

 EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

Nombre del Proyecto: "CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESAMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) EN EL INGENIO CENTRAL MOTZORONGO, TEZONAPA VERACRUZ".

Nombre del Alumno: Carrasco Estrada Metz Arlethe

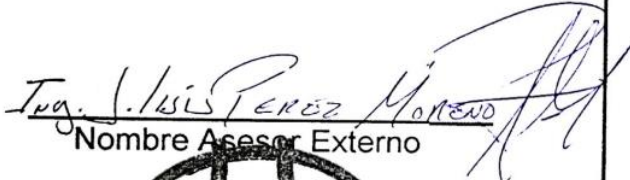
Número de Control: 16990609

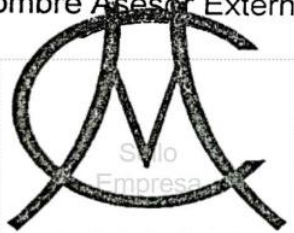
Nombre de la Carrera: Ingeniería en Industrias Alimentarias

Especialidad: Sistemas de calidad y mejora continúa


Ing. Marina Genoveva Colorado Moreno
 Nombre del Asesor Interno




Ing. I. Luis Pérez Moreno
 Nombre Asesor Externo


CENTRAL MOTZORONGO, S.A. DE C.V.
 R.F.C. CM0791029IV7

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi asesora la Ing. Marina Genovena Colorado Moreno, quien con sus conocimientos, paciencia y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer al Ingenio Central Motzorongo por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarias para llevar a cabo el proceso de investigación. Especialmente a las químicas del laboratorio de Campo Rosario, Yadira, Sucely y Benigna, a las químicas del laboratorio Químico, Carolina, Abigail, Amairany, Belén, Garviñe y Mayra por enseñanza y amabilidad hacía mi persona, gracias a ellas pude aprender demasiadas cosas sobre el proceso de la caña de azúcar, al Ing. José Luis por permitirme estar con su equipo de trabajo la mayor parte del tiempo.

Por último pero menos importante quiero agradecer a mi familia, por apoyarme en todo momento aun cuando mis ánimos decaían semestre con semestre. En especial, quiero hacer mención de mis padres:

Mi padre, que se sacrificó por mí alejándose 5 años de nosotros para poder darme una carrera universitaria.

Mi madre, dándome su apoyo incondicional en los momentos más difíciles para mí, siempre estuvo al pendiente y dándome ánimos con palabras de apoyo y un abrazo reconfortante.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Este proyecto contiene las generalidades del Ingenio Central Motzorongo y el análisis que se realizó de la situación actual del área de fábrica y del laboratorio, para identificar los puntos críticos existentes y poderlos diagnosticar correctamente para evitar el impacto en la calidad del producto final.

La finalidad de este proyecto contribuye a mejorar la calidad del producto final obtenido durante el proceso de producción, esto a través de controles de calidad desde la cosecha hasta el producto almacenado en bodega, tomando en cuenta los equipos y materiales que intervienen en el proceso. Un eficiente control de calidad ayuda a reducir costos por unidad producida, mejorar la competitividad de la empresa, satisfacción del consumidor final y mayor compromiso de parte del personal para ser líderes en la elaboración de azúcar, es por eso que se llevaron a cabo pequeñas mejoras en los equipos para garantizar la calidad del producto.

Se describe el funcionamiento del equipo utilizado en el proceso, los requerimientos mínimos de material como el jugo claro, masas, templeas, miel final, etc., así como los puntos que requieren de mejoras para que el proceso de elaboración del azúcar se lleve a cabo correctamente, eso contribuye

Además de la implementación de controles de calidad para el control del proceso, también se implementó un programa de seguridad industrial que involucra a todo el personal administrativo y operativo.

INDICE

CAPITULO 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y DEL PROYECTO	7
1.1 Descripción de la empresa.	7
1.1.1 Nombre y razón social de la empresa.....	7
1.1.2 Contactos y ubicación de la empresa.	7
1.1.3 Visión y misión.	8
1.1.4 Estructura organizacional.....	9
1.2 Problemas a resolver.	10
1.3 Delimitación.	10
1.4 Objetivos	10
1.5 Justificación.....	11
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Descripción de la maquinaria.....	13
2.1.1 Calderas.....	14
2.1.2 Clarificadores.	15
2.1.3 Evaporadores.....	16
2.1.4 Tachos.....	18
2.1.5 Cristalizadores.	19
2.2 Análisis del proceso.	20
2.2.1 Materia prima.	20
2.2.2 Proceso.	22
2.2.3 Área de Batey.	23
2.2.4 Molienda.	24
2.2.5 Clarificación.	24
2.2.6 Evaporación.....	27
2.2.7 Cristalización de azúcar.	27
2.2.8 Centrifugación.....	28
2.2.9 Secado y Envasado.	29
2.2.10 Diagrama de proceso.	30
2.2.11 Diagnóstico del proceso.....	33
2.2.12 Estudio de tiempo.....	33
2.3 Controles de calidad.....	34
2.3.1 Materia prima.	35

2.3.2 Proceso.	35
2.3.3 Producto terminado.	36
CAPITULO 3 Método propuesto para mejorar la calidad durante el proceso de la caña de azúcar en el Ingenio Central Motzorongo. (Actividades Realizadas).....	37
3.1 Descripción de cambios a la maquinaria.	37
3.1.1 Cambio de tela en el colador para separar los sólidos del jugo.	37
3.1.2 Colocación de un clarificador de meladura en los tachos.....	38
3.1.3 Colocación de tapaderas en los tanques de jugos y mieles.....	38
3.1.4 Colocación de un tanque de sosa para la limpieza de los calentadores.....	39
3.2 Estandarización de tiempos.	40
3.3 Controles de calidad.....	41
RESULTADOS.....	47
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFIAS	54
ANEXOS	55

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de la caña de azúcar para la obtención de azúcar empieza realmente en el campo. La variedad de caña, el suelo en el cual se cultiva, las prácticas de manejo que incluyen las dosis, épocas de aplicación de los fertilizantes y el grado de madurez determinan la calidad del material producido. La caña con óptima calidad da mayores rendimientos fabriles para beneficio, tanto de los ingenios como de los cultivadores del sector azucarero.

La calidad se reconoce en el momento de la molienda por la cantidad de azúcar recuperable o rendimiento que se obtiene por tonelada de caña molida, lo cual depende de características como:

1. Alto contenido de sacarosa.
2. Bajo contenido de materiales extraños
3. Bajo contenido de sólidos solubles diferentes de la sacarosa.
4. Bajos niveles de fibra.

Es importante mencionar que otras características como tallos erectos, maduración y longitud uniformes, y facilidad para el corte permiten la obtención de material poco contaminado y de buena calidad para los molinos. En general, las características principales de la caña de buena calidad dependen de factores relacionados con:

1. Características agronómicas.
2. Aspectos morfológicos.
3. Calidad de los jugos.
4. Condiciones agroclimáticas.

La calidad de los jugos está determinada principalmente por un alto nivel de sacarosa, otros constituyentes químicos de carácter orgánico determinan la calidad del procesamiento y del producto final.

CAPITULO 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y DEL PROYECTO

1.1 Descripción de la empresa.

En 1886, el General Carlos A. Pacheco decidió la construcción de un trapiche en la Hacienda Motzorongo, para la elaboración de panela y aguardiente, siendo en el año de 1890 la primera producción de dichos productos. Posteriormente en el año de 1903, una empresa norteamericana compra la Hacienda Motzorongo, cambiando su nombre a “The Motzorongo Sugar Company”, convirtiéndose de trapiche a Ingenio. Esta compañía tuvo una infinidad de problemas que la obligó a cerrar las puertas del Ingenio en 1928.

En 1936, Don Ricardo Céspedes compró las acciones del Ingenio y fue así, como inicio operaciones con la razón social de Central Motzorongo, S. A. En 1952, nuevamente el Ingenio hace otra ampliación, cambiando maquinaria y equipos, para tener una mejor capacidad de producción. En 1964, en cumplimiento de la Ley del Seguro Social, los trabajadores y empleados del Ingenio, fueron dados de alta como derechohabientes a los servicios del Instituto Mexicano del Seguro Social. En 2005, se logra la certificación ISO-9001:2000, mediante la casa certificadora GLC. En 2009, amplía su capacidad de almacenamiento con la construcción de la Bodega de Azúcar número 2. En 2010, se ratifica la certificación del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2008.

1.1.1 Nombre y razón social de la empresa.

Central Motzorongo S.A de C.V.

1.1.2 Contactos y ubicación de la empresa.

La organización productora de Azúcar estándar se encuentra ubicada en el poblado de Motzorongo, perteneciente al municipio de Tezonapa Veracruz.

Carretera Córdoba – Tierra Blanca Km 42

Col. El Nido FF CC Motzorongo, Veracruz

C.P. 95090.

Tel: 2787363233

Correo Electrónico: cmsamex@prodigy.net.mx

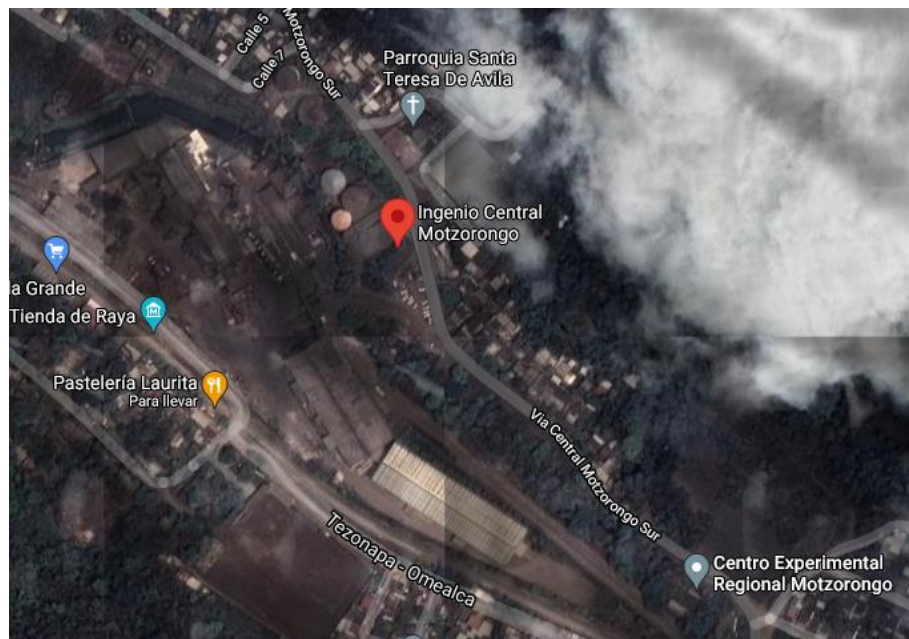


Figura 1. Ubicación de la empresa.

1.1.3 Visión y misión.

Visión: Empresas sustentables y competitivas a nivel nacional e internacional con procesos flexibles normados.

Misión: Agroindustrias socialmente responsables para el aprovechamiento integral y racional de la caña de azúcar.

1.1.4 Estructura organizacional.

Los niveles jerárquicos de la empresa están resumidos en la estructura organizacional, en donde a la cabeza se encuentran los accionistas, junta directiva y debajo de ellos los superintendentes y gerentes de cada una de las áreas.

El flujo de información es continuo, vital para que funcione la entidad, y se da en todas las direcciones en el nivel superior y en una sola en los niveles intermedios y bajos a través de esta estructura se delegan responsabilidades y niveles de mando de cada uno de los jefes de los diferentes departamentos como se muestra en la siguiente figura.

Estaré bajo la supervisión del Ing. José Luis Pérez Moreno encargado del laboratorio químico supervisando la calidad con la que sale el producto final (azúcar) a lo cual se llevará acabo del día 08 de febrero del 2021 hasta el día 30 de junio del 2021.

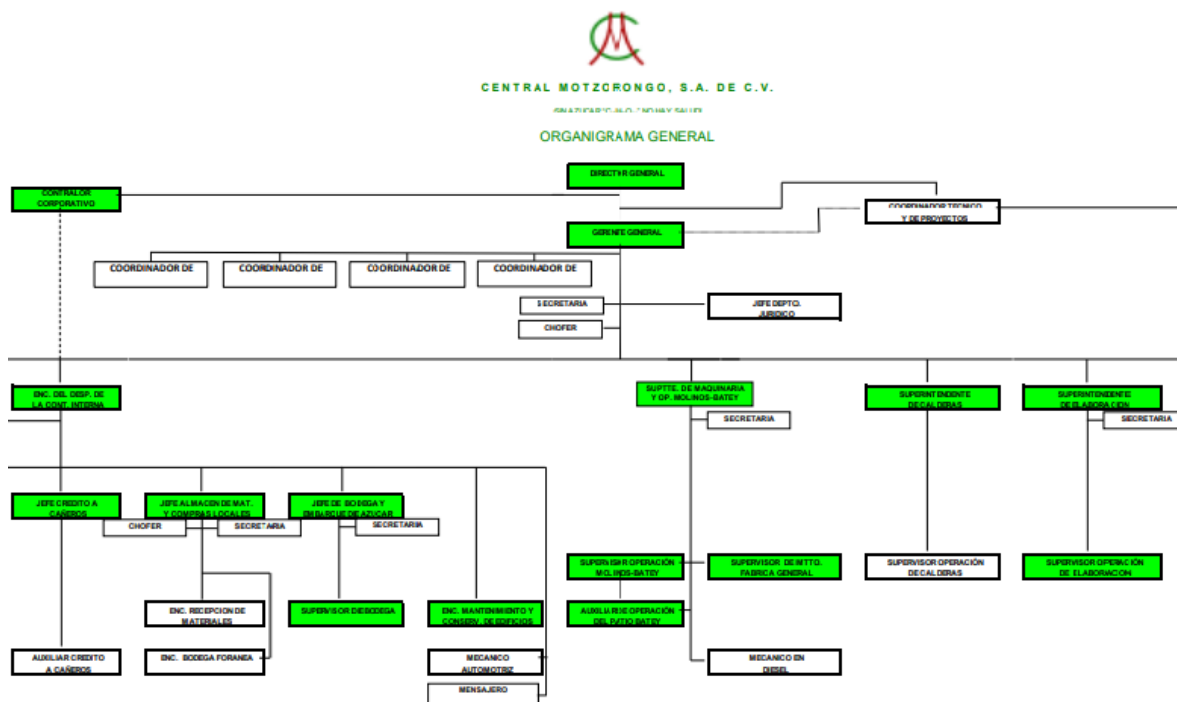


Figura 2. Organigrama del Ingenio Central Motzorongo.

1.2 Problemas a resolver.

Uno de los principales problemas que afecta la calidad del azúcar es el tamaño del mesh que tiene el filtro de separación de sólidos insolubles, ya que es demasiado grande y permite el paso de bagacillo afectando así la calidad del producto final.

1.3 Delimitación.

El presente proyecto tiene como objetivo determinar la calidad de la caña de azúcar durante su procesamiento hasta obtener azúcar estándar y azúcar mascabado, el cual se realiza en la empresa Central Motzorongo S.A de C.V ubicada en la Carretera Córdoba – Tierra Blanca Km 42. Col El Nido, Cp.95090 en la población de Motzorongo, perteneciente al municipio de Tezonapa.

1.4 Objetivos

Objetivo general.

Determinar la calidad durante el procesamiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) obteniendo como resultado azúcar estándar y mascabado.

Objetivos específicos.

- Establecer las condiciones de los procesos actuales para identificar las deficiencias.
- Identificar puntos críticos del proceso de fabricación del azúcar estándar para clasificar los de menor y mayor riesgo.
- Evaluar puntos críticos en el proceso de fabricación del azúcar estándar, para establecer el grado de incidencia.
- Diseñar métodos de mejoras en el proceso que garanticen la calidad del mismo.
- Diseñar métodos de control de calidad en el área de envasado para minimizar el rechazo de producto terminado.

- Analizar las BPM en la planta de producción para ver sus posibles deficiencias y poder corregirlas.

1.5 Justificación

En México, la industria azucarera es históricamente una de las más importantes, debido a su relevancia económica y social en el campo. El azúcar en México tiene una considerable magnitud de mercado, su consumo es generalizado en el ámbito doméstico y tiene una importante demanda en el sector industrial. Destaca en el consumo del ámbito industrial la industria refresquera, galletera, alcoholera, industria del dulce y la de los alimentos balanceados para alimentación animal, entre otros.

La relevancia en este trabajo radica en la importancia de la mejora de la calidad del azúcar, para cumplir con las especificaciones de calidad, es necesario elaborar el azúcar con materia prima de buena calidad, aplicar técnicas adecuadas en su proceso, contar con condiciones de operación, de maquinaria y equipo empleado. La implementación de nuevas tecnologías es una parte fundamental del proceso productivo que se halla íntegramente articulado a los altos rendimientos y la calidad del producto.

La calidad de los productos es de suma importancia en el mundo de los negocios, en este caso la calidad del azúcar se basa en varios criterios, como el color, el contenido de sacarosa, la humedad, el grano y la filtrabilidad. De todos ellos el color es la característica más importante del azúcar, ya que está directamente relacionado con su pureza. Es necesario mejorar continuamente el producto (azúcar) para garantizar la satisfacción del cliente y lograr así una distinción con el resto de los competidores.

La calidad no es ni más ni menos que el reflejo del cumplimiento de normas y parámetros establecidos por organismos como lo es ICUMSA, el cuál brinda la aprobación de la comercialización del azúcar siendo un requisito indispensable a la hora de negociar con un cliente y está directamente vinculada con el éxito de la empresa.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

La caña de azúcar es el cultivo de mayor importancia en la producción de este edulcorante en el mundo. El área total mundial en producción es de 19.24 millones de hectáreas, distribuidas en Asia 42.5%, América 47.7%, África 7.4% y Oceanía 2.4%. El promedio mundial de producción es de 65.2 ton/ha.

El cultivo de la caña de azúcar en México se encuentra distribuida en quince estados de la república, con una superficie de aproximadamente 750,000 hectáreas y se industrializa en 55 ingenios que produjeron alrededor de 7.0 millones de toneladas de azúcar en la zafra 2012/2013.

Para llevar a cabo el presente estudio se seleccionó el Ingenio Central Motzorongo, en el municipio de Tezonapa, Veracruz. En la actualidad, su actividad está enfocada a la obtención de azúcar, contribuyendo así a la producción nacional de este producto.



Figura 3. Ingenio Central Motzorongo.

2.1 Descripción de la maquinaria.

A continuación se describe el funcionamiento del equipo utilizado en el proceso, así como los requerimientos mínimos del material (Jugo claro, masas, miel final, etc.) que será procesado en cada uno de los equipos.

En el Ingenio se cuenta con 4 molinos instalados en serie los cuales se componen de tres masas con ranuras de $\frac{1}{2}$ por $\frac{1}{2}$ pulgada, dichas masas son una cañera, una superior y una bagacera y el soporte de estas se compone por dos pedestales llamados vírgenes.

Los molinos también son conformados por un sistema hidráulico a 1,500 libras de presión, un peine superior, un peine bagacero y una cuchilla central y tiene una potencia de 180 HP.

El uso de los molinos es básicamente para extraer el jugo de la caña. El problema principal del área de molinos es en las masas, ya que no tienen una abertura adecuada, obstaculizando de esta forma la mayor extracción de jugo.

También en los molinos se da un problema, cuando el bagazo al salir del molino anterior viene muy compactado produce un atascamiento en la entrada al molino siguiente y el atascamiento es de tal punto que las masas no tienen la suficiente adherencia como para llevar ese bocado, por lo que es necesario parar la molienda para destruir el bagazo compactado.

Dentro de los problemas más importantes se pueden mencionar el rompimiento del eje del movimiento del pachaquil, aflojamiento de tablillas transportadoras y atoramiento del bagacillo en el cedazo del filtrado del guarapo.



Figura 4. Molino de extracción de jugo en el Ingenio Central Motzorongo.

2.1.1 Calderas.

En las instalaciones de fábrica existen cuatro calderas y solo tres están en funcionamiento, la cual tiene una capacidad de 40,000 lb/h su combustión es generada por bagazo y tiene una operación semiautomática, está compuesta por un domo el cual se encuentra en la parte superior y debe contener de 40 a 50% de agua para la producción de vapor, cuenta con un hogar en cuyo interior existe un aislamiento de material refractario para lograr retener por mayor tiempo la temperatura y permitir mayor transferencia de calor.

Está provista de tubería en su interior, además cuenta con una válvula de seguridad de presión interna. Este equipo es utilizado para la producción de vapor que es indispensable para el proceso de evaporación del agua en exceso del jugo.

El problema en las calderas es el porcentaje de humedad ya que actualmente oscila entre 54 a 60%, este dato es superior al objetivo, se propone controlar la humedad realizando pruebas cada cuatro horas y anotando los resultado

obtenidos en formatos de control para que sean analizados posteriormente por los encargados de laboratorio y de esta manera tomar medidas correctivas.

En la Figura 5 se muestra una caldera en la cual se genera la combustión por medio de bagazo.

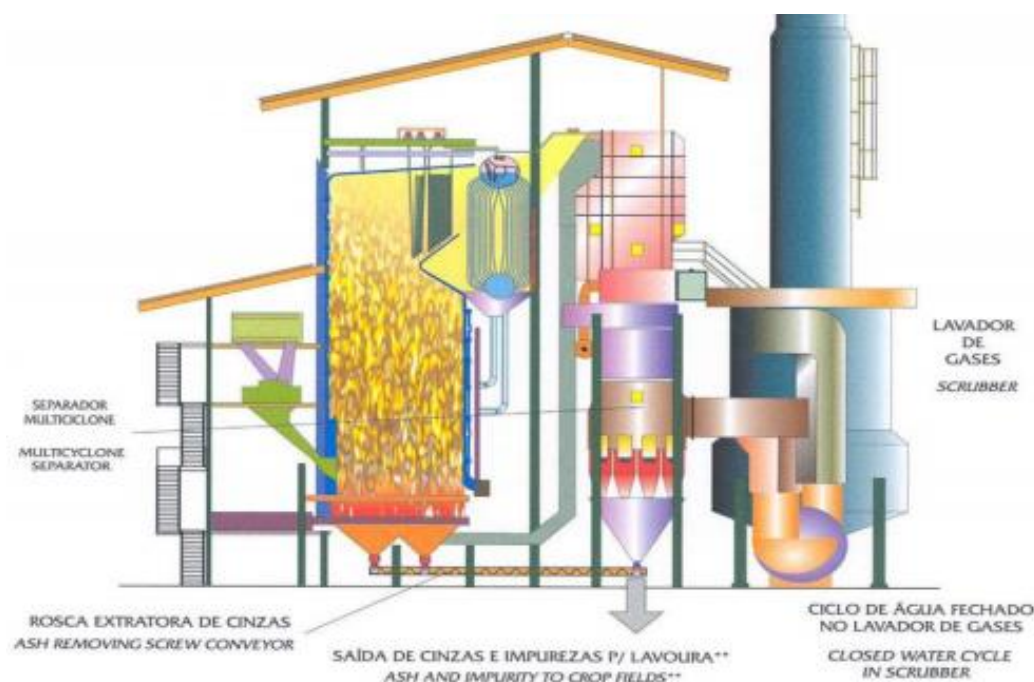


Figura 5. Funcionamiento a escala de la caldera número 3 proporcionada por el Ingenio Central Motzorongo.

2.1.2 Clarificadores.

En este equipo se obtiene el jugo claro y es una tanque en la que se clarifica el guarapo del azúcar, el clarificador instalado en la fábrica consta de un eje central que gira muy lentamente, las especificaciones de trabajo son las siguientes: capacidad del clarificador es de 20,000 galones, las dimensiones son diámetro de 14 pies, altura de 18 pies, cuenta con 4 bandejas, 4 bombas de diafragma, una por cada bandeja y la velocidad de rotación de trabajo es de 8 Rev./hora.

El jugo entra en la parte superior del clarificador a través de un tubo de diámetro de 10", permitiendo la alimentación en cada bandeja, llenándose el interior del

clarificador por rebalse. En los extremos del clarificador se tienen 4 tubos de 5" para permitir la salida del jugo claro de cada bandeja.

Las bombas de diafragma funcionan a través de un eje con excéntricos permitiendo el movimiento oscilante y lográndose extraer de esta forma la cachaza para luego ser enviada a los filtros de cachaza.

Durante la zafra se suscitaron problemas tales como: mal funcionamiento en las bombas de guarapo clarificado, problemas por agujeros en la tubería del guarapo clarificado y llenura en los tanques de alcalizado y clarificación.

En el área de clarificación el problema principal es en el jugo filtrado en los filtros de cachaza, ya que estos tienen una malla inapropiada que no logra atrapar la cachaza mezclada con el jugo.



Figura 5. Clarificadores del Ingenio Central Motzorongo. (Foto proporcionada por el jefe de laboratorio).

2.1.3 Evaporadores.

Serie de cuerpos de superficie acalórica que evaporan el jugo a múltiple efecto, en el ingenio se cuenta con 6 evaporadores provistos de una calandria de 7 pies de diámetro por 6 pies de largo, y el cuerpo de cada evaporador es de 9 pies de largo, para un largo total de 15 pies, para obtener una concentración de la meladura se trabajan con 10 a 12 lbs. de vapor.

En el área de evaporadores el Evaporador No.3 ya no realizaba su función correctamente ya que no evaporaba el exceso de agua en el jugo claro, en este evaporador se deben tomar acciones para aislarlo con material refractario y lograr una mayor retención del calor aumentando de esta forma su eficiencia.

Debido al tipo de proceso, en las calandrias de los evaporadores y preevaporadores se acumula una especie de sarro que provoca disminución de evaporación del aparato. Debido a la razón anterior, es necesario cambiar el equipo auxiliar de evaporadores y limpiar los que están sucios, para evitar que la meladura esté más tiempo que el normal en los evaporadores.

En la Figura 6 se muestran los evaporadores de múltiple efecto que eliminan el exceso de agua a través de la evaporación.



Figura 6. Evaporadores de múltiple efecto.

2.1.4 Tachos.

Se cuenta con una batería de doce tachos, los cuales tienen un diámetro de 79 pulgadas cada uno con un largo total de 19 pies, están provistos de una calandria de 4 pies de altura tienen una capacidad de 235 pies cúbicos, y trabajan con vapor de 6 a 10 lbs y con un vacío de 26 pulgadas de mercurio.

Los tachos trabajan con vapor vegetal de 5 y 10 psi procedentes del primer y segundo efecto de los evaporadores. En este equipo se obtiene la masa cocida que consiste en mieles y cristales de azúcar obtenidos de la sacarosa para luego ser enviado a los cristalizadores donde se prepara para ser centrifugado.

En los tachos el principal problema que se da es el llamado atraso en los tachos y se genera cuando la meladura que sale del evaporador melador tiene los grados brix muy bajos, esto hace que el tacho tenga que cocer más tiempo la meladura para poder formar los cristales que serán los granos de azúcar posteriormente.

En el interior de los tachos se encontraron tubos que ya no realizaban adecuadamente su función por lo que se hace necesario reemplazarlos por unos nuevos. La siguiente figura muestra los tachos utilizados para el proceso de cristalización.



Figura 7. Tachos para cristalización del grano de azúcar en el Ingenio Central Motzorongo.

2.1.5 Cristalizadores.

En el ingenio Central Motzorongo existen 4 cristalizadores de 5 pies de ancho, 5 ½ pies de altura y 16 pies de largo los cuales trabajan a una revolución de 2 vueltas por minuto. Estos son recipientes horizontales de tipo U con paletas giratorias que mezclan la masa cocida, consiste en una serie de serpentines por donde pasa agua fría y caliente y tiene una serie de paletas para tenerle movimiento a la masa. El objetivo del movimiento continuo a través de las paletas giratorias es

evitar el endurecimiento de la masa y lograr que los cristales de azúcar se desarrollen,

En la Figura 8 se muestra un cristalizador utilizado para mezclar la masa cocida.



Figura 8. Cristalizador de masa cocida en el Ingenio Central Motzorongo.

2.2 Análisis del proceso.

Se realizó una inspección minuciosa en todo el proceso de fabricación del azúcar desde que ingresa la materia prima al ingenio hasta su transformación, teniendo cuidado de inspeccionar todos los elementos y procesos que intervienen en la elaboración de azúcar para poder obtener un mejor resultado de este estudio y así dictaminar adecuadamente.

A continuación se describe el proceso de extracción del azúcar en el Ingenio Central Motzorongo.

2.2.1 Materia prima.

La caña de azúcar es una gramínea de climas tropicales con un alto contenido de azúcares (sacarosa, fructosa y glucosa). La composición de este producto varía de

acuerdo a su edad, grado de madurez, clima, suelo, métodos de cultivo, abonos, entre otros.

El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una fracción sólida llamada fibra, mientras que la fracción líquida se denomina jugo (aquí están presentes el agua y la sacarosa). En ambas fracciones se pueden encontrar otros componentes (sales, ácidos orgánicos y cenizas). En la Tabla 2 se presenta la composición típica de la caña de azúcar.

Durante la época de zafra se cosecha la caña cortándola verde y quemada, se transporta al Ingenio en medio de carros de 40 toneladas, es recibida en la báscula en donde se determina su peso, después se transporta al prelavado para eliminar la mayor cantidad de tierra que es la materia extraña que más daña el proceso.

Tabla 1. Composición general de la caña de azúcar.

Componente	Composición (% en peso)
Agua	73 - 76
Sacarosa	8 – 15
Fibra	11 – 16
Sales	0.3 – 0.8
Ácidos Orgánicos	0.1 – 0.8
Otros	0.3 – 0.8

Para la producción de azúcar, en este complejo se recibe y procesa caña proveniente de varias zonas de cultivo. En la Tabla 2 se muestra la composición de la caña procesada en el ingenio de Motzorongo.

Tabla 2. Composición de la caña de azúcar procesada en el Ingenio Central Motzorongo

Sacarosa	12.818%		
Fibra	12.170%	Celulosa	52.75%
		Xilan	31.54%
		Lignina	15.71%
Agua	75.012%		

A parte de la caña de azúcar, el ingenio requiere de otros insumos para su operación (corriente eléctrica, agua y combustóleo). Esto acarrea un costo de servicios auxiliares, el cual se ve reflejado en el precio final del producto (azúcar).

2.2.2 Proceso.

Para la producción de azúcar se requiere de un proceso que incluye varias etapas, En la figura 9 se presenta el diagrama de proceso empleado en el Ingenio Central Motzorongo.

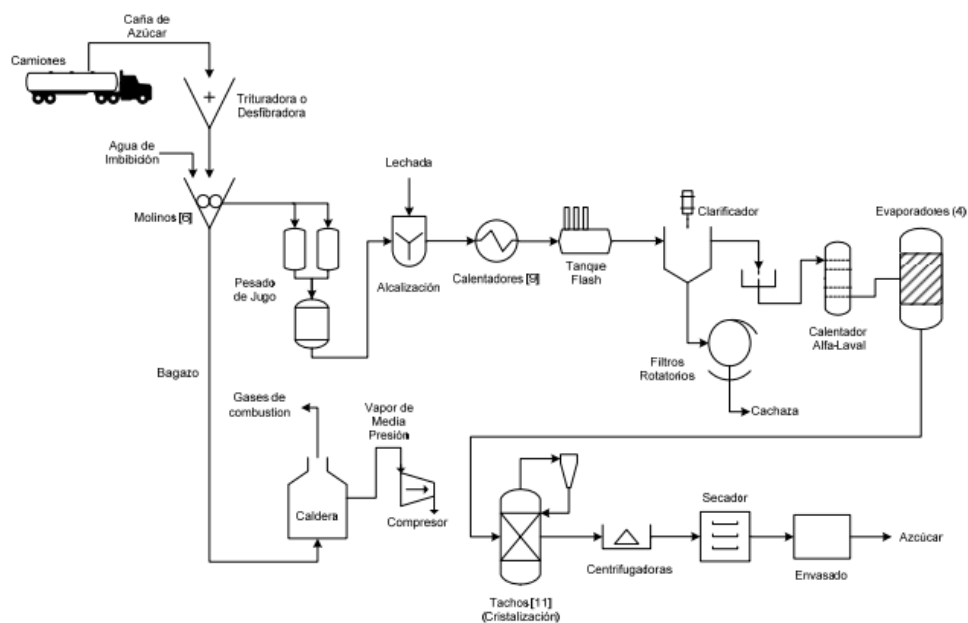


Figura 9. Diagrama de proceso para la producción de azúcar en Central Motzorongo.

2.2.3 Área de Batey.

Los camiones que llegan al ingenio son pesados en básculas antes y después de haber descargado la materia prima. El área en donde se descarga la caña de azúcar se denomina “batey” (Figura 10). El patio o “batey” del ingenio está conformado por el siguiente equipo:

- Básculas: Se utilizan para pesar la materia prima, determinando así la cantidad de caña procesada en el día (balance de materia en el ingenio).
- Grúa: Se cuenta con una grúa radial de 6 toneladas de capacidad, la cual se utiliza para mover la materia prima hacia la mesa alimentadora, el patio o para hacer estibas.
- Volteadores: Equipo mecánico utilizado para voltear la caña directamente del camión a los conductores de caña.
- Conductores de Caña: Son conductores tipo rodillo que conducen la caña hacia el interior del ingenio, tiene una longitud aproximada de 107 metros.
- Cuchillas: Son utilizadas para trozar la caña, dejando abierto un 50% de sus células. Tienen forma de machetes tipo diente de sierra. Son alrededor de 80 machetes que giran a 900 rpm.
- Desfibradora: Con la ayuda de este equipo se termina de preparar la caña para la molienda, el porcentaje de células abiertas que se obtienen es del orden del 80%. El equipo consta de 57 martillos que giran a 750 rpm. Hasta este punto la caña ha sido preparada para la molienda.



Figura 10. Patio o “batey” del Ingenio Central Motzorongo.

2.2.4 Molienda.

El equipo de molienda está compuesto por 6 molinos de 4 masas cada uno. La caña desfibrada (con un contenido de 11.8% en peso de sacarosa y 14% en peso de fibra) pasa a través del conjunto (tándem) de molinos.

En los primeros dos molinos se extrae el 65% del jugo de caña. En los dos siguientes se extrae hasta un 95% del jugo mediante la ayuda de jugo diluido y altas presiones. Para mejorar la extracción, en los dos últimos molinos se lava el bagazo con agua. Al final de la operación se obtienen los siguientes productos: jugo de caña o guarapo y bagazo.

En el proceso de moliendo, el jugo o guarapo arrastra una gran cantidad de bagacillo, el cual es separado por medio de un colador, posteriormente se bombea a las básculas para pesar el jugo. Por otro lado, el bagazo es conducido al área de calderas para ser quemado junto con el combustóleo en los generadores de vapor, produciendo vapor de agua que será utilizado en las diferentes áreas del proceso.

2.2.5 Clarificación.

El objetivo de esta etapa del proceso es entregar un jugo limpio, libre de turbiedad y materia en suspensión, mejorando así la calidad del producto final del ingenio (azúcar).

El jugo mezclado y colado que se obtiene de la molienda se bombea al área de clarificación, primeramente se pesa y después se pone en contacto con la cal hidratada (este compuesto es previamente preparado en un área alterna al proceso, como muestra en la Figura 11) en un tanque de mezclado. La adición de cal hidratada al jugo es necesaria para neutralizar los ácidos grasos, coloides, albuminoides y sólidos en suspensión. El pH de la mezcla debe oscilar entre 7.2 y 7.8.



Figura 11. Área de preparación de la cal hidratada.

Después del tanque de mezclada, el jugo se envía a los calentadores (Figura 12), ahí se eleva la temperatura de la mezcla hasta 100 ó 105°C, esto con el objeto de disminuir su viscosidad, mejorar la velocidad de coagulación y aumentar la rapidez de asentamiento de las partículas coaguladas durante el proceso de mezclado.



Figura 12. Calentadores utilizados en la etapa de clarificación.

En seguida, el jugo se envía al tanque de clarificación (Figura 13). La alimentación se realiza por la parte superior del mismo, la mezcla desciende a través del equipo manteniendo diferentes niveles de turbiedad. El jugo libre de sólidos sale por la parte lateral del equipo, mientras que los lodos salen por la parte inferior e inmediatamente entran a un tanque sedimentador, en donde se recupera otra fracción del jugo limpio.



Figura 13. Tanque utilizado en la etapa de clarificación.

Por la parte inferior del tanque sedimentador salen los lodos con una menor concentración de jugo. Estos lodos son posteriormente enviados al filtro rotatorio (Figura 14). Este equipo tiene como función recuperar la máxima cantidad de jugo, el cual sale por la parte inferior del filtro para recircularlo al tanque clarificador. Los sólidos separados por el filtro se denominan cachaza (producto utilizado como abono para las tierras de cultivo).



Figura 14. Filtro rotatorio utilizado en la etapa de clarificación.

El jugo clarificado, también llamado meladura es recibido en un recipiente colector (manteniendo un pH de 6.8 a 7.2), para ser posteriormente enviado a la etapa de evaporación.

2.2.6 Evaporación.

El objetivo de esta etapa del proceso es evaporar la mayor cantidad de agua contenida en el jugo con un mínimo consumo de energía (vapor). Para ello, se emplean 4 evaporadores de múltiple efecto conectados en serie. Es necesario mencionar que antes de llegar a la etapa de evaporación, el jugo se precalienta en dos calentadores de placas marca Alfa Laval.

2.2.7 Cristalización de azúcar.

La meladura proveniente de la etapa de evaporación es alimentada a los tachos (evaporadores de simple efecto), en donde se concentra hasta un alto grado de sobresaturación, de este modo la sacarosa se cristaliza y queda aislada de las impurezas que permanecen disueltas, haciendo posible su posterior separación mediante centrifugado.

En los tachos se lleva a cabo la producción y desarrollo de los cristales de azúcar a partir de la meladura alimentada, la cual se calienta hasta retirar el contenido de agua presente (aproximadamente el 25% en peso).

El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho. La forma final que toma la concentración en el tacho se le llama masa cocida o templa, ésta se descarga por medio de una válvula de pie a un recibidor de masa cocida y luego a un mezclador para ser purgada en las centrifugas.

En el Ingenio Central Motzorongo se cuenta con un total de 12 tachos. Se cristaliza masa cocida de tercera, realizando una semilla mediante una mezcla de miel primera y meladura para lograr una pureza de 65 brix, a la cual se le agrega azúcar en forma de polvillo mezclada con alcohol isopropílico.

El tacho con semilla de tercera se alimenta con miel B para elaborar una masa cocida de tercera. Existe un tacho para hacer masa cocida B o de segunda, la cual se fabrica de magma C procedente de la masa cocida B o de segunda, la cual se fabrica magma C procedente de la masa cocida C y se alimenta con miel primera. Existe un tacho para mejorar el grano de primera, que se hace magma B procedente de la masa B y se alimenta de meladura y sirve para corte de un tacho de 600 pies cúbicos que sirve para hacer masa cocida A o de primera.

Para mejorar el proceso se establece un ensemillamiento. Este se lleva a cabo mediante la colocación de granos de azúcar, los cuales sirven de precursores para que la meladura se convierta en azúcar (crecimiento en cadena).

Cuando el tacho se ha llenado de masa cocida y los cristales tienen el tamaño deseado, el lote se separa y se envía a los cristalizadores (depósitos de hierro con forma cilíndrica), los cuales mantienen la masa cocida en movimiento para impedir que los cristales más densos que la miel se depositen en el fondo del cristizador.

Posteriormente, la masa cocida proveniente de los cristalizadores se deposita en los mezcladores, los cuales están situados encima de las centrífugas para que la masa cocida caiga por gravedad sobre ellas.

2.2.8 Centrifugación.

La separación de los cristales de azúcar presentes en la masa cocida se realiza mediante una fuerza centrífuga (etapa de centrifugación). Este equipo está constituido por un tambor o canasta perforada que en su interior presenta orificios circulares cubiertos por una malla metálica (Figura 15).



Figura 15. Equipo utilizado en la etapa de centrifugación.

La masa cocida proveniente de los cristalizadores cae dentro del tambor, en seguida, la fuerza centrífuga provoca que esta masa sea lanzada a presión sobre la malla metálica (la cual presenta orificios menores al diámetro de un cristal de azúcar), permitiendo así la separación del jarabe que rodea a los cristales de azúcar. El jarabe es recirculado a la etapa de cristalización para formar más cristales de azúcar.

2.2.9 Secado y Envasado.

El producto sólido obtenido en la etapa de centrifugación es transportado hasta el área de secado. Aquí, se elimina completamente la humedad presente en el azúcar.

Para secar el azúcar, se utiliza un equipo cilíndrico horizontal, el cual opera mediante el vapor generado por un radiador, este vapor produce una corriente de aire que pasa a través del azúcar en movimiento (por el giro del tambor), secando este producto (Figura 16).



Figura 16. Equipo utilizado en la etapa de secado.

El azúcar sale del proceso de secado con un 0.04% de humedad, en seguida, se descarga a dos tolvas dosificadoras que alimentan a las dos básculas automáticas (una dúplex y un triplex) para que cada saco de azúcar pese 50 kg. Después, se pasa el saco por una máquina cosedora para sellarlo y enviarlo al área de almacenamiento.

2.2.10 Diagrama de proceso.

El diagrama de proceso es una herramienta que muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones e inspecciones, materiales a utilizar desde la llegada de la materia prima a la salida del producto terminado.

La figura que a continuación se presenta muestra el diagrama de operaciones utilizado actualmente para la elaboración de azúcar en el Ingenio Central Motzorongo.



RESUMEN		
SÍMBOLO	REPETICIONES	TIEMPO (MIN)
○	14	321.58
◼	1	180
TOTAL	15	501.58

Figura 17. Diagrama de proceso del Ingenio Central Motzorongo.

Aunque el diagrama de proceso suministra la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación no es una representación objetiva en el plano del curso del trabajo. Algunas veces esta información sirve para desarrollar un nuevo método.

El diagrama de recorrido el analista debe identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo. En la

Figura 18 se muestra el diagrama de recorrido con la finalidad de que se aprecien mejor los puntos de producción.

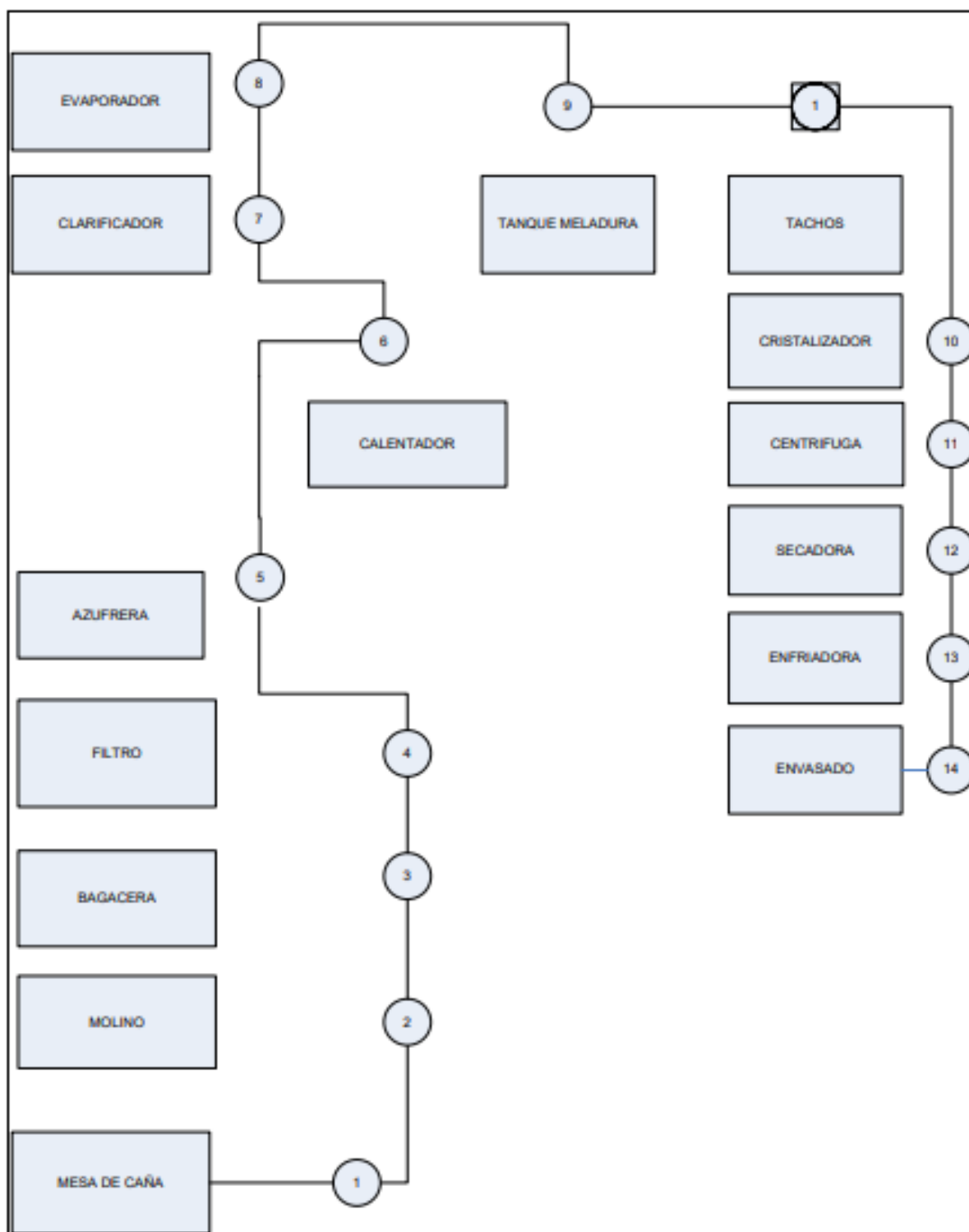


Figura 18. Diagrama de recorrido de elaboración de azúcar.

2.2.11 Diagnóstico del proceso.

Se estableció que la materia prima (caña de azúcar) que se siembra en los alrededores del ingenio ubicado en la región de Tezonapa – Cosolapa es de buena calidad.

El Ingenio Central Motzorongo presenta unos pequeños problemas en los calentadores y en muchas ocasiones se pasa jugo crudo sin calentar y por lo tanto muchas impurezas no sedimentan en el clarificador y se van en el azúcar. Otro factor muy importante que afecta la calidad del azúcar es el sistema de centrifugación (separación del grano de azúcar y la miel) debido a que el proceso de lavado en algunas ocasiones es deficiente por lo que el resultado es una variabilidad en el color del producto final.

Una de las principales causas por las cuales el color del azúcar no dio dentro del parámetro fue la variación del tiempo de corte de la caña, esta variación del tiempo del corte provocó baja pureza en la materia prima (84.07 a 82.31 pol) con relación a la pureza de la zafra 2019 – 2020.

2.2.12 Estudio de tiempo.

El estudio de tiempos es una técnica de medición de trabajo para registrar los tiempos y el ritmo de trabajo para los elementos de una tarea específica realizada bajo condiciones determinadas para luego analizar los datos y así determinar el tiempo necesario para desempeñar la tarea a un nivel definido de rendimiento. El estudio de tiempos también se conoce como medición del trabajo, el análisis de este estudio tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar. En el área de envasado se llevó a cabo el estudio de tiempo para identificar cuanto tiempo se requiere para el llenado de sacos.

Operación	TMO (min.)	Fc	Tn (min.)
Extender y posicionar el envase	0.11	108 %	0.12
Coser envase	0.12	108 %	0.13

Figura 19. Tiempo en el punto de llenado de sacos en presentación de 50 kg.

2.3 Controles de calidad.

Entre los factores que afectan a la calidad del azúcar estándar, se mencionan los contenidos de sacarosa, tipo de no azúcares, el nivel de humedad y la cantidad de microorganismos.

La incidencia de esos factores en el producto final puede controlarse o evaluarse a través de determinaciones físico-químicas y de estudios microbiológicos. Algunos influyen en el proceso de fabricación y otros en el almacenamiento y la comercialización.

Los factores especialmente considerados para calificar el azúcar estándar son el color, la turbidez, la sedimentación, la humedad, las cenizas, los azúcares reductores y el tamaño del grano.

Estos valores determinan la calidad del azúcar, de dependen solo de las condiciones de fabricación sino también en el almacenamiento y transporte. Por ello para mejorar la calidad del azúcar una herramienta a considerar es la aplicación de buenas prácticas de manufactura en todo el proceso; desde la elaboración hasta la distribución en los centros de venta.

En el Ingenio Central Motzorongo no se cuentan con formatos de control en donde se pueda llevar un registro por departamentos con el que se pueda verificar los niveles de calidad en el que se encuentra el proceso y corregir inmediatamente cualquier problema que pudiera suscitarse.

Entre los controles de calidad que se llevan a cabo en Central Motzorongo se pueden mencionar los realizados a través de muestras que son tomadas cuando la templa cae a los cristalizadores y es cuando todos los datos obtenidos se anotan en el reporte diario, el cual es analizado por el superintendente de fábrica y su respectivo supervisor los cuales toman medidas pertinentes para las demás producciones.

Los procedimientos de control de calidad durante el proceso se mencionan en el inciso 2.3.2.

2.3.1 Materia prima.

Para que la caña de azúcar sea ingresada al Ingenio Central Motzorongo para su transformación tiene que cumplir con parámetros de calidad y con especificaciones generales entre las que se puede mencionar:

- Edad de la caña 12 meses.
- Aplicación del madurante, mismo que se realiza a los 10 meses y quince días.

La calidad de la materia prima se logra mediante la calendarización y aplicación de cada una de las etapas del proceso de cultivo.

2.3.2 Proceso.

En el proceso de fabricación existen puntos clave los cuales son los que garantizan la calidad de producto en este caso son el área de molinos, clarificación y el área de tachos.

En el área de molinos hay una persona que es la encargada de verificar y analizar el buen funcionamiento y cumplimiento de los diferentes parámetros que aquí deben ser analizados como por ejemplo los °Brix, pureza, por del jugo primario y temperatura del agua de imbibición entre otros, dichos datos no son registrados debido a la falta de formatos en los que se pueda llevar un registro adecuado de toda esta información.

En el departamento de clarificación se encuentra un operario que es el encargado de verificar la cantidad de cal que fue suministrada con el objetivo de mejorar el pH del guarapo y llevarlo según especificaciones de fábrica. Para el área de tachos se analiza Brix de masa A, B y C pureza de mieles magma y tamaño de semillas puesto que estas son las que desarrollan el tamaño del grano de azúcar, luego es analizada una muestra al momento de pasar a cristalización y es llevada al laboratorio para verificar Brix, pol y pureza.

En los demás departamentos el control de calidad se ejecuta a través del personal de laboratorio, estos son los encargados de tomar las muestras y analizarlas para

corregir los problemas de calidad durante el proceso y garantizar que todo marche en perfectas condiciones. Los procedimientos de control de calidad que se llevan a cabo durante el proceso son:

1. Control de pH en el jugo sulfitafo, el cual debe ser de 4.8 a 5.00, para que se cumpla esto se controla también la cantidad de azufre que se quema en el horno por día, el consumo ideal es de 0.33 libras de azufre por toneladas de caña.
2. Control de pH en el jugo alcalizado, el pH debe estar entre 7 a 7.2 debe existir una neutralización del jugo, este control lo realizan en el laboratorio utilizando un potenciómetro para su medición.
3. Gasto de cal (CaO) por día, normalmente se consumen 0.68 kilogramos de cal por tonelada de caña.
4. Control de la temperatura de los calentadores, que debe estar entre 200 a 210 grados F, si baja esta temperatura no hay sedimentación de la cachaza en el clarificador.

2.3.3 Producto terminado.

Se toma una muestra la cual es llevada al laboratorio en donde posteriormente es analizada lo cual permite emitir un dictamen final y verificar que se esté cumpliendo con los parámetros de calidad ya establecidos. Los controles de calidad que se hacen en el azúcar son:

1. Control de color de azúcar, debe estar en un rango de 200 a 350 máximo color ICUMSA.
2. Control de humedad, el azúcar para que permanezca seca en el saco debe salir a una humedad de 0.08 – 0.09 y la temperatura de envasado debe estar a 45°C
3. Granulometría del azúcar, debe estar en un 67-70% en un mesh de 40.

CAPITULO 3 Método propuesto para mejorar la calidad durante el proceso de la caña de azúcar en el Ingenio Central Motzorongo. (Actividades Realizadas)

3.1 Descripción de cambios a la maquinaria.

En toda empresa es necesario realizar cambios en el equipo, los cuales son de ayuda para mejorar tanto la calidad, como el producto, a continuación se describen los principales cambios que contribuirán a mejorar la calidad del producto.

3.1.1 Cambio de tela en el colador para separar los sólidos del jugo.

El filtro rotativo tenía una malla de un mesh muy grande (0.5 mm), permitiendo la filtración de bagacillo en todo el jugo que por aquí circula por lo que el cambio consiste en comprar una tela de una mesh de 0.45 mm esta medida es la más pequeña que existe actualmente, según pruebas a escala realizadas mitigara el problema en un 90 por ciento y de esta manera se obtendrán mejores resultados en el proceso de filtraciones, esto ayudaría mucho para obtener la calidad del azúcar deseada.



Figura 20. Tela puesta en la zaranda dentro del filtro rotativo.

3.1.2 Colocación de un clarificador de meladura en los tachos.

Con ayuda del departamento de mantenimiento se colocó un clarificador de meladura el cual ayudará considerablemente a eliminar toda clase de sólidos insolubles que se encuentran presentes en las masas.

El principal uso del clarificador de meladura es como su nombre lo indica, clarificar la meladura que sale de los evaporadores para obtener un material más claro y brillante.

El clarificador de meladura es un tanque con una capacidad de 20,000 litros por donde el jugo circula a una velocidad suficientemente lenta para que el precipitado producido por la reacción de floculante y la materia orgánica se asiente en la parte inferior, se le inyecta aire en pequeñas partículas que hacen flotar los sólidos en forma de espuma, esta se retira y se mezcla con la cachaza que sale de los clarificadores para convertirse finalmente en abono que es utilizado en los cañales.



Figura 21. Clarificador de meladura.

3.1.3 Colocación de tapaderas en los tanques de jugos y mieles.

Es importante garantizar la inocuidad de los alimentos, por ello es necesario para las buenas prácticas de manufactura garantizar que el proceso se realice de la

mejor manera. Con la colocación de tapaderas en los tanques de mieles y jugos se estará evitando que se filtre cualquier tipo de agentes extraños que puedan contaminar el producto final.



Figura 22. Tanque de jugo.

3.1.4 Colocación de un tanque de sosa para la limpieza de los calentadores.

Con la colocación de este tanque se realizará la limpieza de los calentadores de jugo puesto que son parte importante dentro del proceso de elaboración del azúcar y es aquí donde empieza un buen control de calidad.

La mejor forma de realizar la limpieza en los calentadores es con sosa cáustica, reemplazando la limpieza actual que se realiza con cepillos de alambre.

La limpieza consiste en la utilización de la fuerza de la sosa cáustica para quitar materiales indeseados que se agregan en superficies planas o curvas, impidiendo el buen funcionamiento de los calentadores.

En la limpieza con sosa cáustica el elemento más importante es la bomba de alta presión que es accionada por un motor eléctrico, luego el divisor de flujo que es en donde se encuentra la sosa llega a la manguera principal y se divide para las

terminaciones que van a ejecutar la remoción de la incrustación agregada en la parte de los calentadores.

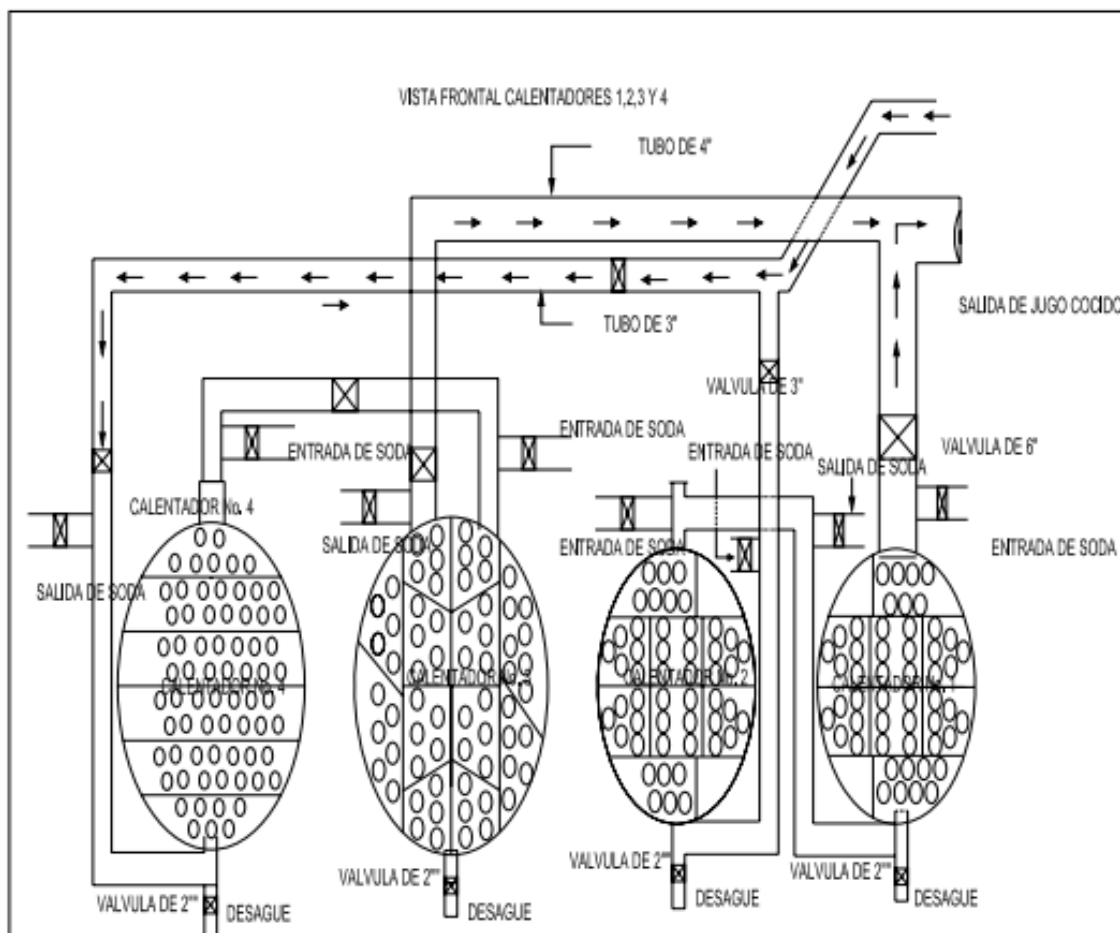


Figura 23. Diagrama de calentadores imagen proporcionada por el Ingenio Central Motzorongo.

3.2 Estandarización de tiempos.

Para la estandarización de tiempos se empleó el método de Westin House el cual estudia al operario en cuatro áreas siendo estas habilidades, esfuerzo, consistencia y condición su aplicación es sumamente fácil y se apega a las condiciones de la empresa.

Las fórmulas empleadas para este método son:

$TN = TC$ (% de calificación)

$TE = TN$ (% de tolerancia)

Donde:

TN: Tiempo Normal

TC: Tiempo cronometrado

TE: Tiempo estándar

Según la Figura 19 el promedio de llenado de un saco de azúcar de 50 kilogramos es de 0.30 segundos, aplicando la formula anterior se obtiene un tiempo estándar de llenado de un saco.

3.3 Controles de calidad.

Se diseñaron varios formatos de control de calidad que servirán para llevar un mejor control de todo el proceso, desde la materia prima hasta el producto final. Los controles de calidad se basaran en la prevención y detección de defectos durante el proceso, con el fin de evitar errores en la producción y desperdicios al final.

Debido al proceso de industrialización, el cual se lleva a cabo en distintas áreas; los puntos de inspección no se colocan en un lugar específico del proceso, la inspección no se colocan en un lugar específico del proceso, la inspección se debe realizar en cada una de las areas del proceso de producción.

Para estructurar el sistema de control de calidad se dividen las áreas de la siguiente manera:

- Materia prima
- Área de molinos
- Área de calderas
- Área de tachos
- Producto terminado

- Envasado
- Almacenamiento

Las áreas de molinos, calderas y tachos serán inspeccionadas como fuente de recolección de datos, esta inspección se llevará a cabo en intervalos de tiempo específicos de aproximadamente cuatro horas dependiendo de la carga de trabajo del encargado de calidad.

Para obtener un producto de excelente calidad la materia prima es parte primordial para lograr este propósito, es por ello que se realizarán análisis a través de muestreos precosecha, dichas muestras serán obtenidas de las diferentes hectáreas de producción de caña todo ello con el propósito de tener un estimado del porcentaje que la caña posee de brix, sacarosa, pureza y rendimiento.

Es indispensable llevar un control de los cortes de caña que se tienen programados para saber si ya tiene la maduración adecuada para entrar a proceso, es por eso que se desarrollaron formatos en donde se puede recabar con más facilidad toda esta información (Anexo 1).

El control durante el proceso es la clave para obtener productos que cumplan con las especificaciones de calidad por ello es necesario llevar un estricto control de calidad en donde se tomen medidas pertinentes en áreas que son consideradas clase para la elaboración de azúcar blanca.

En el área de molinos se debe realizar un muestreo y análisis químico, para ello debe tomarse muestras de 1 litro de jugo por cada lote de producción, el frasco con la muestra se debe rotular con la fecha y número de turno antes de ser ingresada al laboratorio para su análisis.

Si el análisis químico del jugo muestra no cumple con los indicadores establecidos se deben identificar las causas y buscar las soluciones correctivas.

Para el área de tachos se realiza un análisis físico y visual en forma continua, los responsables de esta área deben observar las características físicas de la miel como lo son: color café oscuro, sin grumos y tamaño del grano. El departamento de control de calidad realiza un muestreo y análisis químico de las plantas al

momento de la descarga, de la cual se toma una muestra representativa de cada tacho en el momento que están siendo descargados los cristalizadores.

En los Anexos 2 y Anexo 3 se muestran los formatos utilizados para el control del proceso de molinos y tachos que es específicamente en donde se tiene que llevar a cabo el mejor control de calidad para que el azúcar salga lo más limpia posible y vaya a su envasado.

El control en el producto terminado se efectúa a través de un plan de muestreo por atributos que permite tomar una muestra aleatoria de un lote y cada unidad se clasifica como aceptable o defectuosa, una unidad aceptable va a ser aquella que cumpla con los criterios de aceptación del producto. Los criterios para aceptar o rechazar el producto terminado es el tamaño del grano y el color del azúcar.

Para llevar el control de muestreo por atributos se utilizará una tabla de muestreo MIL-STD-105-D para la cual se definen los siguientes parámetros:

- Nivel Aceptable de calidad (NCA): es el máximo porcentaje defectuoso, 1.5% es el porcentaje que se debe considerar para la satisfacción del cliente.
- Tamaño del lote: cantidad de toneladas que forman el lote a evaluar.
- Criterio de aceptación (AC): es el número máximo de defectuosos aceptado en la muestra.
- Tipo de muestreo simple: la aceptación o rechazo de un lote está determinado por una muestra única tomada por un lote. Si el número de defectuosa hallados en la muestra es menor o igual que el criterio, se acepta.
- Tipo de inspección: toda inspección debe iniciarse con tipo de inspección normal.

Si la inspección normal está vigente, deberá implantarse la inspección rigurosa, cuando dos lotes de los seis consecutivos hayan sido rechazados en la inspección original, si la inspección rigurosa está en vigencia, debe implantarse la normal cuando cuatro lotes consecutivos hayan sido aceptados en la inspección original.

Si se está trabajando con inspección normal, debe implantarse la reducida cuando cumplan las condiciones siguientes: Los diez lotes procedentes se han aceptado consecutivamente. El criterio de pasar de inspección reducida a normal es cuando un lote es rechazado o el número de defectuosos es muy grande.

Pasos para la utilización de la MIL-STD-105-D.

1. Localizar el tamaño del lote y el nivel de inspección (generalmente nivel II que es un nivel normal) Tabla 3, coincidiendo el tamaño del lote y el nivel de inspección se obtiene la letra código de la tabla.
2. Conocida la letra código, el NCA, el tipo de muestreo y el tipo de inspección se obtiene el tamaño de la muestra, el número de aceptación (Ac) y el número de rechazos (Re) de las tablas IIA y IIC presentadas en el Anexo 4.
3. Un lote es aceptado cuando dentro de la muestra inspeccionada el número de defectuosas no es mayor al criterio de aceptación. El criterio de aceptación varía de acuerdo al tamaño del lote y al NCA. Ver tabla IIA en Anexo 4.

Tabla 3. Letras código del tamaño de la muestra. MIL-STD-105-D

Tamaño del lote	Niveles de Inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 – 8	A	A	A	A	A	A	B
9 – 15	A	A	A	A	A	B	C
16 - 25	A	A	B	B	B	C	D
26 - 50	A	B	B	C	C	D	E
51 - 90	B	B	C	C	C	E	F
91 - 150	B	B	C	D	D	F	G
151 - 280	B	C	C	E	E	G	H
281 - 500	B	C	C	E	F	H	J
501 – 1,200	C	C	C	F	G	J	K
1,201 – 3,200	C	D	D	G	H	K	L
3,201 – 10,000	C	D	D	G	J	L	M
10,001 – 35,000	C	D	D	H	K	M	N
35,001 – 150,000	D	E	E	J	L	N	P
150,001 - 500,000	D	E	E	J	M	P	Q
500,001 Y superior	D	E	E	K	N	Q	R

Para garantizar la calidad del producto envasado para la distribución final, se utilizará muestreo de aceptación por atributos que permita aceptar o rechazar producto antes de ser trasladado a la bodega de producto terminado para ser enviado a los diferentes canales de distribución.

Los criterios para aceptar o rechazar un producto son los siguientes:

1. Inspeccionar aspectos físicos del empaque según presentación (costales en mal estado).
2. Verificar la cantidad del producto envasado según el tipo de presentación.
3. Verificar el sellado del envase (costal) de producto terminado.

Para este tipo de muestreo se usará una tabla MIL-STD-105-D utilizando los siguientes parámetros:

- Nivel aceptable de calidad (NCA): 2.5% se considera este porcentaje para cumplir con las expectativas de los consumidores finales.
- Tamaño de lote: el tamaño de los lotes está dado por la presentación en la cual se envasa el producto (kilogramos).
- Criterio de aceptación (AC): número máximo de defectuosos aceptado en la muestra.
- Tipo de muestreo simple: la aceptación o rechazo de un lote está determinado por una muestra única tomada de un lote.
- Tipos de inspección: Toda inspección debe iniciarse con tipo de inspección normal.

Para la utilización de la MIL-STD-105-D se toman los criterios establecidos con anterioridad para el producto terminado. Para anotar los datos utilizados en la evolución del muestreo de aceptación se utiliza el siguiente formato tanto para el producto terminado como para el área de envasado.

EVALUACIÓN DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN	
PRODUCTO:	<u>AZÚCAR BLANCA</u>
Nº. DE LOTE:	_____ EVALUADO POR: _____
FECHA DE EVALUACIÓN:	_____
TAMAÑO DEL LOTE	_____
NIVEL DE INSPECCIÓN GENERAL:	_____
NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE:	_____
TAMAÑO DE LA MUESTRA:	_____
CRITERIO DE ACEPTACIÓN:	_____
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN:	_____
ACEPTADO	☐
RECHAZADO	☐
COMENTARIOS:	_____

Figura 24. Formato de evaluación de muestreo de aceptación.

En la bodega de producto terminado se deben realizar inspecciones semanales para verificar las condiciones óptimas de almacenamiento. Para garantizar que el producto almacenado no se va a deteriorar la bodega siempre debe encontrarse limpia, libre de insectos además debe verificarse que tenga la temperatura, humedad, ventilación e iluminación adecuadas ya que si esto no se cumple el producto tiende a cambiar de color.

Los consumidores exigen, cada vez más atributos de calidad en los productos que adquiere, siendo una característica esencial e implícita la inocuidad (apto para consumo humano). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) ofrecen la posibilidad de lograrlo manteniendo la calidad y asegurando la inocuidad.

Además de ser obligatorias, algunas prácticas llevan a importantes mejoras y no requieren la inversión de capital, en especial cuando hablamos del orden, la higiene y la capacitación del personal. Para garantizar que el producto es seguro, se debe comenzar por verificar la materia prima usada está en condiciones que aseguran la protección contra contaminantes (físicos, químicos y biológicos).

RESULTADOS

El proceso de filtrado para la purificación del jugo se realiza al cambiar las telas de mesh por una medida más pequeña de la que actualmente es utilizada se pudo observar que si mejoró el proceso de clarificación del jugo evitando que pase el bagacillo y demás sólidos que pueden estar presentes, al hacer esta pequeña modificación ayuda a mejorar la calidad del azúcar, así como el proceso en los tachos, ya que elimina los sólidos insolubles presentes en el jugo.

Una vez colocado el clarificador de meladura se espera eliminar considerablemente los sólidos insolubles, mejorando así la calidad del azúcar, pues el lavado en las centrifugas sería mucho menor ya que se estaría reduciendo considerablemente el tiempo de lavado obteniendo azúcar de mejor calidad y mucho más blanca.

Consistió en la clarificación de la meladura a través de un clarificador de meladura, el principio de operación de este equipo consiste en la aplicación de floculante para extraer los sólidos por defecación, este químico es aplicado y mezclado constantemente a través de aire comprimido para lograr uniformidad en el proceso. El tanque pulmón almacenará la meladura clarificada para luego ser enviada a los tachos, el proceso de cristalización será más eficiente debido a que se obtendrá azúcar de mejor calidad para ser procesada posteriormente en las centrifugas.

Al colocar el tanque de sosa cáustica en los calentadores se tiene un gran ahorro de recursos para efectuar esta labor como la mano de obra, la compra de cepillos y varillas para realizar el trabajo, además de tener una limpieza mucho más eficiente y rápida garantizando la calidad del producto.

El tiempo estándar para el llenado de un saco es de 0.30 segundos. Para el resto del proceso la estandarización de tiempos no se puede realizar con el método de Westin House debido a que el proceso es automatizado, por lo que dicha estandarización se efectuó realizando cinco mediciones de regresión a cero a cada componente del proceso de industrialización de azúcar de donde se pudo

observar que cuatro mediciones se mantenían dentro de un mismo rango quedando de esta manera la estandarización de tiempos.

En la siguiente tabla se presentan los tiempos establecidos para cada operación.

Tabla 4. Estandarización de tiempos para el proceso de azúcar.

Proceso	Tiempo estándar (Min)
Trituración de caña	10
Extracción de jugo	50
Separación de bagazo	5
Obtención de jugo claro	0.003
Lechada de cal	0.003
Cocción de calentadores	0.005
Clarificado de jugo	0.33
Evaporación de jugo	45
Separación de meladura	0.003
Formación de granos	180
Cristalización	120
Centrifugado	60
Secado	15
Enfriado	15
Envasado	0.30

En la Figura 25. Se muestran los métodos mejorados del diagrama de flujo, el cual se realizó a partir de la información obtenida del diagrama de operaciones presentado en el capítulo 2.2.

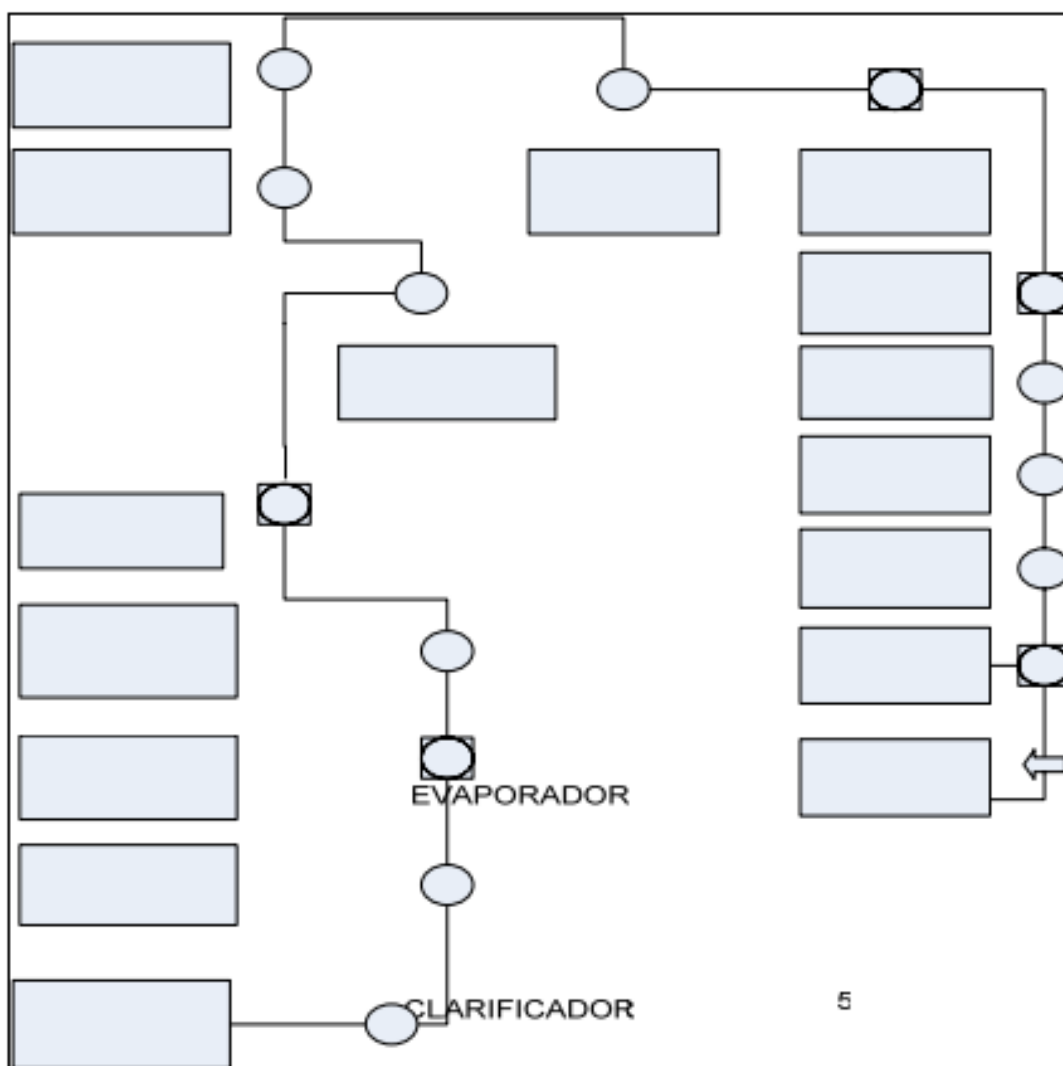


Figura 25. Diagrama de recorrido mejorado.

El encargado de la bodega de producto terminado es la persona que debe realizar inspecciones semanales para verificar las condiciones óptimas de almacenamiento.

Para garantizar que el producto almacenado no se va deteriorar la bodega siempre debe encontrarse limpia, libre de insectos además debe verificarse que tenga la temperatura, humedad, ventilación e iluminación adecuadas ya que si esto no se cumple el producto tiende a cambiar de color.

El procedimiento a seguir para un buen almacenamiento y conservación del producto en el siguiente:

1. Verificar el estado físico de las tarimas.
2. Verificar la estiba correcta de los sacos en las respectivas tarimas.
3. Verificar el apilamiento correcto de los sacos.
4. Inspeccionar semanalmente el funcionamiento de los extractores.

Los consumidores exigen, cada vez más atributos de calidad en los productos que adquieren, siendo una característica esencial e implícita la inocuidad (apto para consumo humano). Las buenas prácticas de manufactura (BPM) ofrecen la posibilidad de lograrlo manteniendo la calidad y asegurando la inocuidad. Además de ser obligatorias, algunas prácticas llevan a importantes mejoras y no requieren la inversión de capital, en especial cuando hablamos del orden, la higiene y la capacitación del personal.

Para garantizar que el producto es seguro, se debe comenzar por verificar la materia prima usada está en condiciones que aseguran la protección contra contaminantes (físicos, químicos y biológicos).

En cuanto a la estructura del establecimiento, los equipos y utensilios para manipulación de alimentos deben ser de un material que no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores. Es importante aclarar que no solo se debe considerar la forma de elaboración del producto para que sea de “calidad” sino también la higiene durante el proceso.

En la Figura 26 se muestra un formato que después de ser analizado y evaluado fue aprobado para su puesta en marcha, con esto se logrará tener un mejor control de todo el equipo proporcionado al personal.

Fecha: _____		Responsable			
Aprobado por _____		Departamento			
		Encargado			
No.	ACTIVIDADES A EVALUAR	A	E	D	COMENTARIOS
	SEGURIDAD INDUSTRIAL				
1	Extintidores				
2	Botiquines				
3	Rotulación de encargado de llave				
	(botiquin)				
4	Material de primeros auxilios				
5	Utilización de casco dentro de				
	la fábrica				
6	Utilización de batas en el laboratorio				
7	Utilización de uniformes				
8	utilización de botas				
9	Utilización de mascarillas				
10	Utilización de redecillas				
11	Utilización de tapones				
12	Señalización de áreas de				
	evacuación				
13	Señalización de áreas de				
	trabajo				
14	Camillas				
15	Aislamiento de tuberías				
16	Identificación de químicos				
	TOTAL DEL CUMPLIMIENTO				
Vo.Bo. _____ Firma Supervisor					

Figura 26. Formato de Control de Seguridad Industrial proporcionado por el Ingenio Central Motzorongo.

CONCLUSIONES

Para implementar verdaderos controles de calidad durante el proceso de la caña de azúcar es necesario inspeccionar los puntos considerados clave dentro del proceso como lo son: área de molinos, calderas, evaporación, tachos, producto terminado, envasado y almacenamiento. Con el fin de establecer un buen control de calidad.

Los tipos de control a aplicar en cada una de estas áreas son basados en la prevención de defectos, básicamente se emplea el control por atributos basado en criterios de aceptación, con excepción de las áreas de molinos y tachos en las cuales se aplica un análisis químico, al final del sistema de producción es necesario un muestreo de aceptación para lotes terminados para asegurar los niveles de calidad aceptables por el laboratorio.

Es de suma importancia obtener una buena eficiencia en la transferencia de calor dentro del sistema de evaporación con el fin de evitar lo más posible trabajar con meladuras de bajo Brix y así no provocar que el tiempo de elaboración de las templas en el proceso de cristalización se incremente y haga más lento el proceso en la fábrica.

RECOMENDACIONES

Es necesario que todas las personas que se encuentran involucradas directa o indirectamente en el proceso participen en la búsqueda de soluciones para mejorar los niveles de calidad resultantes del proceso.

Se recomienda que la información generada de los respectivos controles de calidad sea enviada al superintendente de fábrica para la búsqueda de soluciones inmediatas.

Es necesario que se realice el cambio de tela en el filtro rotativo por una tela de un mesh de 0.45mm para que atrape mejor el bagacillo que está presente en el jugo claro.

Es de importancia estar checando continuamente cada hora o cada cierto tiempo las mejoras que se hicieron en los tanques de clarificación o en los tachos para tener una mejor calidad en el grano de azúcar.

BIBLIOGRAFÍAS

James C.P. Chen. (2000). Manual del azúcar de caña. 1ª Ed. México: Editorial Limusa. S.A. de C.V.

Juram, J.M; Gryna, F.M. (1999). Análisis y planeación de la calidad. 3ª Ed. México. Editorial Mc Grall Gill.

Labouclteix, V. (1999). Técnicas de control de calidad. 2ª Ed. España: Editores Limusa Noriega.

Crespo, H. (2007). Historia del azúcar en México. Centro fondo de cultura económica S.A de C.V.

Documento ISO 9001:2008. Área de elaboración: Clarificación, evaporación, centrifugado y secado.

Honig, P. (2003). Principios de la tecnología azucarera: Propiedades de los azúcares y no azúcares.

Maturana, S. (2002). El azúcar problema en México. México D.F. Centro de investigaciones agrarias.

SAGARPA. (2012). Importancia agroindustrial del azúcar de caña.

ANEXOS

Anexo 1. Formato para el control de caña.

Departamento de Control de Calidad											
División Agrícola											
Jugo primario					Jugo residual			Miel final	Bagazo	Cachaza	Ácidez
Fecha	Brix	Sacarosa	Pureza	Rend%	Brix	Sacarosa	Pureza	Pureza	Pol	Pol	Caña
					Turno: _____						
					Supervisor: _____						

Anexo 2. Formato de control de molinos.

CONTROL DE MOLINOS									
		</							

Anexo 3. Formato de control de área de tachos.

CONTROL AREA DE TACHOS							FECHA		
METAS:	HORA						INDICADOR	PROMEDIO	OBSERVACIONES
	07:00	11:00	15:00	19:00	23:00	03:00			
Brix Masa A									
Brix Masa B									
Brix Masa C									
Brix Miel A									
Brix Miel B									
Brix Miel C									
Pureza masa A									
Pureza masa B							90-91%		
Pureza masa C							94-95%		
Pureza miel A							99		
Pureza miel B							70-72		
Pureza miel C							75%		
Magma B							85		
Magma C									
Semilla									
Meladura									
Turno									
Supervisor									

Anexo 4. Tabla IIA. Tabla magistral para inspección normal (muestreo simple)
MIL-STD-105D

Tamaño Muestra Código Iota	Límite de calidad aceptable, AQL, en porcentaje de unidades no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																				
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
A	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
B	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
C	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
D	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
E	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
F	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
G	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
H	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
I	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
J	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
K	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
L	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
M	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
N	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
P	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
Q	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
R	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac

SIMBOLOGÍA

↓

 Emplear el plan de muestreo inmediato inferior a la fecha. Si el tamaño de la muestra es igual o superior al del lote, hacer inspección al 100%.

↑

 Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la fecha.

Ac Número de aceptación.

Re Número de rechazo

SIMBOLOGÍA

↓ Emplear el plan de muestreo inmediato inferior a la fecha. Si el tamaño de la muestra es igual o superior al del lote, hacer inspección al 100%.

↑ Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la fecha.

Ac Número de aceptación.

Re Número de rechazo

Tabla IIC. Tabla magistral para inspección reducida (muestreo simple) MIL-STD-105D.

Tamaño Muestra Código letra	Limite de calidad aceptable, AQL, en porcentaje de unidades no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducido)																		
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
G	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
H	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
J	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
K	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
L	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
M	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
N	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
P	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
Q	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
R	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

SIMBOLOGÍA

- ↓ Emplear el plan de muestreo inmediato inferior a la fecha. Si el tamaño de la muestra es igual o superior al del lote, hacer inspección al 100%.
- ↑ Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la fecha.
- Ac Número de aceptación.
- Re Número de rechazo

COMPETECIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

1. Competencias instrumentales:

- Capacidad de análisis y síntesis
- Conocimiento generales básicos
- Conocimientos básicos de la carrera
- Comunicación oral y escrita en su propia lengua
- Habilidades básicas de manejo de computadora.
- Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analiza información proveniente de fuentes diversas).
- Solución de problemas
- Toma de decisiones.

2. Competencias interpersonales:

- Capacidad crítica y autocrítica
- Trabajo en equipo
- Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario
- Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas
- Habilidad para trabajar en un ambiente laboral
- Compromiso ético.

3. Competencias sistemáticas:

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- Liderazgo
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Iniciativa y espíritu emprendedor
- Preocupación por la calidad
- Búsqueda del logro