



***Carrera: Ingeniería en Procesos Agroindustriales***

***Trabajo de Diploma***

***EL USO EFICIENTE DE MASAS COCIDAS EN LA PRODUCCIÓN DE  
AZÚCAR CRUDO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA  
MELANIO HERNÁNDEZ***

***Autora: Yisenia Cruz Leiva***

***Tutores: MSc Juan Alberto Reyna Sánchez. Profesor auxiliar***

***Sancti Spíritus***

***2024***

***Copyright©UNISS***

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”, subordinado a la Dirección General. Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial - Compartir Igual



Para cualquier información, contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.  
Comandante Manuel Fajardo s/n, esquina a Cuartel, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba.  
CP. 60100

Teléfono: 41-334968

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimientos a mi familia, en especial a mis niños Maikol y Raikol por ser mi sostén, a mi esposo Juan Antonio por su apoyo incondicional; a mi hermana Zenia, a mis padres Roberto y Susana.

A mis tutores, Juan Alberto Reyna Sánchez y Ing Alberto Gregorio, por ser mis guías durante el desarrollo de este trabajo, por el interés, la paciencia y la dedicación que mostraron en todo momento. Al Ing Abel Bancomo por su apoyo incondicional.

A mis profesores en especial al DrC Antonio D. Ramírez Valle por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

A mis compañeros de aula con los que he compartido momentos buenos y malos durante estos cinco años, en especial a Yanet Toledo y Juana Chapman.

A mis compañeros de trabajo, a Roberto Casanova.

A todos los que confiaron en mí... A ellos muchas GRACIAS.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, en especial a mis hijos Maikol y Raikol, a mi esposo, los cuales han sido la fuente de inspiración y motivación para seguir adelante en esta carrera.

## **PENSAMIENTO**

“La agroindustria cañera, en el escenario actual y en el que se vislumbra, puede contribuir a la solución de las crisis financiera, alimentaria, energética y climática que simultáneamente sufre el mundo”.

Dr Armando Nova

## **SINTESIS**

El sector azucarero ha sido, sin lugar a dudas el más importante en la producción agroindustrial. Su principal propósito se ha mostrado principalmente en la obtención de cristales de azúcar alta calidad logrando destreza y eficiencia en el proceso de Cristalización. En el proceso de fabricación de azúcar existen esquemas básicos de producción, a partir de los que se desprenden diferentes y múltiples variantes de operación en función de la calidad del azúcar a obtener como son el esquema de tres masas cocidas y de dos masas cocidas. La presente investigación se realizó en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández con el objetivo de determinar la variable más eficiente de masas cocidas utilizada en la producción de azúcar crudo para elevar los rendimientos, disminuir los costos y elevar la calidad en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández. Mediante cálculos matemáticos se determinó que la Masa Cocida por sus características y calidad es el esquema de tres masas, aunque en la empresa se utiliza el de dos. Se utilizaron métodos y técnicas de investigación para la recopilación de la información. La bibliografía utilizada es de actualidad y en correspondencia con el tema de investigación.

**Palabras claves:** Sector azucarero, Producción agroindustrial, Cristales de azúcar alta calidad, Eficiencia en el proceso de Cristalización y Masas cocida.

## SYNTHESIS

The sugar sector has been, without a doubt, the most important in agroindustrial production. Its main purpose has been shown mainly in obtaining high quality sugar crystals, achieving skill and efficiency in the Crystallization process. In the sugar manufacturing process there are basic production schemes, from which different and multiple operating variants emerge depending on the quality of the sugar to be obtained, such as the scheme of three cooked masses and two cooked masses. The present investigation was carried out at the Agroindustrial Azucarera Company Melanio Hernández with the objective of determining the most efficient variable of cooked masses used in the production of raw sugar to increase yields, reduce costs and increase quality at the Agroindustrial Azucarera Company Melanio Hernández . Through mathematical calculations, it was determined that the Cooked Dough, due to its characteristics and quality, is the three-dough scheme, although the company uses the two-dough scheme. Research methods and techniques were used to collect information. The bibliography used is current and in correspondence with the research topic.

Keywords: Sugar sector, Agroindustrial production, High quality sugar crystals, Efficiency in the Crystallization process and Cooked dough.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAR SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	6
1.1. Glosario de términos .....	6
1.2. Orígenes de la Masa Cocida para la fabricación de Azúcar Crudo .....	7
1.1.1 Proceso de cocimiento del azúcar .....	11
1.1.2. Principio de funcionamiento de un tachó de cocimiento .....	13
1.1.3 Centrifugación .....	14
1.2. Principales conceptos sobre el proceso de fabricación de Azúcar crudo .....	15
1.3. Componentes químicos de las masas cocidas utilizadas en la fabricación de azúcar crudo: .....	18
1.4. Política del Estado cubano relacionado con la Agroindustria Azucarera .....	20
1.5. Medidas aprobadas por el Buró Político del Partido Comunista de Cuba y los Consejos de Estado y Ministros relacionadas con la producción de azúcar .....	21
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
2.1. Caracterización de la industria de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández .....	26
2.2. Población y Muestra .....	26
2.3. Materiales, Métodos, Técnicas e Instrumentos de investigación .....	27
2.4. Etapas para la ejecución de la investigación .....	28
CAPÍTULO III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	29
3.1. Resultados del diagnóstico aplicado para conocer el estado actual de la producción de azúcar cruda con el uso de diferentes masas cocidas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández .....	29
3.2. Resultados de la aplicación de la Medición científica .....	30
3.3. Resultado de la Observación científica .....	31
3.4. Resultado de la entrevista realizada al jefe de fabricación. ....	33
CONCLUSIONES GENERALES .....	38
RECOMENDACIONES .....	39



## **INTRODUCCIÓN**

En nuestro país la caña de azúcar constituye la materia prima fundamental para la fabricación de azúcar crudo, productos que tradicionalmente han sido y siguen siendo un alimento básico en la dieta de cada familia cubana. El proceso de fabricación de azúcar a partir de caña, tiene como objetivo fundamental la adecuada separación de la sacarosa de los no azúcares presentes en el jugo producto de la molienda de la caña, con el fin de alcanzar un rendimiento elevado y un producto final de óptima calidad.

Como ya es conocido en los últimos tiempos la industria azucarera en nuestro país se ha visto grandemente afectada producto de varios factores, que van desde los problemas económicos hasta las afectaciones climatológicas y fundamentalmente la tendencia general a la disminución de los precios del azúcar en el mercado mundial, debido a la producción en otros países de derivados del producto y azúcares sintéticos que se ofertan a precios muy bajos, todo lo que ha provocado una muy difícil situación en este sector de nuestra economía.

El cultivo de la caña de azúcar en Cuba, evolucionó de manera considerable en las últimas décadas, y su rumbo fue marcado por indicadores de predominancia agrícola. En el camino se unieron algunos requerimientos de los mercados y, finalmente, la búsqueda de satisfacer al sector energético. Desde una perspectiva industrial, es importante mencionar que algunos resultados buscados en el campo, propiciaron en las fábricas de azúcar efectos a resaltar y explican muchos de los resultados finales.

El proceso de producción de azúcar cuenta con varias etapas, en las que se necesita de un estricto control, para que se obtenga el producto final con la máxima calidad y uno de los principales subprocesos que hacen esto posible es la cristalización.

Con los sistemas de cocción de masa cocida que se utilizan actualmente para el trabajo de los tachos es muy difícil enfrentar esta situación sin afectar la calidad del azúcar o la eficiencia industrial, pues en estos sistemas existe una relación muy directa entre ellas, ya que, debido al poco agotamiento de los cristalizadores, la

pureza de los productos intermedios es elevada, resultando muy difícil agotar las masas cocidas finales.

La fabricación de azúcar es un proceso complejo que requiere una precisión técnica y una comprensión profunda de los ingredientes involucrados. En este contexto, el uso eficiente de las masas cocidas se convierte en un factor clave para optimizar la producción y mejorar la calidad del producto final. La masa cocida, que representa la mezcla de ingredientes bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo, no solo influyen en la textura y el sabor del azúcar, sino que también afectan su apariencia y estabilidad.

### **Situación problemática**

En la fabricación del de azúcar existen tres esquemas básicos de producción, a partir de los que se desprenden diferentes y múltiples variantes de operación en función de la calidad del producto a obtener; esquema de tres masas cocidas; esquema de dos masas cocidas, y de doble semilla. Desde el año 2011 en el central azucarero de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández se utiliza el sistema de dos masas cocidas para la fabricación de azúcar crudo, sin que se hay realizado estudio sobre sus beneficios económicos.

### **Problema científico**

¿Cuál es la variable más eficiente del uso de masas cocidas utilizadas en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández?

### **Hipótesis científica**

Si se determina la variable más eficiente de las masas cocidas para la producción de azúcar crudo, entonces disminuirán los costos y se incrementará su calidad en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

**Variable independiente:** La eficiente de las masas cocidas para la producción de azúcar crudo.

**Variable dependiente:** Los rendimientos, disminución de los costos y la mejora de la calidad de la producción del azúcar crudo.

Teniendo en cuenta el **problema científico** declarado, se define como **objetivo general** determinar la variable más eficiente de masas cocidas utilizada en la producción de azúcar crudo para elevar los rendimientos, disminuir los costos y elevar la calidad en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, se declaran los siguientes **objetivos específicos**:

1. Construir el marco teórico referencial que sustenta el tema de investigación.
2. Diagnosticar el estado actual de la producción de azúcar cruda con el uso de diferentes masas cocidas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.
3. Determinar los beneficios que se obtienen a partir del uso eficiente de las masas cocidas en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.
4. Evaluar por criterio de especialista la pertinencia del uso de masas cocidas de mayor eficiencia utilizada en la producción de azúcar crudo para elevar los rendimientos, disminuir los costos y elevar la calidad en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

### **Resultados esperados**

Los resultados que se esperan de la investigación consisten, en determinar los beneficios económicos que se obtienen en la producción de azúcar crudo con el uso de variables de masas cocidas a partir de la disminución del costo de producción e incremento de su calidad en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

### **Estructura asumida para elaborar el trabajo de diploma**

Para la elaboración del trabajo de diploma se asume la guía metodológica elaborada por el Rodríguez Gonzáles, M., (2015), aprobada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”:

El **resumen** incluye la Idea central, Situación problemática, Objeto de estudio, Campo de acción, Objetivos, Métodos, Técnicas e Instrumentos de investigación utilizados junto a los resultados más sobresalientes, además de las palabras claves. Se escribirá en tiempo pasado, en un párrafo compacto y en tercera persona.

La **introducción** consiste en la descripción clara y precisa de lo descrito en el resumen, además de la justificación, novedad científica y resultado esperados de la investigación.

En el capítulo I se describe el marco teórico y referenciar sobre las masas cocidas de donde se forma el azúcar cruda a partir de la búsqueda bibliográfica actualizada, que a su vez está dividido en epígrafes. En esta parte del trabajo, se describen y analizan los estudios llevados a cabo previamente por autores reconocidos, que tienen relación con el objeto de estudio.

El **capítulo II** constituye se plantean los materiales y métodos, técnicas e instrumentos de investigación a utilizar y procedimiento seguido para su ejecución. La descripción del procedimiento será breve y clara, ya que se busca que otros investigadores puedan repetir el estudio sin necesidad de cuestionar al autor. También se declara la población, la muestra, sus características y criterios de exclusión e inclusión, teniendo en cuenta las fuentes de información que se necesitan para el desarrollo exitoso de la investigación.

En el **capítulo III** se hace un análisis y discusión de los resultados obtenidos en la investigación, teniendo en cuenta los objetivos planteados, métodos empíricos declarados y otros elementos que se describen en el capítulo II. También se incluye la forma en que se evaluará el objetivo general de la investigación y su resultado.

Después de los capítulos que conforman la investigación se exponen las conclusiones parciales. Al final del capítulo II, se exponen las conclusiones generales que no deben coincidir con las conclusiones parciales, luego las recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En cuanto a las conclusiones generales representan un elemento esencial de la tesis puesto que es ahí donde se hacen constar los resultados obtenidos y la aportación de éstos en el ámbito estudiado. Aquí se da respuesta a los objetivos planteados. La conclusión debe ser breve, respecto de la extensión del contenido, pero muy explícita, y donde se manifiestan el valor del estudio, así como el dominio que se tiene del tema.

Las recomendaciones se redactarán después de las conclusiones. Se definen como sugerencias que se formulan con el propósito de indagar en el tema de investigación. Se puede recomendar otra dimensión del problema.

Las referencias biográficas se relacionan en su orden de aparición en el texto de la tesis según la versión de la Norma APA que se recomienda utilizar.

En cuanto a los anexos, se pondrán cuantos hagan falta, pero deben estar declarados en el texto de la tesis.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAR SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Glosario de términos**

**Agotamiento de las mieles:** Proceso en el cual se separan la mayor cantidad de cristales de las mieles que sirven como materia prima para la formación cristales.

**Azúcar:** Producto solido cristalizado constituido principalmente por sacarosa, que se extrae de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) o de la remolacha azucarera (*Beta Vulgaris* L.) u otros productos naturales que lo contengan.

**Bagazo:** Residuo fibroso que queda de la caña, después de que esta ha sido sometida a la operación de estación.

**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 u otra medida de densidad con vertida a la escala Brix. Puesto que el Brix se considera como una entidad y se trata como una sustancia (por ejemplo: “libras de Brix”, o “extracción de Brix”, etc.) Brix (solidos) y solidos por gravedad son iguales. Porcentaje de solidos totales solubles en una solución azucarada.

**Cachaza:** Residuo sólido producto del proceso de filtración de los lodos sedimentados.

**Calandria:** En el lenguaje Técnico se denomina Calandria a un haz de tubos verticales soportados ambos extremos por placas, de tal modo, que resulta un recipiente estanco, en donde los tubos por su parte reciben vapor como fuente de calor y por la parte interna dejan circular el líquido a calentar; se completa la Calandria con disposiciones adecuadas para evacuar el agua condensada y los gases in condensables.

**Caña de azúcar:** Planta perteneciente a la familia de las gramíneas del género *Saccharum officinarum* L., que es utilizada como materia prima para la fabricación de azúcar.

**Cristales:** Es la sacarosa cristalizada al estado sólido, obtenida por nucleación y crecimiento en mieles sobresaturados en los tachos de cocimiento al vicio.

**Cristalización:** Es un proceso de separación sólido-líquido en el que la masa es transferida de un sólido disuelto en una fase líquida, a una fase sólida (cristal); en estos casos, la solución debe ser sobresaturada y los cristales que se desean obtener deben contener elevada pureza

## **1.2. Orígenes de la Masa Cocida para la fabricación de Azúcar Crudo**

Actualmente la etapa de purificación en la industria azucarera se encuentra afectada, pues existen diversos parámetros que, en ocasiones, no cumplen con las normas de calidad requeridas; además, se conoce que el jugo proveniente del proceso de clarificación trae consigo muchas impurezas, debido a la presencia de un elevado contenido de sólidos totales no disueltos, que inciden en la calidad de los materiales en las posteriores etapas. Por tanto, mediante un análisis específico y detallado de los principales parámetros y variables que intervienen en los subprocesos de extracción, clarificación y filtración, se podrá evaluar dicha etapa y detectar las posibles causas que inciden en las afectaciones de esta área (Sotolongo Contino, Y., 2024).

Según el Manual de Fabricación de Azúcar Crudo, (2023) la purificación tiene como función principal la de eliminar impurezas y otros no azúcares presentes en el guarapo, al menor costo y con el mínimo de pérdidas en azúcar. El área recibe el jugo crudo o mezclado, lo somete a procesos de alcalización, calentamiento y decantación para poder desechar de él aquellas sustancias indeseables tales como el bagacillo, la tierra y un conjunto de no azúcares, en forma de cachaza seca y poder entregar así un jugo clarificado caracterizado por una pureza superior a la del jugo crudo o mezclado, de 0.5 a 1.5 unidades. Un pH estable en el rango de 6.5 a 7.1, con una variación de 0.4 y el contenido de bagacillo debe estar en el orden de los 6 a 8 Kg. por ton. de caña, lo que representa de un 10 a un 15 % en peso de la torta.

En el proceso de Evaporación se lleva a cabo la evaporación del 73 al 75 % del agua presente en evaporadores a simple y múltiple efecto. Lográndose con este proceso concentrar el jugo desde 15.5 hasta 65 °Brix. (Manual de Fabricación de Azúcar Crudo, 2023)

La evaporación es una operación esencial en todas las fábricas de azúcar y su configuración es un factor que determina ampliamente la eficiencia energética de la planta industrial. Esta operación incrementa la concentración de jugo clarificado hasta un contenido de sólidos disueltos de alrededor de 65-68%, lo cual la convierte en el principal consumidor de vapor. La configuración de la estación de evaporación determina la cantidad de vapor que requiere la fábrica y por lo tanto, el arreglo de evaporadores es de gran importancia (Rein, 2012).

De la correcta operación de la estación de evaporación dependerá que el ingenio pueda asumir la molida horaria, pues los tachos no podrán procesar la meladura floja correspondiente a ella; también determinará la máxima recolección de los condensados para la reposición necesaria del agua de alimentar las calderas y para usos tecnológicos.

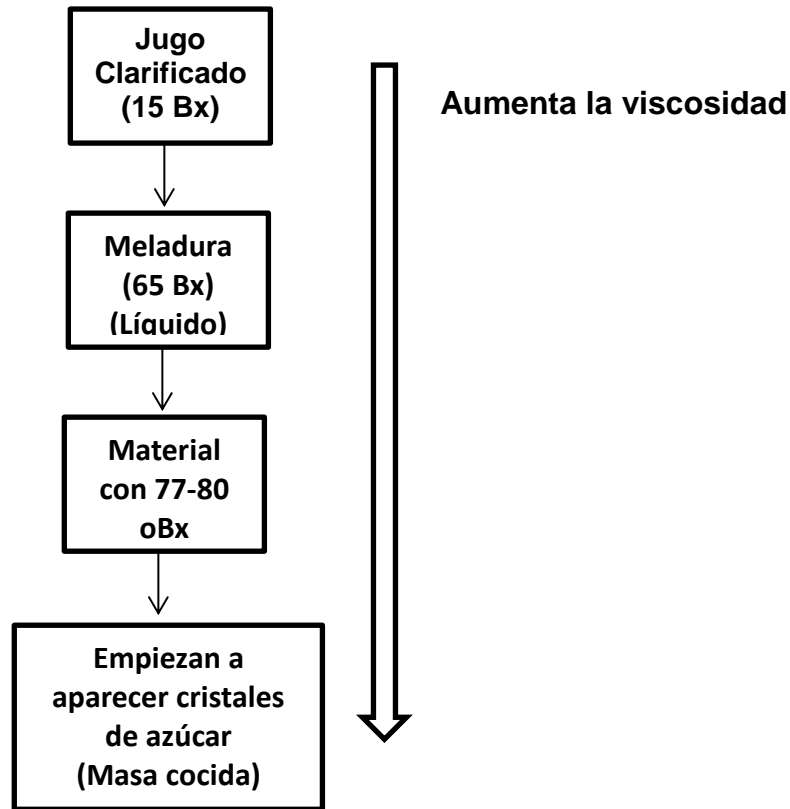
La meladura cuando sale del Quíntuple efecto (evaporadores) es sometida al proceso de cristalización; el cual se caracteriza por el cambio que experimenta la sacarosa al adquirir estructura cristalina. El proceso de cristalización consiste en alimentar una disolución azucarada a un tacho que es un evaporador de un solo efecto, que trabaja por templeas, donde se obtiene la sacarosa cristalizada como consecuencia de la evaporación controlada del agua donde está disuelta.

Cardona (2009), plantea que el jugo purificado se somete a evaporación en un conjunto de evaporadores en serie, donde puede variar en 4 o 5 unidades. En estas sucesivas evaporaciones, se elimina gran parte del agua contenida en el jugo (alrededor del 80%), de lo cual resulta un material más denso llamado meladura. Según Pérez et al. (2009), la meladura a la salida del cuádruple efecto debe tener una concentración próximo a los 65 °Bx.

El material pierde su fluidez progresivamente, de manera que es necesario emplear métodos diferentes para manejarlo.

En estas condiciones el material recibe el nombre de masa cocida.





**Esquema 1.1.** Proceso de conformación de las masas cocidas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández

**Fuente:** Elaboración propia, (2023)

La consistencia del material no permite hervirlo en tubos angostos ni circularlo con facilidad de un cuerpo a otro.

Por esta razón es necesario llevar a cabo la evaporación en un solo efecto; emplear un equipo similar al evaporador, pero mejor adaptado para manejar el producto viscoso que debe concentrar; el cual se denomina tacho.

Las operaciones en los tachos tienen como fin concentrar los materiales que se les alimentan hasta un nivel de sobresaturación tal que permita un rápido crecimiento de los granos. Agotar progresivamente los materiales mediante una operación por etapas y lograr como producto final un azúcar granulado de tamaño tal que cumpla los requisitos normados.

Los objetivos tecnológicos de la cristalización están basados en primer lugar transformar la sacarosa disuelta en el jugo al estado cristalino, que en el siguiente paso que es la centrifugación produzca el más alto rendimiento en azúcar. Es necesario que la cantidad de sacarosa presente en la materia prima se transforme en cristales en el mayor porcentaje posible y que la miel final quede agotada.

Las masas cocidas se fabrican teniendo en cuenta como aspectos tecnológicos el crecimiento volumétrico de la masa está definido por el del grano de azúcar. Que todas las masas cocidas se realizarán con el mismo número de cortes y empleando idénticas proporciones.

El Sistema de dos masas cocidas utiliza dos etapas de cristalización, llamadas en el argot azucarero masa cocida A (MCA) y masa cocida B (MCB) las cuales se cuecen en Tachos al vacío, la masa cocida A se fabrica partiendo de una base de semilla desarrollada que no es más que un magma que se hace mezclando el azúcar de las plantas de agotamiento del sistema con jugo clarificado, meladura o agua.

Esta base es alimentada en el tacho con meladura virgen de alta pureza en donde por un proceso combinado de evaporación y cristalización se logra una mezcla heterogénea de cristales de azúcar casi puros y una miel empobrecida pero con un contenido de azúcar apreciable, esta masa es vertida en los cristalizadores donde es enfriada por espacio de 1 o 2 horas con el objetivo de completar el proceso de cristalización iniciado en el tacho y mejorar el agotamiento, posteriormente es centrifugada separando el azúcar comercial que es almacenada y las mieles efluentes son recirculadas para ser utilizadas en la siguiente etapa.

Tanto el azúcar obtenido como las mieles toman su nombre de acuerdo a la masa cocida que les dio origen, en este caso la masa cocida A al ser centrifugada origina Azúcar A y miel A. En este sistema la masa de agotamiento es la masa cocida B(MCB), se fabrica a partir de una base de grano fino obtenido por cristalización inducida de una mezcla de miel A y meladura de alrededor de 80 de pureza, alimentada con las mieles de la etapa precedente ( miel A) en un tacho al vacío destinado para este fin, el resultado es una masa cocida (MCB), esta masa es vertida

en los cristalizadores donde es enfriada por espacio de 4 o 6 horas con el objetivo de completar el proceso de cristalización iniciado en el tacho y mejorar el agotamiento, que al ser purgada produce un azúcar con parámetros de calidad comercial deficiente, con la cual se hace un magma y se utiliza en la fabricación de las templeas comerciales, la miel agotada (miel B) sale del proceso y es vendida para otros fines económicos.

### **1.1.1 Proceso de cocimiento del azúcar**

Según Marcos Golato, (2014), el proceso de cocimiento de azúcar, es una de las etapas más importantes de la fabricación comercial de azúcar de caña, tanto cruda como refinada. En esta etapa se comienza a formar los cristales de azúcar y básicamente se compone de dos operaciones secuenciales que se describen a continuación:

⇒ Cristalización en caliente.

⇒ Cristalización en frío.

La cristalización en caliente se realiza en cuerpos llamados “tachos de cocimientos”, donde se cuece el “Melado Virgen” proveniente de la etapa de evaporación del jugo de caña, mezclados con otros productos intermedios a los que se denominan “Masa Cocida”. Esta operación se efectúa al vacío para trabajar con temperaturas menores al de la evaporación del agua pura (100°C). Los tachos son evaporadores intermitentes del “Melado Virgen”, que posee una concentración aproximada de 70°Bx y una pureza (cantidad de sacarosa) de 83 a 85%. Con la operación en los tachos se busca llevar el melado a una condición de solución azucarada sobresaturada para favorecer la formación y/o crecimiento de los cristales hasta un tamaño adecuado y uniforme. La operación al vacío garantiza que los cristales no adquieran una coloración fuerte por acción de temperaturas de ebullición elevadas. La masa cocida obtenida se descarga en unos equipos llamados cristalizadores donde se finaliza el crecimiento de los cristales por enfriamiento de los mismos (cristalización en frío). Por último, el producto obtenido se descarga hacia una batería de centrífugas, por medio

de un equipo mezclador-distribuidor llamado “Malaxor”, para separar la miel madre de los cristales de azúcar.

Cabe destacar que el sistema de cocimiento puede ser realizado en partes, denominadas “templas” y representan las operaciones con que se forman las diferentes masas cocidas. La cantidad de templas a realizar depende del grado de agotamiento de la sacarosa en la masa cocida que se puede obtener de manera económica. Existen sistemas de dos, tres y cuatro templas, siendo el más común el de tres templas.

La primera masa cocida a partir del melado o meladura (“Melado Virgen”), se la denomina “Masa Cocida A” y a la miel madre, separada de la centrífuga, se la llama normalmente “Miel Agotada A” o “Miel Primera”. Esta posee una alta proporción de azúcar cristalizable, por eso se conservan aparte y se utilizan para hacer crecer masas cocidas posteriores en un pie de templa conveniente. De igual manera, la masa cocida obtenida de la segunda templa, se la llama “Masa Cocida B”, y por consiguiente, la miel madre que se separa de ella en la centrífuga, se denomina “Miel Agotada B”.

Las templas pueden repetirse varias veces con algunas limitaciones que tienen que ver con el agotamiento de las mieles como se anticipó anteriormente, pero también a los contenidos de azúcares no cristalizables que inmovilizan una cierta proporción de azúcar y a la elevada viscosidad de las mieles sucesivas que dificultan la circulación dentro de los tachos. La última miel que se obtiene de la operación de cocimiento, se denomina “melaza” y posee una baja pureza, que económicamente resulta inviable recuperar el azúcar contenido. Es importante aclarar que la pureza de una solución azucarada es la relación entre la cantidad de azúcar contenida sobre el total de materias en solución. La pureza representa un índice del agotamiento producido en las diferentes etapas del cocimiento de azúcar.

### **1.1.2. Principio de funcionamiento de un tacho de cocimiento**

El principio de funcionamiento de un tacho de cocimiento comprende cuatro fases principales:

1. Concentración.
2. Cristalización.
3. Crecimiento del grano.
4. Cerrado de la masa cocida.

En la primera fase se deja entrar una cierta cantidad de melado al tacho, la misma se encuentra determinada por el volumen del tacho y debe ser lo más pequeño posible, pero lo suficiente para cubrir la calandria interior del mismo, de lo contrario podría haber caramelización durante el proceso de cocción. Cuanto menor es este volumen que se deja entrar, o cuanto menor es el volumen del pie de templa, menor será el número de cristales en la masa cocida final.

A medida que el volumen de la masa cocida disminuye en el tacho (mayor concentración), se debe agregar melado para mantener el líquido a un nivel lo suficientemente alto como para cubrir la superficie de calentamiento y evitar la caramelización y el consiguiente cambio de color de la masa.

Los Tachos son evaporadores de simple efecto que trabajan al vacío, los cuales se alimentan de mieles y producen masas, tienen involucradas variables importantes para su correcto funcionamiento como el °Brix, el nivel, la temperatura, el vacío y el vapor, con las cuales se cocinan estas masas, mediante la concentración y supersaturación para lograr obtener cristales claros, uniformes y de buen tamaño para la venta comercial (Aguilar Miranda, I., F., 2013).

En la etapa de cristalización, cuando la sobresaturación llega a un valor determinado, por ejemplo,  $S=1,40$ , correspondiente a la zona lábil, ocurre la cristalización. La misma puede realizarse por medio de la espera de la cristalización espontánea a partir de una concentración del melado de  $80^{\circ}\text{Bx}$ , o por la inclusión de granos de azúcar en la masa cocida (semillado), esta operación se realiza a través de una válvula de semillado, que posee un diámetro reducido para evitar la aspiración de aire

y polvo hacia el interior del tacho. La operación de apertura de esta válvula debe realizarse lentamente.

La meladura obtenida en la etapa de evaporación pasa a los tachos y equipos auxiliares, de acuerdo con el esquema de operación, donde continúa la evaporación, ahora más lenta, hasta obtener el grano de azúcar cristalizado. A partir de aquí el proceso deja de ser continuo (Roxana Valdés González, R., 2021).

Una vez finalizada la operación de semillado, se debe limitar el ingreso de vapor al tacho para evitar la posible disolución de los cristales finos en contacto con la superficie caliente. Luego de esperar unos minutos, el cocimiento de la masa se continúa lentamente para favorecer el crecimiento de cristales de azúcar. Durante este tiempo, no debe agregarse melado virgen, ya que provocaría la dilución de los cristales recientemente formados. Esta operación debe realizarse regulando el vacío hasta alcanzar valores normales de trabajo (alrededor de 60 [cmHg]).

El producto creado después de la formación de los cristales se conoce como masa cocida, la cual se encuentra en el tacho sobresaturada de sacarosa. El proceso de cristalización consta esencialmente de dos etapas distintas: nucleación y crecimiento de los núcleos o cristales (Páez, 2013).

### **1.1.3 Centrifugación**

Roxana Valdés González, R., (2021) en su trabajo de diploma plantea que a centrifugación es la última operación básica de ingeniería del proceso de producción de azúcar crudo, en los casos en que se comercializa sin secarse. El área recibe la masa cocida de los tachos, la acondiciona en los mezcladores para posteriormente someterla a un proceso de centrifugación para separar los granos de azúcar producidos de su licor madre.

Las centrifugas retornan hacia los tachos, mieles “A” y “B”, libres de granos para continuar su proceso de agotamiento escalonado. También y como producto agotado las mieles finales hacia los tanques de almacenamiento o hacia otras plantas de producciones derivadas.

Esta área tecnológica está enmarcada en la cadena de producción, en una función compleja pues ella entrega azúcar y miel final como productos aptos para la comercialización y además retorna al proceso aquellos productos intermedios que pueden ser agotados aún, de forma que si su operación no es la adecuada entonces se rompe este equilibrio y se puede afectar todo el trabajo de purificación, evaporación y tachos.

De ahí es que la adecuada explotación de las centrifugas define la calidad del azúcar y el agotamiento de las mieles, como aspectos básicos, pero también influye determinantemente en la molienda horaria.

Las centrifugas son equipos que han evolucionado de forma muy dinámica en los últimos años, a partir de la introducción de los microprocesadores y de sistemas inteligentes, pues de forma genérica sus accionamientos mecánicos, salvo ligeros detalles novedosos, no han sufrido grandes modificaciones.

## **1.2. Principales conceptos sobre el proceso de fabricación de Azúcar crudo**

**Caña:** Es la materia prima que se trae al ingenio, normalmente en la definición del término se incluye la caña limpia más las materias extrañas y el agua que la acompañan.

**Bagazo:** Es el residuo que se obtiene al moler la caña en uno o más molinos ISSCT. Se conoce como bagazo del primer molino, del segundo molino, etc. Cuando se refiere al residuo del último molino se conoce como bagazo del último molino, bagazo final o simplemente bagazo.

**Pol:** El valor obtenido por la polarización simple y directa en un sacarímetro de una solución de peso normal ISSCT. Este término se usa en los cálculos como si fuera una sustancia real.

**Sacarosa:** Según ISSCT es el disacárido conocido en química como sacarosa o azúcar de caña y cuya fórmula es la siguiente:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

El método de la determinación se ha dejado a propósito fuera de la definición, primero, porque la sacarosa no tiene que ser necesariamente determinada por doble

polarización, ya que posiblemente se adopten métodos basados en la destrucción de azúcares reductores y segundo porque la sacarosa en el bagazo y en la cachaza se determinan corrientemente por polarización directa, ya que la diferencia entre pol y sacarosa no tiene importancia.

**Brix:** Es una forma de expresar la concentración de una solución, definida en este caso como el porcentaje de materias sólidas disueltas indicadas por un hidrómetro “Brix” u otro dispositivo densimétrico. En el sentido estricto de la definición se expresa como sólidos disueltos en una solución de sacarosa pura, pero por acuerdo general de la ISSCT se toma como sólidos aparentes en soluciones impuras.

**Azúcares reductores:** Las sustancias reductoras en caña y sus productos. Los componentes del azúcar invertido se denominan dextrosa y levulosa. El empleo de los vocablos glucosa o dextrosa para designar a los reductores deberá evitarse para no caer en errores técnicos de la definición.

**No azúcar:** Se define así a la diferencia siguiente:

$$N_{\text{azúcar}} = \text{Brix} - \text{Pol.}$$

**Jugo primario:** Todo el jugo que se ha extraído antes de realizar ninguna dilución ISSCT.

**Jugo secundario:** Es el jugo diluido que al unirse al jugo primario forma el jugo mezclado ISSCT.

**Jugo mezclado:** Es la mezcla del jugo secundario con el primario, que sale de los molinos y se envía a la casa de calderas, para su procesamiento.

**Jugo claro:** Es el jugo que se obtiene en la extracción de alto vacío en los filtros de cachaza.

**Jugo clarificado:** Es el jugo claro que se obtiene después del proceso de clarificación y que se alimenta a los evaporadores.



**Cachaza:** La torta agotada con una humedad del orden del 74 %, que contiene la totalidad de las impurezas presentes en el jugo y que fueron decantadas en el clarificador.

**Meladura o siropes:** Es el jugo concentrado en los evaporadores, antes de que se haya realizado alguna operación de extracción de azúcar.

**Masa cocida:** Material en el que se encuentran mezclados la miel agotada a una pureza determinada y los cristales desarrollados a un tamaño establecido, al finalizar su proceso de cocción y alcanzar su densidad final (punto, apriete o Brix de la masa cocida). La cocción de la masa se realiza por la eliminación de agua mediante el proceso de ebullición a presión reducida (al vacío) en un equipo llamado tacho.

Es la mezcla de cristales y licor madre, descargada por los tachos. La masa cocida se clasifica de acuerdo con su pureza descendente como A, B ó C, o como Primera, Segunda o Tercera.

**Templa:** Masa cocida que fue llevada a su punto final de cocimiento y fue descargada de un tacho discontinuo o de batch. Es propio hablar de “templa” al referirse al material contenido en el tacho o que se encuentra en proceso de descarga. Pero en el momento que se une al total de masa cocida que se encuentra en un mezclador, a la espera de ser purgada en una centrifuga, no es propio referirse a este material genérico como templa, lo propio y acostumbrado es llamar a este material como masa cocida o masa.

**Magma:** Se define así a la mezcla de cristales de azúcar con jugo clarificado, meladura o agua, producida por medios mecánicos.

**Purga:** Separación de los cristales y la miel de una masa cocida, durante la operación de una centrífuga.

**Centrífuga:** Equipo diseñado para separar los cristales de sacarosa y la miel, mezclados en la masa cocida, dicho equipo está provisto de una canasta horadada, en cuyas paredes se encuentran fijadas telas filtrantes, con cierto tamaño de apertura de agujero y determinada área abierta. La masa cocida se alimenta a la canasta y la

fuerza centrífuga hace salir la miel por los agujeros de las telas y de la canasta, los cristales de sacarosa son retenidos en las telas, posteriormente son descargados y conducidos por sistemas de transporte para su disposición y acondicionamiento.

**Miel:** Es el licor madre separado de los cristales por medios mecánicos. Es denominada de acuerdo a la masa cocida de procedencia, A, B o C, o como primera, segunda o final.

**Azúcares:** Se denomina así a los cristales, incluyendo la miel adherida a ellos, obtenidos de la centrifugación de la masa cocida. Se elaboran diferentes tipos de azúcares, bien para consumo doméstico o para su posterior refinación.

**Pié:** Azúcar seco o magma que se emplea como base para la elaboración de las diferentes templeas.

**Semilla de choque, medio de semillamiento:** Es el azúcar pulverizado a un tamaño definido que se alimenta al tachó para inducir la cristalización.

**Imbibición:** El proceso por el cuál se añade agua o jugo al bagazo, para que se mezcle con el jugo existente en éste y lo diluya; el agua que así se usa se denomina agua de imbibición ISSCT.

### **1.3. Componentes químicos de las masas cocidas utilizadas en la fabricación de azúcar crudo:**

#### **Fabricación de la masa cocida “A”.**

Una vez alcanzado el tamaño del grano adecuado para la fabricación del azúcar comercial, proceda a:

1. Aliméntese meladura hasta completar el volumen de operación del tachó de masa “A”.
2. Cíérrese la alimentación de meladura y concéntrese la masa hasta darle el punto ajustado a su pureza, a las condiciones del tachó y a las de las instalaciones del ingenio.

La masa “A” así elaborada deberá cumplir con las especificaciones de la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Rangos de valores de la masa “A”

Parámetros	Rango de valores
Bx	92.5 mínima
Pureza	+ 86
Caída de la Pureza masa a miel	15 puntos como mínimo
Ph	5.9 - 6.1

**Fuente:** Elaboración propia, (2023)

**Fabricación de la masa cocida “B” procédase del siguiente modo:**

1. Tómese semilla mejorada del granero comercial o de otro tacho, en el tacho destinado a la masa cocida “B”, hasta completar el nivel superior de la calandria, manteniendo el vacío en un valor no inferior a las 25.0 plg (63.5 cm).
2. Procédase a alimentar miel “A”, hasta completar el volumen de operación del tacho.
3. Cíerresela alimentación de miel “A” y concéntrese la masa hasta darle el punto ajustado a su pureza, a las condiciones del tacho y a las de las instalaciones del ingenio.
4. En concordancia con la pureza de los materiales intermedios y de la propia masa, procédase a habilitar la producción de una masa doble conforme a lo que se plantea en el epígrafe

La masa cocida así fabricada deberá responder a las especificaciones de la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2.** Rangos de valores de la masa “B”

Parámetros	Rango de valores
Bx	94 mínima
Pureza	70 - 73
Caída de la Pureza masa a miel	17 puntos como mínimo
Ph	5.9 - 6.1

**Fuente:** Elaboración propia, (2023)

#### **1.4. Política del Estado cubano relacionado con la Agroindustria Azucarera**

El Primer Secretario del Comité Central del Partido, en una síntesis sobre la situación actual del sector, explicó que para entender esta, lo primero es comprender que desde el inicio de la Revolución dicho sector ha sido muy afectado por el bloqueo del Gobierno de EE. UU, que lo ha hecho con toda intención, porque ellos saben lo que significa la agroindustria azucarera para nuestro país (Díaz Canel – Bermúdez, M., M., 2022)

Al hacer una caracterización del sector, el Jefe de Estado reflexionó, en primer lugar, sobre el estado de las plantaciones cañeras. Con el período especial, la escasez de insumos nos fue llevando a lo que yo considero ha sido un proceso de “involución tecnológica” y en el que empezamos a tener cada vez menos caña, aunque a pesar de ello, por voluntarismo, tratábamos de mantener los mismos niveles de producción de azúcar. En estos años nos fuimos comiendo más caña de la que se debía, y después no sembrábamos la que se necesitaba, y así hemos llegado a un momento donde las plantaciones están en una situación sumamente compleja. No hemos podido lograr los balances de siembra de primavera y frío que se necesitan, ni la adecuada composición de cepas para poder escalonar bien los cortes y que los centrales funcionen los días de zafra necesario para lograr estabilidad y eficiencia. Entonces resumió hoy la principal materia prima está totalmente deteriorada.

Sobre las industrias, señaló que estas también se nos fueron deteriorando durante estos años. Las reparaciones cada vez fueron más incompletas, más malas, y estamos en un momento en el que casi no reparamos bien ningún central, casi ninguno tiene balance de recursos, pero a pesar de ello también seguimos con un voluntarismo tremendo, tratando de hacer una zafra que desde que la planificamos sabemos que es imposible cumplir, dijo. Desde el año 2012 expuso no se cumplen los planes de zafra; y cada zafra en los últimos años da menos producción de azúcar.

Concluyó expresando la situación que tenemos. Hemos llegado a un círculo vicioso. Queremos hacer más; queremos crecer, esa es la voluntad, pero cada vez tenemos menos caña y cada vez los centrales están más deteriorados.

La Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández no está ajena a estas problemáticas por lo que los principales problemas identificados en la misma son:

1. Tendencia decreciente de los rendimientos y la producción de caña en la UPC.
2. No ocupación del fondo de tierra disponible para caña estando en las cercanías del central.
3. Obsolescencia del equipamiento técnico y falta de suministros para su reposición y mantenimiento.
4. Deterioro progresivo de la infraestructura de viales, más acentuado en los caminos hacia las áreas y asentamientos agrícolas.
5. Posibilidades de participación de estudiantes y docentes de la Universidad no aprovechadas en la investigación y el proceso innovador que se requiere.

#### **1.5. Medidas aprobadas por el Buró Político del Partido Comunista de Cuba y los Consejos de Estado y Ministros relacionadas con la producción de azúcar**

Medidas aprobadas por el Buró Político del Partido Comunista de Cuba y los Consejos de Estado y Ministros relacionadas con la producción de azúcar:

##### **Producción de Caña:**

1. Reevaluar, redimensionar y certificar el fondo de tierra de cada empresa y base productiva, precisando el área para caña según Programa de acercamiento; potencial productivo en relación con el fondo de tierra, y tipo de suelo, área e infraestructura de riego y el área agropecuaria, conciliada con el Programa de desarrollo municipal.
2. Asegurar la autonomía de cada base productiva a partir de que tenga plan de la economía con respaldo de crédito, seguro y contratos de suministro y venta, contabilidad en Sistema VERSAT, cuenta bancaria en MLC y su inscripción en el Registro Mercantil Cubano.

3. Reducir la alta dependencia de las bases productivas en relación con los servicios agrícolas externos, a partir de reconstruir tractores e implementos, inversiones en equipos priorizando las que alcancen su potencial productivo y el traspaso de equipos de las empresas y/o creación de cooperativas de servicios o Mipymes, que eleven la oportunidad y reduzcan los costos.
4. Realizar un proceso de renovación de presidentes de bases productivas con problemas de dirección y liderazgo, autorizando a la empresa agroindustrial a dar tratamiento diferenciado al ingreso, transporte y viviendas de los cuadros o técnicos que se incorporen a las mismas para su fortalecimiento.
5. Respalidar el cumplimiento con calidad de los planes de siembra anual a partir de asegurar, mediante contrato, sus insumos (fertilizante-herbicida-combustible) y hacer corresponder el plan de cada base productiva con la capacidad de los equipos de preparación de tierra propia y contratada, que garantice cerrar abril con más del 80 % del plan de primavera sembrado o listo y en agosto para el plan de frío.
6. Fortalecer la cadena de semilla básica, registrada y certificada, en correspondencia con la política de variedades y semilla adaptada a las nuevas condiciones de los efectos del cambio climático, suelos dañados, origen de la semilla, etc, asegurando los insumos, el saneamiento y la certificación de la calidad en cada banco de semilla y área de siembra, así como crear fincas de semilla con riego, en diferentes formas de propiedad y gestión, para comercializar con las bases productivas sin áreas de riego.
7. Acometer con oportunidad y calidad, según el instructivo técnico de la caña, la siembra y la atención a los retoños detrás del corte, que incluye la rehabilitación y resiembra en campos que se justifique, así como dirigir el fertilizante disponible a las áreas con rendimiento superior a 30 t/ha y aplicar en el resto fertilizantes organominerales y otras alternativas.
8. Modificar el Decreto Ley 230, en lo relativo a la cuantía de las multas a imponer por acciones u omisiones que causan daños a las plantaciones cañeras, en correspondencia con la Tarea Ordenamiento; así como la designación de inspectores en las empresas agroindustriales azucareras y en las cooperativas.

9. Garantizar las acciones para mantener en explotación los sistemas de riego existentes, que incluye su mantenimiento eficiente, la fabricación y recuperación de piezas de repuesto y el suministro de electricidad y agua, así como contratar y aplicar paquete tecnológico de agricultura intensiva para obtener el potencial de rendimiento cañero de cada tecnología de riego.

10. Priorizar en el plan anual de las empresas del INRH y Azcuba la reparación y mantenimiento de los canales de riego y drenaje para la caña, priorizando las áreas identificadas en la Tarea Vida, con problemas de drenaje y peligro de salinidad.

### **Zafra Azucarera:**

1. Concentrar la zafra en los centrales de mayor capacidad, eficiencia y diversificación, así como escalonar su arrancada, que garantice las entregas de azúcar a la canasta básica y se logre la máxima producción de refino en el período de zafra.

2. Definir y aplicar el balance y estructura de tiro directo y por ferrocarril, así como la red de centros de recepción más racional, que garantice mayor estabilidad de la molida, eficiencia y calidad de la caña cosechada, en cada central. Resp: Empresa agroindustriales y bases productivas.

3. Reorganizar los medios de cosecha, elevando el número de máquinas por frente de corte, bajo la figura de colectivo agropecuario u otras formas de gestión, a las cuales se integren los camiones.

4. Aplicar nuevas formas de gestión en los camiones de la empresa Tranzmec, que incluye el arrendamiento del camión al chofer o a la base productiva a la que presta servicio, así como convertir la base de transporte de cada central en una UEB directa a la empresa, eliminando la estructura provincial.

5. Convertir los centros de acopio en un colectivo agropecuario o Mipyme, bajo el principio de reducir los costos actuales por tonelada de caña procesada y su diversificación para tener empleo todo el año con tiro de biomasa, producción de

compost, ceba de ganado, producciones agropecuarias en áreas aledañas y otras producciones y servicios en la instalación.

6. Garantizar por cada organismo responsable del patronato vial a la reparación de sus caminos y carreteras antes de la arrancada de la zafra, e incrementar la asignación diferenciada de asfalto y pintura asfáltica para los accesos a los centrales.

7. Revertir el deterioro de la infraestructura ferroviaria y elevar su capacidad de transportación a partir de adelantar el programa para el fortalecimiento del transporte ferroviario cañero, así como modificar el actual sistema de atención a las vías férreas cañeras y completar la brigada de mantenimiento de cada central.

8. Comenzar proceso de modernización paulatina de los centrales, con prioridad para los más eficientes que deciden la producción de azúcar y derivados, a partir de reconstruir, modernizar o sustituir equipos obsoletos o en mal estado técnico, incrementar la automatización e informatización del proceso tecnológico y de gestión, así como la creación de una cultura industrial que promueva su higiene, orden y limpieza como corresponde a una fábrica de alimento.

9. Reducir el alto tiempo perdido industrial en los centrales a partir de perfeccionar el uso del diagnóstico predictivo y otras técnicas modernas para los mantenimientos anuales y reparaciones generales, elevar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto y la disciplina tecnológica del proceso, con participación de los técnicos y jubilados del sector.

10. Asegurar los recursos básicos para mantener funcionando durante toda la zafra la instrumentación, metrología y los lazos automáticos instalados en los centrales.

11. Organizar y fortalecerla red de servicios de ingeniería, asistencia técnica, capacitación, mantenimiento, reparación y montaje de equipos a la agroindustria con empresas de servicios de AZCUBA, otras entidades y formas de gestión.

12. Vincular cada central azucarero con su cliente final, darle participación directa en primas y multas establecidas y elaborar una estrategia que asegure la competitividad necesaria, con calidad, inocuidad y buenas prácticas en toda la cadena de valor, que



elimine los riesgos identificados y de respuesta a las certificaciones establecidas para cada mercado.

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026; el número 130 aborda modernizar la maquinaria agroindustrial, perfeccionar la preparación, organización y aseguramiento integral de la zafra, elevando el aprovechamiento de la norma potencial, la eficiencia y la calidad de la producción de azúcar, energía eléctrica, alimento animal, bioproductos y otros derivados, fortaleciendo el encadenamiento con la industria nacional, las entidades de ciencia y concretando el impacto de la inversión extranjera en las exportaciones. Además, el lineamiento número 133 sobre priorizar la gestión del mantenimiento a equipos, instalaciones industriales y sistemas tecnológicos, y su implementación en la economía nacional. Prestar especial atención e incentivar la producción y recuperación de partes, piezas de repuesto y herramientas. (Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, 2021-2026).

### **Conclusiones parciales del capítulo I**

1. La bibliografía estudiada permitió elaborar el marco teórico referencial de la investigación aportando nuevos elementos que ratifican la veracidad de la información descrita en este capítulo.
2. Las masas cocidas constituye un elemento fundamental en la producción de azúcar cruda, dependiendo de ella la calidad del producto final y los costos de producción.

## **CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Caracterización de la industria de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández**

La empresa fue creada por la Resolución No.108 de 27 de agosto del 2021, del Ministerio de Economía y Planificación, como Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández, perteneciente al municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus, integrada al Grupo Azucarero AZCUBA en el contexto de la crisis financiera debido al recrudecimiento del bloqueo económico y financiero y más de 243 medidas coercitivas aplicadas por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica y la pandemia COVID 19, además de estar enmarcados en el proceso de reestructuración del sector. Con baja producción de caña y rendimiento agrícola, con una visión de consolidar el Polo Productivo Tuinucú, a partir de incrementar y diversificar de forma sostenible la producción de alimentos fortaleciendo los encadenamientos productivos, el apoyo de actores económicos, factores comunitarios, de gobierno, rectores de programas de la ciencia, la innovación, y el medio ambiente para una mayor gestión de recursos materiales y financieros externos, con el propósito de mejorar la economía y aumentar el bienestar de la población local y asegurar el cumplimiento del Encargo Estatal que demanda la economía del territorio y del país.

### **2.2. Población y Muestra**

La población estuvo compuesta por 8 personas que coincide con la muestra por ser pequeña: un especialista de calidad, uno de laboratorio, producción de Masas Cocidas, trabajadores del área de producción y la especialista de la calidad de la empresa.

#### **Criterio de inclusión**

Ser trabajador de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández y haber dado su consentimiento para participar en la investigación.

#### **Criterio de exclusión**

No se trabajador de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

### **2.3. Materiales, Métodos, Técnicas e Instrumentos de investigación**

En esta investigación se abordan los fundamentos teóricos y descriptivos del proceso y subprocesos que intervienen en la fabricación del azúcar; se abarca la producción de azúcar con dos tipos de masas cocidas. Aparecen también datos estadísticos de la producción y de las ventas del azúcar de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

El tipo de estudio a utilizar es el descriptivo no experimental y transaccional, porque se tuvo como propósito analizar la eficiencia de las masas cocidas utilizadas en la producción de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández del municipio Taguasco, provincia Sancti Spíritus. El estudio transversal es un diseño de investigación de uso frecuente. Se trata de estudios observacionales, y se han considerado aspectos relacionados con la población estudiada y la empresa de donde se obtendrá la información. Para la recolección de datos se aplicó un instrumento tipo matriz, previamente diseñada, que permitió describir estadísticamente las variables de eficiencia productiva del azúcar crudo.

#### **Métodos teóricos de investigación**

El **Analítico-sintético**. Se utilizará para detallar cada proceso que interviene en el uso eficiente de las masas cocidas, para luego realizar el análisis de su eficiencia.

El **Hipotético – deductivo**. Se empleará en la elaboración de la hipótesis general de la investigación y para proponer las recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso de las masas cocidas que intervienen en la producción de azúcar crudo.

El **Sistémico**. Se empleará para lograr el funcionamiento armónico y coordinado de todo el sistema de factores que conforman la producción de azúcar crudo.

#### **Métodos empíricos de investigación**

La **Observación científica**. Será utilizada para observar las condiciones en que son usadas las masas cocidas que intervienen en la producción de azúcar crudo.

La **Medición científica**. Se utilizará para medir los parámetros y calidad de las masas cocidas que intervienen en el proceso de producción de azúcar crudo.

### **Técnicas de investigación**

La **Entrevista**. Se aplicó a la especialista calidad y al de producción, así como al técnico de laboratorio.

La **Encuesta**. Se aplicó a 5 trabajadores de las áreas implicadas. Esta técnica es muy usada para hacer una investigación descriptiva.

### **2.4. Etapas para la ejecución de la investigación**

Para una mejor organización en la ejecución de la investigación, esta se desarrolló según las etapas que a continuación se exponen:

**Etapas I.** Determinación de la problemática que incide en la producción de azúcar crudo con el uso de masas cocidas.

**Etapas II.** Formación del equipo de trabajo que conducirá la investigación, integrado por dos especialistas de la producción industrial, laboratorio y 5 de las áreas implicadas en la investigación.

**Etapas III.** Elaboración del programa de trabajo a partir de la problemática y objetivos planteados en la investigación.

**Etapas IV.** Ejecución del programa de investigación, que incluye evaluaciones periódicas para corregir cualquier dificultad o incumplimiento por falta de recursos programados.

**Etapas V.** Elaboración del informe final, discusión y presentación con las recomendaciones.

## **CAPÍTULO III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **3.1. Resultados del diagnóstico aplicado para conocer el estado actual de la producción de azúcar cruda con el uso de diferentes masas cocidas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández**

**Objetivo:** Conocer el estado actual de la producción de azúcar cruda con el uso de diferentes masas cocidas en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

**Contenido:**

1. Descripción del estado técnico en que se encuentra la maquinaria y equipos de medir que intervienen en la elaboración de las masas cocidas.
2. Calidad de la materia prima utilizada para la elaboración de las masas cocidas.
3. Cumplimiento de condiciones higiénico – sanitarias en espacios en donde se elaboran las masas cocidas que intervienen en la producción de azúcar crudo.

A pesar que los equipos tecnológicos donde se elaboran las masas cocidas tienen más de 50 años de explotación su estado técnico es bueno, ya que todos los años se le realiza un mantenimiento general, reparándole las partes fundamentales, también antes del comienzo de la zafra se le realizan pruebas de hermeticidad y vacío para comprobar sus condiciones técnicas. Los equipos de medición de campo como manómetros, vacuómetros y conductímetros son verificados en laboratorios que están certificados para realizar ese trabajo.

En la actualidad la calidad de la materia prima para la producción de azúcar deja mucho que desear; sus parámetros como Brix del jugo, Pureza del jugo son muy bajos y el pH del jugo también, esto nos da una idea de la mala calidad de la caña, son cañas quemadas y además que los % de molido son muy bajos y la caña se deteriora sobre el carro, al igual que la que se corta manual y está en el campo varios días antes de llevarla para el ingenio.

Las condiciones higiénicas-sanitarias no son las óptimas ya que tenemos problemas con el techado de la nave que ya se está resolviendo, problemas con los pisos del

área de Centrífugas que en las próximas reparaciones está planificado hacer una inversión para su mejoramiento y en sentido general se necesita pintura para todos los equipos y estructuras metálicas de la nave.

### 3.2. Resultados de la aplicación de la Medición científica

**Objetivo:** Conocer los indicadores medibles de las masas cocinas utilizadas en el proceso de producción de caña de azúcar.

#### Contenido:

Resultados de las mediciones del contenido de:

Fecha: 12/2/2024

	% Bx	% Pol	%Pza	pH	Caída de pureza masa-miel
MCA	91.34	77.68	85	6	15 puntos
	91.6	77.6	84.72	6.1	
Miel A	67.14	47.6	70.90	6.1	10 puntos
	60.14	42.48	70.64	6.1	
MCB	88.22	66	74.81	5.8	20 puntos
	88.16	65	73.73	5.8	
Miel B	76.56	44.35	57.93	5.8	20 puntos
	76.24	44.15	57.91	5.8	

Fecha: 28/3/2024

	% Bx	% Pol	%Pza	pH	Caída de pureza masa-miel
<b>MCA</b>	92.3	73.2	79.31	6	8 puntos
	90.3	76	84.16	6	
<b>Miel A</b>	60.68	43.04	70.93	6	9 puntos
	64.28	48	74.67	5.9	
<b>MCB</b>	93.7	70.6	75.35	6	14 puntos
	92.14	68.8	74.67	6	

<b>Miel B</b>	76.56	44.35	61.36	6.1	23 puntos
	76.24	44.15	50.96	5.9	

Fecha: 3/4/2024

	<b>% Bx</b>	<b>% Pol</b>	<b>%Pza</b>	<b>pH</b>	<b>Caída de pureza masa-miel</b>
MCA	92.54	79.24	85.63	6	15 puntos
	90.96	74.4	80.03	6.1	
Miel A	67.86	47.4	69.85	6	9 puntos
	66.94	47.44	70.87	6.1	
MCB	93.14	68	73.8	6.1	14 puntos
	93.2	70	75.11	5.9	
Miel B	79.24	42.24	53.31	6	19 puntos
	80.44	44.88	55.79	5.9	

### 3.3. Resultado de la Observación científica

**Objetivo:** Conocer el estado de las masas cocidas antes de iniciar el proceso de producción de azúcar crudo.

**Tipo de observación:** Participativa

**Cantidad de observadores:** 6

**Periodo observación:** Enero – diciembre de 2023

**Frecuencia de las observaciones:** 2 semanal

**Cantidad de observaciones:** 52

**Aspectos a observar:**

1. Calidad de las masas cocidas.
2. Estado del color de las masas cocidas.

3. Comportamiento del seguimiento a las masas cocidas.

4. Condiciones creadas para la elaboración de las masas cocidas.

La tabla N°. 3.1 muestra la forma en que se ubican los indicadores que se observaran y tipo de evaluación.

Indicadores a observar	Cantidad de evaluadores que participan en la observación			Total
	Bien	Regular	Mal	
1. Calidad de las masas cocidas.	46	5	1	52
2. Estado del color de las masas cocidas.	45	7	0	52
3. Comportamiento del seguimiento a las masas cocidas.	49	3	0	52
4. Condiciones creadas para la elaboración de las masas cocidas.	19	32	1	52
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>47</b>	<b>2</b>	<b>208</b>
<b>%</b>	<b>76</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

### **Criterios de medidas**

#### **Evaluación por indicador**

**Bien:** Cuando más del 75% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Regular:** Cuando del 55% al 75% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Mal:** Cuando menos del 55% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

#### **Evaluación general**

**Bien:** Cuando más del 75% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.



**Regular:** Cuando del 60% al 75% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Mal:** Cuando menos del 60% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

La evaluación de los indicadores de la observación es

### **3.4. Resultado de la entrevista realizada al jefe de fabricación.**

**Objetivo:** Conocer su opinión sobre las masas cocidas utilizadas en el proceso de producción de azúcar crudo.

#### **Respuestas al cuestionario:**

1. Considera Usted que existen las condiciones óptimas para la elaboración de las masas cocidas.

No existen las condiciones óptimas para la elaboración de las masas cocidas ya que la materia prima que se procesa no la tiene, además presentamos problemas con el equipamiento para realizar la cristalización primaria del proceso, esta operación la realiza un técnico a mano apelando a su experiencia.

2. ¿Cómo evalúa Usted la calidad de las masas cocidas?

A pesar de lo explicado anteriormente la calidad de las masas cocidas la podemos valorar aceptables, muestra de ello es la calidad del azúcar que producimos.

3. ¿Considera Usted que la materia prima utilizada para la elaboración de las masas cocidas son las indicadas para garantizar la calidad?

La materia prima procesada para la fabricación del azúcar no es la indicada, ya explicamos que sus parámetros son muy inferiores a los indicados para la fabricación del azúcar crudo, pero a pesar de ello nuestro ingenio está preparado hace varios años para enfrentar los problemas de la materia prima en lo fundamental con la experiencia de productos azucarados intermedios, y a pesar que el deterioro de la calidad de la caña ha sido progresivo desde hace algunos años para acá, el ingenio se mantiene en los rangos de calidad del azúcar.

4. Qué evaluación merece la calidad del azúcar crudo que se produce con el uso de las masas cocidas elaboradas en la empresa?

La calidad del azúcar es buena a pesar de la mala calidad de la caña, contamos con un proceso de muy bajo tiempo de retención de los materiales azucarados esto hace que dentro del ingenio no tiene tiempo de seguir deteriorándose los parámetros de calidad y también contamos con 2 centrifugas Silver Weibull de última generación que nos permite mejorar el azúcar que llega al almacén.

Muchas gracias

3.4. Beneficios que se obtienen a partir del uso eficiente de las masas cocidas en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández.

Se realizará una comparación entre el esquema de dos masas cocidas que se realiza en nuestra Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández y el de tres masas en cuanto a:

- Complejidad de operación en el proceso.
- Costos
- Calidad del azúcar.
- Azúcar recuperada.

El esquema de dos Masas Cocidas es un proceso menos complejo, con costos inferiores debido a que un esquema de tres masas lleva una inversión superior debido a la instalación de más equipamientos, la calidad del azúcar es inferior al del esquema de tres masas ya que en este se logra un mayor agotamiento de las mieles y una cantidad de azúcar mayor por toneladas de caña, aumentando a su vez el rendimiento y ganancias de la industria.

Con respecto a la azúcar recuperada un ejemplo práctico para un central azucarero que procesa 4600 T/caña por día. Se procede a demostrar la cantidad de toneladas que se recuperan por concepto de mieles en un esquema de 3 masas cocidas respecto a un esquema de 2 masas cocidas. Para ellos contamos con los siguientes

datos, que se obtuvieron a partir de los análisis llevados a cabo en el laboratorio de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández a varias muestras de miel B y miel C, que se encuentran registradas en los archivos.

Datos:

Brix miel B = 85°

Brix miel C = 88°

Pol Miel B = 45.9 %

Pol Miel C = 30.36 %

Formación de miel B = 4 6% / T caña

Formación de miel C = 3 4%/Tcaña

Tcaña/día = 4600

Cálculo:

Diferencia de toneladas de pol

T de miel B =  $4600 \times 0.06 = 276$  T/día

T de pol en miel B = T de miel B \* % pol miel B =  $276 \times 0.459 = 126.684$  T

T de miel C =  $4600 \times 0.04 = 184$  T/día

T de pol en miel C = T de miel C \* % pol en miel C =  $184 \times 0.3036 = 55.86$  T

❖ **La diferencia de toneladas de pol es significativa en 70.824 T**

Pérdida de toneladas de azúcar que se pierden en un sistema de 2 masas cocidas. Teniendo en cuenta que una azúcar de alta calidad debe tener un valor mínimo de 99.10 % de pol

**Cantidad de azúcar** = Toneladas de pol\* % de pol en azúcar

$$= 70.824 * 0.991 = 70.19 \text{ T}$$

Se puede concluir que en un ingenio que se procesan 4600 T de caña /día y se obtengan mieles con purezas en normas, con un sistema de 3 masas cocidas se producirían diariamente 70.19 T más de azúcar, que, con un sistema de dos masas, por concepto de purezas en sus respectivas mieles finales.

### **3.5. Resultados de la evaluación por criterio de especialista de la pertinencia del uso de la variable más eficiente de masas cocidas seleccionada para ser utilizada en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández**

Para evaluar por criterio de especialistas la pertinencia del uso de la variable más eficiente de Masas Cocidas seleccionada para ser utilizada en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández

Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores:

1. Correspondencia entre los objetivos de la investigación y medidas de la recuperación agroindustrial.
2. Materiales utilizados para realizar la investigación.
3. Calidad de las Masas Cocidas que se producen en la empresa.
4. Pertinencia de los cálculos realizados.

A continuación, en la tabla 3.5 se exponen los resultados de la evaluación realizada por criterio de especialistas.

**Tabla 3.5.** Resultados de la evaluación de los indicadores.

Indicadores a evaluar	Resultados de la evaluación			Total
	Adecuado	Poco Adecuado	No Adecuado	
1. Correspondencia entre los	13	1	0	14

objetivos de la investigación y medidas de la recuperación agroindustrial.				
2. Materiales utilizados para realizar la investigación.	14	0	0	14
3. Calidad de las Masas Cocidas que se producen en la empresa.	12	2	0	14
4. Pertinencia de los cálculos realizados.	13	1	0	14
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Fuente:** Elaboración propia, (2024)

### **Criterios de medidas**

#### **Evaluación por indicador**

**Adecuado:** Cuando más de 12 de los especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**Poco Adecuado:** Cuando de 7 a 12 especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**No Adecuado:** Cuando menos de 7 especialistas evalúan el indicador de Adecuado

#### **Evaluación general de la estrategia diseñada**

**Adecuado:** Cuando más del 90% de los especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**Poco Adecuado:** Cuando del 70% al 89% especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**No Adecuado:** Cuando menos de 70% especialistas evalúan el indicador de Adecuado

Los especialistas evalúan de Adecuada la estrategia diseñada al ser evaluados de esa forma por el 93% de éstos.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Actualmente en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández, se produce el azúcar con el esquema de dos Masas Cocidas de más fácil operación, pero según los cálculos realizados en la investigación el más eficiente es el de tres.

A partir del uso eficiente de las Masas Cocidas se incrementa la calidad del azúcar, así como el de sus derivados, lo que incide en los costos de producción.

En correspondencia con la evaluación otorgado a los indicadores seleccionados los especialistas que participaron en la investigación consideraron que el uso de las Masas Cocidas en la empresa es de Bien, si de tiene en cuenta las dificultades económicas, mala calidad de la materia prima y materiales por la que atraviesa la entidad

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer estudio de factibilidad para que se analice la posibilidad de introducir en el proceso de fabricación de azúcar el esquema de tres Masas Cocidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZCUBA, (2023). Manual de Fabricación de Azúcar Crudo. Ciudad de la Habana, Cuba.

ANDRES MAMANI CHINO, (2017) “ESTUDIO DEL SISTEMA DE COCCIÓN Y CRISTALIZACIÓN DE MASAS COCIDAS PARA LA OBTENCIÓN DE AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA SAN BUENAVENTURA – EASBA” Trabajo dirigido para optar el Título de Licenciatura en Química Industrial POR: ANDRES MAMANI CHINO TUTOR: LIC. OSVALDO VALENZUELA MENDEZ LA PAZ – BOLIVIA 2017)

Aguilar Miranda, I., F., (2013). Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Electrónica. Sistema de control automático y monitoreo del piso de tachos. Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura. Cartago, junio de 2013)

Cardona M. (2009). Seguimiento de las variables fisicoquímicas del clarificador y verificación de la eficiencia del tacho continuo fletcher smith para la optimización de la elaboración de azúcar en el ingenio Risaralda. Universidad tecnológica de Pereira. Escuela de tecnología química. Pereira.

Díaz Canel – Bermúdez, M., M., (2022). Tácticas y estrategias para la zafra 2022-2023 y las que están por venir. La Habana, Cuba.

Sotolongo Contino, Y., (2024). Etapa de purificación en el proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Jesús Sablón Moreno. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba.

PÁEZ, C.A. Determinación de las condiciones óptimas para la producción de azúcar turbinada en los parámetros color y tamaño del grano en la empresa Ingenio Risaralda S.A. Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.



Pérez, Héctor. (2009). El análisis de procesos y el empleo adecuado de la energía en la producción de azúcar crudo y electricidad en ingenios cubanos. Editorial Universitaria, Ciudad de La Habana, Cuba.

Rein, P., (2012). Ingeniería de la caña de azúcar. Berlín, Alemania.

Rodríguez Gonzáles, M., (2015). Guía metodológica para la elaboración de trabajos investigativos y de tesis. Uniss, Sancti Espíritus. Cuba.

Roxana Valdés González, R., (2021). Metodología para el control de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”. Trabajo de diploma. Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos” Facultad de Ciencias Técnicas Departamento de Química. Cuba

**Anexo No.1. Protocolo del diagnóstico aplicado a las áreas de fabricación de azúcar crudo en donde se utilizan las masas cocidas.**

**Objetivo:** Conocer la situación técnica de la maquinaria y equipos de medición durante los procesos de producción de azúcar crudo.

**Contenido:**

1. Descripción del estado técnico en que se encuentra la maquinaria y equipos de medir que intervienen en la elaboración de las masas cocidas.
2. Calidad de la materia prima utilizada para la elaboración de las masas cocidas.
3. Cumplimiento de condiciones higiénico – sanitarias en espacios en donde se elaboran las masas cocidas que intervienen en la producción de azúcar crudo.

## **Anexo No. 2. Protocolo de la aplicación de la Medición científica.**

**Objetivo:** Conocer los indicadores medibles de las masas cocinas utilizadas en el proceso de producción de caña de azúcar.

### **Contenido:**

Resultados de las mediciones del contenido de:

1. Brix
2. Pol
3. Pureza
4. pH
5. Caída de pureza masa -miel

Fecha:

	% Bx	% Pol	%Pza	pH	Caída de pureza masa-miel
MCA					
Miel A					
MCB					
Miel B					

### **Anexo No.3. Protocolo de la Observación científica.**

**Objetivo:** Conocer el estado de las masas cocidas antes de iniciar el proceso de producción de azúcar crudo.

**Tipo de observación:** Participativa

**Cantidad de observadores:** 6

**Periodo observación:** Enero – diciembre de 2023

**Frecuencia de las observaciones:** 2 semanal

**Cantidad de observaciones:** 52

#### **Aspectos a observar:**

1. Calidad de las masas cocidas.
2. Estado del color de las masas cocidas.
3. Comportamiento del seguimiento a las masas cocidas.
4. Condiciones creadas para la elaboración de las masas cocidas.

La tabla N°. 3.1 muestra la forma en que se ubican los indicadores que se observaran y tipo de evaluación.

Indicadores a observar	Cantidad de evaluadores que participan en la observación			Total
	Bien	Regular	Mal	
1. Calidad de las masas cocidas				
2. Estado del color de las masas cocidas.				
3. Comportamiento del seguimiento a				

las masas cocidas.				
4. Condiciones creadas para la elaboración de las masas cocidas				
<b>Total</b>				

### **Criterios de medidas**

#### **Evaluación por indicador**

**Bien:** Cuando más del 85% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Regular:** Cuando del 70% al 85% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Mal:** Cuando menos del 70% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

#### **Evaluación general**

**Bien:** Cuando más del 85% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Regular:** Cuando del 60% al 85% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

**Mal:** Cuando menos del 60% de las observaciones evalúan el indicador de Bien.

#### **Anexo No. 4. Protocolo de la entrevista al jefe de fabricación.**

**Objetivo:** Conocer su opinión sobre las masas cocidas utilizadas en el proceso de producción de azúcar crudo.

##### **Cuestionario**

1. Considera Usted que existen las condiciones óptimas para la elaboración de las masas cocidas.
2. Cómo evalúa Usted la calidad de las asas cocidas?
3. Considera Usted que la materia prima utilizada para la elaboración de las masas cocidas son las indicadas para garantizar la calidad?
4. Qué evaluación merece la calidad del azúcar crudo que se produce con el uso de las masas cocidas elaboradas en la empresa?

Muchas gracias

**Anexo No. 5. Protocolo para la evaluación por criterio de especialista de la pertinencia del uso de la variable más eficiente de masas cocidas seleccionada para ser utilizada en la producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández**

Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores:

1. Correspondencia entre los objetivos de la investigación y medidas de la recuperación agroindustrial.
2. Materiales utilizados para realizar la investigación.
3. Calidad de las Masas Cocidas que se producen en la empresa.
4. Pertinencia de los cálculos realizados.

A continuación, en la tabla 3.5 se exponen los resultados de la evaluación realizada por criterio de especialistas.

**Tabla 3.5.** Resultados de la evaluación de los indicadores.

Indicadores a evaluar	Resultados de la evaluación			Total
	Adecuado	Poco Adecuado	No Adecuado	
1. Correspondencia entre los objetivos de la investigación y medidas de la recuperación agroindustrial.				
2. Materiales utilizados para realizar la investigación.				
3. Calidad de las Masas Cocidas que se producen en la empresa.				
4. Pertinencia de los cálculos realizados.				
<b>Total</b>				

**Fuente:** Elaboración propia, (2024)

### **Criterios de medidas**

#### **Evaluación por indicador**

**Adecuado:** Cuando más de 12 de los especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**Poco Adecuado:** Cuando de 7 a 12 especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**No Adecuado:** Cuando menos de 7 especialistas evalúan el indicador de Adecuado

#### **Evaluación general de la estrategia diseñada**

**Adecuado:** Cuando más del 90% de los especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**Poco Adecuado:** Cuando del 70% al 89% especialistas evalúan el indicador de Adecuado

**No Adecuado:** Cuando menos de 70% especialistas evalúan el indicador de Adecuado

Los especialistas evalúan de Adecuada la estrategia diseñada al ser evaluados de esa forma por el 93% de éstos.



### Anexo No. 3. Imagen de las áreas de producción







