 15 mil libras de presión el cual lo realiza una empresa externa, el agua que utilizan se descarga al drenaje del ingenio que es un canal que alimenta al sistema riego de los campos cercanos al ingenio.

Tabla 54. Evaporadores utilizados en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
5 Pre-evaporadores	4 de 1,349 m <sup>2</sup> s.c. c/u, 3.96 m. de diámetro x 3.66 m. de altura con domo construido por Manufacturera 3M y 1 Tate & Lyle de 1,968.9 m <sup>2</sup> s.c. de 4.88 m de diámetro x 3.81 m. de altura.
Doble efecto	Construido por Manufacturera 3M de 1,374.9 m <sup>2</sup> s.c. cada efecto, 3.96 m. de diámetro x 3.66 m. de altura.
Triple efecto	St. Mary Iron Works Co. De 712.5 m <sup>2</sup> s.c. cada vaso, 3.66 m. de diámetro x 2.79 m. de altura, que hacen en total 2,143.2 m <sup>2</sup> .
2 triples efectos	Fabricados por Industrial y Comercial Atlas de 934.2 m <sup>2</sup> s.c. cada vaso y 2,802 m <sup>2</sup> en total.
Sistema de control	Distribuido en serie I/A Foxboro, controlando los siguientes lazos: nivel de cada cuerpo evaporador , entrada de vapor al vaso 1 de cada triple efecto, entrada de agua al condensador de cada triple efecto, brix de la meladura a la salida del vaso 3 de cada triple efecto y entrada de agua al tanque de jugo claro.

## Cristalización en crudo.

La cristalización es llevada a cabo en equipos llamados tachos donde se realiza la formación de cristales. El ingenio El Potrero cuenta con 8 tachos de para la miel A que es la miel con el más alto contenido de sacarosa a cristalizar, 4 tachos para la miel B, que es la miel que no cristalizó en A pero con potencial para formar cristales más pequeños y dos tachos para C, que es la miel que no cristalizó en el tacho B pero con contenido de sacarosa. El Brix de entrada y salida para los tachos de A es de 65 a 92°Brix, en los tachos de B es de 75 a 94°Brix y en los tachos de C es de 94 a 96°Brix.

En esta fase del proceso se utiliza un sistema de tres templas con dos semillas. Los condensados de esta área son enviados a calderas y servicios.

Tabla 55. Tachos utilizados en el área de cristalización en crudo en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Tachos: 15 Tachos: Tacho 1.	Recto, St. Mary Iron Works, para templas "C", 41.14 m <sup>3</sup> de capacidad, 244 m <sup>2</sup> superficie calórica, 3.66 m de diámetro x 3.05 m. de altura, equipado con un circulador mecánico.
Los siguientes tachos son de cabeza baja: Tacho 2.	Industrial y Comercial Atlas, para templas de "C", 56.63 m <sup>3</sup> de capacidad y 362 m <sup>2</sup> de superficie calórica.
Tachos 3 y 4.	Manufacturera 3M, 59.57 m <sup>3</sup> , 379.3 m <sup>2</sup> y 384.6 m <sup>2</sup> de s.c. y de 4.73 m. y 5.18m. x 3.16, respectivamente. El tercero para masas "B" y "C" equipado con circulador mecánico, y el cuarto solo para masa "B".
Tachos 5, 6, 7, 8 y 15.	Para templas de refinado. Los tachos 5, 6, 7 y 8 St. Mary Iron Works (el 8° equipado con circulador mecánico) de 49.64 m <sup>3</sup> y 236 m <sup>2</sup> de s.c, de 366 x 4.27 x 3.48 m, y el 15° construido por Industrial Comercial Atlas de 56.53 m <sup>3</sup> y 362 m <sup>2</sup> . En los tachos de refinado se cuenta con control distribuido en serie I/A Foxboro, controlano los siguientes lazos: control automático de sobresaturación, control de ensemillamiento, control automático de vacío y control de la densidad de la masa y cuentan con circulares mecánicos.
Tachos 9, 10, 11 y 12.	El 9° de Industrias Arciniega y los tachos 10, 11 y 12 de Manufacturera 3M. Todos con 59.57 m <sup>3</sup> , 381.3 m <sup>2</sup> s.c., 4.73 x 5.18 x 3.16m. para masas de "A".
Tacho 13.	St. Mary Iron Works equipado con circulador mecánico para masas "A" y cristalización para "C" de 41.14 m <sup>3</sup> .
Tacho 14.	Manufacturera 3M para masa "B" y "C" con circulador mecánico, 376 m <sup>2</sup> y 59.57 m <sup>3</sup> .

Equipo	Características
4 semilleros.	Para corte de templa de "A" y "B" de forma cilíndrica, dispuestos horizontalmente de 46, 020 lt. c/u con sistemas de agitación impulsados por motores de 3 HP/1,725 r.p.m., 220/440 v, 3 fases y 60 ciclos, acoplados a reductores de velocidad. Los semilleros son cerrados y trabajan al vacío.
Semillero.	Abierto en forma de "U" de 44,604 lt. para recibir semilla para templeas de "A" con agitación de sistemas de aspas, impulsado por motor de 5 HP, unido a un reductor de velocidad.
4 portatemplas horizontales.	Para recibir templeas "A" y "B" de 56,632 lt. c/u. Sistema motriz constituido por motor de 15 HP/1,750 r.p.m.
2 graneros.	Para pie de masa "C", 1 horizontal con capacidad de 33,984 lt. con movimiento de aspas y 1 cilíndrico vertical son movimiento con capacidad de 55,507 lt. Ambos trabajan con vacío.

El equipo de condensación es el siguiente:

Tabla 56. Equipo de condensación en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Equipo de condensación y vacío: 3 condensadores.	Tipo Multi-JetSK-38
2 condensadores	Multi- Spray tipo MS-38 y MS-39 Schutte & Koerting
10 condensadores	Tipo Multi-Jet Spray SK-38 Schutte & Koerting para los tachos.
3 condensadores Bayer	Para contacto directo a contra corriente para los los triples efectos.
2 Bombas	Estás bombas alimentan a los condensadores de los triples efectos, con capacidad de 5,000 g.p.m., c/u ya que toman el agua que descargan los condensadores de los tachos de refinado. El resto de los condensadores se alimentan por gravedad por medio de tubería que une al canal de riego del Río Atoyac con las instalaciones del ingenio.
4 bombas de vacío.	Marca Ingersoll Rand para los filtros de cachaza, triples efectos, graneros y semilleros (1 tipo XPde 4,540 p.c.m. accionada por vapor y 3 tipo ESH doble acción con enfriamiento de agua y lubricación forzada de 1,710 p.c.m., con motores eléctricos de 125 HP respectivamente).
9 bombas de vacío.	8 bombas vaco Mod. A/450 de 40 HP para los tachos1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 y 14. Una bomba Vaco Mod. A900 de 60 HP, capacidad 850 c.f.m. a 26" de Hg. Para el tacho 15

Equipo	Características
11 bombas de condensado.	Marca Worthington y Allis Chalmers, 7 de 1,700g.p.m en promedio, 2 de 5,100 g.p.m y 2 de 2,270 g.p.m. que recuperan el 100% de condensado, incluyendo purgas y el condensado de refinería.
Bomba de vacío	Vaco Mod. A-900, 60HP.

Los cristalizadores utilizados tienen las siguientes características.

Tabla 57. Equipo de cristalización del ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Cristalizadores: sistema de enfriamiento.	De placas fijas en los dos cristalizadores en forma de "U" con capacidad de 50,000 lt c/u y otro sistema de enfriamiento de placas fijas en el cristizador, 3 tipo Blanchad, movidos por transmisiones comunes en un extremo e independientes en el otro.
5 cristalizadores.	Con sistema de enfriamiento y calentamiento tipo Blanchard, forma "U" de 43,000 lt c/u movidos por motores individuales de 5 HP.
3 cristalizadores.	Marca Werkspoor de 49,000 lt c/u para enfriamiento de 6, 000 lt/hr de masa "C" con sistema de circulación de agua de enfriamiento cerrado.
3 portatemplas	Utilizados para recibir las templas de "C" y para alimentar todos los cristalizadores con una capacidad total de 136,000 lt.
Recalentador.	De masa "C" Green Smith de 1,208 m <sup>2</sup> de superficie calórica.
2 Lubricadores.	Para masa de "C" para acondicionar la masa con controles automáticos para 12,000 lt/hr

### Centrífugas de crudo.

En este equipo se descargan las templas y se separan los cristales de las mieles, estas últimas son retornadas al proceso o en caso de que provinieran de los tachos de C son eliminadas del proceso por ser mieles incristalizables.

Tabla 58. Centrífugas de crudo en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Para crudo: 1 centrífuga.	Western Satates (WS) Titan Mod. SSB-1750 con canasta de 60" x 45" x 10" de 1,158 lt/carga con motor de 450 HP/1,200 r.p.m.
2 centrífugas.	Broadbent Mod. SPVH-1100 de 1,100 mm con ángulo de 15°/25° de 32 tons/hr de carga.
9 centrífugas.	Automáticas WS con canasta de 48" x 30" x 7" y 421 lt/carga con motores Westinghouse de 25/50 HP a 600/1,200 r.p.m.
2 centrífugas.	Continuas Silver Weibull Mod. 5000 H.G. de 13,513 a 16,891 lt/hr c/u con motores de 100 HP/1,700 r.p.m (variables).
Centrífuga.	Marca Dunmaq Mod. B-Mex 1400/25 de 1,400 mm, con ángulo de 30° con motor de 1,800 HP/1,600 r.p.m. de 13,513 a 16,891 lt/hr.
Centrífuga.	Automática con canasta de 48" x 30" x 7" de 421 lt/carga equipada con motor Westinghouse de 25/50 HP a 600/1,200 r.p.m.
Centrífuga.	WS continúa Mod. CC-6 con canasta de 1,100mm de diámetro y 30° de ángulo en la pendiente de 6,500 a 7,400 lt/hr con motores de 75 HP/1,770 r.p.m respectivamente, para las plantas de "C".

### Calentamiento de Fundido.

Esta fase consiste en diluir nuevamente el azúcar con agua de condensados y calentar hasta alcanzar una temperatura de 90°C, esto se realiza mediante un equipo calentador a la salida de este equipo se obtiene licor fundido. Este licor es depositado en un tanque para el tratamiento químico en cual se agrega lechada de cal, ácido fosfórico y reductor de color, además se le agrega aire y agua para ajustar la densidad del licor, una vez agregados los químicos el licor tratado debe tener un pH de 6.6 a 7.9.

### Clarificación de refino.

Este fase de proceso es llevada a cabo por un tanque flash que libera el vapor contenido en el licor tratado y convierte el flujo turbulento en flujo laminar. La clarificación se lleva a cabo en un tanque clarificador en el cuál es introducido aire en la parte de abajo del tanque y este aire arrastra las impurezas hacia la parte de arriba del tanque formando espumas. Las espumas son retiradas por medio de rastras y son enviadas a unos tanques que a la vez las envían al proceso de clarificación en crudo.

El licor clarificado es sometido al proceso de filtración, esto realizado con un filtro prensa de placas. Una vez realizado este proceso, el licor filtrado es sometido a una decoloración mediante un equipo denominado cisternas de carbón el cual remueve 450 U.I. (unidades de color) teniendo como salida un licor con 250 U.I.

Tabla 59. Equipo del área de refinación del ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Refinería:	Con capacidad de 1,400 ton/ día. Se usa sistema de fosfatación y carbón animal.
Fundidor horizontal.	De 1,500 ft <sup>3</sup> de capacidad con sistema de agitación de aspas, movido por un motor de 30 HP a 1,740 r.p.m.
Colador.	Tipo DMS de 1.83 para precolado de azúcar fundido de 48° de radio de curvatura.
2 Coladores.	Tipo DMS de 1.6 m de 3.4 m <sup>2</sup> de superficie coladora.
3 Tanques.	De tratamiento para ácido fosfórico y de cal de 8,400 lt. c/u, equipados con termómetro de carátula radial.
Jet aereador	Descargador, de reactor a chorro Schutte & Koerting #8 para aerear el azúcar fundido.
Calentador.	Para licor tratado y aireado con superficie total de calefacción de 108.96 m <sup>2</sup> para elevar la temperatura de licor a 90°C antes de entrar a los clarificadores.
4 Clarificadores.	Circulares y continuos con capacidad de 35,000 lt. c/u.
2 Filtros.	Sweetland de 70 placas de 90.50 m <sup>2</sup> de superficie filtrante c/u.
2 Filtros.	Rota Smith de 56 placas c/u con 117.05 m <sup>2</sup> de superficie filtrante c/u.
4 Filtros.	Tekleen con retrolavados automáticos para licor refinado.
26 Cisternas de carbón.	En forma cilíndrica, 24 equipadas con tela tipo pana y 2 con tela Neva Clog, todas las telas son de acero inoxidable. Una cisterna mide 2.20 x 6.25 m y once miden 3.05 x 7.26m.
La revivificación de carbón de animal	Se efectúa en un horno Nichols Herreshoff de 4.22 m de diámetro con 6 hogares. Como combustible se utiliza diesel. La capacidad del horno es de 104 tons. De carbón/día. Tiene un presecador en la parte superior. La descarga del carbón regenerado es controlada automáticamente. El oxígeno de los gases de combustión es analizado y registrado mediante un instrumento Leeds & Northup. La temperatura en los 6 hogares y otros 6 puntos más del horno son medidas registradas por un instrumento de puntos múltiples Honey-Well Electronic. Además el horno cuenta con un separador que elimina el polvillo del carbón de tamaño menor que la malla 60.
2 separadores gravimétricos	Sutton Steele & Steele Inc. Modelo BX-360, instalados en la salida de carbón, utilizados para la eliminación de carbón pesado y carbón fino.
Sistema de control automático.	Para la dosificación del ácido fosfórico, reductor de color, floculante y lechada de cal, así como servicios auxiliares (transmisores de flujo, medidores de temperatura).

## Cristalización de refino.

La cristalización se realiza en tachos que es un evaporador de simple efecto que generalmente operan con presión negativa, en el cuál se realiza la cristalización del azúcar refinado.

Los requisitos de entrada a los tachos de refino son:

- 63 a 66° Brix.
- Vapor de 15 a 150 lb/in<sup>2</sup>.
- Siropes de primera, siropes de segunda, siropes de tercera y siropes de cuarta provenientes de las centrifugas de refino.
- Condensados puros libres de sacarosa.

Después de realizada la fase de cristalización de refino se tienen templeas de primera, segunda, tercera y de cuarta.

## Centrifugación de refino.

En esta fase del proceso el ingenio cuenta con doce centrifugas de refino en donde son colocadas las templeas de refino y se les retira el sirope (licor de refino) que es enviado nuevamente al proceso. El azúcar que ha sido centrifugada debe de tener un porcentaje del 2% de humedad y es enviada al área de secado.

Tabla 60. Equipo de centrifugación de azúcar refinada en el ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Refinado: Centrífuga.	Silver Mod. SW 2,250 con canasta de 1,800 mm. x 1,200 mm de 2,250 lt/carga.
3 centrifugas.	WS automáticas con canasta de 48" x 36" x 7" y 505 lt/carga con motores Allis Chalmers de 600/1,200 r.p.m.
8 centrifugas.	WS automáticas con canasta de 54" x 40" x 7" y 644 lt/carga, con motores de 450/900 r.p.m. auxiliadas por 2 incrementadores de ciclaje para aumentar la velocidad de los motores de 900 a 1,050 r.p.m. movidos por motores de 250 HP y 350 HP.
Total de centrifugas:	29 centrifugas WS, 3 Silver Weibull, 2 Broadbent y 1 Dunmaq.
Sistema de agua caliente para lavado de azúcar: 2 bombas centrifugas horizontales.	Marca Durko de 300 g.p.m. de 3" x 2" .
1 bomba.	Marca Worthington de 400 g.p.m. tipo centrífuga.

## Secado.

El secado del azúcar es llevado a cabo por elevadores y transportadores de tipo helicoidal hacia el secador, mediante el uso de vapor que proporciona el calor que pasa por los radiadores, de esta manera se calienta el aire que a su vez es impulsado por un ventilador hacia el azúcar con humedad.

Tabla 61. Equipo de secado del ingenio El Potrero.

Equipo	Características
Secado y envase: 2 presecadores.	Giran a una velocidad de 10 r.p.m. movidos c/u por un motor de 20 HP.
2 Deshumificadores.	Munters Mod. HCD- 9000-SA-SFCCS con capacidad de 9,000 scfm con sistema de enfriamiento para agua Chiler, Trane Mod. RATA 100, capacidad 100 T.R.
2 Secadores	Buttner verticales. Cada conjunto de pre-secadora y secadora con capacidad para secado de 700 tons/día.
1 Tolva.	Para azúcar seca.
2 Clarificadoras.	Para azúcar marca Rotes Mod. 5722 DAASS, tipo criba con capacidad de 40 tons/hr. De 80" x 144".

## Envasado.

Una vez secado el azúcar es envasado en sacos de 50 kilos, con una humedad de 0.030%. Los sacos son enviados al almacén y son colocados en tarimas de plástico alejados aproximadamente 20cm del piso, los sacos se encuentran alejados aproximadamente 80 cm de la pared. Para cargar los vehículos con los sacos de azúcar son transportados por una banda sanitaria hacia los camiones o carros de tren previamente acondicionados para garantizar la calidad del producto.

Tabla 62. Equipo para el envasado de azúcar del ingenio El Potrero.

Equipo.	Características.
2 Envasadoras.	Completas duplex automáticas.
4 Básculas.	Parsons para recibir y pesar los sacos de azúcar con una capacidad de 6 a 8 sacos de 50 kg. báscula/min.
3 Básculas.	De piso, 2 marca Berkel con carátula digital con capacidad de 100 kg. c/u y 1 Yale de 50 Kg. de capacidad para verificar el peso de los sacos.



## **Almacenamiento de Azúcar.**

El ingenio cuenta con un almacén con capacidad aproximada de 600,000 sacos de 50 kg. c/u para azúcar refinada.

## **Tanques para mieles.**

La fábrica cuenta con dos tanques de lámina cilíndricos verticales con capacidad de 11,512,260 lt. c/u (12.07 x 34.87 m).

## **Tanques para petróleo.**

Tanque de lámina cilíndrico vertical con capacidad de 3,242,981 lt. y un tanque para almacenamiento de diesel para

## **Tanques para almacenamiento de agua condensada.**

El ingenio cuenta con un tanque de lámina cilíndrico vertical para 6,127,236 lt.

## **6.2.3 Servicios periféricos.**

### **Calderas.**

El ingenio cuenta con ocho calderas, de las cuales solo operan 5 durante esta zafra. Una caldera opera con combustóleo y 6 mixtas (bagazo y combustóleo) de ellas 2 de parrillas y 4 de horno ciclónicas. Actualmente el combustóleo solo lo utilizan para el arranque de las calderas. Es el bagazo el combustible predominante para alimentar a las calderas.

Las calderas proveen al ingenio alrededor de 500,000 lb/ hora de vapor para diversas áreas del proceso como es el batey, molinos, instrumentación y la planta eléctrica. A la salida de las calderas el vapor tiene 250 PSI a una temperatura de 500 °F. Las calderas más recientes son cuatro, dos calderas que fueron adquiridas en 1964 y otras dos en 1977, de las demás no se tienen registros.

Parámetros de calderas:

- E bagazo no debe sobrepasar de 50.5-51% de humedad.
- El bagazo debe contener de 1.8 - 2 de POL.
- Por cada punto porcentual de baja humedad se ahorra un 3% de combustible.
- El uso de combustóleo fue de 59.7 litros por tonelada de azúcar producida en la zafra 2008-2009.
- Entrada de agua suavizada por la planta de tratamiento a las calderas es de 395 m<sup>3</sup>.
- Condensados puros (libre de sacarosa) a una temperatura mínima de 85°C.

## **Planta Suavizadora Potabilizadora.**

La planta de tratamiento suaviza para las calderas 664 gal/min y utiliza como insumos zeolita, grava, arena, sal, cloro y carbón. Requiere de 110 a 220 volts suministrados por la Comisión Federal de Electricidad. La planta suministra agua clorada a las oficinas del ingenio y a la unidad habitacional del ingenio, así como agua suavizada a fábrica para el área de calderas.

## **Planta Eléctrica.**

La planta eléctrica del ingenio utiliza cuatro turbogeneradores con una capacidad de generación de 2500 kWh. Los parámetros de entrada a la planta eléctrica son:

- Vapor, a una presión de 200 a 270 lb/in<sup>2</sup> y a una temperatura de 250±0.285°C.
- Energía eléctrica, 13, 200 volts para el arranque de la planta.

Los requerimientos de la planta son:

- 2400 V, 440V a 460V, 127V a 220V, para todas las áreas de proceso.
- Vapor de escape con una presión de 10 a 30 lb/in<sup>2</sup>.

## **Medidas ambientales.**

### **Agua.**

El agua que utiliza el ingenio es extraída del río Atoyac por un canal que suministra al ingenio. La concesión que tiene el ingenio para extraer agua es de 64 millones de m<sup>3</sup>, durante la zafra 2008-2009 el ingenio consume 28.23 millones de m<sup>3</sup> de agua durante la zafra 2008-2009, en promedio el consumo por tonelada de caña molida es de 21.86 m<sup>3</sup>. El costo por el uno de agua es de 1.43 pesos /m<sup>3</sup>.

Las aguas de drenaje se destinan para riego y se transportan por medio de un canal revestido a lo largo de 500 m, a partir de la descarga en el ingenio a la caseta de aforo, para las 8 mil hectáreas para riego. El ingenio no cuenta con planta de enfriamiento por lo que el agua utilizada para el enfriamiento de los equipos entra al ingenio y sale directamente al canal destinado para riego, el agua entra a una temperatura de 23°C y sale con 45°C. Por este motivo hay un gran desperdicio de agua que además arrastra materiales peligrosos al ambiente como son las grasas y aceites utilizados principalmente en el área de molinos.

### **Aceites.**

El uso de aceite en fábrica tenía como resultado 18 000 litros de lodos aceitosos equivalente a 20 toneladas / zafra. En la actualidad con la implementación de charolas recolectoras en los engranes y reductores de velocidad en el área de molinos y la sustitución del lubricante de asfalto que era muy pesado y con una apariencia muy parecida a un lodo fue cambiado por un lubricante mucho más liviano la generación es de 8 toneladas de aceite durante las recientes zafras. El último embarque de aceite por parte del ingenio fue de 3300 litros.

### **Emisiones a la atmósfera.**

Las emisiones a la atmósfera son monitoreadas por un laboratorio certificado, el cual avala que las emisiones provenientes del ingenio están dentro de norma, según información proporcionada por el gerente de seguridad industrial y ambiental.

## **6.2.4 Inversiones realizadas en el ingenio El Potrero de 2002 al 2009.**

Las inversiones realizadas en el ingenio el Potrero se muestran en la tabla 63:

Tabla 63. Programa de inversiones del ingenio El Potrero 2002-2009.

<b>Año 2002</b>
Automatización de molienda del tándem "B".
*Sistema de control de molienda con características de pesaje de la caña en línea y control de la velocidad automático en las turbinas de los molinos 1 y 6.
Automatización de la evaporación.
*Se cuenta con un control distribuido en serie en serie que controla lo siguiente: nivel de cada cuerpo evaporador, entrada de vapor al vaso 1 de cada triple efecto, entrada de agua al condensador de cada triple efecto, brix de la meladura a la salida del vaso 3 de cada triple efecto y entrada de agua al tanque de jugo claro.
Adquisición y montaje de 2 centrifugas.
Reparación mayor de las calderas 10 y 11.
<b>Año 2003</b>
Aumento d eficiencia ampliando la capacidad del tándem B.
*Adquisición y montaje de 2 transmisores hidráulicas con motores eléctricos de 362KW en las mazas cañeras.
*Adquisición y montaje de un conductor alimentador al molino 1.
*Instalación de juego de cuchillas sobre conductor de caña número 2.
Reparación mayor de la caldera 12.
Automatización para eficientizar el área de calderas.
Sistema de aire fluidizado a las calderas 13, 14, 15.
Adquisición y montaje de 1 centrifuga continua para la masa de B.
Modernización y montaje de una centrifuga continua para masa de B.
Automatización de tachos de refino.
Sistema automático para licor refinado.
Adquisición de un compresor para aire con motor eléctrico.
<b>Año 2004</b>
Construcción de un muro de contención para el tanque de miel final.
<b>Año 2005</b>
Sustitución de 2 calentadores primarios para jugo (1 y 3).
Sustitución de 2 cisternas de carbón 4 y 6.
<b>Año 2006</b>

Adquisición de engrane recto de 150 dientes para el tren de engranes (4 y 5).
<b>Año 2007</b>
Sustitución de 2 cisternas de carbón 4 y 6.
Adquisición de camioneta utilitaria.
Adquisición de camioneta para ambulancia.
Equipamiento de la camioneta para ambulancia.
<b>Año 2008 (Reparaciones mayores).</b>
Adquisición e instalación de un sistema automático de bagazo con balance de tiro en calderas 11 y 12.
Estudio de ingeniería básica y de detalle para la adquisición de los equipos para el sistema de separación de cenizas de gases de combustión de calderas.
Desarrollo organizacional y actitudinal.
Rediseño del sistema del espaciador de caña 1 que incluye:
esparcidor reforzado, reductor de velocidad, chumaceras.
Cambio total de la fluxería de las paredes laterales de la cámara de combustión, material reforzado, aislamiento térmico y cubierta metálica
(incluye mantenimiento y mano de obra).
<b>Año 2009</b>
Adquisición y montaje de 2 piñones de 31 dientes para la transmisión de baja de molinos.
Reparación integral de la desfibradora.
Adquisición de engrane y piñón de 150 y 31 dientes respectivamente, para tren de engranes de molino 4.
Estudio para la determinación de la eficientización del consumo de vapor en fábrica (pendiente).
Adquisición e instalación de un sistema de bagazo con balance de tiros en las calderas 13, 14 y 15.
Cambio total de la fluxería del banco de convección de la caldera 15.
Costo aproximado de la inversión 105 millones de pesos.

Fuente: Área de proyectos del ingenio Tres Valles.

Como se muestra en la tabla, las acciones implementadas en el ingenio fueron realizadas con el fin de mantener la producción de azúcar y durante esos años han mejorado la eficiencia en la fábrica por lo que en la pasada zafra tuvieron la mejor calidad de azúcar refinado a nivel nacional. Los empleados del ingenio han expresado acerca de los resultados que han obtenido se debieron principalmente a las buenas prácticas de trabajo, ya que los requerimientos de equipo y de inversión siguen siendo necesarios.

## Inversiones necesarias en el ingenio El Potrero proyectadas para los próximos 5 años, por el área de proyectos.

Este apartado se hizo con base en las estimaciones de los ingenieros de operación de la planta que luego de haber hecho un análisis diagnóstico tomaron las decisiones respecto a cuáles deberían de ser las áreas prioritarias para la inversión y mejoramiento operativo del ingenio que incluye algunas acciones de producción más limpia. Las principales medidas de producción más limpia sugeridas para el mejoramiento de la operatividad del ingenio es en aprovechamiento del consumo del vapor como fuente energética y de tratamiento en los procesos productivos, torres de enfriamiento, sistema de separación de cenizas y planta de tratamiento de aguas residuales.

A continuación se muestran las inversiones que son necesarias para mantener funcionamiento del ingenio El Potrero:

Tabla 64: Requisiciones necesarias en el ingenio El Potrero durante los siguientes 5 años.

Área	Requisición
Molinos	Adquisición de engrane y piñón de 150 y 31 dientes.
	Adquisición para tren de engranes, molino 1 y 6
	Adquisición y montaje de 4 motores hidráulicos.
	Adquisición de un cople tipo cardan.
Calderas	Reparación integral a la caldera 13.
	Reparación integral a la caldera 14.
	Sustitución de la caldera 9 (actualmente inservible, se sustituirá por una con capacidad de 125, 000 Libras de vapor/hrs.).
	Adquisición y montaje de 2 bombas para agua de inyección a calderas, incluye equipo motriz control automático.
	Sustitución de turbinas por motores eléctricos con variadores de frecuencia en los tiros de las calderas.
Clarificación de crudo	Adquisición y montaje de un filtro
	Adquisición y montaje de un clarificador de jugo.
	Adquisición y montaje de una bomba para vacío de 3,000 ft <sup>3</sup> /min. Incluye su motor eléctrico.

Área	Requisición
Evaporación	Estudio de ingeniería básica y de detalle para la recuperación y distribución de los condensados de los equipos de fábrica.
	Proyecto de adquisición e instalación de equipos y maquinaria que resulten del estudio de distribución de condensados.
	Estudio para la determinación de la eficientización del consumo de vapor en fábrica.
	Proyecto de adquisición e instalación de equipos y maquinaria que resulten del estudio de eficientización de vapor.
	Estudio de ingeniería básica y de detalle para la recuperación y distribución de los condensados de los equipos de fábrica (presurización de condensados).
	Proyecto de adquisición e instalación de equipos y maquinaria que resulten del estudio de distribución de condensados.
Cristalización	Adquisición de 2 circuladores mecánicos con reductores para los tachos de crudo 2 y 4.
	Sistema de disolutores de miel A y B.
	Automatización de 10 tachos de crudo (en 2 etapas).
	Adquisición de 4 circuladores mecánicos con reductores para los tachos de crudo 9,10,11 y 12.
	Sustitución del tacho de crudo 1 por otro continuo.
	Adquisición de dos indicadores para control de la subestación para la cristalización de los tachos C.
	Centrífugas de crudo.
	Adquisición y montaje de centrífuga continua para masa de B con capacidad de 20 a 25 ton/HR.
Reactivación de carbón	Modernización de 9 centrífugas de crudo (4 y 5 por año)
	Adquisición y montaje de 3 filtros de lecho profundo.
Planta de Fuerza	Adquisición y montaje de 2 cisternas de carbón.
	Adquisición y montaje de 2 turbogeneradores de 5,000 KW o 10,000 KW dependiendo del estudio correspondiente.
	Adquisición y montaje de subestación 2,000 KVA.
	Adquisición y montaje de subestación 500 KVA.
	Adquisición de reductor para turbogenerador 4.
Centrífugas de	Modernización de planta de fuerza.
	Modernización de 2 centrífugas de retorno.

Área	Requisición
refino	Adquisición de 1 compresor de tipo tornillo.
	Reubicación y modernización total de envase de azúcar.
Servicios Generales	Adquisición y montaje de bascula para trailers, carros tanques y furgones.
	Adquisición de equipo y software para el mantenimiento predictivo.
	Adquisición y montaje de 6 bombas de vacío para disminuir el consumo de agua en fábrica.
Inversión de fábrica	Estudio de ingeniería básica y de detalle para la mejor opción en adquisición y montaje de módulos de enfriamiento para el manejo de agua de condensadores de fábrica y el estudio para la determinación de la demanda eléctrica necesaria para este proyecto.
	Adquisición y montaje de una torre de enfriamiento de 151,416 L/ minuto (40,000 galones/minuto) primera y segunda etapa.
	Sistema de separación de cenizas de gases de combustión de calderas primera y segunda etapa.
	Adquisición y montaje de planta de tratamiento de aguas sanitarias.
	Separación de efluentes sanitarios del colector general.
Costo de la inversión para los próximos 5 años.	<b>400 millones de pesos</b>

Fuente: Datos proporcionados por el ingenio El Potrero.

### 6.1.5 Cultivo de la Caña de azúcar en el ingenio El Potrero.

#### **Riego.**

Durante la zafra 2006/ 2007 se cosecharon 20,787.89 ha. El riego fue el siguiente durante ese periodo:

Riego 42%.

Temporal 58%.

Para plantas como en socas el número de riegos es de cuatro para áreas regadas con pozo y 3 para áreas de unidades de riego. La suspensión de los riegos en cañas próximas a cosechar, se efectúa 4 semanas antes de corte para variedades precoces y 6 semanas para variedades medias.



## **Fertilización.**

Se aplica complejo 17- 17- 24 en dosis de 500 kg/ha, financiadas por las agrupaciones cañeras y con recursos propios del productor. La fertilización se realiza en un 80% de forma manual incorporada con cultivo y el 20% restante en forma mecánica en labor combinada.

## **Preparación de tierras.**

En los casos donde la topografía y las piedras no permiten la preparación mecánica, se utiliza tracción animal. En la mayor parte de la zona cañera, se efectúa un subsuelo, 2 barbechos y poco antes de la siembra, se realiza el surcado. En algunos terrenos de temporal, se efectúan roturaciones, utilizando arados de subsuelos de 45 cm que tienen como finalidad aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar en enraizamiento profundo. El ciclo de siembra inicia en la primera semana de julio y termina en la última semana de marzo siguiente.

## **Cultivo de plantillas, socas y resocas.**

El paquete tecnológico de labores básicas aplicado al cultivo de la caña de azúcar , considera para ambos ciclos, de 2 a 3 cultivos, 2 limpias, con arado y con herbicida post-emergente, la aplicación de fertilizantes y riegos en número de 5 a 6 en zonas donde se cuenta con este sistema. Se está retomando la ejecución del subsuelo central, inmediatamente después del corte, a fin de romper el piso arado y promover la retención de humedad, ya sea proveniente del agua de lluvia o de los riegos. Con el objetivo de sellar los espacios vacíos y aprovechar el potencial productivo del suelo, se resiembra con trozos de caña, porciones de cepas y en algunos casos con plántulas.

## **Clases de tierras.**

Según el sistema de clasificación de la FAO-UNESCO el suelo de la zona es: Luvisoles vérticos , Rendzinas, Cambisoles eútricos, Acrisoles y Litosoles. Debido a que son de origen volcánico aluvial, las tierras son de textura variable, predominando la arcilla arenosa.

## **Plagas y sus enfermedades.**

Entre las plagas están la mosca pinta, el gusano falso medidor, pulgón amarillo y chinche de encaje. Durante ese periodo este tipo de plagas no representa ningún problema fitosanitario para la zona. En cuanto a las enfermedades no existen enfermedades en las variedades comerciales.

## **Utilización de productos.**

Durante la zafra 2006/2007 se produjeron 69, 384 toneladas de cachaza, la cual fue aplicada en los campos cañeros para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos e incrementa su potencial productivo.

## **Condiciones del lugar.**

### **Campo.**

El ingenio cuenta con un área de campo que coordina el tiempo de corte de la caña durante la época de zafra. El ingenio asesora a los cultivadores acerca del modo y el tiempo que deben sembrar la semilla de caña. El área de cultivo de la zona abarca 21 mil hectáreas con 120 grupos de cosecha los cuales están a cargo de los cortadores que son oriundos de la zona que son aproximadamente 2,300 cortadores y 1,057 foráneos principalmente provenientes del estado de Puebla.

El cultivo de la caña se inicia con la preparación del campo ya sea por barbecho o por surco, el ingenio provee la cachaza que es aplicada a los campos y que nutre a la semilla de caña, después se siembra la semilla de caña y una vez que brota la nueva planta se debe limpiar periódicamente el cultivo para evitar que otras plantas no absorban los nutrientes necesarios para la nueva planta de caña. Una vez que la planta se va desarrollando es necesario el riego, fertilización y combate de plagas y finalmente cosecha. Las variedades que cultivan son varias principalmente MEX 69-290, CD 72-2086, MEX 79-431, MEX 68-P23. Las fórmulas que utilizan para la fertilización son: 17,17,17, 20-10-20, 20-05-25, 46-00-00, las dosis que se manejan por hectárea por lo general son de 500 kilogramos o 200 kilogramos de urea, en caso de que se cuente con recursos económicos en tiempo y forma. Para

El trabajo que realizan los ingenieros de campo es muy importante ya que en gran parte de la calidad del azúcar producida en el ingenio, se debe al tiempo oportuno de corte de la caña y al

cuidado que los cultivadores tienen durante la temporada de crecimiento de la planta. Ya que como comentó el gerente de campo, la sacarosa se crea en los campos y el ingenio solo la extrae, es por esto que la calidad del azúcar del ingenio el Potrero produce se debe a la forma en que es llevado a cabo el cultivo. Las condiciones orográficas y climatológicas en donde se encuentran ubicados los cultivos de caña hacen que se tenga un azúcar de excelente calidad. Cabe mencionar que durante la zafra 2008- 2009 se tuvo la mejor calidad de azúcar refinado a nivel nacional, por lo que para esta zafra el pago por tonelada de caña para los agricultores se cotiza a un precio más alto.

El costo por tonelada de caña es de 257 pesos, una sola hectárea en promedio puede producir 37 toneladas de caña y como máximo 60 toneladas. Hoy en día el campo se encuentra desgastado ya que como se mencionó una hectárea puede producir 60 toneladas de caña, en el pasado se cosechaba como máximo 80 ton por hectárea. Esto se debe a la falta de créditos en tiempo y forma, lo que ha traído como consecuencia que los agricultores cultiven fuera de la temporada, poco acceso a fertilizantes y el cambio de uso de suelo, este último ha sido uno de los principales causantes de que hayan disminuido las zonas de cultivo, a pesar de que hoy en día la caña se cotiza más alto en el mercado.

Para el corte de la caña es necesario previamente realizar pruebas de laboratorio en las cuales se determina la cantidad de sacarosa presente en la caña, si así lo determina el laboratorio se procede al corte de la caña. Los análisis de laboratorio para campo son realizados por personal del área de campo del ingenio.

Una vez seleccionada la caña se queman los campos de cultivo para evitar que animales principalmente víboras y las hojas de la caña que se caracterizan por ser cortantes, pudieran lastimar a los cortadores. La quema de los campos se realiza momentos antes de que los cortadores realicen su trabajo y cuando las condiciones climáticas así lo permiten si es un día húmedo se corta la caña en crudo como es llamado por los expertos, el corte se realiza de forma manual con machetes tipo Acapulco. Una vez cortada la caña esta se junta para que las alzadoras (si fuera el caso, ya que también los camiones son llenados de forma manual) puedan cargar los camiones y así ser llevada al ingenio.

Los aspectos políticos no están alejados del cultivo de la caña, durante las últimas décadas ha habido inversiones importantes como un fideicomiso para la compra de maquinaria para el campo cañero, el cual consistía en la compra de tractores mediante créditos que el gobierno concedía y que en su momento fueron de gran utilidad para los productores de caña, sin embargo, con el paso del tiempo la maquinaria se perdió ya que los líderes cañeros en turno se apropiaron de la maquinaria. Hoy en día la CNIAA concede créditos para la compra de fertilizantes, sin embargo hoy en día este crédito se realiza vía el Comité de Producción y Calidad Cañera, que a su vez se los asignan a los agricultores de caña, este tipo de créditos eran distribuidos por el ingenio directamente a los agricultores. Esto trajo como consecuencia que los agricultores no tomen en cuenta las sugerencias de los ingenieros de campo del ingenio, por lo que se ha notado una disminución en el rendimiento del cultivo de caña.

### 6.3 Comparativo de los ingenios Tres Valles y El Potrero.

A continuación se muestra en la tabla 65 datos de la eficiencia en fábrica de los ingenios Tres Valles y El Potrero.

Tabla 65: Comparativo de los parámetros de eficiencia de los ingenios Tres Valles y El Potrero.

Parámetros de eficiencia	Tres Valles			El Potrero		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Capacidad Instalada [ton/ día]	11,000			12,000		
Caña molida bruta [ton]	1,794,528	1,727,967	1,737,991	1,529,976	1,477,426	1,291,349
Días de zafra [días]	190	209	167	163	154	131
Caña molida por día [ton]	9,445	8,268	10,407	9,386	9,594	9,858
Azúcar producida [ton]	207,555	202,934	205,109	180,561	187,821	170,055
Tiempo perdido [horas]	858:00:00	1239:01:00	433:57:00	625	237:10:00	221:00:00
Consumo de combustóleo por ton de azúcar producida [L/ton]	74.25	38.4	37.84	74.58	64.52	43.56
Rendimiento en campo [Ton caña/hectárea]	58.76	57.57	48.93	75.28	69.72	59.94
Rendimiento en fábrica [%]	11.57	11.74	11.8	11.8	12.71	13.17
Eficiencia en fábrica [%]	87.15	86.06	87.74	85.94	85.79	87.21
Sacarosa (POL) en caña [%]	13.26	13.64	13.44	13.73	14.8	15.09
Fibra en caña [%]	12.86	12.5	12.03	13.38	13.58	13.79
KARBE/ TN (Kg.)	118.252	121.333	118.167	118.35	128.391	132.268

Fuente: Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera. <http://siazucar.siap.gob.mx/> en línea.

La capacidad de molienda reportada del ingenio El Potrero es mayor que el ingenio Tres Valles, sin embargo la capacidad de molienda real para mantener la eficiencia de las demás áreas de proceso es similar en ambos ingenios. La cantidad de caña molida por día ha sido variable durante las tres últimas zafras como se muestra en la tabla 65, no obstante los días de zafra fueron más para el caso de Tres Valles, por lo que este ingenio produjo más azúcar durante esos años.

El tiempo perdido de fábrica tiene en cuenta varios factores como son: paros en la fábrica por mantenimiento o por alguna avería en la maquinaria, así como situaciones en campo, por lluvias y por falta de personal. A continuación se describen las áreas donde se tuvo más tiempo perdido para el ingenio Tres Valles:

- 2007. El ingenio presentó mayor tiempo de horas perdidas en fábrica con 426 horas, de forma consecutiva por lluvias con 196 horas y 137 horas por falta de personal.

- 2008. La causa de mayor tiempo perdido se presentó en el área de fábrica con 599 horas y en segundo lugar en campo con 458 horas.
- 2009. En este año se redujo el tiempo perdido en comparación con los años anteriores con 254 horas perdidas en fábrica, 84 horas perdidas por lluvias y un poco más de 72 horas pérdidas por falta de personal.

El ingenio El Potrero presentó tiempo perdido en las siguientes áreas:

- 2007. El ingenio presentó 253 horas pérdidas debido a las lluvias, 127 horas en el área de campo y 102 horas por falta de personal.
- 2008. En el área de fábrica presentó 97 horas pérdidas y casi 97 horas perdidas en campo.
- 2009. En el área de campo se tuvieron 95 horas pérdidas, 67 horas debido a lluvias y 56 horas pérdidas en fábrica.

Durante los años mostrados en la tabla 65, el rendimiento en campo es mayor en El Potrero que en Tres Valles, debido a las características del suelo de la zona y el clima, lo que origina que los terrenos sean más fértiles y por consecuencia la calidad de la caña cultivada es de mejor calidad que la caña cultivada para el ingenio Tres Valles. A la par de lo anterior, se observa en la tabla que el porcentaje de sacarosa y el porcentaje de fibra en caña es mayor en El Potrero debido a las condiciones que se mencionaron anteriormente, pero con una ventaja significativa ya que la caña que se procesa en este ingenio tiene un menor contenido en agua lo que podría resultar en un menor consumo energético.

El rendimiento en fábrica relaciona la cantidad total de azúcar producida con la cantidad total de la caña que entra al ingenio, por lo que es mayor en El Potreo respecto a Tres Valles, la fórmula para calcular el rendimiento es la siguiente:

$$\text{Rendimiento en fábrica [\%]} = \frac{\text{Toneladas de azúcar producida}}{\text{Toneladas de caña molida durante la zafra}} * 100$$

En cambio la eficiencia en fábrica o también llamada eficiencia recobrada, es mayor en el ingenio Tres Valles ya que la forma para calcularla incluye otros parámetros importantes como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia en fábrica [\%]} = \frac{\text{Toneladas de Pol de azúcar producida y Estimada}}{\text{Ton de Pol en Caña}} * 100$$

Donde:

**Toneladas de Pol<sup>1</sup> de azúcar producida y Estimada:** es la cantidad de sacarosa aparente en la azúcar producida y la estimación de las toneladas de Pol (determinados previamente en el laboratorio del ingenio).

**Ton de Pol en Caña:** Toneladas de sacarosa aparente en la caña (determinación que se lleva a cabo en el laboratorio del ingenio).

<sup>1</sup> Pol: Sacarosa aparente. Según la NOM-F.324 – 1991 se define como el valor determinado por polarización directa del peso normal de un producto azucarado en 100 ml de solución a 293°K, clarificado con subacetato de plomo cuando es necesario, hecha la lectura en un tubo polarimétrico de 200 mm de longitud, usando un polarímetro dotado de escala internacional (sacarímetro) o equivalente.

La determinación de la eficiencia en fábrica es un parámetro muy importante ya que indica el desempeño del ingenio en la cual se reflejan las buenas prácticas laborales y la aplicación de la tecnología que tengan los ingenios.

El pago por kilogramos de azúcar recuperable base estándar (KARBE) por tonelada de caña neta ha sido creciente para el ingenio El Potrero en las últimas zafas analizadas en este documento por lo que el pago para los agricultores que abastecen al potrero es mejor, en comparación con el ingenio Tres Valles.

Paralelamente a lo anterior es necesario tomar en cuenta aspectos ambientales ya descritos con anterioridad para cada uno de los ingenios, por lo que a continuación se muestran los indicadores correspondientes (tabla 66).

Tabla 66: Indicadores ambientales de los ingenios Tres Valles y El Potrero.

Consumo de materiales por unidad de producción	Unidades	Ingenios	
		Tres Valles	El Potrero
		2008-2009	2008-2009
Agua	m <sup>3</sup> /ton de azúcar	4	166
Energía	kW/ton de azúcar	151	s/d
Combustóleo	Lt/ton de azúcar	37	43
Residuos peligrosos	Kg/ton de azúcar	0.082	0.059
Generación de CO2 por bagazo	Kg/ton de azúcar	1.698	1.768
Generación de CO2 por combustóleo	Kg/ton de azúcar	0.114	0.135

Fuente: Datos proporcionados por los ingenios Tres Valles y El Potrero.

Como se observa en la tabla 66, el indicador que sobresale por su gran disparidad es el agua debido a la gran cantidad que es consumida por el ingenio El Potrero en comparación con el ingenio Tres Valles. Cabe mencionar que el ingenio El Potrero se alimenta del río Atoyac el cual proviene de los deshielos del pico de Orizaba y que se encuentra situado en una zona en la

cual es abundante el agua en comparación del ingenio Tres Valles, la extracción de agua para el ingenio podría decirse que se realiza de manera más sencilla pero el costo por el uso resulta aún más caro en comparación con el ingenio Tres Valles, **ya que el costo por unidad de producción para el ingenio Tres valles es de 0.63 pesos mientras que para el ingenio El Potrero es de 238.34 pesos.**

En cuanto al indicador de combustible el valor para el ingenio El Potrero es ligeramente mayor en comparación con Tres Valles, un factor importante en la disminución del uso de combustóleo es el hecho de que los grupos de obreros a cargo de los turnos de las calderas compiten entre ellos para determinar que grupo es el que menos consume de combustible e incluso hubo días en que el consumo de combustible ha sido cero. Situación que puede cambiar en las próximas dos zafas ya que el ingenio Tres Valles tiene prevista la sustitución de sus cinco calderas por una mucho más eficiente que sólo utilice bagazo como combustible y de esta manera generar energía eléctrica que suministre a las zonas aledañas al ingenio, para tal efecto se tiene un convenio con la Comisión Federal de Electricidad.

En cuanto a residuos peligrosos el ingenio Tres Valles reporta mayor cantidad de residuos peligrosos en comparación con el ingenio El Potrero. El ingenio Tres Valles ha reducido el uso de aceites pero no así el del usos de químicos para el proceso y de material para laboratorio, el uso de químicos también es impactado por las condiciones en las que entra la caña, la cual puede llevar una mayor cantidad de compuestos como tierra, por lo que se requiere mayor uso de químicos y por lo tanto se ve impactada la cantidad de residuos sólidos principalmente los de tipo peligroso.

#### *6.4 Beneficios económicos al aplicar las medidas técnicas de P+L al ingenio El Potrero.*

En este apartado se recalcularon los beneficios económicos al aplicar estas medidas, con base en los datos proporcionados por la Guía de Producción más Limpia en Ingenios Azucareros, con costos actuales de combustible, agua y precio del azúcar en 2010. Al aplicar estas medidas tendríamos los siguientes beneficios económicos tal como lo muestra la tabla 67.

Tabla 67: Beneficios económicos de la aplicación de las medidas técnicas de P+L.

Medidas enfocadas a la reducción del consumo de agua	Pesos/zafra	
Estimación de ahorro de agua logrado por la reducción en el consumo de agua en el proceso	362,701	
Medidas enfocadas a la reducción de pérdidas de azúcar.		
Estimación del ahorro logrado por la instalación de sistema de control de nivel y flujo en tanques de licor y espuma.	2,714,084	
Estimación del ahorro logrado al evitar el arrastre de azúcar.	1,340,476	
Medidas enfocadas a la reducción del consumo de energía térmica.		Toneladas de CO2 al año
Estimación del ahorro logrado por la eliminación de fugas de vapor.	725,778	403
Estimación del ahorro logrado por la sustitución de trampas de vapor	18,993	10
Estimación del ahorro logrado por la instalación de aislamiento térmico en tuberías desnudas.	716,512	386
Estimación de los ahorros logrados por la instalación de aislamiento térmico en las turbinas de la planta eléctrica.	17,508	9
Estimación de los ahorros logrados por la instalación de aislamiento térmico en los tanques.	469,196	253
Estimación de los ahorros logrados por la reducción de las pérdidas de energía por el vapor de desfogue.	811,642	444
Estimación de los ahorros logrados por temperatura del aire de admisión del compresor.	51,083	28
Estimación de los ahorros logrados por la optimización en el uso de aire comprimido.	210,315	115
Estimación de los ahorros logrados por la recuperación del venteo del tanque de condensados puros.	2,795,591	1,594
Estimación de los ahorros logrados por la instalación de un tanque flash para recuperar el calor de la purga continua de las calderas.	25,080	14
Estimación de ahorros logrados por la modernización del equipo de centrifugado.	264,984	143
<b>Beneficios económicos totales</b>	<b>10,523,942</b>	<b>3,399</b>

Fuente: Cálculo con base en la Guía de Producción más Limpia, 2005.

Los beneficios económicos se estimaron tomando en cuenta los costos de combustóleo, agua, energía eléctrica y azúcar en el año 2010, ver tabla 68 :

Tabla 68: Costo de los insumos para recalcular las medidas técnicas de P+L.

Insumos	Unidad	Costo
Combustóleo	Pesos/m <sup>3</sup> .	5,300 pesos/m <sup>3</sup>
Agua*	Pesos/m <sup>3</sup> .	1.47 pesos/m <sup>3</sup>
energía eléctrica**	kWh.	1.088 pesos/kWh
Azúcar***	Tonelada.	10,000 pesos/ton (costo promedio)

\* Dato proporcionado por personal del ingenio El Potrero.

\*\* Fuente: página de la Comisión Federal de Electricidad para la zona sur del país, tarifas para alta tensión <http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx>, en línea.

\*\*\* Fuente: <http://www.infoaserca.gob.mx/azucar/frame01.htm>, en línea.



En cuanto a las medidas enfocadas a la reducción del consumo de agua se realizaron cálculos para la disminución de la misma en turbinas de tiro inducido, agua para enfriamiento de chumaceras de molinos, agua de enfriamiento de cuchillas, agua de lavado de gases procedentes del horno de carbón, la torre de enfriamiento secundaria, para los compresores de aire y por fugas en la tubería del ingenio. Cabe mencionar que el ingenio el Potrero no cuenta con torres de enfriamiento por lo que este cálculo de ahorro de agua no aplicaría, sin embargo como se describió anteriormente el consumo de agua es muy considerable principalmente en el área de molinos ya que gran parte se utiliza para enfriar la maquinaria de esta área, y en la cual existe un desperdicio enorme de este recurso, por lo que ampliamente es recomendable instalar al menos una torre de enfriamiento para la recirculación del agua utilizada en el área de proceso del ingenio. Por lo que los beneficios económicos en esta área serían mayores a lo estimado.

Las medidas enfocadas a la reducción de pérdidas de azúcar los beneficios económicos se traducen en las ganancias en producto que se obtendrían al aplicar estas medidas, la guía de P+L aplica otra medida que es la implantación de un sistema de control de dextranas lo que implica una gran pérdida de sacarosa y por lo tanto de producto. Sin embargo el ingenio El Potrero ya cuenta con este control por lo que para este caso no se estimó.

Las medidas enfocadas a la reducción del consumo de energía térmica son la mayoría de las propuestas para implantar y se basan principalmente como lo muestra la tabla en eliminar las fugas de vapor y de calor en este último caso por el aislamiento térmico. En el ingenio El Potrero estas medidas están consideradas por los ingenieros de proyectos ya que es sabido por el personal como se mencionó con anterioridad que hay gran pérdida de energía térmica por la falta de aislamiento en tuberías y equipo.

Como se muestra en la tabla los beneficios económicos anuales serían de **10,523,942 pesos** al aplicar estas medidas, sin embargo serían mayores en la realidad teniendo en cuenta que el ingenio no cuenta con plantas de tratamiento, torres de enfriamiento y no cuenta con aislamiento térmico en la mayoría de los equipos, la inversión es pequeña considerando que el ingenio necesita una inversión de 400 millones de pesos para los cinco años siguientes a partir de 2010.

En cuanto a los beneficios ambientales se estiman una disminución de 3,399 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales por la implementación de estas medidas. Si bien los beneficios en este rubro se cuantifican a partir de los litros de combustóleo a ahorrar, cabe mencionar que el uso de bagazo es cada vez mas usual y conforme pasa el tiempo sustituirá por completo el uso del combustóleo.

Por lo tanto al aplicar acciones de P+L como las ya mencionadas significarían beneficios económicos a la vez de mejorar la eficiencia del ingenio, resolviendo problemas operativos y reduciendo los costos ambientales. Por lo que la tesis propuesta en este proyecto se reafirma en función de los datos analizados en el caso del ingenio El Potrero.

## *6.5 Propuesta para la implementación Medidas de P+L en el ingenio El Potrero.*

Con base en los ahorros logrados mediante las medidas técnicas de P+L se propone lo siguientes puntos para el ingenio El Potrero. Sin embargo estas propuestas pueden aplicarse a los demás ingenios de capacidad de molienda similar (los ingenios tipo C) e inclusive para aquellos con menor capacidad instalada (ingenios tipo A y B):

- Aplicación de la metodología de P+L.

La metodología de P+L se describe en el apartado 4.1 de este documento, sin embargo se describe a continuación brevemente la importancia de estas fases.

*Interés en la metodología de P+L.* Esta fase no se encuentra incluida dentro de las fases de P+L, sin embargo es de suma importancia que los tomadores de decisiones en este caso el personal de la alta gerencia estén convencidos de la importancia de implementar este tipo de metodología, ya que esta metodología se encuentra en un nivel más alto que de los intereses económicos, las acciones que incluye esta metodología tendrán un impacto más allá de la propia fábrica ya que se verán reflejados no solo en el aspecto económico- social de los trabajadores de la empresa y de los lugareños en donde se ubica el ingenio, sino en un impacto a la economía del país. También así deben considerarse los beneficios ambientales que se obtendrían ya que esta metodología prevé la disminución de recursos tan importantes como lo son combustibles fósiles, agua y la disminución de insumos químicos, lo que evitará mayores impactos al ambiente en general.

*Planeación y Organización.* Una vez establecido el interés en la implementación de la metodología de P+L, se debe garantizar el compromiso de la gerencia y del personal del ingenio, integrar y organizar el equipo encargado de la implementación de las medidas de P+L para así identificar las dificultades y soluciones que se presenten al desarrollar el proyecto de P+L.

*Preevaluación.* En esta fase es necesario realizar una evaluación previa de las condiciones y funcionamiento del ingenio para así establecer las medidas adecuadas de P+L. Los datos que se deben de obtener son información técnica y financiera para la realización factible del proyecto, es decir un cuestionario de previo (ver anexo 25) para conocer la situación actual del ingenio y establecer prioridades .

*Evaluación.* En esta etapa de proceso es necesario evaluar las principales actividades a aplicar en nuestro proyecto de P+L, desarrollar las opciones de administración ambiental, prevención de la contaminación, ahorro de materia prima, agua y energía.

*Estudio de factibilidad.* Es necesario en esta etapa comprobar que las opciones preseleccionadas son factibles tanto técnica y económicamente, así como también ambientalmente.

*Implantación y seguimiento.* En esta etapa el grupo encargado de llevar a cabo el proyecto de P+L deberá analizar los resultados del informe del proyecto de P+L y establecer un plan de implantación de las opciones de P+L. Las opciones implementadas deberán asegurar la continuidad del programa de P+L.

*Apoyo financiero para crear programas de P+L aplicados a los ingenios.* En México se han realizado diferentes estudios para la implantación de P+L en diversas industrias, una de ellas ha sido la industria azucarera con dos estudios realizados en el grupo PIASA en los ingenios Tres Valles y Adolfo López Mateos, los cuales han tenido beneficios importantes tanto económicos como ambientales, ubicándose entre los ingenios más productivos del país. En el caso del ingenio Tres Valles se considera en la actualidad el ingenio equipado con la mejor tecnología en el país.

Si bien, para lograr un avance tecnológico requiere de una gran inversión con la que no cuentan la mayoría de los ingenios mexicanos es necesario que centros de investigación, universidades del país y el Centro Mexicano para la P+L que tiene la experiencia necesaria para este tipo de investigaciones sean vinculados a los ingenios que requieran de estudios de P+L y sean apoyados técnicamente por estas instituciones. Por lo que es necesario que se dirijan recursos financieros por parte del gobierno mexicano vía CNIAA u otras organizaciones relacionadas, hacia los ingenios para el desarrollo de proyectos de P+L, garantizando la ejecución de los proyectos y el seguimiento de este.

Por lo anterior, se requerirá de convenios de participación tanto de los ingenios, centros de investigación y organismos de financiamiento (CNIAA, u otros) para la ejecución de proyectos y transparencia en la asignación de recursos.

- Apoyo financiero al ingenio.

En la industria del azúcar es común proporcionar financiamiento y crédito al campo ya sea a ingenios privados y expropiados por el gobierno federal, sin embargo la situación de los ingenios principalmente aquellos que se encuentran expropiados por el gobierno mexicano es de nulo financiamiento para maquinaria que es urgente y necesaria para seguir operando, por lo que se debe apoyar a los ingenios que pertenecen a FEESA y aquellos que pertenezcan a la iniciativa privada que requieran de modernizar su equipo en fábrica.

Todo ello para elevar la producción de azúcar en condiciones favorables tanto para aumentar las ganancias del ingenio y la continuidad del propio ingenio. Los recursos se deberán otorgar una vez que el ingenio cuente con el proyecto de P+L mediante un organismo que canalice este recurso como la CNIAA u otro, y se dirigirá el recurso a las áreas con mayor necesidad e interés con base en el proyecto de P+L descrito en el punto anterior.

*Capacitación continua al personal del ingenio.* Para llevar a cabo una buena dinámica productiva, no sólo para la implantación de las medidas técnicas de P+L sino para el buen funcionamiento en general del proceso en fábrica del azúcar es necesario proporcionar

capacitación continua en el uso correcto de la maquinaria del ingenio, ya que el uso inadecuado de esta maquinaria trae como consecuencia ineficiencia en la producción y por consecuencia contaminación. Sin embargo es necesario también proporcionar talleres de educación ambiental a todo el personal del ingenio con el fin de que exista un compromiso más profundo en las actividades propias del ingenio y que los trabajadores puedan extrapolarlo más allá del ingenio.

Intercambio de resultados y avances en materia de P+L entre los ingenios. Es sabido que los ingenios mantienen comunicación entre sí, por lo que se deben realizar reuniones al final de zafra en materia de los avances de P+L y de los beneficios tanto económicos como ambientales.

Por lo que en estas reuniones deben participar tanto personal de las instituciones financieras (CNIAA u otra organización que canalice el financiamiento del gobierno federal) y de los centros de investigación así como universidades. Con el fin de mantener vínculos de conocimiento y de nuevas tecnologías aplicadas a las necesidades de los ingenios. También es necesaria la formación de profesionales en el tema capaces de brindar servicios de alta calidad en materia de P+L.

Por lo anterior se deben de establecer convenios de participación entre el ingenio, universidades y centros de investigación así como los organismos de financiamiento, para que de manera conjunta las responsabilidades de cada uno de los participantes queden asentadas en un compromiso real y obligado.

El intercambio de avances y resultados en materia de P+L debe de realizar un manual actualizado sustituyendo el actual ya que este tiene una antigüedad de aproximadamente 10 años.

Las recomendaciones propuestas para el ingenio El Potrero están basadas en la aplicación de medidas técnicas de P+L propuestas en la tabla 68 que muestra los beneficios económicos al aplicarlas,

Para el ingenio El Potrero es necesario reducir el consumo de agua que actualmente tienen ya que el consumo de agua es de 166 m<sup>3</sup>/tonelada de azúcar producida es uno de los más altos en la industria azucarera. Por lo que es urgente la aplicación de sistemas de recirculación de agua mucho más eficientes y la aplicación de aislamiento térmico en las tuberías.

En materia de aire es necesario monitorear los gases emitidos por la actividad productiva del ingenio ya que no se sabe con precisión cuanto se genera de gases contaminantes.

Es necesario aplicar las recomendaciones generales para la aplicación de P+L en los ingenios en el caso particular del ingenio EL Potrero. Así como promover aun más las buenas prácticas ya que han dado buenos resultados según lo informan el personal operativo del ingenio El Potrero, por lo que es necesario contar con capacitación continua para el personal del ingenio.

Es necesario también seguir apoyando al campo que abastece al ingenio ya que cuentan con condiciones favorables que a pesar de la disminución del área de cultivo de la caña ya que el contenido de sacarosa es alto en la caña cultivada en la zona de abastecimiento del ingenio.

## Conclusiones.

El ingenio El Potrero cuenta con ventajas ambientales en comparación con el ingenio Tres Valles, ya que la zona de abastecimiento es una de las más fértiles debido a su cercanía con el volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba. Esto se refleja en la cantidad de sacarosa contenida en la caña de azúcar la cual ha aumentado paulatinamente a partir de 2007 a 2009, lo que ha traído mayores ganancias económicas al ingenio. Por lo que a lo anterior, la aplicación de las medidas técnicas de P+L pueden reducir los costos de operación en la producción de azúcar. En el caso del ingenio El Potrero, puede obtenerse un ahorro de **10, 523, 942** pesos si fueran aplicadas, en un periodo de recuperación no mayor a 6 meses.

La reducción de contaminantes ya sea en agua y en aire podrían ser significativas al implementar las medidas propuestas de P+L, ya que se reducirían 3,399 toneladas de emisiones al aire de dióxido de carbono.

Con las medidas propuestas, se puede reducir el consumo de agua en 67,374 m<sup>3</sup> en cada zafra en el ingenio El Potrero, además se evitaría el impacto negativo a las zonas aledañas y podría aprovechar este recurso en otras actividades productivas propias de la zona agrícola que abastece al ingenio. Se propone también instalar una torre de enfriamiento y la implementación de un sistema de recirculación y la eliminación de fugas en tuberías, todo ello con la finalidad de aprovechar al máximo este recurso.

La adopción de los medidas propuestos para el ingenio El Potrero sobre “buenas prácticas” son de gran utilidad en materia de ahorro de combustible, en particular los obreros del ingenio podrían reducir aún más los costos de operación y los impactos ambientales así como la eficiencia de la fábrica.

Con respecto a los desechos sólidos generados en la fábrica está relacionada con la producción del azúcar y de acuerdo con los datos proporcionados por el ingenio El Potrero se generan 0.059 kg/ton de azúcar. El área ambiental y de seguridad del ingenio cumple con la correcta disposición de estos, ya que en el ingenio se almacenan y se disponen los residuos peligrosos conforme a la normatividad vigente.

Es necesario también reducir los tiempos perdidos en fábrica debido a fallas en el equipo y puede lograrse aprobando el presupuesto requerido para la compra de equipo necesario para la operación en el ingenio. Cabe mencionar que el ingenio realiza paros con el fin de dar mantenimiento a sus equipos y a asegurar la calidad del azúcar que se produce, los cuales son calendarizados por el personal encargado

por lo que no es conveniente tener paros con distintos motivos a los ya expuestos, ya que se generarían pérdidas económicas cuantiosas.

Por todo lo anterior se puede concluir que de acuerdo a la tesis, efectivamente existen posibilidades de beneficios económicos y ambientales en el Ingenio El Potrero en la medida que se establezcan las medidas de Producción Más Limpia propuestos en este trabajo.

# ANEXOS

**Anexo 1. Producción de azúcar de los ingenios tipo A.**

TIPO A							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA	AZÚCAR PRODUCIDA
	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)	(TON)
La joya	22,475	28,089	31,401	35,291	27,593	40,189	44,270
Bella Vista	56,812	55,366	53,204	54,088	40,702	52,720	46,836
José María Morelos	50,779	50,798	54,304	63,215	56,947	61,301	66,377
Pedernales	33,250	32,877	34,427	36,029	33,916	36,152	35,248
Lázaro Cárdenas	33,299	32,328	33,310	34,742	29,236	32,852	34,796
Santa Clara	38,588	85,544	78,726	75,003	67,769	72,081	68,082
Casasano "La Abeja"	39,418	36,935	36,271	46,592	41,379	43,230	43,773
El refugio	41,422	36,187	39,206	49,008	42,998	43,961	48,250
Santo Domingo	6,059	8,757	7,441	6,002	-	-	-
Calípam	31,700	25,828	30,822	18,971	22,238	18,984	22,253
El Dorado	50,766	61,449	48,501	42,330	48,505	56,773	50,303
AZUREMEX	22,000	20,216	20,440	23,896	19,042	19,201	15,759
El Mante	95,078	95,165	84,888	109,239	101,160	93,573	93,485
Cuatotolapam	38,039	36,421	44,691	61,527	50,205	58,230	49,923
La Providencia	63,751	66,026	82,439	85,839	94,391	87,224	96,896
San Gabriel	43,990	40,274	37,213	50,603	43,280	40,017	30,594
San Miguelito	55,333	54,022	56,026	61,714	58,566	54,623	57,263
Central Progreso	67,843	66,902	71,161	81,263	80,415	88,108	80,247
El Carmen	61,350	61,104	66,429	67,800	67,536	63,750	65,200
La Concepción	17,929	17,105	12,790	9,048	7,846	11,071	8,269
Mahuixtlan	39,899	37,684	42,521	51,205	54,212	46,250	44,016
San José de Abajo	55,734	51,149	61,141	65,078	64,584	66,001	55,590
San Nicolás	53,615	49,739	59,902	64,036	60,712	61,881	60,749
Total	1,019,129	1,049,965	1,087,254	1,192,519	1,113,232	1,148,172	1,118,179

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.



## Anexo 2. Producción de azúcar de los ingenios tipo B.

TIPO B							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida
	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]
Quesería	94,217	93,150	97,167	111,859	90,486	101,684	98,092
Huixtla	78,739	76,512	85,295	83,639	84,351	99,024	96,241
Melchor Ocampo	94,027	98,477	94,655	103,019	99,327	107,803	106,950
San Fco. Ameca	68,854	84,476	85,870	100,300	87,152	101,184	107,077
Tamazula	151,848	159,057	168,039	172,427	153,555	165,744	162,541
Emiliano Zapata	110,036	109,802	127,563	135,740	127,668	141,671	147,679
El Molino	67,668	70,294	75,203	92,682	74,591	81,484	84,637
Pablo Machado (La Margarita)	101,843	91,047	105,743	104,279	98,094	94,964	104,971
Alianza popular	123,391	120,326	111,954	129,358	121,492	101,603	130,085
Plan de Ayala	101,058	88,746	83,508	123,900	112,964	81,625	114,781
Plan de San Luis	99,852	86,373	89,186	145,471	112,110	95,251	127,828
San Miguel del Naranjo	129,235	104,655	103,056	157,518	120,335	106,638	170,890
Los Mochis	71,303	99,002	86,425	48,127	96,410	106,614	98,585
PROZUCAR (La Primavera)	29,605	23,196	28,758	22,166	33,346	59,596	50,516
Santa Rosalía	52,646	51,028	58,270	61,705	59,327	52,625	45,722
Aarón Sáenz Garza	94,091	123,249	103,296	134,559	120,362	117,687	136,827
Independencia	27,495	15,866	14,283	12,721	12,736	10,672	5,736
El Modelo	117,120	123,855	127,861	115,853	128,400	117,287	119,667
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	100,303	118,456	102,528	143,902	145,094	113,229	133,991
Constancia	73,101	58,663	69,572	86,306	74,348	69,230	77,765
El Higo	85,138	89,068	93,725	126,167	117,450	84,918	135,489
Nuevo San Francisco	44,200	43,488	39,172	63,681	48,466	46,523	57,503
Total	1,915,770	1,928,786	1,951,129	2,275,379	2,118,064	2,057,056	2,313,573

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

### Anexo 3. Producción de azúcar de los ingenios tipo C.

TIPO C							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida	Azúcar producida
	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]
Pujilc(Cía La Fe)	163,653	169,148	157,811	170,189	176,608	172,031	175,457
José Ma. Martínez (Tala)	154,381	200,141	198,047	208,375	146,047	191,739	210,817
Puga	129,338	140,869	141,958	185,769	150,743	161,741	145,435
Adolfo López Mateos	130,923	125,898	135,541	175,324	151,975	171,887	183,000
Atencingo	152,888	149,221	165,700	192,558	167,614	195,358	188,878
San Rafael de Pucté	131,302	136,891	133,269	154,004	158,381	130,872	115,041
Presidente Benito Juárez	96,352	91,202	95,704	95,114	87,604	81,319	73,174
El Potrero	160,009	163,651	174,676	188,255	173,161	180,561	187,821
San Cristóbal	250,624	261,182	234,534	308,457	234,300	241,995	236,235
San Pedro	78,866	84,318	82,811	118,492	103,730	80,731	60,037
Central Motzorongo	144,844	123,202	133,517	144,782	130,132	137,233	143,327
La Gloria	131,732	138,294	154,112	154,211	182,809	155,834	166,799
Tres Valles	179,073	164,808	178,013	233,011	187,690	207,555	202,934
Total	1,903,985	1,948,825	1,985,693	2,328,541	2,050,794	2,108,856	2,088,955

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

**Anexo 4. Caña molida bruta de los ingenios tipo A durante las zafas 2002 a 2008.**

TIPO A							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta
	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]
Azsuremex - Tenosique	246,689	219,397	241,143	230,485	206,364	224,933	191,102
Bellavista	488,919	474,464	463,956	460,973	374,346	468,416	396,718
Calipam	298,786	261,042	287,489	180,391	221,555	198,170	228,719
Casasano (La Abeja)	357,953	350,273	349,176	400,946	365,659	362,283	343,917
Central Progreso	555,515	546,684	570,366	718,235	650,529	721,899	640,091
Cuatotolapam	367,377	353,279	425,971	562,496	508,113	586,658	526,670
El Carmen	576,784	589,210	632,663	649,935	642,518	626,320	616,863
El Mante	886,178	930,871	838,594	1,068,104	966,454	952,636	941,258
El refugio	386,152	353,409	370,470	452,809	382,430	415,239	438,513
Eldorado	511,761	585,715	460,981	439,532	505,424	694,594	527,225
José María Morelos	457,073	492,632	496,458	592,818	513,312	560,248	573,662
La Concepción	166,721	169,507	144,155	104,545	82,965	120,453	96,325
La Joya	243,598	250,131	287,532	335,759	269,340	400,935	393,258
La Providencia	552,311	562,552	699,965	789,260	833,037	836,576	844,121
Lázaro Cárdenas	277,208	264,054	267,242	287,972	263,389	286,865	286,760
Mahuixtlan	344,314	333,007	368,247	447,401	471,043	414,125	374,602
Pedernales	300,777	294,739	310,195	331,849	317,339	326,369	309,666
San Gabriel	396,272	376,884	353,300	443,780	418,258	412,119	346,502
San José de Abajo	474,897	448,594	542,977	583,661	586,803	631,459	504,706
San Miguelito	492,132	505,739	523,941	559,693	520,334	529,536	489,564
San Nicolás	472,107	421,319	527,425	563,818	537,175	602,343	552,723
Santa Clara	360,959	703,377	665,481	621,955	572,428	600,766	567,719
Santo Domingo	64,598	97,121	87,828	61,790	-	-	-
Total	9,279,081	9,584,000	9,915,555	10,888,207	10,208,815	10,972,942	10,190,684

Fuente: Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>.

**Anexo 5. Caña molida bruta de los ingenios tipo B durante las zafas 2002 a 2008.**

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta
	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]
Aarón Sáenz Garza	878,064	1,075,314	966,814	1,211,250	1,066,250	1,060,608	1,227,803
Alianza Popular	1,008,640	1,030,914	999,897	1,135,758	1,001,296	952,561	1,073,013
Constancia	620,835	533,298	612,322	771,336	674,556	698,530	664,907
El Higo	807,707	794,953	922,228	1,176,618	1,152,830	928,197	1,198,403
El Modelo	993,689	1,110,882	1,160,126	1,040,610	1,116,518	1,037,799	1,025,888
El Molino	540,489	560,744	597,565	707,194	605,700	653,959	674,191
Emiliano Zapata	990,156	936,179	1,079,386	1,154,764	1,042,424	1,155,113	1,159,161
Huixtla	870,455	865,162	914,212	901,144	894,884	1,023,295	941,521
Independencia	272,269	196,214	171,494	144,833	146,410	131,672	91,266
PROZUCAR (La Primavera)	320,702	266,597	302,704	241,747	351,010	674,942	551,701
Los Mochis	830,304	1,061,252	1,006,047	576,181	1,025,620	1,118,493	1,061,548
Melchor Ocampo	804,708	877,106	833,974	884,707	843,481	909,203	865,251
Nuevo san francisco (Naranjal)	442,686	432,234	407,802	654,396	515,762	569,211	667,333
Pablo Machado (la Margarita)	819,722	774,904	865,606	858,018	793,026	839,607	857,772
Plan de Ayala	934,460	912,973	816,911	1,174,434	952,813	811,877	942,531
Plan de San Luis	802,983	775,825	827,053	1,244,379	900,744	869,680	1,071,359
Queseria	808,183	843,328	888,011	955,939	824,313	881,551	823,707
San Francisco Ameca	578,314	686,427	716,845	835,580	785,110	878,857	868,697
San Miguel del Naranjo	1,024,501	879,932	947,174	1,301,028	990,485	933,304	1,328,289
Santa Rosalia	513,084	453,360	576,455	539,647	545,854	498,281	412,944
Tamazula	1,233,568	1,288,626	1,352,803	1,398,009	1,264,842	1,335,238	1,279,715
Azucarero del Golfo-Zapoapita Pánuco	846,391	999,322	934,741	1,230,461	1,251,183	1,023,424	1,133,075
<b>Total</b>	<b>16,941,910</b>	<b>17,355,546</b>	<b>17,900,170</b>	<b>20,138,033</b>	<b>18,745,111</b>	<b>18,985,402</b>	<b>19,920,075</b>

Fuente: Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>.

**Anexo 6. Caña molida bruta de los ingenios tipo C durante las zafas 2002 a 2008.**

TIPO C							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta	Caña molida bruta
	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]	[TON]
Adolfo López Mateos	1,033,160	1,070,234	1,148,510	1,418,981	1,250,995	1,493,139	1,560,065
Atencingo	1,240,773	1,157,990	1,310,276	1,493,605	1,282,575	1,529,539	1,462,939
Central Motzorongo	1,273,414	1,101,489	1,225,127	1,329,346	1,158,468	1,288,016	1,282,389
El Potrero	1,327,159	1,420,956	1,467,282	1,552,258	1,402,817	1,529,976	1,477,426
Jose María. Martinez (Tala)	1,324,964	1,638,648	1,680,819	1,682,494	1,453,733	1,776,806	1,742,264
La Gloria	1,109,545	1,181,628	1,303,108	1,331,802	1,539,423	1,360,440	1,388,743
Presidente Benito Juárez	916,128	811,931	980,015	920,385	965,284	811,741	758,256
Puga	1,076,957	1,116,429	1,212,700	1,472,639	1,345,859	1,375,516	1,239,255
Pujiltic (Cia. La fe)	1,450,787	1,500,189	1,377,117	1,435,563	1,388,096	1,402,603	1,381,538
San Cristóbal	2,235,239	2,479,787	2,293,634	2,841,543	2,384,061	2,374,700	2,343,170
San Pedro	783,953	847,739	843,052	1,159,565	1,096,758	874,440	658,283
San Rafael de Pucté	1,213,013	1,258,601	1,271,162	1,374,468	1,564,435	1,455,817	1,171,593
Tres Valles	1,419,401	1,423,070	1,527,722	1,853,754	1,503,981	1,794,528	1,727,967
Total	16,404,493	17,008,691	17,640,524	19,866,403	18,336,485	19,067,261	18,193,888

Fuente: Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera, en línea <http://siazucar.siap.gob.mx/>.

**Anexo 7. Consumo de petróleo y Generación de CO<sub>2</sub> por uso de petróleo, en los ingenios tipo A.**

Zafra	2008		2007		2006	
Ingenios	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
	(LT/TON)	TON	(LT/TON)	TON	(LT/TON)	TON
La Joya	7,045,128	21,286	8,853,637	26,750	4,785,178	14,458
Bella Vista	2,982,048	9,010	3,802,694	11,489	3,730,338	11,271
José María Morelos	3,518,645	10,631	3,412,014	10,309	4,931,610	14,900
Pedernales	124,073	375	53,866	163	308,296	931
Lázaro Cárdenas	122,482	370	1,379,784	4,169	167,230	505
Santa Clara	1,188,712	3,592	2,660,510	8,038	2,855,786	8,628
Casasano "La Abeja"	8,356,266	25,247	9,488,553	28,668	12,056,185	36,426
El Refugio	0	0	0	0	374,513	1,132
Santo Domingo	-	-	-	-	-	-
Calípam	1,827,416	5,521	3,664,292	11,071	4,061,993	12,273
El dorado	814,909	2,462	2,825,592	8,537	2,166,233	6,545
AZUREMEX	1,088,789	3,290	1,561,041	4,716	1,395,588	4,217
El Mante	6,308,368	19,060	6,313,370	19,075	9,944,028	30,044
Cuatotolapam	7,762,527	23,453	7,185,000	21,708	7,023,177	21,219
La Providencia	8,505,531	25,698	11,190,839	33,811	12,029,189	36,344
San Gabriel	2,811,589	8,495	4,848,860	14,650	7,671,813	23,179
San Miguelito	2,201,190	6,651	6,120,507	18,492	8,837,609	26,701
Central Progreso	670,865	2,027	644,069	1,946	548,430	1,657
El Carmen	18,827,152	56,883	21,410,438	64,688	21,759,424	65,743
La Concepción	2,641,119	7,980	3,460,573	10,456	3,531,563	10,670
Mahuixtlan	0	0	83,713	253	158,299	478
San José de Abajo	9,762,716	29,496	21,095,240	63,736	7,885,706	23,825
San Nicolás	5,782,697	17,471	6,002,457	18,135	5,236,410	15,821
Total	92,342,220	278,997	126,057,048	380,861	121,458,600	366,968

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2,005		2,004		2,003	
Ingenios	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO2 por petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO2 por petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO2 por petróleo
	(LT/TON)	TON	(LT/TON)	TON	(LT/TON)	TON
La Joya	7,451,342	22,513	4,655,826	14,067	5,989,137	18,095
Bella Vista	4,379,505	13,232	3,682,781	11,127	5,039,967	15,227
José María Morelos	4,466,772	13,496	3,689,957	11,149	5,911,363	17,860
Pedernales	815,336	2,463	822,805	2,486	1,039,571	3,141
Lázaro Cárdenas	1,827,082	5,520	1,660,837	5,018	1,615,107	4,880
Santa Clara	2,813,363	8,500	4,587,364	13,860	4,921,346	14,869
Casasano "La Abeja"	10,859,663	32,811	9,946,596	30,052	9,392,940	28,379
El Refugio	533,207	1,611	1,668,607	5,041	906,484	2,739
Santo Domingo	490,303	1,481	593,197	1,792	870,971	2,632
Calipam	4,060,743	12,269	4,696,656	14,190	5,359,827	16,194
El Dorado	3,451,588	10,428	4,005,698	12,103	7,118,867	21,509
Azuremex	2,296,884	6,940	2,864,053	8,653	3,469,672	10,483
El Mante	12,681,556	38,315	13,211,968	39,918	9,850,529	29,762
Cuatotlapam	8,156,634	24,644	13,010,444	39,309	13,684,462	41,345
La Providencia	11,098,124	33,531	8,316,446	25,127	6,592,696	19,919
San Gabriel	7,360,206	22,238	6,702,433	20,250	6,890,881	20,820
San Miguelito	9,887,200	29,873	10,094,204	30,498	11,621,213	35,112
Central Progreso	1,497,677	4,525	1,874,381	5,663	2,097,378	6,337
El Carmen	15,398,736	46,525	16,982,574	51,310	14,835,440	44,823
La Concepción	4,929,984	14,895	7,524,101	22,733	6,227,588	18,816
Mahuixtlan	242,712	733	851,270	2,572	2,201,499	6,651
San José de Abajo	17,693,407	53,458	14,615,145	44,157	11,628,214	35,133
San Nicolás	6,360,696	19,218	5,482,231	16,564	4,765,991	14,400
Total	138,752,719	419,219	141,539,575	427,639	142,031,143	429,124

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2002	
Ingenios	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
	(LT/TON)	TON
La Joya	6,985,904	21,107
Bella Vista	3,979,681	12,024
José María Morelos	5,436,908	16,427
Pedernales	1,207,640	3,649
Lázaro Cárdenas	869,770	2,628
Santa Clara	4,325,329	13,068
Casasano"La Abeja"	8,280,933	25,020
El refugio	980,873	2,964
Santo Domingo	382,444	1,155
Calípam	6,397,060	19,328
El Dorado	6,932,605	20,946
AZUREMEX	3,692,480	11,156
El Mante	19,207,658	58,033
Cuatotolapam	12,078,524	36,493
La Providencia	11,606,507	35,067
San Gabriel	8,511,625	25,717
San Miguelito	14,610,679	44,144
Central Progreso	2,960,669	8,945
El Carmen	14,838,111	44,831
La Concepción	5,712,359	17,259
Mahuixtlan	2,022,081	6,109
San José de Abajo	5,303,090	16,022
San Nicolás	5,065,545	15,305
Total	151,388,473	457,396

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.



**Anexo 8. Consumo de petróleo y Generación de CO<sub>2</sub> por uso de petróleo, en los ingenios tipo B.**

Zafra	2008		2007		2006	
Ingenios	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Quesería	0	0	0	0	166,494	503
Huixtla	665,025	2,009	1,052,625	3,180	1,116,807	3,374
Melchor Ocampo	0	0	0	0	657,545	1,987
San Fco. Ameca	0	0	0	0	321,591	972
Tamazula	8,676,439	26,214	13,035,766	39,385	9,492,770	28,681
Emiliano Zapata	15,927,180	48,121	19,926,026	60,203	19,792,370	59,799
El Molino	532,367	1,608	1,140,776	3,447	1,050,241	3,173
Pablo Machado (La Margarita)	4,063,427	12,277	7,134,645	21,556	5,049,879	15,257
Alianza popular	1,087,511	3,286	2,909,910	8,792	1,566,032	4,732
Plan de Ayala	6,699,767	20,242	13,876,250	41,925	10,669,450	32,236
Plan de San Luis	6,860,529	20,728	14,477,199	43,741	15,042,920	45,450
San Miguel del Naranjo	1,444,021	4,363	2,588,104	7,820	635,369	1,920
Los Mochis	11,030,676	33,327	13,360,866	40,368	9,641,964	29,132
PROZUCAR (La Primavera)	680,956	2,057	2,446,416	7,391	2,525,626	7,631
Santa Rosalía	3,883,169	11,732	4,379,979	13,233	4,448,932	13,442
Aarón Saenz Garza	8,412,124	25,416	5,084,078	15,361	13,055,666	39,446
Independencia	1,178,691	3,561	2,365,662	7,147	1,870,282	5,651
El Modelo	2,516,597	7,603	8,816,464	26,638	9,951,000	30,065
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	3,648,575	11,024	8,816,464	26,638	3,179,010	9,605
Constancia	0	0	0	0	0	0
El Higo	409,177	1,236	1,761,199	5,321	4,433,738	13,396
Nuevo San Francisco	1,400,198	4,230	5,148,700	15,556	2,462,073	7,439
Total	79,116,427	239,038	128,321,131	387,702	117,129,757	353,889

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2005		2004		2003	
	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Ingenios						
Quesería	2,345,683	7,087	5,809,615	17,553	4,083,696	12,338
Huixtla	1,300,586	3,930	2,037,698	6,157	2,700,108	8,158
Melchor Ocampo	0	0	525,335	1,587	590,862	1,785
San Fco. Ameca	2,048,126	6,188	4,781,242	14,446	4,339,532	13,111
Tamazula	6,853,973	20,708	9,442,111	28,528	15,011,800	45,356
Emiliano Zapata	22,566,775	68,182	22,229,128	67,162	16,187,011	48,906
El Molino	377,216	1,140	1,401,784	4,235	1,991,429	6,017
Pablo Machado (La Margarita)	4,258,754	12,867	6,249,411	18,882	6,770,255	20,455
Alianza popular	1,384,131	4,182	1,508,020	4,556	459,645	1,389
Plan de Ayala	16,716,588	50,506	16,400,136	49,550	14,293,431	43,185
Plan de San Luis	14,708,573	44,440	17,269,977	52,178	17,260,780	52,151
San Miguel del Naranjo	1,368,831	4,136	9,901,620	29,916	6,123,364	18,501
Los Mochis	8,027,102	24,253	13,684,535	41,346	12,471,282	37,680
PROZUCAR (La Primavera)	1,968,119	5,946	1,684,931	5,091	1,148,666	3,471
Santa Rosalía	3,427,713	10,356	6,785,542	20,501	3,757,702	11,353
Aarón Sáenz Garza	9,738,035	29,422	19,168,639	57,915	19,215,752	58,057
Independencia	1,148,197	3,469	1,599,268	4,832	2,938,542	8,878
El Modelo	6,625,633	20,018	7,355,843	22,225	8,923,753	26,962
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	6,353,273	19,195	2,500,658	7,555	2,161,822	6,532
Constancia	579,976	1,752	1,689,904	5,106	3,282,781	9,918
El Higo	5,039,110	15,225	5,849,377	17,673	5,440,273	16,437
Nuevo San Francisco	1,955,644	5,909	1,349,084	4,076	1,315,512	3,975
Total	118,792,040	358,911	159,223,858	481,069	150,467,998	454,615

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2002	
Ingenios	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Quesería	4782455	14449
Huixtla	2559018	7732
Melchor Ocampo	1212008	3662
San Fco. Ameca	5142705	15538
Tamazula	18120022	54747
Emiliano Zapata	20558026	62113
El Molino	1805382	5455
Pablo Machado (La Margarita)	10820819	32693
Alianza Popular	178917	541
Plan de Ayala	8976982	27123
Plan de San Luis	10775029	32555
San Miguel del Naranjo	626790	1894
Los Mochis	8191289	24749
PROZUCAR (La Primavera)	1190121	3596
Santa Rosalía	6614970	19986
Aarón Sáenz Garza	13317640	40237
Independencia	1955994	5910
El Modelo	7748659	23411
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	1299927	3928
Constancia	4583433	13848
El Higo	3397006	10264
Nuevo San Francisco	3514342	10618
Total	137371534	415046

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

**Anexo 9. Consumo de petróleo y Generación de CO<sub>2</sub> por uso de petróleo, en los ingenios tipo C.**

Zafra	2008		2007		2006	
	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Ingenios						
Pujilc(Cía La Fe)	693,055	2,094	1,969,755	5,951	1,930,325	5,832
José Ma. Martínez (Tala)	564,990	1,707	3,424,459	10,346	6,572,115	19,857
Puga	3,176,300	9,597	3,529,189	10,663	7,071,354	21,365
Adolfo López Mateos	7,030,860	21,243	7,826,015	23,645	5,478,699	16,553
Atencingo	2,508,300	7,578	4,040,003	12,206	3,989,213	12,053
San Rafael de Pucté	0	0	0	0	996,216	3,010
Presidente Benito Juárez	1,583,485	4,784	8,966,233	27,090	13,640,819	41,214
El Potrero	12,118,211	36,613	13,466,239	40,686	28,071,130	84,812
San Cristóbal	29,912,076	90,375	48,529,677	146,625	49,936,359	150,875
San Pedro	5,273,050	15,932	10,389,272	31,390	5,074,472	15,332
Central Motzorongo	5,627,018	17,001	9,254,994	27,962	6,981,582	21,094
La Gloria	425,337	1,285	165,184	499	581,333	1,756
Tres Valles	7,792,666	23,544	15,410,959	46,562	7,423,140	22,428
Total	76,705,348	231,753	126,971,979	383,626	137,746,756	416,180

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2005		2004		2003	
	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Ingenios						
Pujilc(Cía La Fe)	7,901,875	23,874	2,307,197	6,971	5,703,671	17,233
José Ma. Martínez (Tala)	5,449,006	16,463	8,016,943	24,222	6,548,614	19,786
Puga	12,706,600	38,391	13,146,730	39,721	13,778,397	41,629
Adolfo López Mateos	6,492,248	19,615	8,934,863	26,995	11,264,094	34,033
Atencingo	5,351,187	16,168	6,412,590	19,375	6,771,649	20,459
San Rafael de Pucté	1,841,888	5,565	3,174,468	9,591	3,204,618	9,682
Presidente Benito Juárez	12,050,944	36,410	9,758,937	29,485	11,036,354	33,345
El Potrero	36,918,688	111,544	32,575,327	98,421	33,546,818	101,356
San Cristóbal	62,798,761	189,736	53,408,082	161,364	88,488,462	267,354
San Pedro	4,360,506	13,175	3,331,487	10,066	3,164,455	9,561
Central Motzorongo	10,693,599	32,309	35,974,820	108,692	28,598,880	86,407
La Gloria	132,621	401	295,895	894	359,564	1,086
Tres Valles	8,912,671	26,928	8,329,228	25,165	12,747,899	38,516
Total	175,610,592	530,579	185,666,567	560,962	225,213,474	680,446

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2002	
	Consumo total de petróleo por azúcar producida	Generación de CO <sub>2</sub> por combustión del petróleo
Ingenios		
Pujilc(Cía La Fe)	3,747,654	11,323
José Ma. Martínez (Tala)	5,151,694	15,565
Puga	13,817,179	41,746
Adolfo López Mateos	10,764,489	32,523
Atencingo	8,239,134	24,893
San Rafael de Pucté	5,672,246	17,138
Presidente Benito Juárez	12,454,460	37,629
El Potrero	38,667,775	116,828
San Cristóbal	76,663,375	231,626
San Pedro	6,526,950	19,720
Central Motzorongo	31,328,309	94,653
La Gloria	741,651	2,241
Tres Valles	6,955,195	21,014
Total	213,774,916	645,887

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

**Anexo 10. Consumo de energía eléctrica en las zafras 2006 a 2008, de los ingenios tipo A.**

Zafr	2006	2007	2008
Ingenios	[KWH]	[KWH]	[KWH]
La joya	Sin dato	9,975,555	9,077,961
Bella Vista	Sin dato	7,385,212	5,930,486
José María Morelos	Sin dato	10,278,403	10,719,214
Pedernales	Sin dato	2,422,900	1,480,026
Lázaro Cárdenas	Sin dato	6,179,720	5,249,753
Santa Clara	Sin dato	7,660,973	9,889,499
Casasano "La abeja"	Sin dato	4,453,548	4,005,956
El Refugio	Sin dato	0	3,826,150
Santo Domingo	Sin dato		
Calípam	Sin dato	1,767,600	210,600
El dorado	Sin dato	14,027,911	10,744,067
Azuremex	Sin dato	1,631,100	1,774,100
El Mante	Sin dato	10,868	9,358,430
Cuatotolapam	Sin dato	9,622,700	10,175,056
La Providencia	Sin dato	10,111,200	10,715,000
San Gabriel	Sin dato	5,643,321	4,474,798
San Miguelito	Sin dato	6,562,597	5,200,774
Progreso	Sin dato	8,455,600	7,967,200
El Carmen	Sin dato	12,418	44,344,031
La Concepción	Sin dato	1,452,571	1,305,880
Mahuixtlan	Sin dato	3,116,719	3,621,100
San José de Abajo	Sin dato	11,643,304	9,325,962
San Nicolás	Sin dato	8,749,428	7,786,000
Total de energía eléctrica		131,163,648	177,182,043

Fuente: Datos proporcionados por la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica.

**Anexo 11. Consumo de energía eléctrica en las zafras 2006 a 2008, de los ingenios tipo B.**

Zafra	2006	2007	2008
Ingenios		[KWH]	[KWH]
Quesería	Sin dato	15,298,500	13,840,420
Huixtla	Sin dato	20,789,600	19,405,600
Melchor Ocampo	Sin dato	10,897,400	10,713,200
San Fco. Ameca	Sin dato	10,570,289	10,575,526
Tamazula	Sin dato	26,626,730	24,541,714
Emiliano Zapata	Sin dato	21,869,337	16,527,730
El Molino	Sin dato	8,788,513	9,368,061
La Margarita	Sin dato	12,733,157	14,494,032
Alianza Popular	Sin dato	13,177,592	14,076,585
Plan de Ayala	Sin dato	19,281,451	19,851,119
Plan de San Luis	Sin dato	21,602,480	24,487,140
San Miguel del Naranjo	Sin dato	11,991,438	19,832,555
Los Mochis	Sin dato	23,018,600	22,080,200
PROZUCAR	Sin dato	6,364,800	4,969,400
Santa Rosalía	Sin dato	6,332,998	5,283,247
Aarón Saenz Garza	Sin dato	20,419,000	27,408,000
Independencia	Sin dato	2,542,006	1,436,650
El Modelo	Sin dato	15,553,812	14,824,686
Azucarero del Golfo	Sin dato		
Constancia	Sin dato	14,090,376	1,383,255
El Higo	Sin dato	12,955,000	15,533,000
Nuevo San Francisco	Sin dato	7,173,730	7,302,900
Total de energía eléctrica		302,076,809	297,935,020

Fuente: Datos proporcionados por la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica.



**Anexo 12. Consumo de energía eléctrica en las zafras 2006 a 2008, de los ingenios tipo C.**

Zafra	2006	2007	2008
Ingenios	[KWH]	[KWH]	[KWH]
La fe	Sin dato	17,450,670	17,609,800
Tala	Sin dato	20,470,320	19,689,864
Puga	Sin dato	22,306,823	21,498,871
Adolfo López Mateos	Sin dato	26,516,389	30,159,566
Atencingo	Sin dato	25,381,675	24,273,300
San Rafael de Pucté	Sin dato	23,171,940	19,344,852
Presidente Benito Juárez	Sin dato	30,579,338	13,555,000
El Potrero	Sin dato	20,169,900	20,716,600
San Cristóbal	Sin dato	43,520,000	40,406,700
San Pedro	Sin dato	12,906,000	9,412,000
Motzorongo	Sin dato	18,883,043	20,077,915
La Gloria	Sin dato	27,599,500	30,978,900
Tres Valles	Sin dato	34,350,900	35,387,960
Total de energía eléctrica		323,306,498	303,111,328

Fuente: Datos proporcionados por la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica.

**Anexo 13. Índice promedio de extracción, recirculación, demanda, consumo y descarga de agua, para la producción de azúcar refinada.**

Industria azucarera	Índice de extracción	Índice de recirculación	Índice de demanda	Índice de consumo	Índice de descarga
	[m <sup>3</sup> /ton]	[m <sup>3</sup> /ton]	[m <sup>3</sup> /ton]	[m <sup>3</sup> /ton]	[m <sup>3</sup> /ton]
<b>Refinada</b>	97	52	149	18	78
<b>Refinada</b>	92	50	142	17	75
<b>Refinada</b>	127	69	196	24	103
<b>Refinada</b>	57	31	87	11	46
<b>Refinada</b>	106	57	163	20	86
<b>STD</b>	88	48	136	17	72
<b>STD</b>	89	48	137	17	72
<b>STD</b>	63	34	97	12	51
<b>Promedio</b>	90	49	138	17	73

Fuente: CONAGUA, 1999.

**Anexo 14. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo A en las zafas 2002 hasta 2008.**

TIPO A							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Azsuremex - Tenosique	22,171,174	19,718,305	21,672,727	20,714,839	18,546,965	20,215,853	17,175,292
Bellavista	43,941,595	42,642,452	41,698,046	41,429,948	33,644,347	42,098,888	35,655,030
Calipam	26,853,392	23,461,150	25,838,074	16,212,641	19,912,256	17,810,529	20,556,120
Casasano (La Abeja)	32,171,026	31,480,786	31,382,193	36,035,022	32,863,603	32,560,185	30,909,540
Central Progreso	49,926,911	49,133,225	51,261,644	64,551,371	58,466,294	64,880,673	57,528,179
Cuatotolapam	33,018,008	31,750,950	38,284,144	50,554,328	45,666,656	52,725,888	47,334,466
El Carmen	51,838,462	52,955,249	56,860,587	58,412,908	57,746,305	56,290,510	55,440,562
El Mante	79,645,248	83,662,031	75,368,636	95,995,847	86,860,053	85,618,161	84,595,563
El Refugio	34,705,411	31,762,634	33,295,991	40,696,209	34,370,896	37,319,605	39,411,356
El Dorado	45,994,520	52,641,136	41,430,667	39,502,939	45,424,982	62,426,636	47,384,347
José María Morelos	41,079,436	44,275,301	44,619,163	53,279,518	46,133,916	50,352,289	51,557,872
La Concepción	14,984,050	15,234,442	12,955,931	9,395,982	7,456,479	10,825,713	8,657,209
La Joya	21,893,370	22,480,524	25,841,939	30,176,340	24,206,933	36,034,033	35,344,063
La Providencia	49,638,951	50,559,361	62,909,354	70,934,743	74,869,200	75,187,268	75,865,375
Lázaro Cárdenas	24,914,069	23,731,853	24,018,375	25,881,484	23,672,086	25,781,992	25,772,555
Mahuixtlan	30,945,221	29,929,004	33,096,199	40,210,165	42,334,990	37,219,484	33,667,355
Pedernales	27,032,333	26,489,668	27,878,776	29,824,929	28,520,843	29,332,414	27,831,232
San Gabriel	35,614,946	33,872,450	31,752,838	39,884,728	37,590,938	37,039,195	31,141,867
San José de Abajo	42,681,368	40,317,386	48,800,058	52,456,532	52,738,920	56,752,378	45,360,452
San Miguelito	44,230,364	45,453,293	47,089,197	50,302,408	46,765,018	47,592,048	43,999,565
San Nicolás	42,430,617	37,866,045	47,402,322	50,673,143	48,278,603	54,135,577	49,675,980
Santa Clara	32,441,190	63,216,008	59,810,105	55,898,206	51,446,967	53,993,844	51,023,745
Santo Domingo	5,805,745	8,728,750	7,893,542	5,553,376	-	-	-
Total	833,957,405	861,362,000	891,160,506	978,577,604	917,517,248	986,193,162	915,887,725

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 15. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo A en las zafras 2002 hasta 2008.**

TIPO A							
Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Azuremex - Tenosique	17,977,461	15,988,556	17,573,296	16,796,594	15,038,777	16,391,992	13,926,558
Bellavista	35,629,972	34,576,564	33,810,794	33,593,407	27,280,465	34,135,816	28,910,824
Calipam	21,774,030	19,023,436	20,950,761	13,145,994	16,145,821	14,441,639	16,667,897
Casasano (La Abeja)	26,085,825	25,526,145	25,446,201	29,218,940	26,647,400	26,401,374	25,062,951
Central Progreso	40,483,156	39,839,597	41,565,422	52,341,376	47,407,301	52,608,390	46,646,632
Cuatotolapam	26,772,599	25,745,207	31,042,637	40,991,896	37,028,735	42,752,702	38,381,076
El Carmen	42,033,134	42,938,679	46,105,316	47,364,013	46,823,499	45,643,070	44,953,891
El Mante	64,580,222	67,837,224	61,112,538	77,838,079	70,430,335	69,423,349	68,594,177
El Refugio	28,140,827	25,754,681	26,998,001	32,998,456	27,869,586	30,260,542	31,956,635
El Dorado	37,294,583	42,683,981	33,593,990	32,030,895	36,832,774	50,618,538	38,421,522
José María Morelos	33,309,195	35,900,557	36,179,377	43,201,612	37,407,612	40,828,073	41,805,618
La Concepción	12,149,793	12,352,823	10,505,296	7,618,717	6,046,074	8,778,012	7,019,684
La Joya	17,752,204	18,228,297	20,953,895	24,468,437	19,628,153	29,218,138	28,658,677
La Providencia	40,249,664	40,995,977	51,009,949	57,517,323	60,707,571	60,965,476	61,515,318
Lázaro Cárdenas	20,201,533	19,242,935	19,475,261	20,985,960	19,194,473	20,905,287	20,897,635
Mahuixtlan	25,091,883	24,267,885	26,836,000	32,604,348	34,327,259	30,179,359	27,299,121
Pedernales	21,919,124	21,479,105	22,605,461	24,183,496	23,126,080	23,784,141	22,566,910
San Gabriel	28,878,322	27,465,422	25,746,738	32,340,468	30,480,552	30,033,172	25,251,333
San José de Abajo	34,608,119	32,691,288	39,569,449	42,534,295	42,763,269	46,017,575	36,780,450
San Miguelito	35,864,120	36,855,730	38,182,200	40,787,627	37,919,340	38,589,936	35,676,977
San Nicolás	34,404,798	30,703,622	38,436,097	41,088,237	39,146,628	43,895,746	40,279,689
Santa Clara	26,304,887	51,258,599	48,496,928	45,324,971	41,715,691	43,780,822	41,372,522
Santo Domingo	4,707,579	7,077,693	6,400,466	4,502,946	-	-	-
<b>Total</b>	<b>676,213,028</b>	<b>698,434,000</b>	<b>722,596,071</b>	<b>793,478,085</b>	<b>743,967,393</b>	<b>799,653,148</b>	<b>742,646,097</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 16. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo B en las zafra 2002 hasta 2008.**

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Aarón Sáenz Garza	78,916,002	96,643,846	86,892,408	108,861,094	95,829,219	95,322,144	110,348,795
Alianza Popular	90,651,520	92,653,396	89,865,743	102,076,250	89,991,478	85,611,420	96,437,043
Constancia	55,797,546	47,930,158	55,032,440	69,323,823	60,625,721	62,780,384	59,758,517
El Higo	72,592,667	71,446,401	82,885,242	105,748,543	103,610,596	83,421,705	107,706,470
El Modelo	89,307,799	99,840,520	104,266,324	93,524,824	100,347,055	93,272,185	92,201,684
El Molino	48,576,449	50,396,867	53,706,154	63,559,061	54,437,288	58,774,565	60,592,916
Emiliano Zapata	88,990,271	84,139,088	97,009,817	103,784,415	93,687,857	103,815,781	104,179,595
Huixtla	78,232,143	77,756,435	82,164,804	80,990,317	80,427,700	91,968,638	84,619,200
Independencia	24,470,176	17,634,733	15,413,023	13,016,866	13,158,599	11,834,021	8,202,532
La Primavera	28,823,092	23,960,405	27,205,522	21,727,012	31,547,024	60,660,412	49,584,127
Los Mochis	74,623,572	95,380,024	90,418,474	51,784,267	92,177,598	100,524,558	95,406,627
Melchor Ocampo	72,323,132	78,829,902	74,953,413	79,513,042	75,807,855	81,714,620	77,764,434
Nuevo San Francisco (Naranjal)	39,786,404	38,847,031	36,651,205	58,813,841	46,354,110	51,157,839	59,976,553
Pablo Machado (La Margarita)	73,672,515	69,644,497	77,796,339	77,114,368	71,273,212	75,459,679	77,092,259
Plan de Ayala	83,984,593	82,053,448	73,419,876	105,552,256	85,634,068	72,967,445	84,709,974
Plan de San Luis	72,168,097	69,727,272	74,331,388	111,838,563	80,954,367	78,162,490	96,288,390
Queseria	72,635,447	75,794,104	79,809,989	85,915,018	74,085,131	79,229,396	74,030,667
San Francisco Ameca	51,975,971	61,692,627	64,426,444	75,097,753	70,561,761	78,987,273	78,074,143
San Miguel Del Naranjo	92,077,027	79,083,889	85,127,263	116,929,892	89,019,839	83,880,697	119,379,974
Santa Rosalia	46,113,425	40,745,730	51,808,893	48,500,774	49,058,628	44,783,005	37,113,342
Tamazula	110,866,924	115,815,262	121,583,170	125,646,059	113,677,675	120,004,515	115,014,386
Azucarero del Golfo/Zapoapita - Pánuco	76,069,391	89,814,065	84,009,847	110,587,682	112,450,072	91,980,232	101,835,116
<b>Total</b>	<b>1,522,654,161</b>	<b>1,559,829,697</b>	<b>1,608,777,779</b>	<b>1,809,905,716</b>	<b>1,684,716,851</b>	<b>1,706,313,005</b>	<b>1,790,316,741</b>

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 17. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo B en las zafras 2002 hasta 2008.**

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Aarón Sáenz Garza	63,988,914	78,363,508	70,456,570	88,269,844	77,702,969	77,291,808	89,476,144
Alianza Popular	73,504,640	75,127,858	72,867,494	82,768,364	72,969,446	69,417,883	78,195,822
Constancia	45,243,351	38,864,092	44,622,966	56,211,111	49,158,269	50,905,374	48,455,098
El Higo	58,861,648	57,932,200	67,207,366	85,746,037	84,012,486	67,642,356	87,333,619
El Modelo	72,415,086	80,955,526	84,544,182	75,834,454	81,366,249	75,629,602	74,761,588
El Molino	39,388,136	40,864,219	43,547,549	51,536,763	44,140,388	47,657,262	49,131,669
Emiliano Zapata	72,157,619	68,224,045	78,660,255	84,153,427	75,966,649	84,178,860	84,473,858
Huixtla	63,434,408	63,048,681	66,623,200	65,670,869	65,214,672	74,572,623	68,613,343
Independencia	19,841,603	14,299,095	12,497,625	10,554,705	10,669,629	9,595,597	6,651,010
La Primavera	23,371,158	19,428,256	22,059,554	17,617,313	25,579,854	49,186,398	40,205,210
Los Mochis	60,508,404	77,338,740	73,315,675	41,989,190	74,742,058	81,510,177	77,360,311
Melchor Ocampo	58,643,096	63,919,100	60,775,855	64,473,023	61,468,678	66,258,169	63,055,167
Nuevo san francisco (naranja)	32,260,742	31,499,053	29,718,571	47,689,109	37,586,156	41,481,252	48,631,892
Pablo Machado (La Margarita)	59,737,241	56,471,129	63,081,037	62,528,062	57,791,770	61,186,360	62,510,135
Plan de Ayala	68,098,773	66,532,907	59,532,389	85,586,878	69,436,247	59,165,536	68,686,947
Plan de San Luis	58,517,386	56,538,247	60,271,487	90,684,120	65,641,719	63,377,930	78,075,287
Queseria	58,896,336	61,457,528	64,713,802	69,664,055	60,071,810	64,243,029	60,027,648
San Francisco Ameca	42,144,633	50,023,368	52,240,079	60,892,893	57,214,891	64,046,704	63,306,294
San Miguel Del Naranjo	74,660,510	64,125,045	69,025,305	94,812,416	72,181,594	68,014,529	96,799,061
Santa Rosalia	37,390,997	33,038,610	42,009,158	39,326,775	39,779,110	36,312,228	30,093,294
Tamazula	89,896,268	93,908,620	98,585,519	101,879,906	92,175,361	97,305,469	93,259,231
Azucarero del Golfo/Zapoapita - Pánuco	61,680,744	72,825,591	68,119,250	89,669,845	91,179,961	74,582,024	82,572,841
<b>Total</b>	<b>1,234,641,691</b>	<b>1,264,785,415</b>	<b>1,304,474,889</b>	<b>1,467,559,155</b>	<b>1,366,049,964</b>	<b>1,383,561,171</b>	<b>1,451,675,466</b>

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 18. Cálculo de agua extraída de los ingenios tipo B en las zafras 2002 hasta 2008.**

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída	Agua extraída
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Adolfo López Mateos	92,855,255	96,187,281	103,222,336	127,530,917	112,433,176	134,195,868	140,210,842
Atencingo	111,514,473	104,074,351	117,761,056	134,237,749	115,271,428	137,467,318	131,481,643
Central Motzorongo	114,448,083	98,996,324	110,108,289	119,474,972	104,117,312	115,760,438	115,254,711
El Potrero	119,278,415	127,708,421	131,871,970	139,509,188	126,078,178	137,506,593	132,783,662
Jose Ma. Martinez (Tala)	119,081,140	147,273,489	151,063,608	151,214,148	130,654,253	159,690,439	156,585,977
La Gloria	99,720,357	106,198,817	117,116,832	119,695,705	138,355,642	122,269,545	124,813,277
Presidente Benito Juárez	82,337,004	72,972,299	88,078,848	82,719,602	86,754,900	72,955,222	68,148,258
Puga	96,791,510	100,339,056	108,991,413	132,353,430	120,959,078	123,624,501	111,378,043
Pujilic (cia. La Fe)	130,389,482	134,829,486	123,768,390	129,021,225	124,755,128	126,058,945	124,165,728
San Cristobal	200,892,105	222,870,857	206,140,356	255,383,677	214,267,482	213,426,163	210,592,404
San Pedro	70,457,776	76,190,543	75,769,299	104,215,904	98,571,125	78,590,295	59,163,185
San Rafael De Pucté	109,019,543	113,116,765	114,245,685	123,530,312	140,603,596	130,841,553	105,296,921
Tres Valles	127,568,665	127,898,416	137,304,015	166,606,141	135,170,292	161,283,204	155,301,034
<b>Total</b>	<b>1,474,353,808</b>	<b>1,528,656,104</b>	<b>1,585,442,095</b>	<b>1,785,492,970</b>	<b>1,647,991,589</b>	<b>1,713,670,082</b>	<b>1,635,175,684</b>

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 19. Cálculo de las descargas de los ingenios tipo C en las zafras 2002 hasta 2008.**

Zafra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ingenios	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua	Descarga de agua
	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]	[m3/ton de caña]
Adolfo López Mateos	75,291,535	77,993,303	83,697,666	103,408,240	91,166,261	108,812,505	113,689,737
Atencingo	90,421,332	84,388,521	95,486,364	108,846,464	93,467,653	111,465,155	106,611,680
Central Motzorongo	92,800,045	80,271,011	89,281,130	96,876,090	84,423,356	93,864,166	93,454,098
El Potrero	96,716,712	103,552,169	106,928,176	113,120,802	102,230,289	111,497,001	107,667,420
Jose Ma. Martínez (Tala)	96,556,752	119,416,473	122,489,685	122,611,750	105,940,792	129,484,737	126,967,489
La Gloria	80,858,092	86,111,141	94,963,996	97,055,071	112,185,451	99,142,065	101,204,646
Presidente Benito Juárez	66,762,828	59,169,472	71,418,593	67,073,057	70,345,072	59,155,625	55,257,906
Puga	78,483,241	81,359,763	88,375,513	107,318,567	98,079,475	100,240,729	90,310,708
Pujilic (cia. La Fe)	105,726,103	109,326,273	100,357,401	104,616,654	101,157,496	102,214,694	100,679,582
San Cristobal	162,893,042	180,714,478	167,148,578	207,077,446	173,738,445	173,056,263	170,758,514
San Pedro	57,130,575	61,778,980	61,437,415	84,503,299	79,926,239	63,724,815	47,972,374
San Rafael De Pucté	88,398,322	91,720,548	92,635,931	100,164,356	114,008,201	106,092,664	85,379,840
Tres Valles	103,438,848	103,706,226	111,332,741	135,092,323	109,602,615	130,776,228	125,925,595
Total	1,195,477,427	1,239,508,357	1,285,553,187	1,447,764,119	1,336,271,344	1,389,526,645	1,325,879,588

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera y CONAGUA, 1999.

**Anexo 20. Índice de carga contaminante al día en las industrias azucareras.**

Industria azucarera	DBO5	DQO	SST	Grasas y Aceites
	[Kg/ton]	[Kg/ton]	[Kg/ton]	[Kg/ton]
Refinada	86	92	48	12
Refinada	82	88	46	11
Refinada	113	121	63	15
Refinada	50	54	28	7
Refinada	94	101	52	13
STD	78	84	44	11
STD	79	84	44	11
STD	56	60	31	8
Promedio	80	86	45	11

Fuente: CONAGUA e IMTA, 1999.



**Anexo 21. Emisiones de CO2 de los ingenios tipo A por el uso de bagazo como combustible en las zafras 2008 a 2002.**

Zafra	2008			2007		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
	[Ton]	[%]	[Ton]	[Ton]	[%]	[Ton]
La joya	382,238	14	89,932	389,706	13	85,437
Bella Vista	383,002	12	82,514	456,220	12	98,288
José María Morelos	548,210	14	129,832	527,362	13	121,347
Pedernales	306,393	13	70,184	322,926	13	74,473
Lázaro Cárdenas	286,367	16	77,650	286,263	14	67,943
Santa Clara	549,269	15	141,357	587,344	15	148,421
Casasano "La abeja"	343,917	13	74,627	362,283	12	77,363
El refugio	423,144	14	104,738	401,261	13	91,154
Santo Domingo	0	0	0	0	0	0
Calipam	227,190	14	55,059	196,960	14	47,359
El dorado	496,129	14	122,033	653,284	14	160,013
AZUREMEX	178,298	13	38,566	215,406	14	51,460
El Mante	874,726	13	202,332	215,406	14	51,460
Cuatotolapam	508,017	14	119,875	565,399	13	124,735
La providencia	819,810	12	168,560	808,373	12	165,511
San Gabriel	330,213	14	81,564	392,616	13	89,800
San Miguelito	489,513	14	117,619	529,461	13	121,739
Central Progreso	639,318	14	158,687	720,512	13	164,797
El carmen	589,758	14	137,739	600,128	13	135,296
La Concepción	93,435	14	22,144	116,839	13	26,885
Mahuixtlan	589,758	14	137,739	404,235	13	89,110
San José de Abajo	486,880	12	100,778	613,501	13	137,781
San Nicolás	536,266	14	127,003	587,543	14	137,323
Total			2,360,534			2,267,695

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2006			2005		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
	[Ton]	[%]	[Ton]	[Ton]	[%]	[Ton]
La Joya	261,626	13	58,756	328,155	12	67,811
Bella Vista	364,655	12	77,177	448,554	13	100,505
José María Morelos	485,864	13	108,949	539,391	14	126,906
Pedernales	314,021	14	73,123	328,377	13	74,994
Lázaro Cárdenas	262,371	18	79,425	287,202	15	75,894
Santa Clara	559,373	15	142,317	607,399	14	150,345
Casasano "La Abeja"	365,659	13	82,436	400,946	13	91,359
El Refugio	369,019	13	85,357	437,054	13	95,591
Santo Domingo	0	0	0	59,948	19	19,471
Calípan	220,217	12	47,026	178,740	13	40,265
El dorado	483,021	14	116,310	418,519	13	97,240
AZUREMEX	206,364	12	43,569	221,470	16	59,403
El Mante	895,657	14	215,825	993,373	14	233,717
Cuatotolapam	487,650	13	109,938	543,420	13	122,136
La Providencia	811,160	11	158,946	769,584	12	156,374
San Gabriel	398,955	13	90,355	423,570	11	83,656
San Miguelito	519,870	13	120,609	550,838	14	128,269
Central Progreso	642,750	14	152,998	700,045	14	169,776
El Carmen	615,680	14	144,643	624,343	13	143,447
La Concepción	80,477	11	15,478	104,545	14	25,426
Mahuixtlan	464,317	13	101,794	444,207	13	98,152
San José de Abajo	571,282	14	134,311	565,771	13	124,622
San Nicolás	523,868	13	114,398	557,865	13	120,764
Total			2,273,741			2,406,124

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2004			2003		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
	[Ton]	[%]	[Ton]	[Ton]	[%]	[Ton]
La Joya	280,074	14	66,861	241,544	13	55,788
Bella Vista	451,010	13	98,410	456,716	13	104,618
José María Morelos	471,818	16	130,458	471,477	13	104,340
Pedernales	306,882	14	72,096	291,789	14	71,369
Lázaro Cárdenas	267,138	14	64,556	263,967	14	64,018
Santa Clara	648,152	14	151,041	688,114	14	163,203
Casasano "La Abeja"	349,176	13	79,202	350,273	13	78,907
El Refugio	359,687	12	76,374	342,730	12	73,128
Santo Domingo	85,283	17	25,346	94,987	15	24,134
Calípam	286,037	14	67,988	258,864	13	58,270
El dorado	438,712	13	101,705	563,586	13	126,377
AZUREMEX	231,279	13	49,986	211,099	13	47,773
El Mante	794,158	14	188,627	869,591	13	201,744
Cuatotolapam	411,028	12	85,220	342,237	12	72,138
La Providencia	676,348	13	149,912	548,138	13	118,375
San Gabriel	338,008	13	74,628	357,729	12	74,786
San Miguelito	515,272	13	114,388	498,258	13	109,493
Central Progreso	566,827	14	135,121	539,809	13	123,094
El Carmen	612,994	14	142,954	573,577	14	137,126
La Concepción	144,155	15	36,254	164,311	13	36,419
Mahuixtlan	363,814	13	79,635	329,051	13	72,139
San José de Abajo	529,383	12	109,941	434,941	12	89,652
San Nicolás	521,988	13	118,310	414,452	13	91,291
Total			2,219,015			2,098,182

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2002		
Ingenios	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
	[Ton]	[%]	[Ton]
La Joya	236,364	14	57,649
Bella Vista	476,726	13	104,022
José María Morelos	441,228	15	116,140
Pedernales	296,840	14	70,403
Lázaro Cárdenas	277,152	14	68,602
Santa Clara	350,203	15	91,999
Casasano "La Abeja"	357,953	13	80,945
El Refugio	373,996	13	82,509
Santo Domingo	62,823	15	16,406
Calipam	297,315	13	68,310
El dorado	495,824	13	111,097
AZUREMEX	236,272	12	49,395
El Mante	827,093	14	193,882
Cuatotlapam	356,654	12	75,853
La providencia	539,761	13	124,107
San Gabriel	381,754	12	78,558
San Miguelito	485,292	13	111,750
Central Progreso	548,545	14	136,345
El carmen	561,356	13	130,525
La Concepción	161,719	14	39,332
Mahuixtlan	344,314	13	76,852
San José de Abajo	461,903	12	94,573
San Nicolás	467,260	13	104,535
Total			2,083,787

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

**Anexo 22. Emisiones de CO2 de los ingenios tipo B por el uso de bagazo como combustible en las zafras 2008 a 2002.**

Zafra	2008			2007		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Quesería	801,785	13	183,939	858,070	13	197,887
Huixtla	879,275	12	189,431	952,643	13	215,754
Melchor Ocampo	818,168	13	178,101	859,671	13	186,394
San Fco. Ameca	838,032	12	176,643	847,257	14	200,509
Tamazula	1,240,059	15	313,360	1,282,635	15	328,101
Emiliano Zapata	1,159,161	13	262,526	1,155,113	12	231,324
El Molino	665,236	13	144,695	643,316	13	146,475
Pablo Machado (La Margarita)	835,333	13	187,024	817,934	13	188,208
Alianza popular	1,027,558	16	287,134	916,664	12	193,533
Plan de Ayala	898,286	16	253,646	764,907	16	210,574
Plan de San Luis	1,012,952	13	227,491	826,900	15	206,959
San Miguel del Naranjo	1,273,657	16	349,312	891,336	15	229,697
Los Mochis	1,061,548	13	241,517	1,118,493	13	247,142
PROZUCAR (La Primavera)	518,436	13	116,610	642,309	13	144,029
Santa Rosalía	398,870	13	88,960	483,712	14	114,307
Aarón Saenz Garza	1,139,298	13	252,525	980,113	13	211,325
Independencia	86,703	14	21,282	125,088	14	29,495
El Modelo	971,626	14	226,589	985,456	14	230,835
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	1,091,886	14	264,994	977,716	12	203,725
Constancia	640,472	14	157,758	671,691	15	174,022
El Higo	1,140,340	14	266,721	881,093	14	207,756
Nuevo San Francisco	636,795	14	150,592	546,997	13	123,412
Total			4,540,851			4,221,462

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2006			2005		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Quesería	803,849	13	175,816	934,227	13	203,042
Huixtla	836,862	14	200,358	835,611	13	188,096
Melchor ocampo	799,106	12	165,819	838,800	12	177,673
San Fco. Ameca	757,474	12	150,647	807,244	12	168,761
Tamazula	1,214,853	15	313,068	1,348,838	14	332,705
Emiliano Zapata	1,042,424	11	200,845	1,154,764	13	249,380
El Molino	598,860	13	136,972	699,155	13	157,500
Pablo Machado (La Margarita)	770,913	14	184,968	839,709	14	204,661
Alianza popular	966,722	12	204,936	1,099,396	13	242,543
Plan de Ayala	905,037	16	250,088	1,099,853	15	290,641
Plan de San Luis	859,199	14	204,076	1,181,894	15	306,409
San Miguel del Naranjo	949,150	16	265,061	1,227,978	15	326,617
Los Mochis	922,497	13	205,744	516,849	13	118,482
PROZUCAR (La Primavera)	332,030	13	74,282	224,210	13	51,978
Santa Rosalía	527,365	13	117,800	1,126,370	12	240,139
Aarón Saenz Garza	981,705	13	215,563	1,126,370	12	240,139
Independencia	137,369	13	31,964	137,591	13	31,779
El Modelo	1,061,265	14	253,535	988,320	14	235,426
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	1,208,160	13	277,583	1,174,068	13	260,839
Constancia	651,786	15	166,729	743,145	14	182,023
El Higo	1,090,742	14	267,350	1,102,377	14	257,462
Nuevo San Francisco	498,756	13	111,323	634,736	14	149,448
Total			4,174,525			4,615,743

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

Zafra	2004			2003		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Quesería	871,527	13	199,938	827,712	13	190,601
Huixtla	848,303	13	195,050	800,633	12	163,098
Melchor Ocamo	791,905	12	165,691	832,795	12	178,412
San Fco. Ameca	693,573	13	154,328	666,850	13	149,532
Tamazula	1,306,876	14	322,806	1,241,868	14	308,034
Emiliano Zapata	1,079,386	13	235,149	936,179	14	222,522
El Molino	590,076	13	132,520	553,337	13	123,697
Pablo Machado (La Margarita)	843,905	13	196,076	754,016	14	179,743
Alianza popular	969,355	12	208,336	1,000,874	12	213,729
Plan de Ayala	781,644	15	206,688	867,717	16	236,183
Plan de San Luis	791,239	15	206,905	737,279	16	205,258
San Miguel del Naranjo	898,423	15	237,877	840,897	15	213,653
Los Mochis	908,849	13	202,387	982,236	13	218,898
PROZUCAR (La Primavera)	287,015	14	67,825	248,092	15	62,136
Santa Rosalía	556,500	13	120,852	438,508	13	95,909
Aarón Sáenz Garza	914,553	12	193,561	1,009,569	12	216,805
Independencia	162,531	14	38,071	175,529	13	38,664
El Modelo	1,094,078	13	250,428	1,053,368	13	239,838
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	886,366	13	191,723	952,981	13	219,447
Constancia	592,399	14	144,895	521,459	14	129,343
El Higo	881,570	13	204,828	763,528	14	180,957
Nuevo San Francisco	395,481	13	87,522	418,867	13	91,469
Total			3,963,458			3,877,927

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

2002			
Zafra	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)
Quesería	791,369	13	177,454
Huixtla	796,467	12	165,546
Melchor Ocampo	776,044	12	160,766
San Fco. Ameca	562,239	13	122,487
Tamazula	1,192,274	15	299,023
Emiliano Zapata	990,156	15	255,846
El Molino	532,144	13	119,418
Pablo Machado (La Margarita)	804,349	14	189,938
Alianza popular	973,432	12	201,825
Plan de Ayala	893,944	14	221,426
Plan de San Luis	760,590	16	208,205
San Miguel del Naranjo	980,705	15	248,330
Los Mochis	770,661	14	179,723
PROZUCAR (La Primavera)	302,229	14	72,411
Santa Rosalía	496,894	13	112,622
Aarón Sáenz Garza	819,006	13	179,131
Independencia	245,065	14	58,123
El Modelo	941,217	13	213,004
Azucarero del Golfo (Zapoapita)	812,449	14	198,998
Constancia	606,318	13	137,737
El Higo	785,001	14	190,650
Nuevo San Francisco	429,882	13	97,730
Total			3,810,391

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.



**Anexo 23. Emisiones de CO<sub>2</sub> de los ingenios tipo C por el uso de bagazo como combustible en las zafra 2008 a 2002.**

Zafra	2008			2007		
	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Pujilc (Cía La Fe)	1,360,859	12	279,804	1,381,713	12	289,096
José Ma. Martínez (Tala)	1,682,817	11	313,781	1,726,039	11	341,788
Puga	1,200,764	12	245,023	1,324,818	12	275,364
Adolfo López Mateos	1,471,840	13	328,772	1,428,673	13	319,376
Atencingo	1,454,209	13	318,312	1,517,938	13	329,381
San Rafael de Pucté	1,106,483	14	273,689	1,388,711	15	353,799
Presidente Benito Juárez	732,242	13	167,985	788,134	13	176,185
El Potrero	1,446,434	14	338,815	1,497,503	13	345,611
San Cristóbal	2,238,358	12	460,997	2,267,807	12	483,882
San Pedro	629,294	14	148,926	837,769	14	201,876
Central Motzorongo	1,226,360	12	264,207	1,253,632	12	263,163
La Gloria	1,330,430	13	298,332	1,306,535	13	295,227
Tres Valles	1,644,405	13	354,554	1,707,315	13	378,720
Total			3,793,195			4,053,468

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

2006				2005		
Zafra	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Pujilc (Cía La Fe)	1,371,722	13	298,363	1,412,674	13	319,211
José Ma. Martínez (Tala)	1,414,262	12	285,417	1,636,177	12	347,418
Puga	1,314,560	12	282,982	1,446,421	13	316,856
Adolfo López Mateos	1,202,135	13	265,623	1,358,924	13	303,080
Atencingo	1,275,265	13	278,703	1,482,358	13	326,263
San Rafael de Pucté	1,491,715	14	357,913	1,310,052	14	314,777
Presidente Benito Juárez	936,961	14	232,081	900,988	15	234,516
El Potrero	1,372,720	14	319,654	1,513,558	13	336,263
San Cristóbal	2,265,560	13	500,207	2,727,906	12	573,584
San Pedro	1,047,751	14	251,752	1,115,511	14	267,649
Central Motzorongo	1,126,135	12	236,787	1,284,421	12	264,530
La Gloria	1,478,150	13	336,555	1,282,073	13	287,930
Tres Valles	1,444,493	13	321,417	1,771,855	12	374,393
Total			3,967,454			4,266,471

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

2004				2003		
Zafra	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO2	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO2
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)	(TON)	(%)	(ton)
Pujilc (Cía La Fe)	1,350,179	13	293,677	1,474,909	12	312,157
José Ma. Martínez (Tala)	1,633,052	11	299,150	1,588,910	11	297,915
Puga	1,191,058	12	244,891	1,106,946	13	256,238
Adolfo López Mateos	1,103,659	13	248,052	1,028,361	13	221,905
Atencingo	1,294,490	13	284,690	1,151,219	13	258,543
San Rafael de Pucté	1,217,367	13	282,638	1,205,687	14	285,541
Presidente Benito Juárez	943,096	14	222,864	798,735	14	185,995
El Potrero	1,434,984	13	328,460	1,382,383	12	294,005
San Cristóbal	2,200,861	13	482,505	2,372,780	12	508,327
San Pedro	810,495	14	192,927	816,850	14	193,735
Central Motzorongo	1,203,243	12	246,359	1,079,483	11	213,199
La Gloria	1,252,942	13	280,740	1,136,983	13	252,600
Tres Valles	1,443,288	13	322,394	1,379,574	13	312,207
Total			3,729,347			3,592,368

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

2002			
Zafra	CAÑA MOLIDA NETA	FIBRA EN CAÑA	Emisión de CO <sub>2</sub>
Ingenios	(TON)	(%)	(ton)
Pujilc (Cía La Fe)	1,432,219	12	294,970
José Ma. Martínez (Tala)	1,285,169	11	242,295
Puga	1,067,850	13	238,715
Adolfo López Mateos	996,141	13	224,574
Atencingo	1,233,089	13	280,758
San Rafael de Pucté	1,153,393	15	297,030
Presidente Benito Juárez	902,285	13	205,438
El Potrero	1,294,968	14	302,218
San Cristóbal	2,118,552	13	463,729
San Pedro	764,441	14	184,074
Central Motzorongo	1,235,353	11	240,787
La Gloria	1,066,381	13	231,029
Tres Valles	1,376,161	13	319,268
Total			3,524,887

Elaboración propia, con datos del Sistema Nacional de la Agroindustria Azucarera.

**Anexo 24. Cuestionario realizado en los ingenios Tres Valles y El Potrero, basado en pre-evaluación de P+L.**

1. Preguntas relacionadas con la fábrica	
¿Cuál es la capacidad instalada?	
¿Cuál es la capacidad de molienda real?	
¿Cuál es la cantidad de molienda diaria?	
¿Cuál es la eficiencia de fábrica?	
¿Cuál es el rendimiento en fábrica?	
¿De que año es la tecnología utilizada en fábrica?	
¿Cuál es el uso de la melaza que se produce en el ingenio?	
¿Cuál es la cantidad de bagazo utilizado en calderas?	
¿Es una empresa socialmente responsable?	

2. Información requerida en el tratamiento en jugo				
	Defecación (CaO)	Sulfitación (SO <sub>2</sub> )	Fosfatación (P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Carbonización (Coc)
Materia utilizada				
Almacenamiento de materia				
Pureza				
¿Qué otras sustancias contiene la materia?				
Fase en que se agrega				
Concentración (°Bé)				
(T°C)del jugo al agregar la sustancia				
¿Se agrega más sustancia?¿Cuánta?				
¿Hasta que pH?				
¿Se calienta nuevamente a que (T°C)?				
pH alcanzado				
Defecación ¿como se hace el tratamiento?				

3. Información en el proceso de Clarificación	
¿Cuál es el proceso de imbibición de del jugo y filtración de la cachaza?	
¿Se controla el pH y la temperatura de los jugos en la filtración? ¿A qué rango?	
¿Qué tipos de filtros se utilizan para la cachaza?	
¿A qué temperatura se encuentra el precipitado a filtrar?	

4. Información en el proceso de Evaporación								
¿Existen procedimientos de operación de los equipos?								
¿Existe equipo de instrumentación y control?								
¿Se realizan pruebas de laboratorio?								
	Evaporación				Múltiple efecto			
<b>Vaso</b>	1	2	3	Otro	1	2	3	4
T°C operación								
Concentración de jugo o meladura (Brix)								
Medio de Control								
Sistema de vacío								
Condensados, ¿Para qué se emplean?								
Limpieza del equipo: ¿Cómo se realiza?								
¿Qué sustancias emplean?								
Agua de enjuague, ¿Adónde van?								
¿Hay paros frecuentes?, ¿Por qué?								
¿A dónde va el agua de evaporación?								
<b>Tachos</b>								
¿Existen procedimientos de operación de los equipos?								
¿Existe equipo de instrumentación y control?								
¿Se realizan pruebas de laboratorio?								
¿Qué sistema de templa existe?								
¿Qué pureza se obtiene del sistema A,B, C?								
¿Cuál es el proceso de las templas A,B,C?								
¿Qué procedimiento de limpieza se emplea?								

4. Información en el proceso de Evaporación (continuación)				
	Tachos	Tachos	Tachos	Tachos
T°C				
Presión				
Concentración (BRIX)				
Inicial				
Final				
Sistema de vacío ¿Qué pureza tiene la meladura?				
¿A dónde van los condensados?				
Sistema de templas utilizados				
<b>Tanques</b>				
	T°C	Control de Nivel	Transportación	Otros
Meladura				
Masa Cocida				
Mieles				
Miel final				
Semilleros				
Mezclador masa cocida				



<b>5. Información en el proceso de Cristalización</b>	
¿Cómo se realiza el proceso de cristalización?	
a) por espera	
b) ensemillado	
c) otra	
Tipo de cristalizadores utilizados.	
¿Existe un control de la temperatura?	
¿Se controlan las templeas?	
¿A que brix se alimentan?	
¿Tienen sistema de enfriamiento?	
¿Qué agua ocupan?	
¿A dónde la desechan?	

<b>6. Información de las Centrífugas</b>	
Cantidad de agua requerida	
¿Que tipo de agua se utiliza?	
¿A que temperatura se calienta?	
Tipo de centrífugas:	
a) automáticas	
b) manuales	
c) otra	
¿Qué cantidad emplean de vapor?	
Con que se realiza el lavado de centrífugas:	
a) agua y vapor	
b) vapor	
c) Agua sobrecalentada	
d) Otra	
¿En las centrifugas hay sistema de doble purga? ¿cómo se realiza?	

<b>7. Información de los conductores de azúcar.</b>	
Tipo de conductor de azúcar:	
a) gusano	
b) conductor sacudidas (chapulín)	
c) otro	

<b>8. Información del Almacén de Azúcar</b>	
Como se almacena:	
a) sacos	
b) a granel	
c) fluido	
Si es en sacos	
humedad azúcar	
T°C azúcar	
¿los sacos están en contacto con el piso?	
altura de estibas de sacos	
¿las estibas están cubiertas? ¿con qué?	
Distancia entre sacos y pared	
Tipo de conductores que se utilizan	
Existe control en la rotación del azúcar	

<b>9. Información de las Básculas de Azúcar</b>	
Control en la calibración	

<b>10. Información acerca de la Generación de vapor.</b>	
¿Existe un tratamiento de agua?	
¿En qué consiste?	
Capacidad	
¿Existe un tratamiento químico en calderas?	
¿Cuál?	

11. Información relacionada a la descarga de agua residual.		
Reducción de los parámetros del agua residual:		
	Antes (salida de planta)	Después (tratamiento)
DBO		
DQO		
pH		
Sólidos suspendidos totales		
grasas y aceites		
nitrógeno total		
fosfatos totales		
temperatura		

<b>12. Preguntas referentes al campo cañero</b>	
¿Cómo es llevado a cabo el cultivo de la caña?	
¿Cuál es el tipo de caña se procesa?	
¿Qué tipo de fertilizante se utiliza?	
¿Qué cantidad de fertilizante utiliza?	
¿Los agricultores fueron capacitados?	
¿Qué procedimiento de corte se emplea?	
¿Se quema la caña?	
¿Se almacena la caña?, ¿Cuánto tiempo?	
¿Existe un procedimiento de rotación de caña almacenada?	
¿Qué máquinas se emplean para el manejo de la caña?	
¿La limpieza de la caña se realiza con agua?	
¿Qué tipo de agua se emplea?	
¿De donde proviene?	

## Glosario de Términos.

**Bagazo.** El residuo fibroso que resulta una vez extraída el jugo de la caña, además es utilizado como combustible en las calderas del ingenio.

**Batey.** Conjunto de maquinaria y equipo que se utiliza para la recepción y descarga de la caña durante la zafra. Es también el lugar y patio destinado al almacenamiento de la caña para su posterior molienda.

**Brix.** Es el tanto por ciento de materia sólida, según lo indicado por un hidrómetro u otro dispositivo densimétrico.

**Cachaza.** Es el material sólido proveniente de la filtración y lavado de lodos sedimentados en el proceso de clarificación.

**Calandria.** Es un equipo que está conformado por una serie de tubos por donde circula el jugo por calentar o evaporar dentro del envolvente del evaporador.

**Chumacera.** Pieza de metal o madera con un hueco o muela donde descansa y gira cualquier eje de una maquinaria.

**Cristalizadores.** Equipo en el cual se desarrollan los cristales de azúcar.

**Cuchillas rotatorias** Equipo el cual prepara la caña para su molienda troceándola sin extraer el jugo, facilitando la extracción del jugo en los molinos.

**Dextrosa.** Sinónimo de glucosa, ordinaria, o desecha.

**Dextrana.** Es un polímero homogéneo a las glucanas, formándose por la acción de la enzima dextrasucrasa sobre la sacarosa, especialmente por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* y el *Leuconostac dextranicum*.

**Guarapo o jugo.** Se le define como el jugo que escurre de la caña cuando ésta es molida en los trapiches para producir azúcar.

**Imbibición.** Proceso en el se le agrega agua o jugo al bagazo para reducir su contenido de sacarosa.

**Jugo filtrado.** Jugo obtenido de la filtración de la cachaza en los filtros rotativos al vacío y el obtenido en los filtros prensa.

**Jugo mezclado o diluido** Es el jugo extraído sin dilución más el jugo extraído con dilución.

**Jugo residual.** Jugo que se extrae del bagazo y es extraído por las mazas superior y bagacera del último molino del tándem.

**Maceración.** Proceso de extracción de un sólido en un líquido, en el cual el sólido contiene compuestos solubles en el líquido.

Mazas. Elementos que constituyen un molino. La superior recibe el nombre de “maza superior” y la inferior en la cual se introduce la caña se denomina “maza cañera” y la inferior por donde sale el bagazo “maza bagacera”

Meladura. Es el jugo clarificado evaporado hasta una concentración de 60-65 | brix para facilitar la formación del cristal de azúcar.

Miel final. Subproducto obtenido en la fabricación del azúcar.

Pol. Es el valor determinado por la polarización directa del peso normal de un producto azucarado en 100 ml. De solución a a 293.16 °K.

Sirope. Es el jugo concentrado de la caña del cual no se ha extraído el azúcar.

Tacho. Es un equipo análogo al evaporador cuya finalidad es llevar hasta el punto de sobresaturación el líquido que sale de los evaporadores, que es la meladura, para llegar a la cristalización del azúcar.

Tandem. Llamado también tren de molinos ó batería de molinos, es el conjunto de molinos conformado además por una desmenuzadora o desfibradora, o una combinación de estos últimos.

Tanque flash. Equipo para recuperar vapor a baja presión de los condensados.

Trampa de vapor. Es un aparato que regula la salida de agua de condensados, permitiendo el escape algo de vapor.

Vinaza. Residuo de la digestión del mosto obtenido del guarapo de las melazas.

Vapor de agua saturado. El vapor producido a la temperatura de ebullición correspondiente a su presión absoluta, se denomina saturado.

Zafra. Temporada del corte de la caña de azúcar y procesamiento de esta. Dura aproximadamente 6 meses.

## **Acrónimos.**

P+L: Producción más limpia.

PNUMA. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

SEMARNAT. Secretaría De Medio Ambiente y Recursos Naturales.

OECD. Organización para la Cooperación el Desarrollo Económico.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Méndez Patricia C., 2009. *Presupuesto destinado al Sector de la Caña de Azúcar 2005-2009*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRESA).

Arroyo Gonzalo (coordinador), 1988. *Biotecnología: ¿una salida para la crisis agroalimentaria?*. Plaza y Valdes Editores, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, capítulo 4, El sistema cañero: obsolescencia tecnológica y reconversión industrial, Pág. 259-352. ISBN 968-856-211-4.

Azqueda Oyarzun Diego, 1994. *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Universidad de Alcalá de Henares. Mac Graw- Hill, España, Págs. 12 y 13. ISBN 84- 481-1853-7.

Capuz Rizo Salvador y Gómez Navarro Tomás, 2003. *Ecodiseño, ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Universidad Politécnica de Valencia, Alfaomega grupo editor, capítulo 2. ISBN 970-15-0962-5

Cascio Joseph, Woodside Gayle y Mitchell Philip, 1996. *Guía ISO 14000, Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental*. Mac Graw Hill, capítulo 1, ISBN 970-10-1342-5.

Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), 2000. *Política ambiental y ecoeficiencia en la industria: nuevos desafíos en México*. CESPEDES [et al], México, capítulo 4.

Centro de Producción de Tecnologías Sostenibles, 2000. *Estudio de caso: Ingenio Azucarero GUABIRÁ S.A.* Cámara Nacional de Industrias, Bolivia.

Centro Mexicano de Producción Más Limpia, 2002. *Proyecto de Producción Más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental en la Industria del Azúcar de Caña en México y Centroamérica*. IPN, México. **Nota el CMP+L pertenece al IPN como centro de investigaciones, no es una escuela, es decir ciemad, ipn, no decimos ciemad, ESCA IPN, ok.**

Centro Mexicano de Producción Más Limpia, 2005. *Guías de Producción más Limpia, Ingenios azucareros*. IPN, México.

**Chen James, 2004. Manual del azúcar de caña: Para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados, Limusa.**

Comisión Nacional del Agua e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1999. *Industria Azucarera: Parámetros e índices en el uso industrial del agua*. Comisión Nacional del Agua, documento de trabajo.

Condesa Fernández Vicente, 1997. *Auditorías Medioambientales, guía metodológica*. Segunda edición, Grafos. A-Bilbao, España 69-5, Pág. 52. ISBN 847114.



Dieleman, Hans. 2006. *Cleaner Production and innovation Theory; How the practice of cleaner production can Benefit from Theories on innovation.*: III International Symposium on Enginnering and Sciences. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

Dieleman Hans, 1999. The arena of cleaner Producción; Man and organization between Conservation and Change. Erasmus University, Rotterdam. Países Bajos.

Dirección de Productos Forestales, FAO, 1995. *Reunión Regional sobre la generación de electricidad a partir de biomasa.* Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Chile.

Durán Carmen, 1991. *Uso del Agua y la Energía en Ingenios Azucareros.* Seminario Internacional sobre el uso eficiente del agua. CNA, México, p. 68.

Field Barry, 1995. *Economía Ambiental: Una Introducción.* Department of Resources Economics University of Massachusetts at Amherst. Mac Graw Hill, impreso en Colombia. Págs. 130-135. ISBN 958- 600419-8.

Garduño H, 1992. *La protección de la calidad y el suministro de los recursos del agua dulce.* Notas de la diplomacia ambiental. México y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo p. 14.

González Vela Gabriel A. *La problemática actual de la industria azucarera y la proyección en los años noventa.* Instituto de Investigación Económica y Social Lucas Alamán A.C, 1993 pag 11-16.

Hugot E., 1963. *Manual para ingenios Azucareros.* Compañía Editorial Continental, México.

Jiménez Cisneros Blanca Elena, 2004. *La contaminación Ambiental en México.* México Limusa, pp. 33-42, 317-346.

Ladázury Benítez Gisela y Vazquéz Mantecón (coautor), 1988. *Azúcar y Estado 1750-1880.* Fondo de Cultura Económica : Secretaría de minas e Industria Paraestatal, pag.17-21.

Leal José, 2005. *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias.* División de desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL. Santiago de Chile.

Manual Azucarero, 2007. Cámara Nacional de la Industria azucarera y alcoholera de México.

Nasre M, 1967. *Evolución* histórica de la industria azucarera mexicana. México s/n.

OECD, 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments.*

PNUMA. *Mecanismos de Desarrollo Limpio, artículo 12,* 1998. ONU.

Pearce David W., 1985. *Economía Ambiental.* Fondo de Cultura Económica, México D.F., capítulo 3, ISBN 968-16-1844-0.

Pensado Leglise Mario del Roble, 1993. *El consumo de azúcar de caña en México, situación actual y perspectivas...en Cuahutemoc González Pacheco y Felipe Torres coords., Los Retos de la Soberanía en México, volumen 1.* Juan Pablo Editor,S.A. , México pags. 305-336.

PROFEPA y SEMARNAP, 2000. Programa nacional de Auditoría Ambiental. Nota: Esta información me fue concedida por un funcionario de la profepa en una visita, la información era de un CD que publicó la profepa de manera interna y los únicos datos que proporcionaron fueron el nombre del CD y el año y quienes fueron las instituciones que participaron al desarrollarlo, es decir ningún autor fue nombrado ya que los autores son la profepa y la semarnat.

Quesada Perea Joaquín, 2002. *Propuesta para un sistema de aseguramiento de la calidad para la industria azucarera*. Tesis Doctoral, **Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA)**, IPN, México.

*Saneamiento, calidad del agua y Aspectos de Salud, 2005*. Estadísticas del Agua en México 2005, CNA, México.

Sánchez Roble Rebeca, 2001. Producción más Limpia en Ingenios Azucareros, México. ESQIE, IPN, pp. 1-21.

SEMARNAT, UNDP. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2005. Pág. 340.

Senado de la República 2007. *Segundo Foro Caña De Azúcar Cadena de Valor y Palanca de Desarrollo. Mesa 3: Productores*. México.

Torres Ulloa Margarita, Acosta Reyes G. Ricardo, Juárez Olascoaga Bernardo G. *El desempeño de la Industria Azucarera en México y su Competitividad* no. 16 octubre- diciembre 2007. ESECONOMÍA, Escuela Superior de Economía, IPN, México ISBN 1665-8310, pp. 33-59.

Truk Turk Wittes. *Ecología, Contaminación, Medio Ambiente*. México, Mc Graw – Hill, Interamericana, primera edición, pp. 115-118.

Hernández Laos Enrique, 1992. Productividad y eficiencia en la industria mexicana del azúcar, un ensayo metodológico. Universidad Autónoma Metropolitana, primera edición.

Van Hoof Bart, Monroy Néstor y Saer Alex, 2008. *Producción más limpia paradigma gestión ambiental*, 1edición. Universidad de los Andes, Facultad de Administración, Colombia, ISBN 978-970-15-1367-5.

## Medios Electrónicos

CONAGUA y SEMARNAT, 2008. Situación del Subsector Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento.

<http://www.conagua.gob.mx/Espaniol/ConsultaPublicaciones.aspx?id=+++Publicaciones+CONAGUA%7c++PUBLICACIONES%7c8%7c0%7c0%7c0%7c0>. En línea 2/034/09.

Martínez, María del Pilar, 2005. *Industria sin Ingenio*. <http://www.jornada.unam.mx/2005/04/04/007n1sec.html>. En línea 20/09/07.

SAGARPA, 2007. Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) 2007-2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/discursos/2007/abril/d240407cnc.htm>. En línea 15/01/08.

Secretaría de Economía. Listado de proyectos aprobados del PROINCAÑA, para el ejercicio fiscal 2008. [http://www.economia.gob.mx/pics/pages/03122008\\_base/Avances.pdf](http://www.economia.gob.mx/pics/pages/03122008_base/Avances.pdf). En línea 3/12/09.

Sistema Nacional de Información de la Agroindustria del Azúcar. <http://www.siazucar.com.mx>. En línea 25/01/10.

Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR. <http://www.caneros.org.mx/>. En línea 27/04/08.

**Medidas enfocadas en la reducción de agua en el proceso.**

## Suposiciones

Se consideran años de 180 días de zafra (DZ)=	180	
Consumo de agua de proceso (AP)=	5.545	m3/día
Consumo de agua total en zafra (ATZ)=	AP*DZ	

Por lo tanto=	180*5545,80=	998244	m3/zafra
Costo por consumo de agua industrial (CAI)=	1.47	pesos/m3	
Costo por tratamiento de agua industrial (CAIT)=	2.5		

costo de agua ingenio el potrero

Costo supuesto

ya que no hay información reciente

**Cálculo para agua de turbinas de tiro inducido.**

Consumo de agua en turbinas (ATU)=	86.4	m3/día	
Consumo de agua por zafra en turbinas (AZTU)= ATU*DZ			15552 m3/zafra
Costo de agua en turbinas (CATU)=	22861.44	pesos/año	

**Cálculo para agua de enfriamiento de chumaceras de molinos.**

Consumo en agua de chumacera (ACH)=	1177	m3/día
Consumo de agua por zafra en chumaceras(AZCH)= ACH*DZ		
AZCH=	211860	
Costo de agua en chumaceras (CACH)= AZCH*CAI		
CACH=	311434.2	

**Cálculo para agua de enfriamiento en cuchillas.**

Consumo de agua en cuchillas ACU=	21.77	m3/día
Consumo de agua por zafra AZCU= DZ*ACU=	3918.6	
Costo de agua en cuchillas CACU= AZCU*CAI=	5760.342	

**Cálculo de agua de lavado de gases de horno de carbón:**

Consumo de agua de horno de carbón (AHC)=	7.2	m3/día
Consumo de agua por zafra (AZHC)= AHC*DZ=	1296	m3/zafra
Costo de agua en horno de carbón (CAHC)= AZHC*CAI=	1905.12	pesos/zafra

**Cálculo de agua de torre de enfriamiento secundaria.**

Consumo de agua en torre secundaria (ATE)=	73	m3/día
Consumo de agua por zafra AZTE=	13140	m3/zafra
Costo de agua en torre secundaria (CATE)=AZTE*CAI=	19315.8	pesos/zafra

**Cálculo agua compresores de aire.**

Consumo de agua en compresores den aire (ACA)=	81.1	m3/día
Consumo de agua por zafra (AZCA)=ACA*DZ=	14598	m3/zafra
Costo de agua por compresores de aire CACA= AZCA*CAI=	21459.06	pesos/zafra

## Ahorro por fugas

Consumo de agua en fugas=	374.302	m3/día
Consumo de agua en fugas durante la zafra=	67374.36	
Ahorros económicos=	373590.8262	

**ahorro económico total:**

756326.788 pesos

**Medidas enfocadas a la reducción del consumo de agua**

Estimación de ahorro de agua logrado por la reducción en el consumo de agua en el proceso

Pesos/zafra

756327