

Universidad San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur Occidente  
Ingeniería en Alimentos



**Tesis**

***Comparación entre dos métodos para la reducción de cargas bacterianas  
en molinos de una industria azucarera***

Presentado a las autoridades del  
Centro Universitario de Suroccidente-CUNSUROC-  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

**GRACIELA ESPERANZA ALVAREZ FLORES  
CARNÉ 200240904**

Asesores:

Inga. Astrid Argueta del Valle  
Ing. Marcos López

Previo a conferirle el Título de:

Ingeniera en Alimentos  
En el grado Académico de Licenciada

Mazatenango, Suchitepéquez, Abril de 2012

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Centro Universitario del Suroccidente**

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios	Rector
Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo	Secretario General

**Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente**

Lic. José Alberto Chuga Escobar	Presidente
---------------------------------	------------

**Representantes Docentes**

MSc. Alba Ruth Maldonado de León	Secretaria
Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril	Vocal

**Representante Graduado del CUNSUROC**

Licda. Mildred Gricelda Hidalgo Mazariegos	Vocal
--	-------

**Representantes Estudiantiles**

PC. Cristian Ernesto Castillo Sandoval	Vocal
PEM. Carlos Enrique Jalel de los Santos	Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

MSc. Luis Gregorio San Juan Estrada

### **Coordinador Carrera Administración de Empresas**

MSc. Rafael Armando Fonseca Ralda

### **Coordinador Área Social Humanista**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

### **Coordinador Carrera Trabajo Social**

Dr. Ralfi Obdulio Pappa Santos

### **Coordinador Carreras de Pedagogía**

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

### **Coordinadora Carrera Ingeniería en Alimentos**

MSc. Gladys Floriselda Calderón Castilla

### **Coordinador Carrera Agronomía Tropical**

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz

### **Encargado Carrera Ciencias Jurídicas y Sociales**

Lic. Eduardo Arturo Escobar Rubio

### **Encargado Carrera Gestión Ambiental Local**

MSc. Celso Morales González

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC**

### **Encargado de las carreras de Pedagogía**

Lic. Everardo Napoleón Rodas Ochoa

### **Encargada Carrera Periodista Profesional**

Licda. Paola Marisol Rabanales

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***AGUA PURA DE LA ROCA***

Quienes siempre me brindaron apoyo, y oportunidad de crecer, gracias por hacer de mi vida estudiantil un mejor momento

### ***A INGENIO LA UNIÓN***

Por permitirme la oportunidad de elaborar mi tesis e investigación

### ***A TODOS MIS CATEDRÁTICOS***

Por compartir conmigo el conocimiento y experiencia a través d la enseñanza docente.

### ***A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y CUNSUROC***

Por abrirme sus puertas a la superación personal y profesional.

## **DEDICATORIA**

### ***A DIOS:***

Por ser la fuente infinita de sabiduría, inspiración, paciencia, serenidad, perseverancia y amor.

### ***A MIS PADRES:***

José Manuel Álvarez López y Rosa Mery Flores Barrios, por su amor, ejemplo en el camino de la vida, por su paciencia, dedicación y sobre todo por la sabiduría que me han transmitido durante mi vida, los amo.

### ***A MIS HERMANOS:***

José Manuel, Patricia Georgina, María Jimena y María del Carmen, gracias por su amor, confianza y apoyo en esta aventura, los quiero mucho.

### ***A MI FAMILIA:***

Con cariño sincero.

### ***A MIS AMIGOS:***

Ángela, Cintia, Erika, Heydree, por el apoyo, paciencia y amistad incondicional.

### ***A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO:***

Gracias por compartir buenos momentos en las labores diarias.

## ÍNDICE

Contenido	pág.
1. Resumen .....	2
2. Introducción .....	3
3. Justificación .....	5
4. Planteamiento del problema .....	7
5. Objetivos .....	
5.1. General .....	8
5.2. Especifico .....	8
6. Hipótesis .....	9
7. Marco Teórico	
7.1. Proceso de elaboración de azúcar de caña .....	10
7.1.1. Labores de campo y cosecha .....	10
7.1.2. Patios y picado de caña .....	11
7.1.3. Molienda y clarificación .....	11
7.1.4. Evaporación .....	11
7.1.5. Cristalización .....	12
7.1.6. Centrifugación, secado y enfriamiento .....	12
7.1.7. Envase .....	12
7.2. Extracción de jugo	
7.2.1. Preparación de la capa para molienda .....	12
7.2.2. Maquinaria de molienda .....	13
7.3. El proceso de molienda .....	14
7.3.1. Maceración, imbibición, saturaciones .....	14
7.3.2. Agua de imbibición caliente o fría .....	15
7.4. Composición de jugos de Molino .....	15
7.5. Eficiencia de la molienda .....	16
7.6. Saneamiento de los molinos y pérdidas de azúcar .....	
Alrededor de los mismos .....	17
7.7. Aspectos microbiológicos de la manufactura y re-	
Finación del azúcar .....	18
7.7.1. Microflora de la caña de azúcar .....	18
7.7.1.1. Primeros estudios .....	18
7.7.1.2. Determinación de la cantidad de micro.Flora...	18
7.7.1.3. Microorganismos de la caña .....	20
7.8. Importancia industrial de las leuconostoc .....	23
7.9. Medidas sanitarias en molinos .....	24
7.10. Bactericidas .....	26
7.11. Prueba de resazurina .....	26
7.12. Tipos de bactericidas usados en molinos .....	27
7.12.1. Carbamatos .....	27
7.12.1.1. Efectos toxicos .....	28

7.12.2.	Aminas cuaternarias .....	28
7.13.	Tipos de bactericida y su dosis .....	29
7.13.1.	Busan 881 .....	29
7.13.2.	Quemicide 35 .....	29
7.13.3.	Quat 25 .....	30
7.13.4.	Talocide DTE .....	30
8.	Metodología	
8.1.	Recursos	
8.1.1.	Recursos humanos .....	32
8.1.2.	Recursos insitucionales .....	32
8.1.3.	Recursos económicos .....	32
8.1.4.	Recursos materiales .....	32
8.1.4.1.	Equipos y materiales .....	32
8.1.4.2.	Reactivos .....	33
8.2.	Metodología para el análisis de laboratorio .....	33
8.3.	Muestreo .....	36
8.4.	Lugares de muestreo .....	36
8.5.	Metodología estadística .....	37
8.5.1.	Intervalo de confianza .....	37
8.5.2.	Distribución t .....	38
8.5.3.	Hipótesis nula y alternativa.....	38
8.5.4.	Pruebas sobre dos medias.....	39
9.	Resultados y discusión	
9.1.	Resultados cualitativos.....	40
9.2.	Resultados cualitativos de análisis realizados con Bactericidas.....	41
9.3.	Resultados cuantitativos con bactericida .....	42
9.4.	Resultados cuantitativos con agua caliente .....	43
10.	Conclusiones .....	47
11.	Recomendaciones.....	48
12.	Bibliografía .....	49
13.	Anexos .....	50
14.	Anexos de fotografía .....	54
15.	Glosario .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	pág.
1. Comparación estadística de hojas normales y enfermas .....	19
2. Microorganismos presentes en los lavados de caña. ....	24
3. Resultados posibles de la Prueba de Resazurina .....	34
4. Resultados cualitativos de análisis realizados con bactericida .....	40
5. Resultados cualitativos de la prueba realiza con agua Caliente .....	41
6. Resultados cuantitativos de la prueba realizada con bactericida .....	42
7. Resultados cuantitativos de la prueba realizada con agua caliente .....	43
8. Valor promedio, desviación estándar y t de student calculados para la calidad bacteriológica de los 2 metodos de asepsia en molinos de una industria azucarera. ....	44

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por ser la fuente infinita de sabiduría, inspiración, paciencia, serenidad, perseverancia y amor.

### **A MIS PADRES:**

José Manuel Álvarez López y Rosa Mery Flores Barrios, por su amor, ejemplo en el camino de la vida, por su paciencia, dedicación y sobre todo por la sabiduría que me han transmitido durante mi vida, los amo.

### **A MIS HERMANOS:**

Jose Manuel, Patricia Georgina, María Jimena y María del Carmen gracias por su amor, confianza y apoyo en esta aventura, los quiero mucho.

### **A MI FAMILIA:**

Con cariño sincero

### **A MIS AMIGOS:**

Angela, Cintia, Erika, Hyde, por el apoyo, paciencia y amistad incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A AGUA PURA DE LA ROCA***

Quienes siempre me brindaron apoyo, y oportunidad de crecer, gracias por hacer de mi vida estudiantil un mejor momento.

### ***A INGENIO LA UNION***

Por permitirme la oportunidad de elaborar mi tesis e investigación.

### ***A TODOS MIS CATEDRATICOS.***

Por compartir conmigo el conocimiento y experiencia a través de la enseñanza docente.

### ***A LA UNIVERSIDAD SANCARLOS DE GUATEMALA Y CUNSUROC***

Por abrirme sus puertas hacia la superación personal y profesional.

Universidad San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur Occidente  
Ingeniería en Alimentos



**Tesis**

***Comparación entre dos métodos para la reducción de cargas bacterianas en molinos de una industria azucarera***

Presentado a las autoridades del  
Centro Universitario de Suroccidente-CUNSUROC-  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

**GRACIELA ESPERANZA ALVAREZ FLORES**  
**CARNÉ 200240904**

Asesores:

Inga. Astrid Argueta del Valle  
Ing. Marcos López

Previo a conferirle el Título de:

Ingeniera en Alimentos  
En el grado Académico de Licenciada

Mazatenango, Suchitepéquez, Abril de 2012

## 1. Resumen

Uno de los principales problemas en la industria azucarera es producida por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, ésta degrada la sacarosa presente en el jugo de caña, produciendo dextranos, sustancia de consistencia muciforme, provocando la reducción en el crecimiento de los cristales y la formación del falso grano; para eliminar esta bacteria la industria utiliza un bactericida químico.

En la presente investigación se realizó la comparación entre 2 métodos para la reducción de cargas bacterianas, el primero a través del método tradicional que consistió en la aplicación de un bactericida elaborado a base de amonio cuaternario y carbamatos, y el segundo método que consistió en la aplicación de agua caliente a  $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ . La investigación fue realizada durante 12 días consecutivos para cada uno de los métodos en el área de molinos, lugar en donde se da el mayor impacto de contaminación microbiológica y la degradación del azúcar por medio de *Leuconostoc mesenteroides*.

Las muestras tomadas fueron analizadas en el laboratorio, utilizando la metodología específica para resazurina, método cualitativo tradicional utilizado en el laboratorio de control de calidad del Ingenio la Unión para la determinación de *Leuconostoc Mesenteroides*, para efectos de esta investigación a cada uno de los resultados se les fue asignado un valor cuantitativo de menor a mayor para realizar con ellos análisis estadísticos. Los resultados obtenidos indican que no existe diferencias significativas en cada uno de los métodos, con un 95% de confiabilidad, por lo que en base al análisis de investigación se pudo concluir que si podrá sustituirse el método tradicional utilizado por el de agua caliente a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Al cambiar el método propuesto económicamente hay un ahorro significativo además de mejorar la satisfacción del cliente por la eliminación del bactericida y sus compuestos en el producto final, logrando así beneficios tanto para la rentabilidad económica de la producción como para el proceso y la calidad del producto final.

## 2. Introducción

Con el nombre de azúcar es conocida la sacarosa, cuya fórmula química es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , también llamado azúcar común o azúcar de mesa. Es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Compuesto además que se ha convertido hoy en día en uno de los alimentos procesados con mayor cantidad de producción en el país.

Para lograr una mejor rentabilidad y un producto de mejor calidad que cumpla con las características físicas y químicas del producto es necesario realizar una serie de estudios que ayuden a lograr los requisitos de la empresa o parte interesada. Por lo que se realizó la investigación en la que se determinó la eficiencia del agua caliente como un método de reducción de cargas bacterianas en jugos de caña obtenidos en el área de molienda de un ingenio azucarero.

*Leuconostoc* es un género de bacterias del ácido láctico Gram-positivas de la familia Leuconostocaceae. Las especies de *Leuconostoc* tienen generalmente forma de cocoide ovoide y a menudo forman cadenas. Son resistentes intrínsecamente a la vancomicina y catalasa-negativos (lo cual los distingue de *Staphylococcus sp*). Son heterofermentativos, capaces de producir polisacáridos llamados dextrano a partir de la sacarosa.

Para evitar que las bacterias *Leuconostoc* no degraden la sacarosa presente en el jugo de la caña y esta sea convertida en dextrano, es necesaria la aplicación continua de bactericidas, elaborados a base de carbamatos y amonios cuaternarios, esperando mantener el nivel de carga bacteriana presente en los mismos o reducirlos a niveles aceptables para la producción de azúcar de caña. Bactericidas que a su vez manifiestan un pequeño inconveniente en el producto final, debido a que se presentan residuos de amonios y carbamatos; situación que complica la utilización de azúcar como materia prima para la elaboración de otros productos alimenticios.

El trabajo investigado fue la sustitución del bactericida utilizado, en este caso carbamatos y amonios cuaternarios por agua caliente a  $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ , logrando la reducción de cargas bacterianas en molinos, determinado que no existe diferencia significativa de carga bacteriana con el uso de cualquiera de los dos métodos.

### **3. Justificación**

La caña de azúcar ha sido uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial del continente americano y europeo. El azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países, por lo que en Guatemala tiene una gran demanda por el papel que cumple en la dieta de los pobladores convirtiéndose en un importante exportador tanto a nivel latino americano como mundial.

Para lograr cada una de las características de calidad que el consumidor demanda en el producto final, es importante realizar una serie de procesos y actividades durante la etapa de transformación de caña en azúcar. Estas actividades deben ser controladas, ya que pueden ser: cambios de temperatura, presiones, densidades, adición de productos químicos y tiempo máximo de residencia en etapas que lo amerite. Dichas actividades se realizan desde la recepción de la materia prima, hasta el envasado del producto terminado.

Además de revisar estas actividades físicas y químicas en el proceso de elaboración de azúcar de caña, es importante controlar el área microbiológica, ya que debido a un exceso de cargas bacterianas en algunas etapas del proceso el nivel de eficiencia se vería perjudicado por las mismas. Por lo que es necesario implementar sistemas de limpieza eficaz para lograr una mejor eficiencia en la producción. Pruebas realizadas por Tilbury y colaboradores en sus resultados confirman la importancia de la limpieza física con el tratamiento químico. Dada esta situación ha obligado a los ingenios azucareros a realizar aplicaciones de productos químicos en áreas como la de molienda, para reducir así el contenido bacteriológico del jugo obtenido. Situación que a su vez ha causado polémica en cuanto al uso de bactericidas, que son elaborados a base de carbamatos y amonios. El contenido de amonio y carbamatos de los bactericidas es evidenciado en los análisis de contenidos químicos residuales en el producto terminado.

Siendo éste el motivo que obligó a la empresa a estudiar la posibilidad de realizar asepsia en molinos pero con una metodología diferente que evite la presencia de amonio y carbamatos en el producto final.

#### 4. Planteamiento de problema

El jugo de caña es la materia prima que se obtiene de la extracción de caña de azúcar de los diferentes molinos, área que se ha constituido como un punto crítico de control, ya que en ellos se puede regular el contenido bacteriológico presente en los jugos de caña que afectan directamente el rendimiento de los azúcares cristalizables. La bacteria conocida como *Leuconostoc mesenteroides*, puede metabolizar la glucosa en polisacáridos como Dextrano, provocando la inversión de azúcar, y reduciendo la eficiencia de molinos. Problema que ha sido controlado con la aplicación combinada de bactericidas de amonio cuaternario y carbamatos.

El uso de bactericidas ha sido una herramienta eficiente para el control de bacterias reduciéndolo a niveles aceptables, sin embargo, por la forma de uso de estos bactericidas, los mismos quedan presentes en el producto final, y algunas veces superan los parámetros establecidos en carbamatos y amonios cuaternarios para la comercialización de azúcar. Por lo que algunas empresas han manifestado su descontento.

Dada esta situación se buscó una alternativa que pueda mantener los niveles bacterianos bajos, sin el uso de bactericidas, por lo que se evaluó el uso de agua caliente como método de reducción de cargas bacterianas, con la finalidad de determinar si el uso de este método presenta los mismos beneficios en reducción de cargas bacterianas que los bactericidas utilizados en la actualidad, y el beneficio adicional que no quedaría residuos de carbamatos y amonios en el producto final, por lo que surgió la siguiente pregunta: ***¿es posible que el uso de agua a  $90 \pm 5$  °C reduzca la carga bacteriana en molinos logrando la misma eficiencia que los bactericidas?***

## **5. Objetivos**

### **5.1. General**

Comparar dos métodos para la reducción de cargas bacterianas en molinos de una industria azucarera mediante el método de resazurina.

### **5.2. Específicos**

5.2.1. Estandarizar el método de limpieza con agua a  $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en la línea de molinos.

5.2.2. Determinar cualitativamente el nivel de carga microbiana presente en los jugos de caña por el método de resazurina en los dos métodos de limpieza de molinos.

5.2.3. Realizar un análisis comparativo en la carga bacteriana en molinos, con las prácticas de saneamiento del método que utiliza mezcla de bactericidas de amonio cuaternario y carbamatos contra el método que utiliza agua a  $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

## **6. Hipótesis**

No existe diferencia en la carga bacteriana en molinos realizando asepsia con agua a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$  en comparación con el uso de bactericidas.

## **7. MARCO TEÒRICO**

### **7.1. Proceso de elaboración de azúcar de caña**

El azúcar es una sustancia de sabor dulce y color blanco, cristalizada en pequeños granos, que se extrae principalmente de la remolacha en los países templados y de la caña de azúcar en los tropicales, a través de la concentración y la cristalización de su jugo

Es producido a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). El proceso de fabricación de azúcar refinado de alta pureza de la caña de azúcar utiliza procesos físico-químicos naturales para quitar las impurezas. ([www.atagua.org](http://www.atagua.org))

El azúcar puede obtenerse principalmente a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional o internacionalmente. A continuación se detalla el proceso en la fábrica. ([www.atagua.org](http://www.atagua.org))

#### **7.1.1. Labores de campo y cosecha** ([www.wordreference.com](http://www.wordreference.com))

El proceso productivo se inicia con la adecuación del campo, (etapa previa de siembra de la caña) y el estudio del suelo, teniendo en cuenta la topografía del terreno, y de acuerdo a ella se localizan canales de riego, drenaje y vías de acceso.

El suelo se rotura haciendo uso de maquinaria y equipos especializados, dejándolo en adecuadas condiciones para la siembra.

El cultivo de la caña requiere agua en la cantidad y forma oportuna para alcanzar una buena producción. El riego se aplica hasta dos meses antes de la cosecha, la cual se realiza entre los 6 y 12 meses asegurando una excelente calidad

de la caña. Se lleva a cabo un análisis foliar, control de malezas y aplicación técnica de fertilizantes para obtener un adecuado desarrollo del cultivo.

El corte se realiza manual o mecánicamente, utilizando parámetros de calidad que disminuyen los porcentajes de materia extraña.

Una vez cortada la caña (en caso de ser manual es alzada mecánicamente del campo) se transporta a la fábrica en tractores y camiones procurando el menor tiempo de permanencia.

#### **7.1.2. Patios y picado de caña**

En seguida la caña se descarga en las mesas transportadoras para pasar a las desfibradoras, que la convierten en pequeños trozos facilitando la extracción del jugo en los molinos. Es aquí cuando comienza la fase de molienda, a través de un tándem de molinos que extraen el jugo de caña

#### **7.1.3. Molienda y clarificación**

En esta etapa se agrega agua caliente para obtener la máxima cantidad de sacarosa en un proceso llamado maceración. El jugo obtenido es colado iniciando la primera etapa de calentamiento facilitando la sedimentación de sólidos insolubles y separándolos del jugo claro que queda en la parte superior del clarificador, los cuales son llevados a los filtros rotatorios al vacío para la recuperación de su contenido de sacarosa.

#### **7.1.4. Evaporación**

El jugo claro es enviado al tándem de evaporación para ser concentrado hasta obtener la meladura, la cual es purificada en los clarificadores antes de ser llevada a los tachos.

### **7.1.5. Cristalización**

Es en los tachos (recipientes al vacío de un solo efecto) donde se produce la masa cocida conformada por cristales de azúcar y miel. El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres cocimientos para lograr la mayor concentración de sacarosa.

### **7.1.6. Centrifugación, secado y enfriamiento**

La masa cocida pasa a centrifugas de alta velocidad que separaran los cristales de azúcar del licor madre. Durante este proceso, el azúcar es lavado para retirar los residuos de miel y posteriormente ser secado y enfriado.

### **7.1.7. Envase**

Una vez el azúcar esté seco y frío, es empacado en sacos de diferentes presentaciones según las necesidades de los clientes nacionales e Internacionales.

El azúcar, finalmente es almacenado por lotes de producción, para su posterior comercialización, de acuerdo con las normas establecidas en la certificación ISO 9001:2008. El azúcar es una fuente natural de sabor para toda clase de productos de panadería, galletería, chocolatería, dulcería, jugos, alimentos, bebidas y lácteos ([www.wordreference.com](http://www.wordreference.com))

## **7.2. Extracción del jugo.**

### **7.2.1. Preparación de la capa para molienda**

El proceso de la molienda se divide en dos partes: el rompimiento de las estructuras y las células, y la verdadera molienda de la caña. La preparación de la caña se lleva a cabo de varias maneras:

- Mediante cuchillas giratorias que cortan la caña en trozos pero no extraen el jugo.
- Con desfibradoras que reducen la caña a tiras, sin extraer el jugo.
- Por medio de desmenuzadoras que quiebran y aplastan la caña y extraen una gran parte del jugo.
- Mediante combinaciones de algunos o todos los medios antes enumerados.

### **7.2.2. Maquinaria de molienda**

La combinación clásica de tres rodillos o mazas dispuestos en forma triangular es la unidad estándar de molienda en la industria azucarera. En la actualidad, se usan de tres a siete juegos de dichas unidades, llamados respectivamente molinos de 9 y veintiún rodillos, si bien los molinos de nueve rodillos no se ven más que en ingenios pequeños y antiguos. Las combinaciones de 15 a 18 rodillos son los que predominan mundialmente en la actualidad tienen de 24 a 36 plg de diámetro y de 48 a 84 plg., de largo. Las dimensiones estándar son incrementos de 6 plg, en la longitud y dos en el diámetro.

Normalmente, cada unidad de molino es movida por una unidad motriz individual que puede ser una máquina de vapor, un motor eléctrico o una turbina de vapor. Un tándem de molinos de servicio pesado, con su maquinaria motriz, bancazas, mecanismos de impulsión engranajes y otros accesorios constituyen una de las combinaciones de maquinaria más pesadas y grandes utilizadas en la industria. No es raro que los grandes ingenios tengan 3 tándemes de molinos.

Los tres rodillos se conocen respectivamente como rodillo superior o mayor, rodillo cañero (por donde entra la caña) o de alimentación y rodillo bagacera o de descarga. Los rodillos inferiores tienen una posición fija; el rodillo superior, controlado por un émbolo hidráulico, puede subir, bajar o flotar, según sean las variaciones en la alimentación de la caña. En la etapa del rodillo superior se muestra

en corte transversal un émbolo hidráulico. La caña triturada, llamada ahora bagazo (o megazo), es conducida desde la abertura entre el rodillo superior y el rodillo de alimentación de descarga por medio de una lámina o placa curva que se le conoce con varios nombres, cuchilla central, puente recogedor con cuchilla, torna bagazo o parihuela, soportada por una maciza barra de acero. Piezas macizas de fundición, llamadas “vírgenes” o armazón de trapiche soportan las masas o rodillos. La unidad motriz está conectada por el rodillo superior por medio de acoplamientos flexibles o engranajes, y los rodillos inferiores son activados desde el rodillo inferior por medio de engranajes de corona. (Chen: 1995)

### **7.3. El proceso de molienda**

Con el equipo mencionado, la caña preparada con el 70 al 80% de su peso en jugo pasa a través de la desmenuzadora y los siguientes molinos. La molienda en seco produce una mezcla aproximadamente igual de fibra leñosa y jugo. El añadir agua o jugo diluido al bagazo después de cada molino diluye a su vez el jugo contenido y aumenta la extracción a medida que se exprime este jugo. Este uso del agua se conoce como maceración, imbibición o saturación.

Dentro y alrededor de los molinos se tienen lugar a pérdidas considerables del azúcar, particularmente si no se presta una adecuada atención a la limpieza y el saneamiento. En esta etapa del proceso de elaboración de azúcar es donde la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* empieza a actuar. Chen en su descripción de la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, la identifica como un microorganismo que degrada biológicamente la sacarosa en dextrosa y levulosa, este microorganismo produce la enzima dextranosacarosa que ocasiona la polimerización de la dextrosa en polisacáridos llamados dextranos.

#### **7.3.1 Maceración, imbibición, saturaciones:**

La ISSCT (Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros), define la maceración como “una forma de imbibición en la que el bagazo se impregna con un

exceso de fluido. El Término se aplica a sí mismo al fluido utilizado, y vagamente como una alternativa del término imbibición”. Define asimismo la imbibición como “el proceso en el que se aplica agua o jugo a un bagazo para aumentar la extracción de jugo en el siguiente molino. El termino se aplica también al fluido utilizado a este fin”. (Chen: 1995)

La práctica general de la imbibición se conoce como imbibición compuesta, aplicable a trenes de cuatro o más molinos. Se aplica agua al bagazo que se dirige al último molino, el jugo del último molino es devuelto al bagazo que va en el penúltimo molino; este jugo, a su vez, se regresa al bagazo del molino anterior y así sucesivamente.

### ***7.3.2 Agua de imbibición caliente o fría***

Existe cierta controversia sobre si se debe usar agua fría o caliente en la imbibición. Los argumentos a favor del agua caliente son los siguientes: se logra alguna economía en cuanto a combustible: la ruptura de algunas células por acción del calor del agua (por arriba de los 160°F ò 70°C), se obtiene una ligera evaporación del bagazo en tránsito; se puede usar parte del condensado de retorno procedente de los cuerpo de los evaporadores, y por último se obtiene una pequeña mejora en la extracción, la que no siempre es perceptible. Aun en las mejores condiciones. El proceso de imbibición no es totalmente efectivo en cuanto a que no diluye todo el jugo que contiene el bagazo. Las desventajas de la imbibición en caliente son: mayor extracción de gomas e impurezas provenientes de hojarasca; los molinos no se alimentan de forma optima; y se facilita el crecimiento de los microorganismos productores de dextrano.

### ***7.4. Composición de jugos de molino***

Los jugos provenientes de la desmenuzadora y de cada uno de los molinos sucesivos difieren de acuerdo con la presión y el grado de imbibición. Con la acción

de la trituración tiene lugar una reducción en el Brix, la polarización y la pureza, con el consecuente incremento de los no azúcares tanto orgánicos como inorgánicos.

En general, el jugo procedente del rodillo posterior es de un Brix y pureza mayores que el del rodillo anterior o de alimentación, debido a que se extrae el agua de imbibición superficial que se encuentra sobre el exterior de las partículas del bagazo, mientras que el rodillo posterior extrae parte del jugo contenido en las celas internas.

En resumen, en lo que respecta a la composición del jugo extraído, mientras más sacarosa se extraiga (por medios ordinarios) mayor será la proporción de materiales indeseables que acompañen a la sacarosa. No solo es cuestión de menor pureza sino también del carácter de los agentes que reduzca la pureza.

### **7.5. Eficiencia de la molienda.**

La eficiencia de la molienda se expresa por lo general como Pol (es la concentración expresada en g de solución en 100 g de solución. De una solución de sacarosa pura en agua) en el jugo en función del porcentaje de Pol en la caña. En algunos países, el término extracción de sacarosa significa realmente extracción de Pol. (<http://.monografias.com>)

La ISSCT recomendaba controlar la sacarosa en lugar de la Pol; sin embargo, a causa de que determinar la sacarosa requiere todavía mucho tiempo, dicha sociedad prefiere ahora la conveniente manera de expresar la extracción mediante cifras de Pol. Las fábricas que obtengan cifras reales de sacarosa, deben también dar a conocer la extracción de Pol con fines comparativos.

La molienda de caña puede controlarse mediante un sistema computarizado, para simplificar el programa de la computadora, se puede diseñar el sistema para vigilar de manera continua una extracción del 95% con un rendimiento máximo de la caña y un mínimo de imbibición.

## **7.6. Saneamiento de los molinos y pérdidas de azúcar alrededor de los mismos**

Dentro y alrededor de los molinos tienen lugar pérdidas considerables de azúcar, particularmente si no se presta adecuada atención a la limpieza y saneamiento. Estas pérdidas son indeterminadas, de hecho no se registran, ya que el control del azúcar que entra a la fábrica empieza en los tanques de pesaje después de que el jugo ha salido de molinos.

Un puñado de bagazo deteriorado puede infectar todo el chorro de jugo tibio que fluye sobre él. Los modernos diseños de molinos evitan todos los pernos salientes y también las esquinas muertas en los canales de jugo. Los canales llamados de auto-limpieza tienen una corriente del jugo. Los transportadores de bagazo y todas las partes móviles del sistema de molinos e hacen accesibles para su limpieza.

Tanto el ingeniero como el químico tienen que reconocer que el jugo de caña tibio ofrece un medio ideal para el crecimiento de microorganismos; para evitar tal crecimiento, con las siguientes pérdidas de azúcar, el jugo debe llevarse rápidamente a los clarificadores, donde tiene lugar la esterilización por medio del calor.

La aplicación cada tres horas con mangueras de agua caliente a alta presión a través de pequeñas tuberías reduce las pérdidas al desalojar las acumulaciones que se forman alrededor de los coladores de jugo, elevadores y otros puntos conflictivos. Además de la limpieza, resulta beneficiosa la aplicación de compuestos bacteriostáticos.

Pruebas realizadas por Tilbury y colaboradores en sus resultados confirman la importancia de la limpieza física junto con el tratamiento químico. Dichos investigadores señalan que la pérdida de azúcar alrededor de los molinos es del 13% debido a la inversión química; 25%, a causa del efecto enzimático (natural en la

caña y microbiano extracelular); y 62% al crecimiento microbiológico en el molino. Sus experiencias demostraron que el tratamiento con biocidas reduce significativamente la pérdida de azúcar entre 17 y 35%, lo que permite que una fabrica típica logre un ahorro neto de aproximadamente de 100,000 a 200,000 dólares por zafra. (Chen: 1995)

## **7.7 Aspectos microbiológicos de la manufactura y refinación del azúcar**

### **7.7.1 Microflora de la caña de azúcar.**

#### **7.7.1.1 Primeros estudios**

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum*, tiene una flora epifítica distintiva que es importante en el proceso de manufactura de azúcar crudo. La ocurrencia de los microorganismos y el número de bacterias viables en la caña de azúcar, varía desde un pequeño número en la caña cultivada en regiones montañosas hasta una población alta en la que se cultiva en cualquier otra parte. Se ha encontrado que las especies de bacterias predominantes son parecidas a *Bacillus herbicola aureum*. Asimismo, una levadura de la especie *Sacharomyces cerevisiae* y una especie de *Aspergillus* han sido aisladas de la caña.

La caña infestada por el barrenador *Diatraea saccharalis* presentó menor porcentaje de sacarosa, menor porcentaje de sólidos y mayor porcentaje de no azucares orgánicos, con la consiguiente caída de la pureza del jugo. Todos los constituyentes inorgánicos de la caña se encontraron en mayor proporción que en las cañas normales de la misma variedad. También, el jugo de la caña dañada por el barrenador y la pudrición roja que acompañaba contenía más nitrógeno que el jugo de la caña normal.

#### **7.7.1.2 Determinación de la cantidad de Microflora.**

Cuantitativamente, las hojas enfermas de los tallos enfermos de la caña contienen una mayor concentración de bacterias que las hojas normales. Puesto que

la concentración de bacterias y hongos viables en las hojas enfermas es aproximadamente 4 a 5 veces superior a la de las hojas normales, la molienda de cañas enfermas añade un número excesivo de bacterias y hongos al jugo extraído. Una de las fuentes más abundantes en microorganismo epifitos es el agua de la vaina de las hojas (tabla 1). La concentración de bacterias en tales vainas varía casi directamente con la cantidad de hidratos de carbono disueltos en dicho líquido.

Tabla No. 1  
Comparación estadística de hojas normales y enfermas

	Total	Bacterias	Hongos	Levaduras
		<i>NORMALES</i>		
Totales	1,737,000	1,253,000	41,100	248,000
Promedio	115,8	83,533	2,74	16,533
		<i>ENFERMAS</i>		
Totales	7,267,000	6,836,000	125,400	216,800
Promedio	484,467	455,733	8,360	14,453
	<sup>a</sup> datos basados en 15 pruebas			

Fuente: J.Chen. Manual de Azúcar de Caña 1991

La concentración más alta de bacterias se encontró en el polvo producido por el barrenador de la caña, donde se encontraron de  $85 \times 10^6$  a  $1 \times 10^9$  microorganismos por gramo de muestra. Esto muestra el riesgo de infección cuando se muele caña infestada por el barrenador, independientemente del daño que resulta de la disminución de pureza del jugo. El efecto dañino potencial de esta microflora sobre el jugo extraído es de la mayor importancia.

En la flora bacteriana del jugo proveniente del primer molino predomina *Aerobacter aerogenes*, una especie del grupo de bacterias coliformes, que se parece bastante a *Esterichia coli* en cuanto a características fisiológicas y morfológicas. Es evidente que las bacterias en el jugo de caña tienen su origen más frecuentemente en el suelo adyacente a la planta, que en la planta misma. También

resulta significativo una mayor ocurrencia de especies de *Leuconostoc* presentes en la planta.

### **7.7.1.3 Microorganismos de la caña**

Bevan y Bond aislaron aproximadamente cincuenta microorganismos diferentes de la caña verde y diez y siete de la superficie de la caña quemada. Además de la bien conocida especie productora de polisacáridos, *Leuconostoc mesenteroides*, hay géneros de levaduras (*Saccharomyces*, *Torula* y *Pichia*), de bacterias (*Pseudomonas*) y de bacilos del suelo (*Bacillus cereus*); así como *Penicillium* y otros hongos, *Antinomycetes* y el hongo productor de ácidos *Streptomyces*. Todos estos microorganismos son muy activos. (Chen: 1995)

Irvine, en su discusión sobre el origen del dextrano, hace notar que *Leuconostoc* entra a los tejidos de la caña de azúcar antes de la cosecha cuando cierta variedad de caña desarrollan grietas por el crecimiento, mientras que la caña en pie no dañada queda libre de contaminación con *Leuconostoc*. También, la quema excesiva de la caña elimina de la superficie la capa de cera protectora, causa hendiduras en la corteza y daña al tejido de almacenamiento debajo de esta; lo anterior provoca que se vengán abajo los tallos y hace que el jugo se fugue y proporcione así el alimento para *Leuconostoc*. La caña con tallos sanos e íntegros raramente presentan un alto contenido de dextrano; pero la caña íntegra quemada o helada se deteriora más rápidamente cuando se añada la mecanización de campo. (Chen: 1995)

Los microorganismos crecen rápidamente en la superficie de la caña quemada, incluso tan pronto como diez minutos después de la quema. Estos organismos son principalmente bacilos tales *Xantomonas*, *Bacterium*, *Corynebacterium* y *Bacillus*. Después de veinticuatro horas de la quema, en la caña en pie se encuentran otros organismos tales como los hongos *Rhizopus* y *Aspergillus*, y las levaduras coloreadas *Rhodotorula* y *Candida*. *Leuconostoc* es

muy común en la caña quemada y su número aumenta considerablemente después del quemado.

En la caña cortada se han encontrado infecciones masivas hasta de 6 plg., a partir del extremo cortado después de 2 horas de almacenamiento. Los organismos productores de material muciforme, como *Leuconostoc*, *Xantomonas* y *Aerobacter*, predominan y producen ácidos y materiales semejantes a los dextranos. Aun en condiciones de cosecha y almacenamiento favorables ocurre un deterioro importante en tan poco tiempo como 24 h. Irvin hace un informe de las concentraciones de dextranos en caña cortada y concluye que los niveles de descomposición que se alcanzan en 18 h. hubiesen causado dificultades durante el procesamiento en el ingenio. (Chen: 1995)

Un amplio estudio hecho por Egan en Queensland en 1960 llevo a concluir que no existe medio practico para controlar la descomposición, excepto reducir al mínimo el tiempo entre la cosecha y la molienda, En un paro de un ingenio que duro 29 hrs. Se registro un aumento de 3400% en el contenido de dextranos de la caña. (Chen: 1995)

Fulcher e Inkerman estudiaron los niveles de dextranos en caña verde, caña quemada y caña cortada, almacenada, así como también la relación entre pH y dextrano. Concluyen que el pH del primer jugo exprimido no puede usarse para indicar la presencia de dextrano. Los resultados obtenidos por Chen y colaboradores demuestran que el pH no es una buena indicación del deterioro. (Chen: 1995)

El análisis de los trabajos realizados en Australia destaca los siguientes hechos:

- a) La dilución del azúcar en los tallos de caña quemada a causa de la entrada de agua da como resultado una aparente pérdida de azúcar,
- b) No se encuentran microorganismos dentro de la caña verde sana, por el contrario si se encuentran niveles altos en la caña aun no cortada pero quemada;

- c) La población microbiana es tan grande en la caña verde cortada como en la caña quemada y cortada
- d) Los niveles de dextrano y etanol en la caña quemada y cortada son mucho más altos que en las cañas verde cortada
- e) Solo *Leuconostoc* y *Lactobacillus* producen dextrano que es posible detectar al producir turbiedad con etanol de 50% (v/v)

La característica dextrorrotatoria del dextrano afecta la polarización del jugo, dando como resultado un error en el contenido de azúcar y una pureza falsa.

La sacarosa es degradada biológicamente en dextrosa y levulosa, particularmente por *L. mesenteroides*, organismo que produce la enzima dextranosacarasa que ocasiona la polimerización de la dextrosa en los polisacáridos llamados dextranos. El dextrano tiene pesos moleculares de 15000 a 2000,000 o más y es una sustancia de consistencia de goma o muciforme.

La formación de dextrano crece con el tiempo. El aumento durante las primeras 24 hrs., es pequeño comparado con el aumento en las siguientes 24 hrs. El efecto más dañino de los dextranos es el alargamiento de los cristales. Esto es más notable en la templa de bajo grado. La formación de dextrano y el alargamiento de los cristales no solo reducen el crecimiento de los cristales sino que también aumentan la formación del falso grano. Las masas cocidas de bajo grado son más difíciles de centrifugar, aun con maquinas intermitentes, y resultan mieles finales de alta pureza, además la magma hecho con el azúcar purgado es un mal pie de templa para templeas de pureza alta.

De acuerdo con Matic de la multitud de dextranos (alfa-poliglucanos que tienen ms de 60%de enlaces 1.6) solo los producidos por las especies del genero *Leuconostoc* han mostrado que causan alargamiento de los cristales. El método de la turbiedad determina el contenido de dextrano, pero varios polisacáridos naturales de la caña que constituyen la llamada fracción gomosa también reaccionan en la misma forma, y, no obstante, ninguno produce alargamiento de cristales. (Chen: 1995)

La formación de dextranos reduce el crecimiento de los cristales de azúcar y aumentan la formación del grano falso en los tachos, provocando un mal rendimiento en la elaboración de azúcar.

### **7.8 Importancia industrial de las bacterias del genero *Leuconostoc***

Las especies de *Leuconostoc*, en particular *L. mesenteroides* y *L. destrictum*, han adquirido gran importancia como productoras de dextrano a partir del jugo de caña. Este polisacárido se hizo muy importante en 1940, cuando en Suecia se encontró que es un excelente expansor (que aumenta el volumen) del plasma sanguíneo. Durante la segunda Guerra Mundial, se requirió la producción de este material en grandes cantidades para atender las necesidades de las numerosas víctimas. El dextrano para usos clínicos fue producido por varias compañías de los Estados Unidos, donde la producción total ascendió a 2.5 millones de botellas anuales. El dextrano ha probado ser más que un simple sustituto del plasma sanguíneo, puesto que ni la sangre ni el plasma puede ser esterilizado por calentamiento.

Un uso para el dextrano ulteriormente descubierto es como aditivo en los fluidos de perforación de pozos, a los que se aplica como un inhibidor de la pérdida de agua en los lodos. Durante varios años, una planta en Cuba ha producido 1587 kg diarios de dextrano crudo a partir del jugo de caña destinados a la perforación de pozos.

El dextrano de grado industrial puede producirse a partir de melazas de caña. El proceso consiste en filtrar melazas, lo cual es el único pre tratamiento. Después, se cultiva una cepa de *L. mesenteroides* en un sustrato que contiene 250 gr de melaza por litro, con lo cual se obtiene dextrano crudo. El dextrano crudo se purifica con una mezcla 1:1 de HDI y etanol al 95% para producir el contenido de cenizas desde aproximadamente e15% hasta 1-2 a 1-5%. El producto (aproximadamente

12% de las melazas) contiene 81.5% de dextrano y 0% de azúcares reductores y es adecuado para uso industrial.

## 7.9 **Medidas sanitarias en los molinos**

La ocurrencia común de microorganismos en el jugo recién extraído y la capacidad de los mismos para producir pérdidas en la sacarosa recuperable han originado una gran cantidad de estudios para disminuir estas pérdidas por medio de agentes bacteriostáticos. Tal como se entrega a molinos, la caña de azúcar contiene gran cantidad de bacterias (Tabla 2)

Tabla 2  
Microorganismos presentes en los lavados de caña.

Tallo de la caña	Total	Bacterias	Hongos	Levaduras
1	440,000	430,000	1,100	200,000
2	194,000	193,000	590,000	110,000
3	98,000	73,000	7,700	13,000
4	180,000	170,000	8,500	50,000

Fuente: J.Chen. Manual de Azúcar de Caña 1991

Sharata encontró ocho especies predominantes en el jugo fresco de la caña, que son *Shacaromyces carlsbengensis* var. *alcoholphila* (n. var.), *S. cerevisiae*, *Pichia membranifaciens*, *Candida krusei*, *Torulopsis stellata*, *C. intermedia* var. *ethanophilia*. En distintas épocas tantas como 20 especies diferentes fueron identificadas en los jugos de las cañas brasileñas. (Chen: 1995)

La caña de azúcar lleva a los molinos una gran cantidad de microorganismos viables, y la mayoría quedan en el jugo extraído, donde, la temperatura es apropiada para el crecimiento, el desarrollo microbiano se presenta inmediatamente.

La aplicación de los modernos compuestos bacteriostáticos para evitar pérdidas en el ingenio parece ser justificable y es especialmente afectiva cuando se muele la caña dañada. Como se ha dicho, el daño producido por las heladas y la infestación de los barrenadores de la caña resulta en la casi inmediata acción de los microbios sobre el jugo extraído, disminuyendo así la pureza de este en cuanto a sacarosa y produciendo cantidades apreciables de gomas de dextranos y leva. Los cambios producidos de esta manera en el jugo aumentan las dificultades en la clarificación y resultan en rendimientos menores. En tales circunstancias, los agentes bacteriostáticos son especialmente efectivos.

Para el buen manejo de los molinos, la aplicación de chorros de vapor en las juntas y en las uniones de los transportadores resulta efectiva en un 60%, el resto debe tratarse por medios químicos. Bevan y Bond hacen hincapié en la necesidad de la limpieza en los molinos para eliminar organismos contaminantes. Chistensen y colaboradores demuestran el efecto de los antibióticos en el jugo. La diferencia entre los jugos tratados y los no tratados se observa incluso dentro de un periodo de 5 horas. Un antibiótico comúnmente usado tiene la siguiente composición. (Chen: 1995)

***Ingredientes activos***

Cianoditioimidocarbonato disódico	12.7%
Etilenodiamina	4.8%
N-metildiotiocarbamato de potasio	17.5%
Ingredientes inertes	65.0%

Para el control microbiológico de molinos, Hernández aconseja la prueba de la resazurina, la cual es un colorante azul usado para pruebas en leche. Por la acción de los microorganismos presentes, el colorante pasa de una estructura coloreada (oxidasa) a una incolora (reducida). El tiempo necesario para la reducción o decoloración de la resazurina se usa como una indicación de la población microbiana en el jugo. (Chen: 1995)

Durante la clarificación del jugo hay supervivencia y crecimiento de bacterias hipertermófilas a 95°C. A pesar de que el jugo mezclado tiene un alto contenido bacteriano, la mayoría son mesófitas y no pueden sobrevivir en el clarificador. En lo que respecta a los microorganismos termófilos, *Actinomyces* y un pequeño cocobacilo han sido aislados de los lodos. Cuando los lodos se filtran y los filtrados se reciclan, los microorganismos que se han eliminado del clarificador junto con los lodos se vuelven a incorporar al proceso. Puesto que dichos organismos ya están adaptados a las condiciones del clarificador, los que se encuentran en el estado de esporas sobreviven, mientras que otros son destruidos por la cal y el calentamiento. Dentro de los clarificadores, los microorganismos se distribuyen entre el jugo claro y el lodo.

#### **7.10 Bactericidas**

Los bactericidas destruyen microorganismos con su poder bactericida y facultades tenso activas, eliminando hongos, levaduras y bacterias causantes de la inversión de la sacarosa en glucosa, levulosa y otros azúcares que no cristalizan. Los bactericidas controlan principalmente el *Leuconostoc mesenteroides*. Las bacterias se desarrollan con alta proporción entre el corte de caña y su proceso, el uso frecuente de este producto reduce la mano de obra requerida para la limpieza de los molinos.

#### **7.11 Prueba de resazurina**

Representa una modificación de la prueba de la reductasa, en que se sustituye el azul de metileno por la resazurina, colorante derivado de la oxazina. Es una prueba comúnmente utilizada para productos lácteos.

Este es un método basado en la reducción de colorantes; usando azul de metileno o resazurina. Colorantes reducidos por las bacterias; al reducirse cambian de color y esto es medible. Usado principalmente en medios líquidos. (Extracción Sacarosa: 2005)

Con esta prueba se mide el contenido bacteriano, La resazurina es un colorante azul, que se vuelve incoloro cuando se reduce químicamente por la eliminación de oxígeno. Cuando se le añade a la muestra, la actividad metabólica de las bacterias presentes tiene el efecto de cambiar el color del colorante a una velocidad directamente proporcional al número total de bacterias presentes en dicha muestra.

## **7.12 Tipos de bactericidas usados en molinos**

Un molino infectado severamente con microorganismos normalmente presenta una caída de pureza entre el jugo primario y jugo mezclado en un rango de 1.5 puntos

Los más utilizados en los ingenios azucareros son dos: uno a base de carbamatos y el otro a base de aminas cuaternarias, cada uno de los cuales tiene características y aplicaciones diferentes por lo que es importante conocerlos. (Extracción de Sacarosa)

### **7.12.1 Carbamatos.**

Bactericidas de amplio espectro, no inflamables, de relativo bajo costo y preparados a base de una mezcla debidamente proporcionada de Dimetil-Ditiocarbamato de Sodio y Etilen-Bisditio-Carbamato disódico.

Sus mecanismos de acción consisten en bloquear elementos esenciales para las bacterias, como el hierro impidiendo el metabolismo celular normal. Los carbamatos tienen la peculiaridad de descomponerse con el calor, evaporándose sin dejar residuos por lo que no deben aplicarse con agua caliente o a guarapo de alta temperatura pues su efecto germicida disminuye.

Además la aplicación del bactericida carbamatos debe hacerse en forma continua y nunca sobre el colchón del bagazo, siendo lo ideal una aplicación con

bomba dosificadora en el jugo que sale del tercer molino y en el guarapo o jugo mezclado que va a la fábrica.

#### **7.12.1.1 Efectos tóxicos**

Los compuestos de carbamato se encuentran en una amplia variedad de preparaciones insecticidas que se comercializan para uso doméstico, en el jardín, y agrícola. Dado que hay tantas formulaciones con diferentes nombres comerciales, la identificación de los ingredientes activos puede ser difícil sin la ayuda de un Centro de Control de Intoxicaciones (Poison Control Center).

Más de 80% de las intoxicaciones por plaguicida en Estados Unidos se produce por carbamato. Estos compuestos inhiben la acetilcolinesterasa, una enzima trascendental para el control de la transmisión de impulsos nerviosos desde una célula hacia otra. Cuando se inhibe la enzima, hay estimulación excesiva y después parálisis de la célula secundaria. Las características, la duración, y el grado del efecto fisiológico resultante guardan relación directa con la cantidad y el ritmo de inhibición de enzima en ciertos sitios receptores en los sistemas nerviosos central y periférico. Debe inactivarse cierta cantidad crítica de enzima antes de que sean evidentes los signos y síntomas de intoxicación.

#### **7.12.2 Aminas cuaternarias.**

Este tipo de bactericida actúa sobre los microorganismos a través de sus propiedades tenso-activas, las que le permiten reaccionar a nivel de la membrana celular destruyendo las células por medio de la presión osmótica. Su aplicación debe hacerse en dosis altas durante cortos intervalos (aplicación de shock) y preferiblemente sobre el colchón de bagazo.

Dadas sus propiedades, el bactericida a base de aminos cuaternarias es ideal para utilizarse en desinfección de equipo aplicándolo con la ayuda de mochila del tipo de las utilizadas en el campo para fumigar.

La aplicación de bactericidas se debe ser tomada como un auxiliar en la asepsia del equipo de molinos, pero debe complementarse con la limpieza física del área por medio de agua caliente, vapor y fumigaciones periódicas en aquellos puentes que se consideran probables focos de infección. Además es importante alternar el uso de los bactericidas, es decir utilizar un bactericida carbamatos durante tres a cuatro días y luego un bactericida de aminos durante igual periodo de tiempo. De tal forma que se ataque a los microorganismos por dos mecanismos diferentes y lograr así una mayor efectividad.

### **7.13 Tipos de bactericidas y sus dosis** (Instructivo Control Calidad: 2008)

#### **7.13.1 Busan 881**

Ingredientes activos:

- Cianoditiomidocarbonato disódico 15%
- N- metilditiocarbamato de potasio 20%
- Inertes 65%
- Moderadamente toxico (usar guantes para su manejo). Irritante a la piel y ojos

**Dosis:** 15 ppm total, repartidos en 2 puntos de aplicación, para 13000 toneladas de caña por día.

#### **Dosis en la 1ª. Aplicación tanque jugo mezclado.**

5ppm= 34 ml/min (1 tonel de 54 gal., 0ara 4 días aproximadamente).

#### **Dosis en la 2ª. Aplicación tanque jugo del 5to. Molino:**

10ppm = 67ml/min (1 ton de 54 gal., para 2 días aproximadamente).

#### **7.13.2 Quemicide 35:**

Ingredientes activos

- Sodio dimethyldithiocarbamato 15%
- Bisdithiocarbamato 15%

- Ingredientes inertes                      70%
- pH    10
- apariencia                                  liquido amarillo verdoso
- olor    sulfuroso

**Dosis:** 15ppm total, repartidos en 2 puntos de aplicación, para 13000 toneladas de caña por día.

***Dosis para la 1ª. Aplicación tanque jugo mezclado***

5ppm = 35 ml/min (1 tonel de 54 Gls., para 4 días)

***Dosis para la 2ª. Aplicación tanque jugo del 5to molino***

10 pm= 70 ml/min (1 tonel de 54 Gls., para 2 días)

**7.13.3 Quat 25:**

Ingredientes activos:

- aminas cuaternarias y Tensoactivos

**Dosis:** 10 ppm total, repartidos en 2 puntos de aplicación, para 13000 toneladas de caña por día.

***Dosis para la 1ª. Aplicación tanque jugo mezclado***

5ppm = 42 ml/min (1 tonel de 54 Gls., para 3 días y medio)

***Dosis para 2ª. Aplicación tanque jugo del 5to. Molino.***

5ppm = 42 ml/min (1 tonel de 54 Gls., para 3 días y medio)

**7.13.4 Talocide DTE:**

Ingredientes activos:

- etilenbisditiocarbamato disódico                      15%
- dimetildiotiocarbamato                                      15%
- agua    70%
- color    amarillo verde claro

**Dosis:** 15ppm total, repartidos en 2 puntos de aplicación, para 13000 toneladas de caña por día.

***Dosis para 1ª. Aplicación tanque jugo mezclado***

5ppm = 40 ml/ min ( 1 tonel de 54 Gls., Para 3 días y medio)

***Dosis para la 2ª. Aplicación tanque jugo del 5to molino***

10ppm = 80ml/min (1 tonel de 54 Gls., para 1.75 días)

**8.1 Recursos**

**8.1.1 Recursos humanos**

T.U. Graciela Esperanza Alvarez Flores  
Inga. Astrid Argueta del Valle Asesor Principal  
Ing. Marcos Alberto López Asesor Adjunto

**8.1.2 Recursos institucionales**

Ingenio la Unión  
CUNSUROC

**8.1.3 Recursos económicos**

Ingenio la Unión

**8.1.4 Recursos materiales**

**8.1.4.1 Equipos y Materiales**

- ✓ Balanza Analítica
- ✓ Incubadora con control de temperatura ajustado a  $37 \pm 0.5$  °C
- ✓ Potenciómetro
- ✓ Autoclave
- ✓ Erlenmeyer de 250 ml
- ✓ Pipetas serológicas
- ✓ Tubos de ensayo de 15 mm x 150 mm
- ✓ Algodón esterilizado

#### **8.1.4.2 Reactivos**

- ✓ Cloruro de Resazurina ( $C_{12}H_6NO_4Na$ )
- ✓ Cloruro de Sodio
- ✓ Solución de Hidróxido de sodio 0.02 N (o en otra concentración baja para ajustar pH)
- ✓ Solución de Ácido Clorhídrico 0.02 N (o en otra concentración baja para ajustar pH)

### **8.2 Metodología de análisis de laboratorio** (Control de calidad 2008)

#### **Preparación de Reactivos:**

**Solución de Cloruro de Sodio 0.9 %:** Pesar 9.000 g +/- 0.0005 g de cloruro de sodio y disolver en 200 ml de agua destilada, contenida en un beaker de 1000 ml, adicionar más agua hasta cerca de 950 ml, introducir el electrodo del potenciómetro y adicionar la solución de hidróxido de sodio 0.02 N o una solución de ácido clorhídrico 0.02 N hasta ajustar el pH a 7.0 +/- 0.1 (las soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico utilizadas se pueden preparar de TITRISOLES), completar el volumen a 1000 ml.

**Solución de Resazurina a 10 mg/L:** Pesar 0.010 g de Resazurina y diluir a 1000 ml con la solución de cloruro de sodio 0.9 % a pH de 7.0. NOTA: la solución de Resazurina debe ser utilizada en un tiempo máximo de 10 días, también se debe almacenar en un frasco de color AMBAR o CAFÉ en un lugar fresco y fuera del alcance de la luz solar, ya que es sensible a la acción de la luz y la temperatura.

### **Preparación de los Tubos de Ensayo (medios de cultivo)**

- A.** Colocar 9.0 ml de la solución de resazurina en cada tubo de ensayo y cerrarlos con algodón o tapón (si poseen rosca).
- B.** Esterilizar los tubos y las pipetas serológicas de 1.0 ml en autoclave a 120 °C durante 15 minutos.

### **Siembra de la Muestra**

- A.** Pipetear 1.0 ml de la muestra de jugo y luego adicionar al tubo preparado anteriormente. Si se trata de una muestra de miel, se debe realizar previo a la siembra de la muestra el tubo una dilución, buscando una concentración entre 18 a 22 °brix.
- B.** Incubar los tubos sembrados a una temperatura controlada de 37 +/- 0.5 °C.
- C.** Observar la alteración de la coloración de los tubos de ensayo cada 30 minutos y anotar los resultados. Desde media hora hasta un máximo de siete horas.

**Tabla No. 3**

### **Resultados posibles de la Prueba de rezaurina**

Tiempo en horas para cambio en la coloración			Nivel de la Contaminación	Tratamiento (Limpieza)
<b><i>Azul / Violeta</i></b>	<b><i>Ladrillo / Rosado</i></b>	<b><i>Incoloro / Pardo</i></b>		
–	<b><i>&lt;= 0.5</i></b>	<b><i>&lt;= 3.0</i></b>	Extra Muy Grande (EMG)	<b><i>Urgente</i></b>
<b><i>&lt;= 0.5</i></b>	<b><i>&lt;= 2.0</i></b>	<b><i>&lt;= 4.0</i></b>	Muy Grande (MG)	<b><i>Urgente</i></b>
<b><i>&lt;= 1.0</i></b>	<b><i>&lt;= 4.0</i></b>	<b><i>&lt;= 6.0</i></b>	Grande (G)	<b><i>Urgente</i></b>
<b><i>&lt;= 3.0</i></b>	<b><i>&lt;= 5.0</i></b>	<b><i>&lt;= 7.0</i></b>	Aceptable (A)	<b><i>Normal</i></b>
<b><i>&gt; 3.0</i></b>	<b><i>&gt; 5.0</i></b>	–	Despreciable (D)	<b><i>Preventivo</i></b>

Fuente: Instructivo de Control de calidad. 2008. C-I-CC-008

En base al análisis de resultados obtenidos por medio de la prueba de rezasurina, los cuales se fueron analizados en base a la tabla No. 3 y por medio cualitativo se pudo cuantificar y analizar estadísticamente para su posterior interpretación de los resultados.

En dicha tabla se puede observar que pueden existir resultados con cargas bacterianas que manifestaran la reacción del colorante de la prueba, se observa que si el cambio de coloración de azul violeta a ladrillo se da a mayores tiempos de 3 y 5 horas respectivamente y luego no existe ningún cambio entonces se puede decir que el nivel de contaminación será despreciable. Por otro lado si el cambio de coloración de azul violeta se da al instante y en menos de media hora pasa a ladrillo rosa, indica que existe un nivel de contaminación extra muy grande, por lo que es necesario un tratamiento urgente para eliminar o reducir el nivel de contaminación presente. Estos cambios de coloración según los tiempos son los establecidos en la tabla No. 3 de los resultados de la prueba

Como se mencionó esta es una prueba cualitativa y la alteración de color en función del tiempo transcurrido y que inicia desde un color azul violeta, pasando por ladrillo rosado hasta un incoloro, dependerán del tiempo, de esta manera determinó el nivel de contaminación y el tratamiento que debería realizarse para mejorar las condiciones bacteriológicas en los jugos de molinos y cuyos resultados a nivel de contaminación cualitativas se le asignara una escala de 1 a 5; donde 1 es despreciable, 2 aceptable, 3 grande, 4 muy grande y 5 extra muy grande. Con cuyos valores se realizaran los análisis estadísticos, para poder determinar si existía diferencia significativa en la reducción de cargas bacterianas utilizando el método de asepsia con mezcla de bactericidas o con agua a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### **8.3 Muestreo**

Cada mañana a las 8:00 A.M. se realizó un muestreo por todas las áreas de jugo primario, canal y tubería de molino 1, canal y tubería de molino 2 y canal de molino 6, estas fueron llevadas al laboratorio para los análisis respectivos.

La muestra utilizada fue el jugo extraído de la caña de azúcar proveniente de los molinos. Las muestras fueron tomadas en un beacker de 500 ml, sujeta a una base de madera para poder extenderlo hacia las cortinas de caída de jugo, se utilizaron beackers diferente para cada área estipulada y luego el jugo se trasladó a frascos estériles plásticos con tapadera, y en cada uno de ellos fue marcado el lugar de donde se tomó la muestra. Y las tomas realizadas en los canales se realizaron directamente con el beacker sujetándolo con firmeza para evitar que el mismo fuera arrastrado por el fluido. Luego estos fueron llevados al laboratorio para la realización de los análisis respectivos donde se determinó la carga bacteriana presente en cada una de ellas por el cambio de coloración obtenido en el método de resazurina (ver metodología en cláusula 8.3)

Teóricamente para el estudio de bloques al azar, el estudio en cuanto a su fase experimental, se realizó durante veinticuatro días (doce para cada tratamiento). El tratamiento de comparación usado fue una mezcla de bactericidas tradicionales (tratamiento control) contra un tratamiento de agua caliente (tratamiento experimental). Ya que la misma indica “para esta distribución de tratamientos, el mínimo número de grados de libertad que se acepta para el error es 12.”

Las muestras solo se realizaron análisis del tándem A (ver glosario)

### **8.4 Lugares de muestreo**

En el anexo No. 2 y 2 A “Diagrama electrónico de área de molinos a muestreado” y flujos de proceso, se pudo observar de izquierda a derecha, una serie de molinos establecidos que son los que forman el tándem “A”, lugar de donde fueron tomadas las

muestras. El primer molino que tiene la extracción principal será tomadas 3 muestras, el del jugo primario que consiste en la cortina que cae al frente y del que es elaborada el azúcar blanca, el canal quien recibe jugo de los molinos subsiguientes junto con la tubería del mismo que envía el jugo hacia los tanques clarificadores. (Ver anexo 3).

Los lugares establecidos en el muestreo fueron seleccionadas según las separaciones de los jugos, y que el jugo primario es el jugo de primera utilizada únicamente para la elaboración de azúcar blanco o azúcar cristal, los canales y tuberías de los molinos subsiguientes son los utilizados en la fabricación del azúcar morena. Además de esto cabe mencionar que en el molino uno es donde se recibe la caña recién cortada y no existe la aplicación de agua de imbibición, por lo que cualquier contaminación bacteriana real será marcada en esa área mientras que los otros molinos reciben el agua de imbibición.

## **8.5 Metodología estadística**

### **8.5.1 Intervalo de confianza para la diferencia de medias de dos distribuciones normales, varianzas desconocidas**

Las situaciones que más prevalecen en pruebas sobre dos medias son aquellas en las cuales se desconocen las varianzas. Si se asume que ambas distribuciones son normales y que  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  puede utilizarse la prueba de t combinada, a la que con frecuencia t de dos muestras

Si  $X_1^2$  y  $X_2^2$  son las medias y las varianzas de dos muestras aleatorias de tamaño  $n_1$  y  $n_2$ , respectivamente, tomadas de dos poblaciones normales e independientes con varianzas desconocidas pero iguales, entonces un intervalo de confianza del  $100(1 - \alpha)$  por ciento para la diferencia entre medias es:

$$\mu_1 - \mu_2 = d_0$$

El valor estadístico de la prueba

---

en donde:

$$s_p^2 = \frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

es el estimador combinado de la desviación estándar común de la población con  $n_1+n_2 - 2$  grados de libertad.

Se incluye la distribución t y la hipótesis bilateral rechaza cuando

\_\_\_\_\_

Los grados de libertad de la distribución t son el resultado de la combinación de información de las críticas unilaterales.

### **8.5.2 Distribución t**

La mayoría de las veces no se tiene la suerte suficiente como para conocer la varianza de la población de la cual se seleccionan las muestras aleatorias. Para muestras de tamaño  $n \geq 30$ , se proporciona una buena estimación de  $\sigma^2$  al calcular el valor de  $S^2$ . ¿Qué le ocurre entonces al estadístico  $(\bar{X} - \mu) (\sigma/\sqrt{n})$ . Si el tamaño muestral es pequeño, los valores del  $S^2$  fluctúan considerablemente de muestra a muestra, y la distribución de la variable aleatoria  $(\bar{X} - \mu) (S/\sqrt{n})$  se desvía en forma apreciable de una distribución normal estándar. Ahora se está tratando con la distribución de un estadístico que recibe el nombre de t.

### **8.5.3 Hipótesis nula y alternativa**

La estructura de la prueba de la hipótesis se formulará utilizando el término **hipótesis nula**. Esto se refiere a cualquier hipótesis que se desee probar y se represente por  $H_0$ . El rechazo de  $H_0$  da como resultado la aceptación de una **hipótesis alternativa**, que se representa por  $H_1$ . Una hipótesis nula referente a un parámetro poblacional siempre será establecida en forma tal que especifique un

valor exacto del parámetro, mientras que la hipótesis alternativa admite la posibilidad de varios valores.

#### **8.5.4 Pruebas sobre dos medias**

Las pruebas concernientes a dos medias representan un conjunto de herramientas analíticas muy importantes para científicos e ingenieros. El procedimiento experimental es igual al de estimación de la diferencia entre dos medias. Dos muestras aleatorias independientes de tamaños  $n_1$  y  $n_2$ , respectivamente, se sacan de dos poblaciones con medias  $\mu_1$  y  $\mu_2$  y varianzas  $\alpha_1^2$  y  $\alpha_2^2$ .

## 9 Resultados y discusión de resultados

Tabla No. 4

### 9.1 Resultados Cualitativos de análisis realizados con bactericida

#### PRUEBA CON BACTERICIDA

MUESTRA DE JUGO	RESULTADO CUALITATIVO / DIA											
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Primario	G	G	G	G	G	G	MG	G	MG	MG	EMG	EMG
Canal Molino 1	G	G	G	G	G	G	MG	G	MG	MG	EMG	EMG
Tubería de Molino 1	G	G	G	G	G	G	MG	G	MG	GM	G	EMG
Canal Molino 2	G	G	G	G	G	G	MG	G	MG	MG	EMG	EMG
Tubería de Molino 2	G	G	G	G	G	G	MG	G	MG	MG	EMG	EMG
Canal de Molino 6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	D

Fuente: Elaboración propia. 2010 \*

A las muestras obtenidas en los 6 puntos establecidos a lo largo del proceso de extracción del jugo de la caña de azúcar método de asepsia de mezcla de bactericidas se analizaron de forma cualitativa por medio de la prueba de rezasurina.

Tabla No. 5

9.2 Resultados cualitativos de la prueba realizada con Agua Caliente a  $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

**PRUEBA CON AGUA CALIENTE**

MUESTRA DE JUGO	RESULTADO CUALITATIVO / DIA											
	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Primario	G	MG	G	MG	G	EMG	G	G	EMG	EMG	MG	EMG
Canal Molino 1	G	MG	G	MG	G	EMG	G	G	EMG	EMG	MG	EMG
Tubería de Molino 1	G	G	G	G	G	EMG	G	G	MG	EMG	MG	MG
Canal Molino 2	G	MG	G	MG	G	EMG	G	G	EMG	EMG	MG	EMG
Tubería de Molino 2	G	G	G	MG	G	MG	G	G	EMG	EMG	MG	EMG
Canal de Molino 6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Fuente: elaboración propia. 2010 \*

A las muestras obtenidas en los 6 puntos establecidos a lo largo del proceso de extracción del jugo de la caña de azúcar método de asepsia de agua caliente se analizaron de forma cualitativa por medio de la prueba de rezasurina.

\* Los resultados que se obtienen de la prueba de rezasurina son analizados con una escala cualitativa y van desde despreciable D, aceptable A, grande G, muy grande hasta extra muy grande EMG. Los resultados se obtienen en comparación al viraje de color que da la muestra con la aplicación de la resazurina, y en función del tiempo según en base a los colores patrón, que es explicado por la metodología del análisis del laboratorio.

Tabla No. 6

**9.3 Resultados cuantitativos de la prueba realizada con bactericida.**

**PRUEBA CON BACTERICIDA**

MUESTRA DE JUGO	RESULTADO CUANTITATIVO / DIA											
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Primario	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	5	5
Canal Molino 1	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	5	5
Tubería de Molino 1	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	5
Canal Molino 2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	5	5
Tubería de Molino 2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	5	5
Canal de Molino 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1

Fuente: elaboración propia en base a los resultados de la prueba de resazurina, obtenidos de la tabla No. 4. 2010 \*

A todos los resultados obtenidos de manera cualitativa se le asigno un número para obtener resultados cuantitativos, siendo estos despreciable 1, aceptable 2, grande 3, muy grande 4 y extra muy grande 5.

Tabla No. 7

**9.4** Resultados cuantitativos de la prueba realizada con agua caliente a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**PRUEBA CON AGUA CALIENTE**

MUESTRA DE JUGO	RESULTADO CUANTITATIVO / DIA											
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Primario	3	4	3	4	3	5	3	3	5	5	4	5
Canal Molino 1	3	4	3	4	3	5	3	3	5	5	4	5
Tubería de Molino 1	3	3	3	3	3	5	3	3	4	5	4	4
Canal Molino 2	3	4	3	4	3	5	3	3	5	5	4	5
Tubería de Molino 2	3	3	3	4	3	4	3	3	5	5	4	5
Canal de Molino 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia en base a los resultados de la prueba de resazurina. Obtenidos de la tabla No. 5 \*

A todos los resultados obtenidos de manera cualitativa se le asigno un número para obtener resultados cuantitativos, siendo estos despreciable 1, aceptable 2, grande 3, muy grande 4 y extra muy grande 5.

En las tablas 6 y 7 se puede observar los resultados cuantitativos obtenidos de los resultados cualitativos de las tablas 4 y 5, resultados que son utilizados para realizar los análisis estadísticos descritos en el inciso 8.4. y que se encuentran en la tabla No. 8.

*\* Y en base a estos resultados se realizó la diferencia de medias de donde se obtuvieron los análisis estadísticos que demostraron las diferencias significativas o no significativas en las medias.*

Tabla No. 8

Valor promedio, desviación estándar y t de student calculados para la calidad bacteriológica de los 2 métodos de asepsia en molinos de una industria azucarera.

MUESTRA DE JUGO	Con bactericida		Agua caliente		Sp	t calculada	t tabulada
	X	S	X	S			
Primario	3,58	0,792961	3,917	0,90033664	0,7197	0,962453	2.074
Canal Molino 1	3,58	0,792961	3,917	0,90033664	0,7197	0,962453	2.074
Tubería de Molino 1	3,42	0,668558	3,583	0,79296146	0,53788	0,55665	2.074
Canal Molino 2	3,58	0,792961	3,917	0,90033664	0,7197	0,962453	2.074
Tubería de Molino 2	3,58	0,792961	3,75	0,8660254	0,68939	0,491689	2.074
Canal de Molino 6	1,17	0,389249	1	0	0,07576	1,48324	2.074

Fuente: elaboración propia, según los datos obtenidos de la tabla 6 y 7. 2012

En la tabla No. 8 se puede observar la diferencia en las medias en cuanto a jugo primario, con bactericida 3.58 y con agua caliente 3.917 por lo que existe una mayor contaminación en el jugo extraído cuando la asepsia se realizó con agua caliente, a pesar de esto no existe una diferencia significativa en contaminación bacteriana de este jugo; debido a que la t calculada es menor que la t tabulada.

De igual manera se observa que en el canal de molino 1 la media en el jugo extraído luego de la asepsia con bactericida es menor que el extraído cuando la asepsia se realizó con agua caliente, marcando una pequeña diferencia que no es significativa en ellos.

Según JC. Chen, en el jugo primario existe una mayor concentración de sacarosa por ser un jugo no diluido, a diferencia del jugo del canal del molino 1, se observa que en cuanto a medias de los tratamientos no disminuye la contaminación sino se mantiene.

En la tubería de molino 1 se puede comparar las medias que indican una pequeña reducción en comparación con las muestras anteriores, pero entre ambos métodos el efecto de la asepsia desaparece muy rápido en cada uno de los métodos utilizados debido a la carga bacteriana presente en la caña.

Chen en el manual de azúcar de caña, comenta que la aplicación de agua caliente a alta presión, a través de pequeñas toberas, reduce las pérdidas al desalojar las acumulaciones que forman alrededor de los coladores de jugo, elevadores y otros puntos conflictivos. A raíz de la teoría descrita por Chen y los resultados estadísticos obtenidos se evidencia que la asepsia en el jugo primario y el canal de molino 1 pierde su efecto rápidamente, permitiendo así el incremento rápido de cargas bacterianas sin importar la metodología que se utilice para la asepsia. Aun así la diferencia existente entre las cargas no es significativa.

Se observa en el canal del molino 2 al igual que en los casos anteriores una mayor contaminación en el método que utiliza agua caliente, y la diferencia entre ambas muestras no es significativa. Además que ambas muestras son mayores que las de la muestra anterior a cada una de ellas. La extracción realizada en el molino 2 es más diluida que el molino 1 y su contenido de sacarosa es menor. Además la *Leuconostoc mesenteroides* utiliza esta sacarosa para degradarla y convertirla en dextranos, es decir que cuanto más azúcar haya presente en el jugo más puede degradar la leuconostoc y convertirla en dextranos, situación que difiere entre el molino 1 y 2. Que el molino 2 a pesar de tener menor concentración de sacarosa tiene mayor contaminación. Lo que evidencia la necesidad de los métodos de asepsia establecidos. Siendo aun así aceptables ambos métodos debido a los dos resultados obtenidos.

De la tubería del molino 2 se comparan las medias, obteniendo mayor contaminación en el método de asepsia que utiliza agua caliente, a pesar de que esta diferencia no es significativa. Se observa que: en comparación al canal de molino 2 baja la carga bacteriana cumpliendo lo que la teoría indica que a menor concentración de sacarosa presente en el jugo menor opción a degradarla por consiguiente menor

cantidad de dextranos presentes en el jugo. Esta situación solo se ve marcada en el muestreo realizado con agua caliente, ya que la carga bacteriana en la asepsia realizada con bactericida mantiene el nivel de contaminación que el canal del molino 2 quien se encuentra ubicado antes que la tubería del molino 2, indicado la necesidad de una asepsia mas continua.

Se puede observar en los datos obtenidos en el canal del molino 6 con el método de asepsia que utiliza bactericida se obtiene mayor contaminación que con el método que utiliza agua caliente. Marcando una diferencia significativa a favor del método donde es utilizada el agua caliente. Cumpliéndose para ambos casos que el último molino tiene menor concentración de sacarosa por consiguiente menor carga bacteriana, pero siendo más eficiente el agua caliente, situación que denota mejor eficiencia en asepsia realizada con este método.

Según los datos obtenidos si se puede sustituir el método de asepsia tradicional que utiliza mezcla de bactericida por agua caliente a  $90\pm 5^{\circ}\text{C}$  dado que los resultados obtenidos denotan que no existe diferencia significativa en cuanto a contaminación por carga bacteriana, a pesar de esto siempre la media obtenida de la asepsia realizada con agua caliente es mayor que la obtenida de la asepsia realizada con bactericida.

Analizando separadamente las medias de cada uno de los tratamientos se observa que ninguno está siendo eficiente, para ambos casos existe reducción de cargas en la tubería de molino 1 como en el canal del molino 6, manifestando un tiempo demasiado largo intermedio en la asepsia y aplicación de cada uno de los productos utilizados. Ya que de 6 puntos analizados solo 2 están cumpliendo con la función de la reducción de cargas bacterianas, siendo estos la tubería de molino 1 y el canal de molino 6 y la tubería de molino 2 solo con el método de agua caliente; pero 1 caso como lo es el canal de molino 2 aumenta nuevamente la carga bacteriana confirmando la necesidad de realizar asepsia mas continua, debido a que el efecto desaparece muy rápido.

## **10. Conclusiones**

1. En base a los resultados estadísticos obtenidos, no existe diferencia significativa en cuanto al realizar asepsia con bactericida y agua caliente a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
2. Se estandarizó el método de limpieza con agua caliente a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$  en la línea de molinos del ingenio de investigación.
3. Se determinó cualitativamente el nivel de carga microbiana presente en los jugos de caña por el método de resazurina en los dos métodos de limpieza utilizados en molinos.
4. Se realizó el análisis comparativo en la carga bacteriana en molinos, con las prácticas de saneamiento del método que utiliza mezcla de bactericida de amonio cuaternario y carbamatos contra el método que utiliza agua a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
5. En el canal del molino 6 se observa que baja la carga bacteriana presente, esto se debe a que existe mejor accesibilidad a zonas internas para la limpieza, dando una mayor duración al tiempo en este caso la concentración de sacarosa es mucho menor que en todas las muestras anteriores, pues este molino recibe el bagazo con menor concentración y es donde se aplica el agua de imbibición.
6. Observando las medias por separado se puede analizar que ninguno de los 2 métodos de asepsia están cumpliendo con su función a cabalidad porque existen resultados elevados, ya que en ambos casos los análisis cualitativos manifiestan cargas grandes.

## **11. Recomendaciones.**

- 1) Sustituir el método de asepsia tradicional que utiliza bactericida por el método investigado que usa agua caliente a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . para realizar asepsia en molinos de industrias azucareras.
- 2) Realizando la asepsia con agua investigar el tiempo que dura la asepsia para reducir tiempos intermedios y reducir el nivel de contaminación existente.
- 3) Mejorar el sistema de aplicación agua caliente para lograr que el proceso de asepsia sea más eficiente en los molinos.

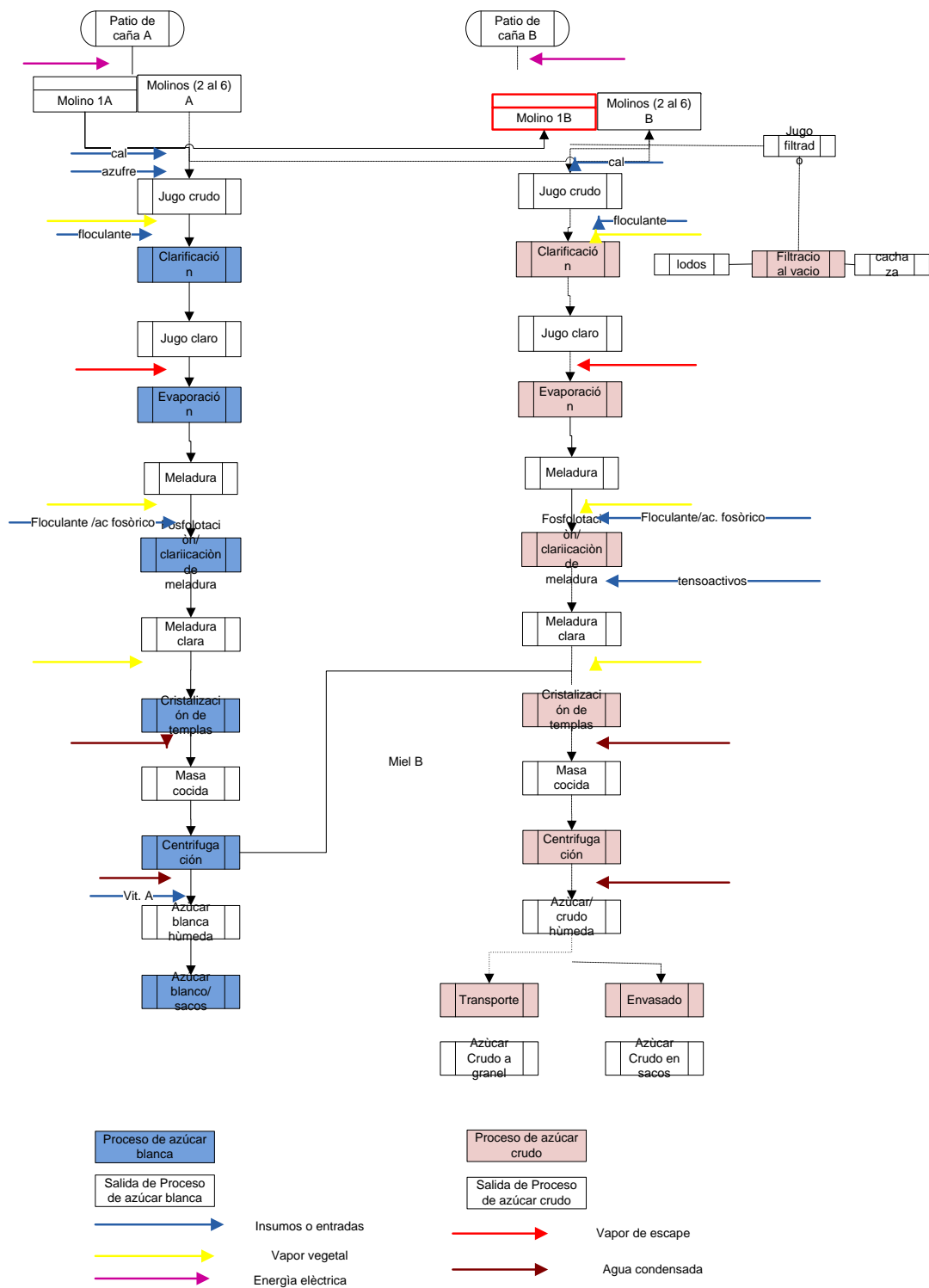
## **12. Bibliografía**

1. Azúcar de caña. 2008. Proceso de elaboración de azúcar de caña: (En línea). Consultado 20 de sep. 2010. Disponible <http://www.atagua.org/index.php?showPage=53&nwid=101>
2. Azúcar de caña: 2009. El azúcar de caña. (En línea). Consultado el 20 de feb. 2011. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos15/cana-azucar/cana-azucar.shtml>
3. Chen, JCP. 1995. Manual del azúcar de Caña. México, D.F. Edit. Noriega Limusa. 1178p.
4. Elaboración de azúcar de caña. 2008. Azúcar. (En línea). Consultado el 31 de feb. 2011. Disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/azucar>
5. Extracción de Sacarosa. 03-10-2005. Glosario de tratamiento de jugo. Código U-G-PE-201. Sta. Lucía Cotz, Escuintla, Gt. Sistema de Gestión de Calidad. Ingenio la Unión.
6. Instructivo de control de calidad. 12-08-2008. Código C-I-CC-008 Ed.03. Sta. Lucía Cotz, Escuintla, Gt. Sistema de Gestión de Calidad. Ingenio la Unión.
7. Pol en azúcar. 2008. Pol en azúcar de caña. (En línea). Consultado el 04 de feb. 2011. Disponible en <http://.monografias.com/trabajos15cana-azucar.shtml>
8. Walpole, R.E.; Myers, R. H. 1992. Probabilidad y estadística. 4ta ed. Mexico, D.F. Edit. McGraw-Hill. 797p.

Vo. Bo. Licda. Ana Teresa de González  
Bibliotecaria

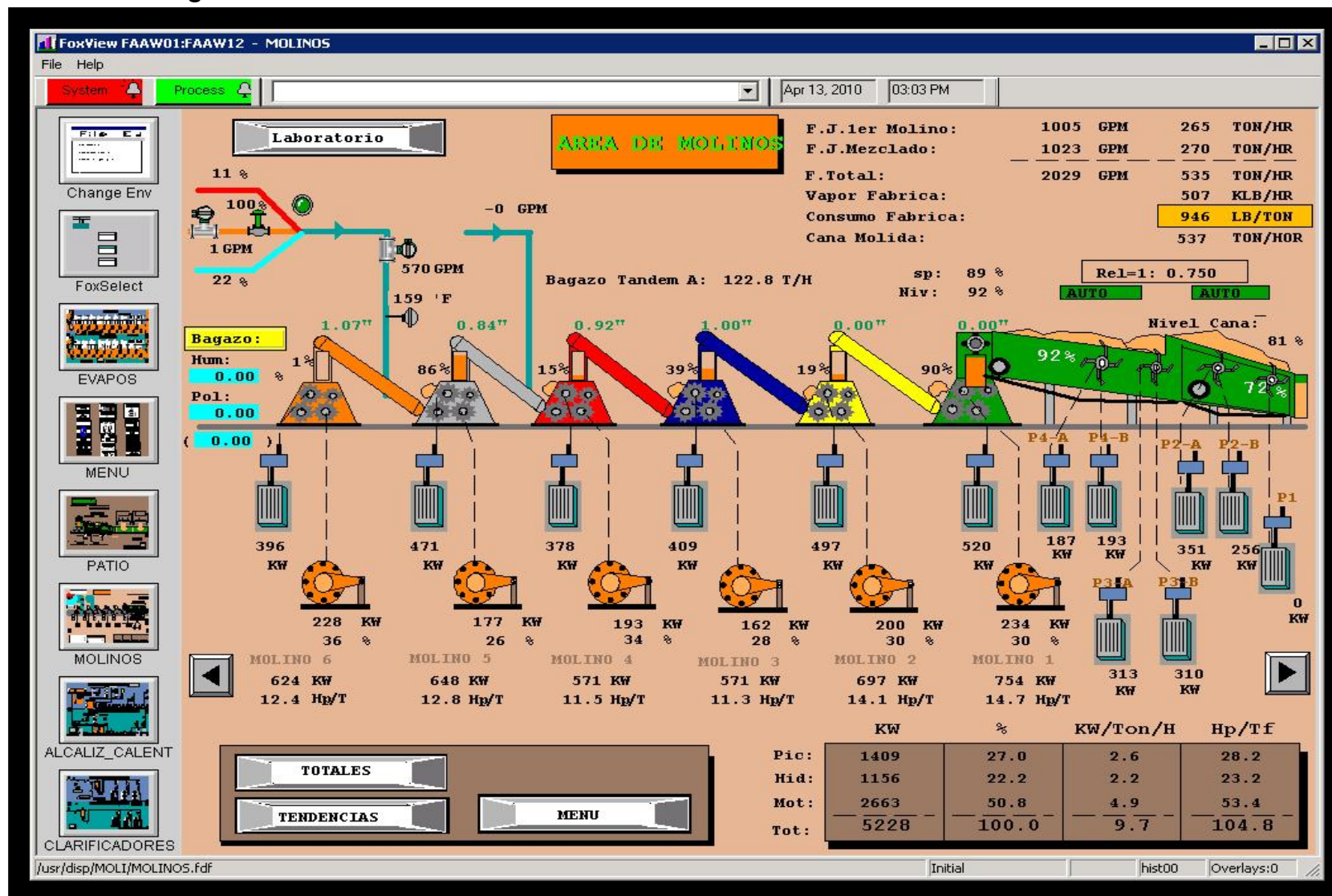
### 13. Anexos

#### Anexo No. 1 Diagrama de Flujo de la Elaboración de Azúcar de caña



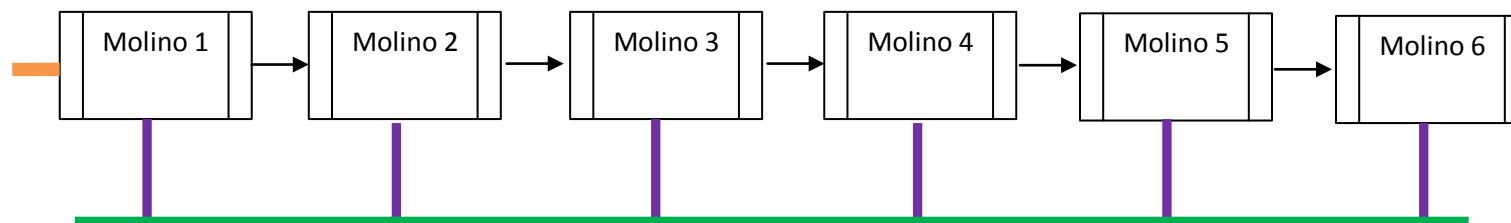
Fuente: Instructivo de control de calidad. C-I-CC-008 Ed. 3

## Anexo No. 2 Diagrama electrónico del área de molinos a muestrear






Fuente: programa foxboroi/a de proceso de elaboración de azúcar de caña

**Anexo 2 A. Descripción gráfica de zona de toma de muestras**



Elaboración propia. 2012

-  **Jugo primario**
-  **Canal de tuberías**
-  **Tubería de molinos**

**Anexo No. 3. Formato de Control de Actividad microbiana**

Control de Actividad Microbiana													
Identificación de la Muestra	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	Contaminación		
Hora de siembra													
1.-	Jugo primario (cortina de jugo)												
2.-	Canal de Molino 1 (canal)												
3.-	Tubería de molino 1												
4.-	Canal de Molino 2												
5.-	Tubería de Molino 2												
6.-	Canal de molino 6												
Nomenclatura		V: Azul/violeta											
		R: Ladrillo/Rosado											
		I: Incoloro /pardo											
Interpretación		Tiempo (horas de cambio de color											
		Violeta	Rosado	Incoloro		Contaminación							
		< = 0.5	< = 0.5	< = 3.0		Extra muy grande							
		< = 1.0	< = 2.0	< = 4.0		Muy grande							
		< = 3.0	< = 4.0	< = 6.0		Grande							
		> 3.0	< = 5.0	< = 7.0		Aceptable							
			> 5.0			Despreciable							

Fuente: Formato de Manual de Calidad de laboratorio

## 14. Anexo de Fotografías

**Fotografía No. 1. Toma de muestra de tubería de molino 1**



**Fuente. Ingenio la Unión 2010**

**Fotografía No. 2. Vista de molinos**



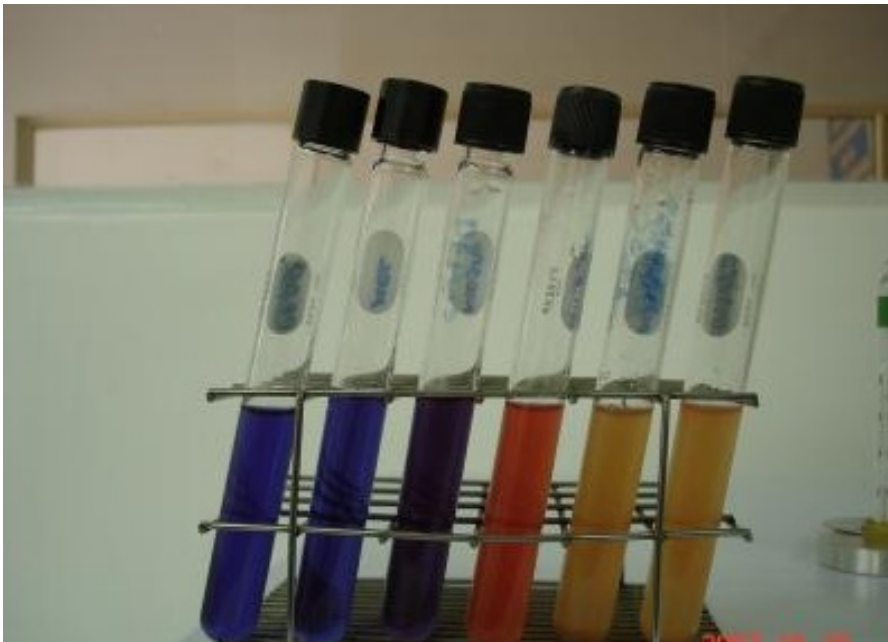
**Fuente. Ingenio la Unión. 2010**

**Fotografía No. 3. Vista de los tubos con resazurina**



**Fuente. Laboratorio de control de calidad Ingenio la Unión**

**Fotografía No. 4. Cambio de coloraciones de muestras analizadas**



**Fuente. Laboratorio de control de Calidad, Ingenio la Unión. 2010**

## 15. GLOSARIO

- **Bagazo (ISSCT):** “el residuo de la caña prensada en un molino o un tren de molienda. Los bagazos se denominan sucesivamente bagazo del primer molino, bagazo del segundo molino y así sucesivamente hasta el bagazo del último molino al que se le llama bagazo final o simplemente bagazo”. En general, la palabra bagazo designa al residuo del último molino a menos que se especifique de otra manera
- **Brix (aerómetro Brix):** Estrictamente hablando, Brix es el porcentaje en peso de los sólidos en una solución pura de sacarosa. Por acuerdo general se acepta que el Brix representa los sólidos aparentes en una solución azucarada cuando se determina por el hidrómetro Brix otra medida de densidad convertida a la escala Brix. Puesto que el Brix se considera como una entidad y se trata como una sustancia (por ejemplo: “libras de Brix,” “extracción de Brix”, etc.) Brix (sólidos) y sólidos por gravedad son iguales.
- **Cachaza (ISSCT):** “El material retenido por las mallas o telas de los filtros”.
- **Caña:** “La materia prima recibida por la fábrica y que incluye caña limpia, basura del campo, agua, etc.” la caña como tal se recibe es caña en bruto. Al sustraer la basura del campo se obtiene caña neta.
- **Dilución (ISSCT):** “La parte de la imbibición que entra en el jugo mezclado”.NOTA: si se usa el término dilución siempre debe especificarse adicionalmente dando la base a la cual se refiere este.
- **Extracción (ISSCT):** “Aquella parte (usualmente porcentaje) de un componente de caña que es extraída por la molienda. Los componentes usualmente en este concepto son jugo, Brix, Pol y sacarosa. La palabra “extracción” se califica en función de estos. El termino extracción solo

normalmente significa extracción de Pol. El termino extracción de jugo necesita acompañarse de la especificación del jugo de referencia y de la base.

- **Extracción de Pol** “Pol en el jugo mezclado, porcentaje de Pol en la caña”
- **Extracción de sacarosa:** Sacarosa en el jugo mezclado, porcentaje de sacarosa en la caña
- **Fibra (ISSCT):** “La materia seca insoluble en agua”. Nótese que esta definición incluye todos los insolubles como tierra y las piedras. La verdadera fibra o celulosa no se determina en el control de la fábrica.
- **Imbibición (ISSCT):** “El proceso en el cual se aplica agua o jugo a un bagazo para mejorar la extracción del jugo en el molino siguiente. Este término también se aplica al fluido usado para dicho propósito.
- **Jugo del último molino (ISSCT).** “El jugo extraído por el último molino de un tándem.
- **Jugo mezclado (ISSCT).** “La mezcla de los jugos primario y secundario que entra a la casa de calderas.
- **Jugo primario (ISSCT).** “Todo el jugo extraído sin diluir”. En la mayoría de los molinos, este es el jugo combinado de la desmenuzadora y el del primer molino.
- **Jugo secundario (ISSCT).** “El jugo diluido que es reunido con el jugo primario para formar el jugo mezclado”.
- **Maceración (ISSCT):** “Una forma de imbibición en la que el bagazo se sumerge en un exceso de fluido. El término imbibición”. Por las siguientes definiciones, la maceración es una clase especial de imbibición. Maceración,

como aquí se define, también llamada maceración en baño, se emplea en Australia y Fidji, pero casi en ningún otro lugar.

- **Primer jugo extraído (ISSCT)** “El jugo extraído por las dos primeras mazas del tándem de molinos.” Éste es un jugo al que no le ha agregado agua. Anteriormente, se definía ya sea como el jugo solo de la desmenuzadora o bien como el jugo combinado de la desmenuzadora y el del primer molino.
- **Pureza:** es posible que la expresión que la expresión más usada en la práctica azucarera sea la pureza, llamada también coeficiente de pureza, exponer de pureza, cociente de pureza u ocasionalmente el exponente o el cociente. Básicamente la pureza de un producto azucarero es el azúcar de capa presente en términos de porcentaje de la materia sólida. Puesto que el azúcar puede expresarse como Pol o sacarosa y los sólidos como Brix, sólidos por refractómetro, o sólidos por secado, la pureza entonces se expresa en varias formas.
- **Sacarosa (Pol) (polarización):** hasta que la ISSCT otorgó importancia al término Pol, la sacarosa y la polarización fueron usados frecuentemente pero incorrectamente como sinónimos en las fábricas de azúcar de caña, especialmente del Hemisferio Occidental. Con toda razón, la ISSCT condena la confusión causada por el uso intercambiado de estos términos, y se ha avanzado bastante para establecer su diferencia. ISSCT define la sacarosa como “el compuesto químico llamado así, también llamado sucrosa o azúcar de caña”. Noción directa o sencilla del peso normal de una solución en un sacarímetro. El término se usa en los cálculos como una sustancia real. Debido a su sencillez y conveniencia, Pol ha ganado rápidamente aceptación en todas las partes del mundo azucarero. Actualmente polarización se refiere a la operación o procedimiento, Pol es el resultado obtenido. Expresiones tales como libra Pol, Pol en jugo y extracción de Pol.

- **Tándem**

Se denomina **tándem** (del latín, literalmente *al fin*) un tipo particular de bicicleta provista de más de un asiento y más de una pareja de pedales, pudiendo así ser movida por el pedaleo de más de una persona.

- **Último jugo extraído (ISSCT)** . “El jugo extraído por las dos últimas mazas de un tándem.