

**MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE PANELA PARA MEJORAR LA SEDIMENTACIÓN EN
EL TRAPICHE BIOBANDO S.A.S.**



**Universidad
Tecnológica
de Pereira**

**ELABORADO POR:
ERIKA LORANS SANCHEZ OCAMPO**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

PEREIRA, RISARALDA

2022

**MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE PANELA PARA MEJORAR LA SEDIMENTACIÓN EN
EL TRAPICHE BIOBANDO S.A.S.**

**ELABORADO POR:
ERIKA LORANS SANCHEZ OCAMPO**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE MAGISTER EN SISTEMAS ÍNTEGRADOS DE
GESTIÓN DE LA CALIDAD**

**DIRECTOR:
PhD. WILSON ARENAS VALENCIA**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

PEREIRA, RISARALDA

2022

AGRADECIMIENTOS

Gracias le doy en primer lugar a Dios por permitirme alcanzar este logro que con esfuerzo y dedicación pude alcanzar, por brindarme salud, fortaleza y ser mi guía en cada etapa de mi vida. A mi familia por siempre estar motivándome a avanzar, brindándome un amor sincero y apoyo incondicional, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y como estudiante, por estar tan pendiente de mí, siempre me han brindado su mano protectora y su voz de aliento y respaldo. Al profesor Wilson Arenas por su dedicación y compromiso con el proyecto, por su acertada orientación, el soporte y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado. Al Trapiche Biobando S.A.S por apoyarme en la realización de este proyecto y por brindarme una oportunidad de aprendizaje en todos estos años de labor y a la Universidad Tecnológica de Pereira, por permitirme formarme y en ella, a todos los docentes que participaron en mi proceso de formación como estudiante, gracias por el acompañamiento brindado en este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1. PRELIMINARES	7
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO.....	7
1.2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	7
2. RESUMEN	8
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.2. FORMULACIÓN.....	11
3.3. SISTEMATIZACIÓN	11
4. OBJETIVOS	12
4.1. OBJETIVO GENERAL	12
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4.3. CUADRO DE CONGRUENCIAS.....	13
5. JUSTIFICACIÓN	14
6. MARCO DE REFERENCIA	16
6.1. MARCO DE TEÓRICO.....	16
6.2. MARCO CONTEXTUAL.....	24
6.3. MARCO ESPACIAL	29
6.4. MARCO TEMPORAL.....	29
7. ASPECTOS METODOLÓGICOS	30
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
7.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	31
7.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	32
7.4. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	33
7.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	34
8. EVALUACIÓN Y RESULTADOS.....	37
8.1. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
8.1.1. DESARROLLO DEL OBJETIVO “DESCRIBIR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE JUGOS Y MIELES E IDENTIFICAR LAS VARIABLES”	37

8.1.2.	DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS “MEDIR LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO Y CLASIFICAR CUALES SON LAS DE MAYOR RELEVANCIA” Y. “DISEÑAR UN MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO”.....	52
8.1.3.	DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS “ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE LOS DATOS EN CADA UNA DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO” Y “EVALUAR EL PROCESO CONFORME A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS”	75
8.1.4.	DESARROLLO DEL OBJETIVO “PRESENTAR UNA PROPUESTA DE MEJORA A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS”	85
8.1.5.	DESARROLLO DEL OBJETIVO “VALIDAR EL MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO EN EL TRAPICHE BIOBANDO S.A.S”	88
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
10.	TRABAJOS FUTUROS	99
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	100

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CUADRO DE CONGRUENCIAS	13
TABLA 2. INVESTIGACIONES SOBRE MODELOS DE CONTROL ESTADÍSTICO, LEAN SIX SIGMA Y 5S	16
TABLA 3. DESARROLLO DEL OBJETIVO 1.....	37
TABLA 4. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS 2 Y 3	52
TABLA 5. LLUVIAS DE IDEAS.....	57
TABLA 6. RESULTADOS DEL DIAGRAMA DE PARETO.	57
TABLA 7. RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN EN CADA ÁREA DE TRABAJO.	61
TABLA 8. RECOPIACIÓN Y TABULACIÓN DE ANÁLISIS DEL PROCESO.....	63
TABLA 9. RESULTADO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LOS PROCESOS A EVALUAR	64
TABLA 10. DATOS OBTENIDOS DE JUGO CLARIFICADO	66
TABLA 11. DATOS OBTENIDOS DE MELADURA CRUDA	68
TABLA 12. DATOS OBTENIDOS DE MELADURA CLARIFICADA.	71
TABLA 13. DATOS OBTENIDOS DEL TACHO O MIEL FINAL.	73
TABLA 14. DESARROLLO DE LOS OBJETIVO 4 Y 5.....	75
TABLA 15. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS PROMEDIO DE JUGO CLARIFICADO	76
TABLA 16. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS PROMEDIO DE MELADURA CRUDA.....	78
TABLA 17. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS PROMEDIO DE MELADURA CLARIFICADA	80
TABLA 18. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS PROMEDIO DEL TACHO	82
TABLA 19. DESARROLLO DEL OBJETIVO 6.....	85
TABLA 20. DESARROLLO DEL OBJETIVO 7.....	88
TABLA 21. RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE MIEL Y PANELA EN LOS MESES DE MEJORA DE LEAN SIX SIGMA Y 5S.	89
TABLA 22. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN EL TRAPICHE VS EN UN LABORATORIO EXTERNO	91
TABLA 23. RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA.	94

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. FLUJOGRAMA DE PROCESO DEL TRAPICHE BIOBANDO	38
ILUSTRACIÓN 2 EQUIPOS Y MATERIALES DEL TRAPICHE BIOBANDO EN CADA ÁREA ...	39
ILUSTRACIÓN 3. EQUIPO DE DESCARGUE Y ALIMENTACIÓN.	41
ILUSTRACIÓN 4. EQUIPO PREPARACIÓN DE CAÑA.	41
ILUSTRACIÓN 5. EXTRACCIÓN DE JUGO	43
ILUSTRACIÓN 6. ÁREA DE FABRICACIÓN DE PANELA	48
ILUSTRACIÓN 7. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS	50
ILUSTRACIÓN 8. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS	51
ILUSTRACIÓN 9. DIAGRAMA CAUSAL.....	55

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	28
GRAFICA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	53
GRAFICA 3. DIAGRAMA DE PARETO.....	58
GRAFICA 4. RESULTADO DE LA OBSERVACIÓN DE LAS ÁREAS DE MOLINOS, ELABORACIÓN Y PANELERÍA.	62
GRAFICA 5. RESULTADO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LOS PROCESOS A EVALUAR.....	64
GRÁFICA 6. DIAGRAMA DEL MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	65
GRAFICA 7. TURBIEDAD DEL JUGO CLARIFICADO CON SUS RESPECTIVOS LÍMITES.	67
GRAFICA 8. TURBIEDAD DE LA MELADURA CRUDA CON SUS RESPECTIVOS LÍMITES. ..	69
GRAFICA 9. TURBIEDAD DE LA MELADURA CLARIFICADA CON SUS RESPECTIVOS LÍMITES.....	72
GRAFICA 10. TURBIEDAD DEL TACHO CON SUS RESPECTIVOS LÍMITES.	74
GRAFICA 11. GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL DE JUGO CLARIFICADO.....	77
GRAFICA 12. HISTOGRAMA DE JUGO CLARIFICADO.....	77
GRAFICA 13. GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL DE MELADURA CRUDA.....	79
GRAFICA 14. HISTOGRAMA DE MELADURA CRUDA.	79
GRAFICA 15. GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL DE MELADURA CLARIFICADA.	81
GRAFICA 16. HISTOGRAMA DE MELADURA CLARIFICADA	81
GRAFICA 17. GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL DEL TACHO	83
GRAFICA 18. HISTOGRAMA DEL TACHO.....	83
GRAFICA 19. GRAFICA DE RESULTADOS DE MIELES Y PANELA REFLEJADOS EN EL PROCESO.....	89

1.0 PRELIMINARES

1.1.TÍTULO DEL PROYECTO

Diseñar un modelo de control estadístico en el proceso de fabricación de panela para mejorar la sedimentación en el Trapiche Biobando S.A.S.

1.2.ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Área de Producción, Estadística, Lean Six Sigma.

2.0 RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar un modelo de control estadístico en el proceso de fabricación de panela para mejorar la sedimentación en el Trapiche Biobando S.A.S, mediante la utilización de herramientas estadísticas, para tal fin se analizó los procesos de la fábrica antes, durante y después de la implementación de mejoras respectivas en planta.

Para el estudio se realizó la implementación de Lean Six Sigma, 5s y finalmente se diseñó un modelo de control estadístico del proceso de fabricación de jugos y meladuras; se tuvo en cuenta el impacto que provocaría el proyecto durante su ejecución, los cuales fueron: impacto regional, cobertura con calidad e investigación.

Con las hipótesis establecidas se procedió a aplicar herramientas estadísticas tales como análisis de moliendas semanales, graficas de control de proceso, análisis de capacidad de proceso y análisis de normalidad que permitieron validar si se realizaba las operaciones de cada área de una manera efectiva, además si estos procesos tenían efectos directos e indirectos que perjudicaran los parámetros finales de calidad de la panela.

A partir de los resultados obtenidos se realizó el análisis e interpretación de los datos, encontrando que aunque los procesos eran estables no eran lo suficientemente productivos además tenían muchas fallas puesto que carecían de: transferencia del conocimiento, calidad de los procesos de producción, poca capacitación y producción bajo rangos específicos, además se trazó un modelo de mejoras de proceso que contenía relaciones causa-efecto significativas gracias a la aplicación de adecuaciones estructurales.

Finalmente se presentan las recomendaciones correspondientes, destacándose la importancia de la aplicación de herramientas estadísticas para mejorar el seguimiento, medición y adecuación de los procesos del Trapiche Biobando S.A.S, así como la posibilidad de aplicación de otros modelos de control estadísticos de procesos en otras áreas de la empresa o en otros trapiches.

3.0 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La panela, denominada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como azúcar no centrifugado, es un alimento típico de Brasil, Perú, México, Centro América, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Bolivia, cuyo único ingrediente es el jugo de la caña de azúcar, también es producida en cerca de treinta países en el mundo (Brasil, Costa Rica, Guatemala, México, Venezuela, India, Pakistán, etc.). Colombia es el segundo productor mundial después de la India, con un volumen que representa más del 9% de la producción mundial registrada por la FAO¹.

La producción de panela es una de las principales actividades agrícolas de la economía nacional, entre otras razones por su participación significativa en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, un alto porcentaje de las actividades de producción de panela se realizan dentro de un esquema de economía campesina en unidades de pequeña escala, con alta utilización de mano de obra y bajo nivel tecnológico. Primer consumidor, los colombianos consumen unos 32 kilos por habitante y año; la panela supone el 2,18 por ciento del gasto en alimento; fuente alimenticia natural, nutritiva y de alta capacidad calorífica; complemento básico del contenido nutricional requerido en la dieta de la población nacional².

En contraste a la industria azucarera, la producción de panela es una de las agroindustrias rurales con un alto porcentaje de actividad en pequeñas explotaciones campesinas, mediante procesos artesanales en los que prevalece la evidente falla de infraestructura, máquinas, equipos de medición, tecnología y con ello ausencia en la metodología y estandarización del proceso productivo de la panela, lo cual tiende a generar alimentos de baja confiabilidad, sin parámetros organolépticos, mínimos estándares de calidad e inocuidad alimentaria y afectaciones en la calidad final del producto, entre otros³.

Para producir panela, se requiere en primera instancia del jugo obtenido de la caña de azúcar madura, con alto contenido de sacarosa libre de sustancias extrañas, posteriormente el jugo se calienta a altas temperaturas, donde su consistencia se torna en forma de meladura bastante densa de un color más oscuro, en seguida se bate hasta obtener el punto, en caso de que se requiera forma, se pasa a los moldes según la referencia deseada, si por otro lado lo que se desea producir es granulada, el proceso se lleva a cabo de la misma forma, con la diferencia de que la temperatura del punto será más alta y se agrega bicarbonato de calcio⁴.

¹ FAO, Producción de Panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina, AGSF (Servicio de Gestión, Comercialización y Finanzas Agrícolas), Roma, 2004. Consultado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf

² Guillermo Osorio Cadavid, Buenas prácticas agrícolas [BPA] y buenas prácticas de manufactura [BPM] en la producción de caña y panela, Consultado de: <http://www.fao.org/3/a1525s/a1525s00.htm>

³ Freddy Hernán Barco Jiménez, Evaluación de pérdidas indeterminadas de sacarosa por inversión en el proceso de clarificación en el ingenio castilla industrial (2006) Consultado de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/7556/1/T05561.pdf>

⁴ Karina Fiestas Farfán, Isabel Santos Vega, Sheyla Banda Guerrero, Wendy Valdiviezo Morales, Katheryn Arellano Sánchez, Diseño de una línea de producción de panela granulada, Piura (2015), Consultado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2344/4.PYT%20%20%20%20Informe_Fina%20%20Panela.pdf?sequence=1

Estos procesos son desarrollados en el trapiche Biobando S.A.S organización productora de panela, comercializadora a nivel nacional y de exportación, fabrica diversas referencias de panelas; Piloncillo, Redonda Kiler, Redonda Cuartera, Fraccionada Tejo X4, Tejo X8, Cuadro Kilo, Cuadro Libra, Moldeada, requeridas por sus clientes de tipo exportación, lo que exige mantener altos estándares de calidad e inocuidad; en busca de posicionarse en el mercado nacional e internacional como una de las mejores marcas y con el objetivo de lograr esta pretensión, el área de calidad específicamente, se ha propuesto investigar los parámetros en las variables de jugos y meladuras que permitan estandarización, control y mejora del proceso final de la panela, garantizando que las condiciones de la panela estén aptas para el consumo humano, en el año 2021.

En tal razón se hace evidente la necesidad de realizar un trabajo de investigación en busca de pruebas con sustentos técnicos justificados basados en datos y modelos estadísticos válidos como métodos para establecer soluciones que contribuyan al mejoramiento del proceso operacional de la fábrica, la selección de variables que controlan el comportamiento, parámetros requeridos en los procesos e incluso recomendaciones de manejo y modelos matemáticos de estandarización, se establece la necesidad de realizar un mejoramiento en los diferentes procesos el cual determine las fallas que hay y cuál es la más relevante, mejorando la calidad final de la panela en el Trapiche⁵.

Así, la presente investigación permitiría mostrar los cambios que se reflejan en el producto final con respecto al parámetro sedimentos y como estos fluctúan con el cambio de turbiedades observadas durante su proceso, lo que permitirá profundizar los conocimientos teóricos sobre la relación de el parámetro turbiedad en jugos y meladuras con respecto al sedimento final de la panela, además la tabulación de la información recolectada en el proyecto ofrece una mirada integral sobre el proceso en general, de cómo llegar a cumplir y satisfacer las necesidades del cliente, mejorando sus expectativas, ayudando que la empresa tenga una mayor sostenibilidad y sustentabilidad, destacando la marca El Provenir producida por el Trapiche Biobando S.A.S, como una panela de altos estándares de calidad e inocuidad. Se realiza una propuesta para el mejoramiento de la planta que permita:

- ✓ Facilitar el análisis, medir el impacto y desarrollar resultados positivos para la producción teniendo en cuenta la toma de decisiones.
- ✓ Medir las causas problema para mejorar las actividades de planeación y ejecución de los procesos de fabricación de la panela.
- ✓ Mejorar el seguimiento y gestión de la estrategia del Trapiche.

⁵ Trapiche panelero gualanday, Ministerio de agricultura, Estudio del mercado de la panela en Colombia y el mundo. Colombia (2017), Consultado de:
http://www.trapichepanelerogualanday.com/ESTUDIO_DEL_MERCADO_DE_LA_PANELA_EN_COLOMBIA_Y_EN_EL_MUNDO.pdf

3.2 FORMULACIÓN

¿Cuáles son los parámetros requeridos en las variables del proceso para un modelo de control estadístico de panela que contribuya al control y mejora de la calidad final en el Trapiche Biobando S.A.S ubicado en el norte del Valle del Cauca, para obtención de panela con mínimos sedimentos?

3.3 SISTEMATIZACIÓN

- ✓ ¿Cuáles son los principales factores del proceso de molienda que afectan directamente la calidad de la panela, teniendo en cuenta el control de los análisis fisicoquímicos del laboratorio?
- ✓ ¿Qué datos influyen en las variables del proceso de elaboración de la panela que generen incremento de sedimentación o disminuyen la calidad final de la panela que se puedan controlar para tener una panela con mínimos sedimentos?
- ✓ ¿Cómo se pueden aplicar modelos estadísticos idóneos para el estudio?
- ✓ ¿Cómo se puede controlar y obtener mínimos sedimentos en la panela, teniendo en cuenta que para el proceso de clarificación se adicionan compuestos como la cal que los genera?
- ✓ ¿Qué estrategias o mejoras se pueden extraer del estudio realizado?
- ✓ ¿Cómo se puede controlar los parámetros mediante los análisis del laboratorio para mejorar la calidad de la panela?

4.0 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de Control estadístico, que permita mejorar la calidad final de la panela, garantizando altos estándares de inocuidad y calidad en El Trapiche Biobando S.A.S ubicado en el norte del Valle del Cauca en el año 2022.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir el proceso de producción de jugos y mieles e identificar las variables.
- ✓ Medir las variables que intervienen en el proceso y clasificar cuales son las de mayor relevancia.
- ✓ Diseñar un modelo de control estadístico del proceso.
- ✓ Analizar estadísticamente los datos en cada una de las variables que influyen en el proceso.
- ✓ Evaluar el proceso conforme a los resultados de los análisis estadísticos obtenidos.
- ✓ Presentar una propuesta de mejora a partir de los resultados obtenidos.
- ✓ Validar el modelo de control estadístico de las variables del proceso en el Trapiche Biobando S.A.S.

4.3 CUADRO DE CONGRUENCIAS

Tabla 1. Cuadro de congruencias

Cuadro de relación entre objetivos y las preguntas de investigación		
OBJETIVO GENERAL: Diseñar un modelo estadístico, que permita control y mejora de la calidad final de la panela, garantizando altos estándares de inocuidad y calidad en El Trapiche Biobando S.A.S ubicado en el norte del Valle del Cauca en el año 2022.		
Objetivos específicos	Preguntas de investigación	Método para lograr la consecución del objetivo
Describir el proceso de producción de jugos y mieles e identificar las variables.	¿Cuáles son los principales factores del proceso de molienda que afectan directamente la calidad de la panela, teniendo en cuenta el control de los análisis fisicoquímicos del laboratorio?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar el proceso de molienda, elaboración y panelería. ✓ Identificar las variables de cada departamento de la fábrica. ✓ Identificar que variables tienen relación con los sedimentos
Medir las variables del proceso que intervienen en el proceso. Diseñar un modelo de control estadístico.	¿Qué datos influyen en las variables del proceso de elaboración de la panela que generen incremento de sedimentación o disminuyen la calidad final de la panela que se puedan controlar para tener una panela con mínimos sedimentos?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar análisis fisicoquímicos de jugos, mieles y panela: pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Azúcares Reductores, Turbiedad, sedimentos y fosfatos. ✓ Clasificar los datos importantes en Excel que se correlacionen con la sedimentación en panela.
Analizar estadísticamente los datos en cada una de las variables que influyen en el proceso.	¿Cómo se pueden aplicar modelos estadísticos idóneos para el estudio?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizar las variables del estudio dadas por los análisis fisicoquímicos del laboratorio mediante la aplicación de técnicas o modelos estadísticos.
Evaluar el proceso conforme a los resultados de los análisis estadísticos obtenidos.	¿Cómo se puede controlar y obtener mínimos sedimentos en la panela, teniendo en cuenta que para el proceso de clarificación se adicionan compuestos como la cal que los genera?	Detallar la metodología desarrollada para llegar a identificar la relación causa-efecto de las variables, teniendo en cuenta la metodología DMAIC y Lean Six Sigma, para mejorar el proceso teniendo en cuenta todos los procesos involucrados.
Presentar una propuesta de mejora a partir de los resultados obtenidos.	¿Qué estrategias o mejoras se pueden extraer del estudio realizado?	Presentar en un plan de acción con recomendaciones según los resultados obtenidos para mejorar la efectividad y eficacia del proceso.
Validar el modelo de control estadístico de las variables del proceso en el Trapiche Biobando S.A.S.	¿Cómo se puede controlar los parámetros mediante los análisis del laboratorio para mejorar la calidad de la panela?	Establecer rangos de control de cada variable, informando a cada jefe de operaciones, además de seguir las instrucciones del laboratorio para mejorar la sedimentación en panela.

Fuente: Construcción propia.

5.0 JUSTIFICACIÓN

La panela se ha caracterizado por ser un alimento rico, natural y con un contenido altamente nutricional, además de ser una de las bebidas preferidas por las familias colombianas y en especial para los niños en edades de 1 a 6 años; Colombia se encuentra como uno de primeros consumidores de panela, a nivel mundial, se consumen unos 32 kilos por habitante y año. Ser productor de panela en Colombia requiere de mucha tenacidad, debido a que en la actualidad ha ido aumentando de forma rápida, la competencia en cuanto a: fabricación, comercialización y posicionamiento en el mercado, razón significativa por la cual las organizaciones deben implementar estrategias que generen un valor agregado a sus productos, logren ser atractivos y competitivos a los ojos del consumidor y generan incrementos en las ventas.

Los principales clientes de panela se enfocan en adquirir una panela limpia, que no genere restos visibles, debido a que son asociados con procesos de bajos estándares de inocuidad alimentaria. Por lo anterior es importante resaltar la viabilidad e importancia de la presente investigación la cual se enfocará en mejorar la calidad de la panela en el municipio de Obando, más específicamente en el Trapiche Biobando S.A.S. La presente investigación pretendió contribuir a la mejora de la imagen corporativa, proyección empresarial y reconocimiento regional y nacional; todo esto sumado a que un alto porcentaje de los consumidores de panela eligen marcas confiables, que garanticen calidad e inocuidad. En tal sentido el producto debe garantizar altos estándares de calidad que permitan brindar confiabilidad al consumidor.

La caña de azúcar es un elemento esencial en la producción de la panela, debido a que en el proceso influyen tantas variables, se requiere que la materia prima cumpla con una especificaciones técnicas en cuanto a variedades, edades, madurantes eficientes que garanticen, que del jugo se obtendrá panela de buena calidad; al ser un sector azucarero, la empresa por consiguiente aprovecha la oferta de caña que se está generando en la actualidad en el municipio y el aprovechamiento óptimo de las tierras fértiles, hacen que este proyecto se convierta en una alternativa de desarrollo social, económico y personal para la región.

Sin embargo, debido a los cambios de clima y a diferentes fenómenos de la naturaleza en la actualidad en Colombia, las cañas con las que se trabaja en dicha empresa han presentado niveles altos de contaminación (hojas, cogollo, chulquines) que se generan por cortes mecanizados no aptos, inexperiencia de los operarios de corte, malas prácticas de alce y transporte, que se resume en malas prácticas agrícolas (BPA) que ocasionan que los jugos generados tengan turbiedades excesivamente que en un alto porcentaje son difíciles de controlar; debido a que algunos equipos no se pueden operar en vigilancia continua por parte del operario a cargo, teniendo en cuenta el alto contenido de carga laboral sumada a esta labor que deben de realizar con otros equipos a lo largo de su turno de trabajo, por lo tanto durante el proceso se realiza cambios constantes que en algunas ocasiones logran ser efectivos y en otras no lo suficiente, obteniendo finalmente quejas de los consumidores locales.

Por otro lado la tecnología y la innovación ha permitido que la panela ya no sea un alimento empírico y artesanal sino por el contrario, ha llevado a que la panela presente su fabricación con altos estándares de eficiencia mediante equipos robusto que permiten que el proceso sea más controlado y que la mayoría de los parámetros sean medibles desde análisis fisicoquímicos y microbiológicos de un laboratorio interno, el cual permite medir con datos reales los análisis desde la materia prima hasta el producto final.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se recopilaron resultados de análisis fisicoquímicos y de calidad durante un periodo comprendido entre octubre del 2021 a febrero del 2022, se aplicaron análisis estadísticos, diagramas de Pareto, diagramas de dispersión, diagramas causa-efecto, diagrama de barras, análisis de correlación, y modelos estadísticos multivariados, además se aplicó la metodología DMAIC, mejoramiento de procesos con Lean Six Sigma. Con el fin de crear un buen manejo en el proceso, se realizó un modelo de control estadístico mediante Excel.

Con los resultados obtenidos se evaluaron los parámetros que afectan la calidad de la panela y se determino si se relacionan estadísticamente entre sí, cuáles son innecesarios para eliminar los desperdicios que no generan valor, llegar a conocer cuáles tienen impacto directo en el proceso de molienda, elaboración y fabricación final de la panela. De las actividades a realizar se espero que se pudieran tomar decisiones de carácter estratégico como resultado del entendimiento de la dinámica global del mejoramiento de la empresa, se genero panela de mejor calidad e inocuidad y que contribuyo con la sostenibilidad para beneficio de la empresa y sus partes interesadas, además de la población que se beneficia con esta.

6.0 MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO DE TEÓRICO

A continuación, se presenta el soporte conceptual utilizado para el planteamiento del presente proyecto y que presenta relevancia para el desarrollo de éste:

Tabla 2. Investigaciones sobre modelos de control estadístico, Lean Six Sigma y 5S.

ARTICULO: Diseño de experimentos (DOE): historia, conceptos y relevancia para la cultura "in vitro" ⁶	
AUTORES: Randall P. Niedz y Terence J. Evens	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>El diseño de experimentos (DOE) es un campo grande y bien desarrollado para comprender y mejorar el rendimiento de sistemas complejos. Debido a que los sistemas de cultivo in vitro son complejos y fácilmente manipulados en condiciones controladas, son particularmente adecuados para la aplicación de los principios y técnicas del DOE. El uso exitoso de tecnologías in vitro en aplicaciones hortícolas, fitosanitarias o genéticas normalmente implica mejorar algún aspecto de la respuesta de crecimiento de un sistema: organogénesis, embriogénesis somática, biosíntesis de metabolitos o respuestas necesarias para la mejora de los cultivos, como la manipulación, el rescate embrionario, la creación y manipulación de quimeras, la variación y el aislamiento mutante. Cómo y por qué el DOE es el enfoque de investigación adecuado para desarrollar y comprender la investigación de sistemas in vitro. La presentación es una narración del contexto histórico y la base geométrica del DOE para explicar los conceptos subyacentes. Los ejemplos ilustran el uso del DOE en la investigación de cultivos vegetales in vitro.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Da ideas para el diseño estadístico que queremos montar en nuestro proyecto, ya que acá claramente muestra un diseño de experimento en las producciones agrícolas.• Procesos de simulación, que se podrán obtener gracias a la implementación de estas técnicas y harán posible la reducción de la incertidumbre en la toma de decisiones estratégicas.

⁶ Niedz, R. P., & Evens, T. J. (2016). Diseño de experimentos (DOE): historia, conceptos y relevancia para el cultivo "in vitro". *Biología Celular y del Desarrollo In Vitro. Planta*, 52(6), 547–562.
<http://www.jstor.org/stable/26588846>

ARTICULO: Control estadístico de procesos mediante un esquema de muestreo dinámico ⁷	
AUTORES: Zhonghua Li y Peihua Qiu	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Este artículo considera el control estadístico de procesos (SPC) de procesos univariados e intenta hacer dos contribuciones al problema univariado del CCP. En primer lugar, proponemos un esquema de muestreo continuamente variable, basado en una medida cuantitativa de la probabilidad de un desplazamiento de distribución del proceso en cada punto de tiempo de observación, proporcionado por el valor p de la estadística de gráficos de suma acumulativa convencional (CUSUM). Para mayor comodidad del diseño y la implementación, el esquema de muestreo variable se describe mediante una función paramétrica en la familia de transformación flexible Box–Cox. En segundo lugar, el gráfico CUSUM resultante que utiliza el esquema de muestreo variable se combina con un procedimiento de estimación adaptativa para determinar su valor de referencia, para proteger eficazmente contra un rango de cambios desconocidos. Los estudios numéricos muestran que funciona bien en varios casos. Un ejemplo de datos real de un proceso químico ilustra la aplicación y la implementación de nuestro método propuesto. Este artículo tiene materiales complementarios en línea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el control estadístico de los procesos, en donde se pueda ver diseños estadísticos que ayuden a afianzar la metodología del trabajo, en donde describe el tipo de gráficos utilizados y el programa a tratar. • Bases para realizar un control estadístico en el proceso además de proponer esquemas de muestreo que ayudan a verificar variables problema durante todo el proceso.

ARTICULO: Estandarización de los procesos mediante la aplicación del modelo Toyota a la producción de panela “LA REINA” ⁸	
AUTORES: Laura Alejandra Serna Echeverri, Laura Andrea Arias Duque	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Está investigación estudia el sistema de producción del trapiche, en busca incrementar la producción y comercialización de panela en nuestro país, para apoyar la agroindustria colombiana, identificando los desperdicios relacionados con la producción, descubriendo sus cuellos de botella (trapiche y calderas), lo cual permitió proponer una serie de técnicas de Lean manufacturing como las 5S, SMED, TPM, SIX SIGMA y KANBAN en busca de mejorar la productividad y rentabilidad de la panela y obtener la mejor calidad, así poder identificar si la panela producida en este lugar es apta para el consumo humano pero también si cumple con las normas de calidad exigidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establece diferentes estrategias de mejoramiento entre ellas: implementar el Lean Manufacturing, Modelo Toyota, SMED (Cambio de Herramienta en un solo dígito de minuto- Single-Minute Exchange of Die), KANBAN, TPM (Mantenimiento Productivo Total), TPM (Mantenimiento Productivo Total) los cuales permiten complementar y analizar las que se pretenden adoptar en el proyecto

⁷ Li, Z., & Qiu, P. (2014). Control estadístico de procesos mediante un esquema de muestreo dinámico. *Tecnometría*, 56(3), 325–335.

<http://www.jstor.org/stable/24587243>

⁸ Serna Echeverri, Laura Alejandra; Arias Duque, Laura Andrea. (2014). Estandarización de los procesos mediante la aplicación del modelo Toyota a la producción de panela "La Reina". Retrieved December 21, 2020:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5009>

ARTICULO: Un modelo teórico integral del complejo proceso de gestión de la demanda estratégica ⁹	
AUTORES: Pamela S. Donovan e Ila Manuj	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Este artículo explica el complejo proceso de la gestión estratégica de la demanda mediante el desarrollo de un marco teórico integral que integra la investigación centrada en diversos aspectos de la gestión de la demanda, como las características del producto, las incertidumbres ambientales, las estrategias operativas, la integración entre los procesos de oferta y demanda y los resultados de desempeño. Se sintetizaron más de 100 trabajos académicos siguiendo un proceso estructurado de revisión de la literatura. Se presenta una definición holística de gestión de la demanda. Los conceptos y las relaciones de la gestión de la demanda se investigaron y organizaron en un modelo teórico integral. La orientación competitiva y el consenso estratégico surgieron como un constructo fundamental para comprender el proceso de gestión de la demanda. Se encontró que el consenso entre el medio ambiente, la orientación competitiva y las estrategias operativas que respaldan la gestión de la demanda conducirían a un desempeño superior. Se analizaron seis estrategias operativas (intercambio de información, integración, inventario, abastecimiento, fabricación y distribución) con respecto a las orientaciones competitivas. Este análisis puede ayudar a los gerentes a elegir la cartera y los objetivos correctos de las estrategias operativas para respaldar sus metas de gestión de la demanda. El marco integral de gestión de la demanda, las seis estrategias operativas y los objetivos de cada estrategia operativa y los vínculos con el desempeño proporcionan una rica base para realizar investigaciones empíricas en el futuro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brinda bases para aplicar las herramientas de six sigma, teniendo en cuenta que nos brinda una estrategia operativa para realizar investigaciones, además va orientada para mejorar las estrategias que se están utilizando en la empresa, por tal razón mejoraría el desempeño productivo en las diferentes áreas de la empresa mejorando el rendimiento potencialmente. • Ayuda al desempeño y a mejorar los objetivos de cada estrategia operativa, ayudando a la demanda de producción.

ARTICULO: Evaluación de cultivares de caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>) para producción de panela en el departamento de Boyacá, Colombia ¹⁰	
AUTORES: Barona-Rodríguez, A.F.; Insuasty-Burbano, O.I.; Viveros-Valens, C.A.; Ángel-Sánchez, J.C.; Ramírez-Durán, J.: cultivares caña de azúcar	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Con la finalidad de estimar los rendimientos de caña y de panela por hectárea, se evaluaron, a nivel experimental, los cultivares CC 01-1940, CC 99-2282, CC 05-940, CC 03-469, CC 06-791, en el municipio de Moniquirá, Boyacá. Posteriormente, se realizaron pruebas comerciales de molienda, con el mejor cultivar en Moniquirá y en San José de Pare, Boyacá, junto a los testigos de cada zona Caña Buena y RD 75-11, respectivamente. Experimentalmente, se destacó el cultivar CC 01-1940, con una producción de 183,3t/ha de caña (TCH), 24,2 toneladas de panela por hectárea (TPH), así como una conversión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un documento que se puede utilizar como apoyo desde la parte de Prueba experimental, en el cual describen los resultados y método utilizado, también en la caracterización de parámetros de calidad en panela, caracterización fisicoquímica de jugos y panela. Para obtener una panela de altos estándares de calidad.

⁹ Donovan, P. S., & Manuj, I. (2015). Un modelo teórico integral del complejo proceso estratégico de gestión de la demanda. *Diario de transporte*, 54(2), 213–239.
<https://doi.org/10.5325/transportationj.54.2.0213>

¹⁰ Barona-Rodríguez, A., Insuasty-Burbano, O., Viveros-Valens, C., Ángel-Sánchez, J., & Ramírez-Durán, J. (2020). Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para producción de panela en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1298>

ARTICULO: Método de estrategia de fabricación de calzado subcontratado orientado a la fabricación ágil ¹¹	
AUTORES: Diego Augusto de Jesus Pacheco, Cleiton Eduardo dos Reis and Carlos Fernando Jung	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Este estudio tiene como objetivo proponer y aplicar un método de estrategia de fabricación para una empresa tercera del sector del calzado, basado en los principios de Agile Manufacturing. En cuanto a los procedimientos, se trata de una investigación bibliográfica, basada en Design Science Research, que propone un nuevo artefacto basado en la revisión de la literatura y que comienza a aplicarse desde el estudio de caso. Se utilizaron cuestionarios como técnica de recolección de datos y se aplicó el análisis de contenido como técnica para analizar la información. La investigación propone un método de aplicación personalizado para la empresa en estudio, que tiene como objetivo seguir un proceso lógico de mejora continua. El método considera los objetivos estratégicos abordados por Agile Manufacturing e incluye herramientas para la mejora continua. Como resultado, durante el período analizado, hubo una reducción del 52% en el índice de retrabajo, 74% en el tiempo de preparación y 41% en el tiempo de entrega. También hubo ganancias en eficiencia, productividad y puntualidad. El estudio en sí aporta un método único en teoría, que puede ser utilizado por otras empresas, lo que contribuye a lograr un entorno ágil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explica la herramienta de lean manufacturing desde otros puntos de vista, en otra empresa diferente y como desarrollarlo, en donde se podría aplicar una metodología similar al trabajo propuesto, mejorando los parámetros que se desean controlar y ayudando al desarrollo de otros puntos como lo son la productividad y el alto rendimiento. • Ayuda a la mejora continua de la empresa enfocándose en los puntos clave para el análisis de información.

ARTICULO: Implementación de Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas manufactureras en los Países Bajos ¹²	
AUTORES: W Timans, J Antony, K Ahaus y R van Solingen	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>En este trabajo proporcionamos una exploración y análisis de la implementación de Lean Six Sigma (LSS) en pequeñas y medianas empresas holandesas de fabricación/ingeniería (PYME). Se identifican y analizan los factores críticos de éxito (CSF) y los factores de obstaculización. De un estudio sobre las PYME holandesas se recogieron pruebas empíricas exploratorias sobre la aplicación de LSS en las PYME holandesas. Se aplicaron pruebas estadísticas para validar la clasificación de los CSF. Para profundizar en la información sobre cómo las organizaciones traducen los CSF en la práctica y hacer frente a los factores que obstaculizan, se recopiló información cualitativa en profundidad adicional a partir de seis estudios de caso. La vinculación con la declaración del cliente, la visión y el plan, la participación y la participación en la comunicación y la gestión son los CSF mejor clasificados. Los estudios de caso confirmaron la importancia de los CSF y revelaron tres nuevos CSF: experiencia personal LSS de alta dirección, desarrollo de las habilidades blandas del líder del proyecto y enfoque de la cadena de suministro. Las PYME de los Países Bajos no establecen una separación distinta entre la fabricación ajustada y Six Sigma, sino que aplican ambos enfoques entrelazados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma como ayuda para la implementación de lean six sigma, ya que brinda bases para desarrollarlo en medianas empresas, ya que la empresa que se está desarrollando esta investigación es considerada mediana en el mercado, por tal razón nos brinda aspectos para mejorar y como aplicar herramientas para fabricar productos de excelente calidad y mejorar el rendimiento que se presenta en la empresa teniendo en cuenta la cadena de suministro

¹¹ De Jesús Pacheco, D. A., dos Reis, C. E., & Jung, C. F. (2020). Método de estrategia de manufactura para tercerizadas calzadistas orientado a Agile Manufacturing. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 30(75), 99–118.

<https://www.jstor.org/stable/26863972>

¹² Timans, W., Antony, J., Ahaus, K., & van Solingen, R. (2012). Implementación de Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas manufactureras de los Países Bajos. *The Journal of the Operational Research Society*, 63(3), 339–353.

<http://www.jstor.org/stable/41353935>

ARTICULO: Ocurrencia de acrilamida y otros compuestos inducidos por calor en panela: Relación con parámetros fisicoquímicos y antioxidantes ¹³	
AUTORES: Faver Gómez Narváez, Marta Mesías, Cristina Delgado Andrade, José Contreras Calderón.	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Panela es un azúcar natural no centrífugo sin refinar obtenido por la deshidratación intensa del jugo de caña de azúcar. La acrilamida, la hidroximetilfurfural (HMF) y la furfural se determinaron en 40 muestras de panela distribuidas en granulación y bloqueo según el proceso tecnológico. También se evaluó el color, el jado, la humedad, la actividad del agua, el pH y la capacidad antioxidante. La acrilamida se extendió entre 60 y 3058 g/kg; panela granulada que reporta la concentración más alta (812 g/kg) en comparación con los paneles de bloque (540 g/kg). El menor contenido en HMF y furfural, la deshidratación intensa y el oscurecimiento extenso de paneles granulados sugirieron que las reacciones de dorado se impulsaron debido a la aplicación de tratamientos térmicos más graves. El análisis de componentes principales mostró una relación significativa entre la presentación del panel y la concentración de los compuestos analizados. Los valores de referencia teniendo en cuenta ambos tipos de procesos ayudarían a establecer iniciativas de mitigación en los productos de panela. El parámetro cromático a* podría utilizarse como índice indirecto del contenido de acrilamida en panela.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la composición de la panela, teniendo en cuenta los análisis fisicoquímicos, teniendo como análisis principal las acrilamidas, las cuales en la actualidad juegan un papel fundamental para la venta de panela a nivel de exportación. • Da una orientación a los parámetros acordes de la panela para el manejo esencial de los rangos acordes de fabricación.

ARTICULO: Estandarización de la pre-limpieza del jugo de caña de azúcar para las estancias paneleras de San Marcos-Sucre ¹⁴	
AUTORES: Adolfo Javier De oro torres, Germán José Narváez Gómez	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Esta investigación, en una herramienta importante para mantener e incrementar el consumo de panela tradicional, mejorando aspectos importantes en la pre-limpieza de jugos, ya que una de las razones por las cuales el proceso de producción es lento, es la deficiencia que existe en el envío de un jugo limpio a la cocción. Con este propósito se caracterizó el jugo de caña y se realizaron pruebas con modelos de pre-limpiadores establecidos por el CIMPA (Centro para la Investigación y el Mejoramiento de la Agroindustria Panelera) para medir la velocidad de pre-limpieza y escoger el mejor diseño. La información fue tabulada y utilizada para aplicar un diseño experimental que ayudó a interpretar todos los datos y a llegar a las conclusiones y recomendaciones que se presentan en este trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la información recolectada respecto a la extracción de los jugos y los diferentes métodos utilizados, con el fin de mejorar evaluar y documentar el proyecto. • Mejoramientos en la clarificación de jugo para bajar turbiedades en meladuras y mieles para bajar la carga de sedimentos en panela.

¹³ Faver Gómez-Narváez, Marta Mesías, Cristina Delgado-Andrade, José Contreras-Calderón, Fabiola Ubillús, Gastón Cruz, Francisco J. Morales, Aparición de acrilamida y otros compuestos inducidos por calor en panela: Relación con parámetros fisicoquímicos y antioxidantes, Química de alimentos, Volumen 301, 2019,125256, ISSN 0308-8146, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619313664>

¹⁴ Adolfo Javier De oro torres, Germán José Narváez Gómez. (2010). Estandarización de la pre limpieza del jugo de caña de azúcar para las estancias paneleras de San Marcos-Sucre. Consultado en diciembre 15, 2020: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/570/1323>

ARTICULO: Características químicas y propiedades colorimétricas del azúcar de caña no centrífugo ("panela") obtenido a través de diferentes tecnologías de procesamiento ¹⁵	
AUTORES: Angela L. Alarcón, Laura M. Palacios, Coralia Osorio, Paulo César Narváez, Francisco J. Heredia, Alvaro Orjuela	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Se evaluaron muestras de azúcar de caña no centrífuga (NCS) obtenidas por moldeo y granulación tradicionales, y también a través de un novedoso proceso de secado por pulverización en polvo sin aditivos, para caracterizar sus perfiles de azúcar y fenólicos, su contenido en flavonoides, así como los parámetros de color. Como era de esperar, la sacarosa era el azúcar predominante (91,9-95,5%), seguido de la glucosa (2,9-4,6%) y la fructosa (1,6-3,7%). El contenido fenólico total fue de entre 0,4 y 0,6% y el contenido total de flavonoides en el rango de 0,2-0,4%. Se encontraron seis ácidos fenólicos en todas las muestras de NCS: ácido protocatecuico (0,36–0,94 g/100 g), ácido vanilílico (0,70–1,45 g/100 g), ácido clorogénico (2,08–3,82 g/100 g), ácido clorogénico (2,08–3,82 g/100 g), ácido clorogénico (2,08–3,82 g/100 g), ácido clorogénico (2,08–3,82 g/100 g) 100 g), ácido siríngico (1,08–2,80 g/100 g), p-ácido cuámico (0,69–1,35 g/100 g) y ácido ferúlico (0,50–0,95 g/100 g). El tratamiento térmico a altas temperaturas requeridas en la producción de productos granulados estaba relacionado con colores más oscuros y cambios en el contenido de fenol y flavonoide. Por el contrario, el secado por atomizador genera productos más claros, pero con un contenido ligeramente menor de fenol y flavonoide.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante este artículo se puede dar una introducción a la panela, además de definir sus características químicas y propiedades colorimétricas, el cual es de gran utilidad ya que los clientes son muy exigentes en el parámetro color, el cual varía por varios parámetros incluyendo las variedades de la caña y las adiciones que se dan en el proceso. • Mediante este artículo se presenta todas las propiedades químicas y colorimétricas de la panela mediante diversas tecnologías.

ARTICULO: Determinación de la humedad de equilibrio en panela ¹⁶	
AUTORES: Elisario Macías Esparza, Hugo Reinel García Bernal y Jesús Antonio Galvis	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>El estudio determinó los mejores estados atmosféricos para el almacenamiento de la panela analizando el contenido de humedad de equilibrio del edulcorante, a unas condiciones estables de temperatura y humedad relativa. Utilizando regresión lineal para el análisis de los datos, se obtuvo una ecuación multivariable de tipo exponencial, aplicable para regiones que poseen temperaturas entre 130C y 340C y humedades relativas entre 60% y 90%. La panela tal como se produce actualmente, con contenidos de humedad entre 80/0 y 100/0 base húmeda, solo podrá almacenarse durante períodos muy cortos de tiempo. Para perradas más largas, la panela debe almacenarse en condiciones ambientales que garanticen humedades de equilibrio inferiores al 70/0.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Este estudio aporta el análisis de los resultados de los mejores estados atmosféricos para el almacenamiento de la panela analizando el contenido de humedad de equilibrio del edulcorante, a unas condiciones estables de temperatura y humedad relativa en cuanto a la humedad de la panela. Teniendo así el control del proceso del empaque y de la bodega.

¹⁵ Angela L. Alarcón, Laura M. Palacios, Coralia Osorio, Paulo César Narváez, Francisco J. Heredia, Alvaro Orjuela, Dolores Hernanz, Características químicas y propiedades colorimétricas del azúcar de caña no centrífuga ("panela") obtenida a través de diferentes tecnologías de procesamiento, Química de alimentos, Volumen 340, 2021

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620320458>

¹⁶ Macias Esparza, B., García Bernal, H. R., & Galvis V., J. A. (1990). Determinación de la humedad de equilibrio en panela. Agronomía Colombiana, 7(1-2), 70-75. Consultado de:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21010>

ARTICULO: Mejora de la calidad de panela, un edulcorante tradicional, utilizando carbón activado bagaza ¹⁷	
AUTORES: Julio Alberto Solís Fuentes, Yessica Hernández Ceja, María del Rosario Hernández Medel, Rolando S. García Gómez, Marisela BernalGonzález, Samuel Mendoza Pérez, María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>El carbón activado por bagase (BAC) se utilizó para la purificación de jugo de caña crudo (guarapo) para mejorar la calidad de la panela (panela), un edulcorante saludable, debido a sus propiedades nutricionales, ampliamente consumido en muchas partes del mundo. La ultrafiltración se utilizó para purificar el jugo de caña, para la comparación y el posible tratamiento de purificación complementario. Se realizó una caracterización fisicoquímica de los jugos tratados y no tratados. Las muestras purificadas se utilizaron para producir panela. Los resultados mostraron que el color eliminado del guarapo tratado con BAC era del 95,6% y que el panela tenía un color cercano al blanco, con los parámetros del sistema CIELAB de: L* a 74,9, a* a -3,0, b* a 15,8 y C* a 16,1, muy diferentes del color marrón de la panela comercial común. Los recuentos microbianos de esta panela después de 3 meses en condiciones ambientales estaban dentro de los límites establecidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Da una mira para la mejora de la calidad de la panela, realizando comparaciones de parámetros y ayuda a dar visiones de resultados de mejora para parámetros fisicoquímicos de la panela, a que la esta es un edulcorante natural de la caña de azúcar. • Mejoramiento y purificación de jugo mediante carbón activado, si se requiere mejoramiento de color en el proyecto.

ARTICULO: Clarificación del guarapo de caña de azúcar en la producción de panela ¹⁸	
AUTORES: Carlos Gallardo Cabrera, Holger Felipe Gallardo Cabrera	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
<p>Ante la evidente falta de calidad en la producción de panela, se presenta una serie de estudios encaminados principalmente a conocer más a fondo los contaminantes presentes en el jugo de caña (guarapo), como la base lógica para plantear soluciones técnicas que permitan un mejor control del proceso. Los resultados hallados, según estudios y comparaciones estadísticas, permiten concluir que los contaminantes en su mayoría son de origen vegetal y COII tamaños menores a las 100 micras. Se procede a buscar los posibles métodos de separación y se evalúan por medio de ensayos de laboratorio. Como resultados se obtiene que la filtración a nivel micro ni la centrifugación son económica y operativamente viables. Por otro lado, se logran excelentes resultados con el uso de polímeros como floculantes, tanto por tiempo, precio y por la calidad de los jugos obtenidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La metodología empleada en el presente proyecto de investigación es el diseño de un experimento para obtener series de datos que puedan analizarse por métodos estadísticos, con la idea de producir conclusiones válidas y objetivas, de lo cual surgen dos aspectos a tener en cuenta como cualquier problema experimental: el diseño del experimento y el análisis estadístico de los datos, el método utilizado y los resultados obtenidos pueden servir de apoyo en el desarrollo del proyecto.

¹⁷ Julio Alberto Solís-Fuentes, Yessica Hernández-Ceja, María del Rosario Hernández-Medel, Rolando S. García-Gómez, Marisela Bernal-González, Samuel Mendoza-Pérez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Mejora de la calidad del jaggery, un edulcorante tradicional, que utiliza carbón activado de bagazo, Biociencia de los Alimentos, Volumen 32, 2019: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429218308071>

¹⁸ Gallardo Cabrera, C., & Gallardo Cabrera, H. F. (2001). Clarificación del guarapo de caña de azúcar en la producción de panela. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 54(1 y 2), 1211-1239. Consultado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24315>

ARTICULO: Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas ¹⁹	
AUTORES: Mario Oliva, Joel Carranza, Deidi Pérez	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
El estudio estableció la evaluación de los principales parámetros que determinan la calidad de la panela granulada elaborada por los productores paneleros del distrito de Corosha en Amazonas. Se desarrolló un análisis fisicoquímico en laboratorio basado en los procedimientos descritos en la Norma Técnica Peruana, cuantificando el contenido de humedad, sólido soluble total, proteína y pureza. De manera complementaria se realizó el análisis microbiológico basado en la presencia de aerobios mesófilos viables. Los resultados respecto a contenido de humedad en panela favorecieron al cadillo blanco con 2,34%; mientras, en sólidos solubles, el mayor nivel lo alcanzó la especie cadillo negro con 97,98°Brix; en tanto, el análisis de proteína benefició de nuevo al cadillo blanco con 0,94%, siendo la misma especie la que alcanzó el mejor nivel en pureza con 99,67%. Finalmente, el cadillo negro alcanzó un mejor perfil microbiológico.	<ul style="list-style-type: none"> • Ayuda a analizar y a entender los parámetros de los análisis fisicoquímicos de la panela basada en normas técnicas, además de los factores microbiológicos que la pueden afectar, también evalúa y analiza el diseño experimental y los resultados obtenidos. • Por tal razón se debe de tener en cuenta que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos juegan un papel muy importante en la inocuidad y calidad de la panela.

ARTICULO: Estudio del comportamiento de propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de jugos y mieles de caña panelera. ²⁰	
AUTORES: Ángela Liliana Alarcón Rodríguez	
RESUMEN	APORTE DEL PROYECTO
En este proyecto se determinaron las propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de jugos y mieles de caña panelera, provenientes de dos trapiches operados con tecnología de calentamiento por evaporadores abiertos, con medio de calentamiento vapor de agua y por hornilla, con medio de calentamiento humos de combustión.	<ul style="list-style-type: none"> • Aporta estudio de las propiedades fisicoquímicas y perfiles de azúcares, caracterización reométrica y térmica de jugos y mieles de caña, perfil fenólico y color de panela obtenida por diferentes procesos.

Fuente: Construcción propia.

¹⁹ Mario Oliva, Joel Carranza, Deidi Pérez, Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas (2018), volumen 2, numero 3 Consultado de:
<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/398>

²⁰ Angela Liliana Alarcón Rodríguez. (2017). Estudio del comportamiento de propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de jugos y mieles de caña panelera. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental Bogotá, Colombia. Consultado de:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63049/1032447558.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6.2 MARCO CONTEXTUAL

6.2.1 Historia de la panela

Al pasar los años, la panela también denominada en otros países como chancaca, raspadura o piloncillo ha sido realizada de forma artesanal por todo el territorio colombiano. Este delicioso endulzante se comercializa en la industria de alimentos para hacer bebidas como el agua de panela, en granulo para endulzar una buena taza de café o simplemente para generar postres o pasteles. A lo largo del tiempo está a sido un reemplazo parcial del azúcar, por su sabor natural, vitaminas y minerales, adicional a esto la caña de azúcar se cultiva en 511 municipios de 28 departamentos del país, el sector panelero es la segunda agroindustria, con 220.000 Has. Sembradas, 70.000 unidades productivas, 20.000 trapiches, produciendo 1.200.000 toneladas/año, participan 350.000 familias y generan 287.000 empleos, el 12% de población rural.²¹

Este delicioso alimento proviene de una milenaria planta llamada caña de azúcar o por su nombre científico *Saccharum Officinarum*, esta llevo a América en el año 1492, por el navegante Cristóbal Colon, quien decidió traer diversas plantas de Europa a este continente, una vez distribuida, se logró observar que el clima del lugar era el ideal para la producción de esta planta la cual es una especie perteneciente a la familia de las poáceas o gramíneas. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación) se considera que la máxima producción es en América Latina, siendo Brasil el mayor productor de azúcar en la actualidad, con 386,2 millones de toneladas/año, seguido por India 260 millones de toneladas/año.²²

6.2.2 Características de la caña de azúcar

Entre las características de la caña se puede decir que presenta un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura, con gran variedad de entrenudos alargados, su fisionomía consta del sistema radicular que comprende el rizoma subterráneo, el tronco está compuesto por una parte sólida que se denomina fibra y una parte líquida la cual se le da el nombre de jugo; este último lo compone el agua y la sacarosa. Las variabilidades de las proporciones de los componentes son muy variadas, pues estos están ligados a la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos lluvias, riegos entre otros. La literatura en la actualidad reporta que los valores de agua oscilan entre el 73 y 76%, de sacarosa entre el 8 y 15% y fibra entre el 11 y 16%.²³

²¹ Ministerio de agricultura de Colombia (2019), Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Cadena Agroindustrial de la panela. Consultado el 13 de Marzo del 2021 (En línea) Consultado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

²² Mario Oliva, Joel Carranza, Deidi Pérez, Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas. Perú 2018, Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/download/398/515>

²³ Universidad de los Andes, Bogotá. Diseño de la Arquitectura de Automatización Industrial para el Mejoramiento de la Cadena de Producción de Panela, Versión 1.0, febrero de 2016 Bogotá, Colombia, Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de: https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13661/u728881.pdf?s_equence=1

Respecto al clima, la caña de azúcar se considera una planta tropical, que se desarrolla óptimamente en lugares calientes y soleados. Durante el periodo de crecimiento, la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como por ejemplo la celulosa, por otro lado, durante el periodo de maduración donde se requieren bajas temperaturas, mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración, mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas adecuadas para las diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son en la germinación entre 32°C y 38°C; el macollamiento a 32°C y finalmente la etapa de crecimiento a 27°C.²⁴

En las plantas en este caso la caña de azúcar, influyen diversos factores dentro de los más importantes tenemos la iluminación, este factor está relacionado con el crecimiento de la planta ya que a más rayos solares mayor es su desempeño a nivel de crecimiento, adicionalmente los rayos también influyen de forma positiva en la transformación de azúcares y pureza. Los rayos solares son absorbidos por las hojas y en dicho proceso absorbe energía debido a la clorofila que se encuentra en las hojas, esta sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua, que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra para formar sacarosa, la cual se almacena en el tallo, esta se considera la reserva alimenticia de la planta. La Caña de Azúcar se cultiva fácilmente en la mayoría de los suelos, solo requiere que contengan materia orgánica, buen drenaje tanto externo como interno y que su pH este entre 5.5 a 7.8. Respecto al suelo se reportan buenos resultados de rendimiento y de azúcar en suelos con textura franco limoso y franco arenoso.²⁵

El corte se realiza luego de la fase máxima de maduración, la cual se da entre los 11 y 17 meses posteriores al cultivo, ya que a esta edad se desarrolla el peso máximo de las cañas procesables, por lo tanto, se obtendrán pérdidas mínimas respecto al azúcar. En este mismo orden de ideas se realizan dos tipos de corte, dependiendo de cuál sea más eficiente para cada tipo de empresa: El corte mecanizado y El corte manual, el primero se realiza con cosechadoras que cortan la planta y separan los tallos de las hojas con ventiladores, una maquina puede cosechar 30 toneladas por hora; la segunda se realiza a mano con machete, ya que cortan los tallos y los organizan para su transporte en camiones, esta requiere de mayor mano de obra. Una vez cortada la caña debe transportarse y molerse en el lugar de recepción dentro de las 24 horas posteriores al corte para no perder contenido de sacarosa.²⁶

²⁴ Secretaría de agricultura, ganadería y desarrollo rural, pesca y alimentación, Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Enero 2015. Consultado el 13 de Marzo del 2021 (En línea) Consultado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Azucar.pdf

²⁵ CENGICAÑA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar), 2017. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. Guatemala 2017, Consultado el 15 de Marzo del 2021 (En línea) Consultado de: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

²⁶ Diego Alejandro Bello Barbosa, Fredy Leonardo Castellanos Pinzón, Bogotá (2016). Propuesta de módulos de riego para la producción agrícola de caña panelera (RD 75-11) en la finca la dulzura del municipio de Villeta, Cundinamarca, Consultado el 05 de Octubre del 2020 (En línea) Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/408/

6.2.3 Producción de panela

Para producir panela, se requiere en primera instancia del jugo obtenido de la caña de azúcar madura, con alto contenido de sacarosa libre de sustancias extrañas, donde pasa por una molienda exhaustiva, que es benéfica para las plantas ya que sirven para combustión en la caldera o para vender en la producción de papel alternativo, posteriormente según IMSA el jugo se calienta a altas temperaturas, donde se encuentran el jugo clarificado que es la primera limpia del jugo, posteriormente, para que coja consistencia, pasa por una serie de calentamientos en evaporadores, donde finalmente se transforma en meladura cruda, esta contextura es bastante densa de un color más oscuro.²⁷

Manualmente se realiza una clarificación de meladura, en la cual se eliminan partículas de mugre o cachaza que flotan en la meladura, cuando esta meladura queda limpia se denomina meladura clarificada, la cual debe quedar con niveles mínimos de turbiedad, que posteriormente deben verse reflejado en los sedimentos del producto final; para subir su densidad esta sigue en un proceso de cocción en un tacho donde su concentración llega a 70 °Brix, esta miel final se almacenan en tanques los cuales se descargan en marmitas, en donde se bate hasta obtener el punto, en caso de que se requiera forma, se pasa a los moldes según la referencia deseada, si por otro lado lo que se desea producir es granulada, el proceso se lleva a cabo de la misma forma, con la diferencia de que la temperatura del punto será más alta y se agrega bicarbonato de calcio.²⁸

La panela es un producto que se usa como ingrediente adicional para la preparación de alimentos como productos de panadería, dulces artesanales, conservas, bebidas y hasta en algunos casos puede servir como insumo para preparar medicamentos. La panela es conocida por muchos nombres, ya que dependiendo de la ubicación geográfica y del contexto en que se hable se denominan de formas diferentes. Algunos de los más conocidos son: tapa de dulce, rapadura, panela, atado dulce, piloncillo, panocha, papelón, raspadura y empanizado.²⁹

²⁷ Ingenio Magdalena, S.A., (2017). Historia del Ingenio Magdalena. Guatemala. Magdalena Tierra Dulce Altamente productivos, profundamente humanos. Consultado el 10 de junio del 2021. (En línea) Consultado de: <https://www.imsa.com.gt/historia.html#2010>

²⁸ Carolina Gómez de los Ríos, Optimización del proceso de clarificación de meladura mediante el seguimiento de nueve variables fisicoquímicas en el Ingenio Risaralda S.A., Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad tecnología, Pereira 2010, Consultado el 15 de Julio del 2021 (En línea) Consultado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1823/664122G569.pdf;jsessionid=C214F82D97CBA8586801734CC7FDEC00?sequence=1>

²⁹ González, J.; Escobar, J; Uvidia, H; González, V; Borja, N; Ramírez, JL, Calidad de la producción de panelas utilizadas para la alimentación animal en la Amazonía Ecuatoriana REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 17, núm. 12, diciembre, 2016, pp. 1-8 Veterinaria Organización Málaga, España, Consultado el 05 de Julio del 2020 (En línea) Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052022.pdf>

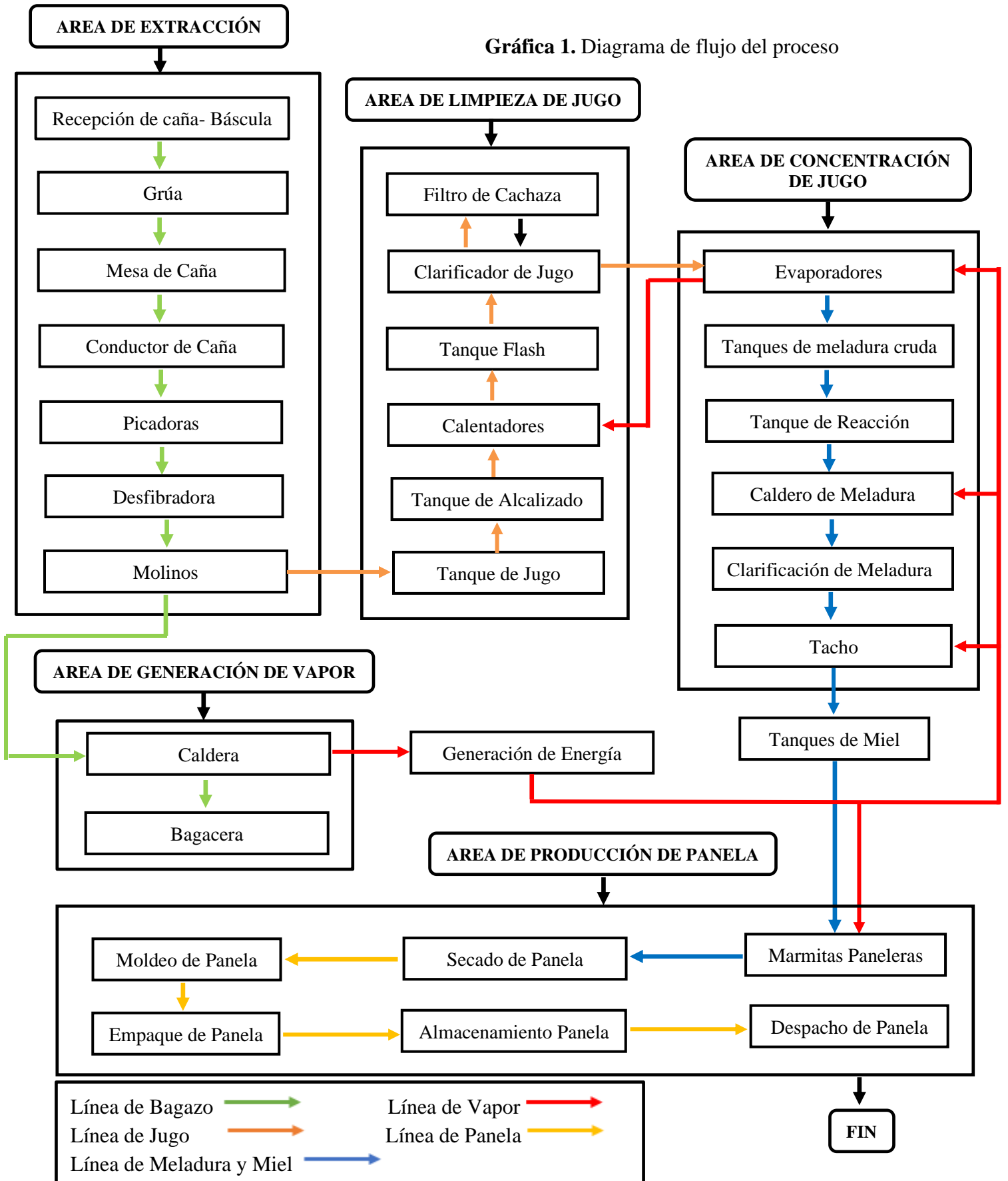
El proceso de la fabricación de panela, es complejo pero bastante satisfactorio, actualmente, en la planta del Trapiche Biobando S.A.S, presente clientes nacionales y de exportación, pero debido a circunstancias como la pandemia por el virus COVID 19, se han detenido muchos movimientos de exportación a nivel mundial, por tanto Colombia no ha sido la excepción, esta necesidad logro generar intentar generar un realce a la marca el Porvenir, fabricada por este, al mercado nacional, en supermercados como el Éxito, Olímpica, Cañaveral, Súper Inter entre otros, es por eso que salen exigencias mayores por parte de los clientes nacionales y en los cuales se desarrollan parámetros de color, turbiedad y sedimentación, este último para el mercado nacional es fundamental, ya que las tradiciones colombianas, son que una panela de baja calidad para una ama de casa, es cuando en la olla se presentan bordes negros, denominado cachaza o sedimentos.

Por tal razón, en la actualidad para el mercado nacional es el parámetro que más se debe de cuidar. En fabrica se monitorean constantemente variables que ayudan a mejorar este parámetro como lo son la turbiedad en jugos y meladuras, el pH, la alcalización, etc, aunque en la actualidad se ha venido evidenciando el incremento de sedimentos y unas partículas negras generadas por el sobrecalentamiento de los equipos y otras partículas provenientes de los equipos de acero al carbón, en la actualidad por tal razón se deben de hacer un estudio exhaustivo que determine qué factores se pueden estandarizar en el proceso de calificación para que haya la menor cantidad de sedimentos en panela, pudiendo satisfacer las necesidades del cliente y ganando renombre con marca propia, para esto se debe de realizar una variable estadística donde en primer lugar determine que estos factores presentan una relación próxima.

6.2.4 Marco Institucional

El trapiche Biobando S.A.S, ubicado en el municipio de Obando, Valle del Cauca, tiene la capacidad estratégica, financiera, tecnológica, logística, de infraestructura y capital humano para producir altas cantidades de panela diariamente, por tal motivo la institución, desea realizar una investigación para contribuir a mejorar la proceso de clarificación, donde claramente ha presentado la mayor parte de problemas, hasta el momento se pretende mejorar la efectividad de los métodos de producción con el fin de normalizar el proceso, generando mejoras no solo en la calidad de los productos elaborados por la fábrica, sino mejorando la calidad de vida de los clientes. El Trapiche está caracterizado por entregar panela de alta calidad e inocuidad, ya que sus procesos están caracterizados por la mejora continua que permite actualizar sus procesos cada cierto tiempo, en la empresa se pueden encontrar el manual de sistemas de gestión integrados, el manual de mantenimiento y circuito eléctrico, el manual de laboratorio con sus procedimientos estandarizados independientes, además cuenta con una recolección de archivos y de formatos que pretenden controlar mejor el proceso y los parámetros obtenidos en este, además para cada área existen reglamentos internos donde se describen las operaciones de los equipos, cuenta además con una lista que nos permite identificar los procesos claramente, entre ellos se encuentran las tabulaciones o registros de turbiedades donde se calcula claramente cómo se va desarrollando el proceso durante el día.

Gráfica 1. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Diagrama de flujo del proceso del Trapiche Biobando S.A.S actualmente

6.3 MARCO ESPACIAL

El estudio se llevó a cabo con la información del Trapiche Biobando S.A.S, ubicado en el municipio de Obando, Valle del Cauca.

6.4 MARCO TEMPORAL

Se tomaron los datos obtenidos en las mediciones de laboratorio de la empresa entre octubre, noviembre y diciembre del año 2021, enero y febrero del año 2022, además de la evidencia de en qué estado se encuentra la empresa antes y después del proyecto.

7.0 ASPECTOS METODOLÓGICOS

7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se describe el tipo y el método de investigación a realizar, las fuentes y técnicas para la recolección de la información y cómo va a ser el tratamiento de la información.

7.1.1 Investigación de tipo Aplicada, descriptiva, documental transversal

El desarrollo de la presente investigación parte de la recopilación teórica sobre los modelos estadísticos existentes y los que serían aplicables al desarrollo del problema de investigación planteado. Por esta razón se considera que la primera etapa de este proyecto es de tipo exploratorio debido a que: se validan las diferentes aplicaciones de correlación usadas en estudios similares, se revisarán el tipo y forma de las variables que se han analizado en estos estudios, se define si el sector de estas organizaciones está relacionado con los resultados obtenidos en estos estudios y si es factible generalizarlos, se tiene en cuenta también la forma en la que han formulado los planes de mejora y los estudios sobre Lean Six Sigma y DMAIC para tener indicadores estadísticamente representativos con la estrategia y la manera en que se podría estructurar una metodología práctica de uso de herramientas para relacionar las variables que puedan tener relación con la sedimentación, mejora y optimización del proceso de toda la fábrica.

De igual forma se considera que la investigación en su segunda etapa podría describirse de tipo descriptivo debido a que: se identifican los diferentes indicadores que pueden afectar a las variables del proceso (cualitativas, cuantitativas, ordinales, discretas, continuas, entre otras características), además se pretende definir interrelaciones entre mediciones tangibles que pretendan demostrar que tienen relaciones directas con la calidad de la panela y en este aspecto generalmente se encuentran las variables relacionadas con el mejoramiento de la calidad en nuestra panela de marca propia, que pretende mejorar por ejemplo la satisfacción del cliente, los resultados de mejoramientos operativos y estratégicos, es muy importante describir cómo estos hechos se comportan entre sí y afectan las perspectivas y resultados finales del proceso de la panela. Con el estudio se puede mejorar la calidad de la panela y el rendimiento en poco tiempo de su fabricación.

Finalmente, el estudio también aporta en establecer hipótesis para determinar e identificar análisis causales (variables independientes y dependientes) cuyos resultados contribuyan a determinar si existen características u ocurrencias que son determinadas por otros factores y en qué medida son causales o casuales, que afecten variables como el color, sedimentación o textura.

7.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

7.2.1 Método de análisis y síntesis

Para el desarrollo del estudio se analizan los efectos y el estado actual de la fábrica, verificando las partes del proceso donde se pudo mejorar los parámetros y los resultados de los indicadores implementado la metodología DMAIC y Lean Six Sigma, posteriormente desarrollar un control estadístico de todo el proceso productivo en Excel, por tal razón en la primera perspectiva se realizará estadísticamente que variables afectan directamente a la sedimentación como color, azúcares reductores, pureza, turbiedad, entre otros. Se desea conocer si las variables en realidad están relacionadas entre sí y en conjunto aportan valor o no a la fabricación de panela de alta calidad y la efectividad de los equipos durante el proceso, para ello se aplicará un modelo estadísticos que refute o valide las hipótesis de correlación planteadas (por ejemplo: a mayor cantidad de sedimentos empeora el color de la panela y se generan más devoluciones?) y posteriormente se podrá llegar a una explicación del estado actual de efectividad y eficiencia de la fábrica de producción.

La síntesis se aplica posteriormente al interrelacionar las conclusiones derivadas del análisis de resultados de correlación, además de verificar que análisis son los más importantes para tener en cuenta en una producción de panela con altos estándares de calidad, además de mejorar los desperdicios que se generan, para así finalmente poder mejorar los procesos según las metodologías propuestas de Lean Six Sigma y DMAIC, teniendo en cuenta el control estadístico de proceso que se desarrolla en Excel.

7.3 FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

7.3.1 Fuentes Primarias.

Se toma como fuente primaria la información suministrada por el Trapiche Biobando S.A.S referente a los análisis del Laboratorio y el mejoramiento de los procesos, el cual consta de todos los análisis fisicoquímicos que se realizan en todas las etapas de molienda de caña, producción de miel y panela, incluyendo el propósito de los objetivos, con el mejoramiento de la calidad, la descripción de los procesos y equipos involucrados en el rendimiento.

Se recolecta información a partir de libros, artículos científicos, revistas especializadas, trabajos de grado que contengan información sobre los conceptos teóricos utilizados, así como investigaciones que incluyan la aplicación de las técnicas o metodologías relacionadas con el objeto de estudio.

7.3.2 Fuentes Secundarias.

Se toma como fuente secundaria la información correspondiente a los resultados de la medición de los indicadores que conforman los componentes de calidad, cuyos datos son recopilados diariamente por el Área de calidad de la planta teniendo en cuenta el seguimiento y control desde la materia prima, es decir variedad, edad, análisis fisicoquímicos para garantizar el seguimiento y control del proceso. Además de dar seguimiento de las limpiezas y desinfecciones que se realizan en los equipos de la planta para observar la trazabilidad de estos y si de alguna manera estos generan sedimentación y altos rangos de color.

7.4 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En base a todo lo expuesto y partiendo de la necesidad de elaborar un diseño estadístico que recoja los datos necesarios que involucren y mejoren el proceso en el Trapiche, resulta conveniente señalar el camino metodológico a seguir para la elaboración de una estadística sobre las variables del proceso en el laboratorio en el Trapiche Biobando S.A.S. Para tal fin se procede a llevar a cabo una serie de propuestas que se fundamentan en metodologías específicas. A partir de éstas se extraen variables y resultados estadísticos que definen el proceso de molienda de caña, elaboración y procesamiento de panela en este trapiche. Se cuenta con las siguientes técnicas para recolección de datos:

- ✓ Documentos existentes en la institución: Recolección de información relacionada con los promedios de datos de cada etapa de la molienda dados por el área de calidad.
- ✓ Estudios relacionados con sedimentación en panela: Recolección de los resultados de estudios anteriores, además de la medición de los indicadores en el periodo establecido para el estudio.
- ✓ Observación directa y de mejoramiento: Aplicación de la metodología para determinación y medición de indicadores que disminuyan la calidad y la eficiencia en la organización.

7.5 TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A continuación, se describe las técnicas a usadas para el procesamiento y análisis de datos:

- ✓ Las técnicas para el procesamiento de la información incluyeron uso de Excel o algunos específicos para aplicación de estadísticos descriptivos, pruebas de hipótesis y ecuaciones estructurales.
- ✓ Los datos recopilados de la trazabilidad de los análisis de calidad del Trapiche Biobando S.A.S se organizaron de manera dinámica en Excel para su respectivo análisis y poder facilitar el seguimiento a los datos a través del tiempo durante los meses establecidos.
- ✓ El análisis de los datos partirá de la creación de hipótesis de relaciones causa – efecto entre las variables que hacen que se pierda la calidad de la panela, con los resultados obtenidos se espera poder plantear un mejoramiento para el Trapiche Biobando S.A.S.

Para este proyecto la metodología empleada fue DMAIC, ya que es la más utilizada en el desarrollo de proyectos Lean Six Sigma, esta consta de cinco fases las cuales son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, las cuales permitieron alcanzar los objetivos específicos del proyecto y mejorar los procesos de manufactura en el Trapiche.

Para diagnosticar cuales son las variables que están generando sedimentación y reproceso en la panela producida por el Trapiche Biobando S.A.S, se emplea la información entregada por las fases Definir, Medir y Analizar en la que se realiza un diagnóstico a través de la recolección de datos históricos en el área de laboratorio de la empresa, específicamente en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, para determinar la situación problema en el pasado; posteriormente verificada la causa o el problema, se realiza mejoras respectivas. A continuación, se definen las fases que lleva a cabo el proyecto:

Fase 1. Caracterización y definición del proyecto (Definir): En esta etapa se definen los aspectos críticos del proceso de corte, molienda y elaboración que se desea analizar, con el fin de definir aspectos generales del proyecto tales como: título, objetivos, planteamiento del problema, programación de muestreos, variables del proceso que afecten el problema, actividades del proceso u otra información necesaria para realizar un direccionamiento estratégico del proyecto. El desarrollo de esta fase comprende tres (3) actividades que se deben ejecutar:

- ✓ Recopilación de información: Se recopila información general del Trapiche Biobando S.A.S., que cuente con sumo detalle el problema que la organización identifique,

contiene: título del proyecto, objetivos, planteamiento del problema, estado actual de las métricas, Lean Six Sigma y equipo de investigación.

- ✓ Mapeo del proceso y definición de las variables: Antes de emprender cualquier acción se analiza a profundidad el proceso a intervenir y sus respectivas variables. En esta actividad se utiliza herramientas como diagrama de flujo de la planta, mapas de procesos, entre otras.
- ✓ Identificar métricas del proceso: Basado en el análisis del proceso, se identifican las medidas de desempeño claves sobre las cuales se hará seguimiento durante la ejecución del proyecto, se identifican los análisis que intervienen en el problema y se propone un periodo de tiempo a analizar.

Fase 2. Definición de Línea Base (Medir): Se destaca que el enfoque que brinda Lean Six Sigma es el uso intensivo de datos e información, utilizados para el análisis de los procesos, el diseño de estrategias de mejora y la toma de decisiones. Por tal razón, antes desarrollar las fases de análisis y mejora es necesario realizar una recopilación de información confiable y sobre todo asegurar que las fuentes de información y los sistemas de medición sean confiables.

En esta fase, se traza una línea base, que sirve como punto inicial para posteriormente evaluar la efectividad de las mejoras alcanzadas en el proceso, para esto se realizan las siguientes etapas:

- ✓ Validar el sistema de medición: El sistema de medición debe ser evaluado con los siguientes criterios: exactitud (Sesgo), linealidad, estabilidad, repetibilidad, reproducibilidad y sensibilidad.
- ✓ Definir el plan de recolección de datos: Se diseñó un plan de recolección de datos en un periodo de tiempo comprendido, basado en los conceptos de muestro y los análisis diarios realizados, esto con el fin de recopilar información necesaria para hacer seguimiento a las medidas de desempeño y realizar análisis estadístico que permita identificar la causa raíz del problema.
- ✓ Definir línea base: Se define el estado inicial del proceso, mediante un análisis de capacidad de proceso.

Fase 3. Identificación de causa raíz (Analizar). Para identificar la causa raíz, primero se identifican las causas potenciales; en segundo lugar, las causas validas con la ayuda de métodos estadísticos en Excel; y por último se definen las causas que tienen mayor impacto sobre el problema. A continuación, se presentan las actividades claves: Identificar causas potenciales: para esto se utiliza la herramienta como el diagrama de Ishikawa.

- ✓ Se prioriza y selecciona causas a trabajar: luego de validar las causas, se prioriza de acuerdo con la contribución que estas tengan sobre el problema o la variabilidad del proceso, para esto se utiliza herramientas como causa-efecto.

Fase 4. Definición de acciones de mejora (Mejorar). Posteriormente después de identificar la variable causante en la etapa previa, se definen las acciones correctivas que brindaran la solución al problema y alcanzar el objetivo propuesto con el desarrollo del proyecto. Las soluciones planteadas pueden ser acciones de rápido cumplimiento o también pueden conllevar a la implementación de un conjunto de acciones basadas en buenas prácticas de gestión. Finalmente, las acciones propuestas se consolidan en un plan piloto que permita hacer seguimiento y control. Por tal razón las actividades claves que se deben ver reflejadas son las siguientes:

- ✓ Definir las acciones de mejora: Para esto, una opción viable es utilizar herramientas estadísticas y de gestión, no solo para generar ideas y soportar decisiones, sino también para estructurar un plan de acción con actividades concretas. Se utiliza herramientas como las 5S.
- ✓ Implementar acciones de mejora: Las acciones de mejora se implementan de acuerdo con el plan previamente definido, y sobre el cual se debe hacer un seguimiento periódico para verificar su cumplimiento y tomar acciones correctivas cuando sea necesario.
- ✓ Validar resultados: Al mismo tiempo que se realizan y se implementan las acciones de mejora, se debe evaluar el impacto que estas generan sobre el problema, esto se hace con la revisión y análisis de las métricas de Lean, tanto operacionales como financieras.

Fase 5. Control y mantenimiento (Controlar). En esta fase se documenta o se modifica los procedimientos de operación. Adicionalmente se diseñan mecanismos para garantizar que los cambios y mejoras alcanzadas se mantengan a lo largo de tiempo, con el fin de dar continuidad más allá del cierre del proyecto y que la empresa mejore y se estabilice en este parámetro de calidad. Las actividades que se deben de realizar en esta etapa son:

- ✓ Estandarizar e integrar las mejoras a los procesos: en esta actividad se levanta manuales de procedimientos, diagramas de procesos, mapas de procesos y se debe de realizar el ajuste en el manual de calidad y procedimientos designados.
- ✓ Definir mecanismos de control para mantener las mejoras: se realizan mecanismos para hacer seguimiento y mantener las mejoras logradas. Por esta razón es muy importante comunicar los cambios a las partes interesadas, además si después de esto es necesario capacitarlos, se debe generar la inversión para asumir los nuevos cambios. Para crear disciplina y orden se puede acudir a herramientas como las 5S, y para monitorear indicadores se pueden utilizar los Gráficos de control.
- ✓ Cierre del proyecto: cuando se alcance las metas e impacto esperado se realiza un informe de cierre de proyecto, mediante el cual se pueda comunicar a las partes interesadas, de forma clara y precisa, todos los resultados del proyecto.

8.0 EVALUACIÓN Y RESULTADOS

8.1 Desarrollo de objetivos de la investigación:

8.1.1 Desarrollo del objetivo “Describir el proceso de producción de jugos y mieles e identificar las variables”

En la siguiente tabla se presenta la metodología mediante la cual se desarrolla el Objetivo 1 del presente trabajo:

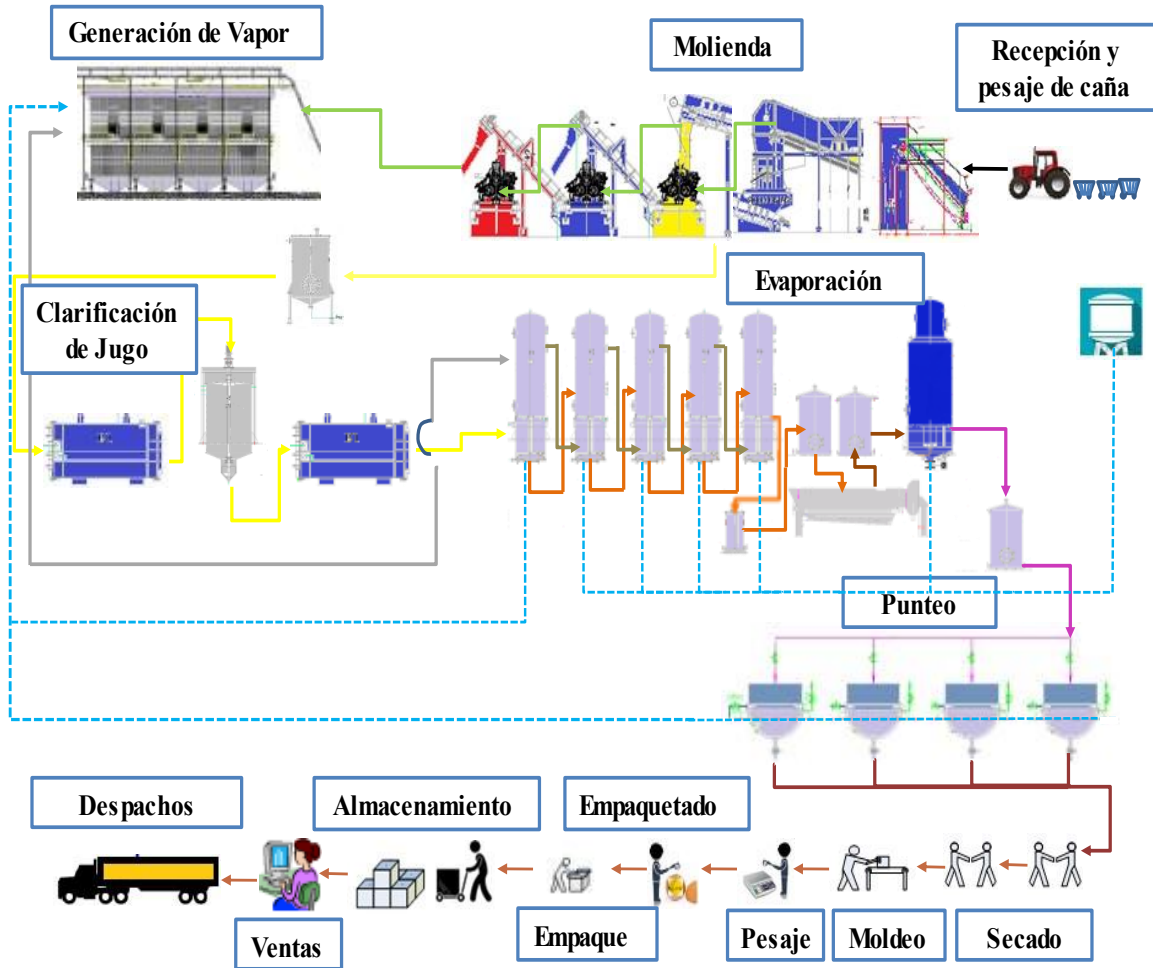
Tabla 3 Desarrollo del Objetivo 1

OBJETIVO ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO PARA LOGRAR LA CONSECUENCIA DEL OBJETIVO
Describir el proceso de producción de jugos y mieles (molienda y elaboración).	¿Cuáles son los principales factores del proceso de molienda que afectan directamente la calidad de la panela, teniendo en cuenta el control de los análisis fisicoquímicos del laboratorio?	✓ Identificar el proceso de molienda, elaboración y panelería. ✓ Identificar las variables de cada departamento de la fábrica. ✓ Identificar que variables tienen relación con los sedimentos
Identificar las variables significativas en cada proceso que se relacionen con sedimentación y reprocesos		

Fuente: Construcción propia

La siguiente ilustración presenta el Flujograma de la planta del Trapiche Biobando en la actualidad.

Ilustración 1. Flujograma de proceso del Trapiche Biobando



Fuente: Construcción Propia

Ilustración 2. Equipos y materiales del Trapiche Biobando en cada área.

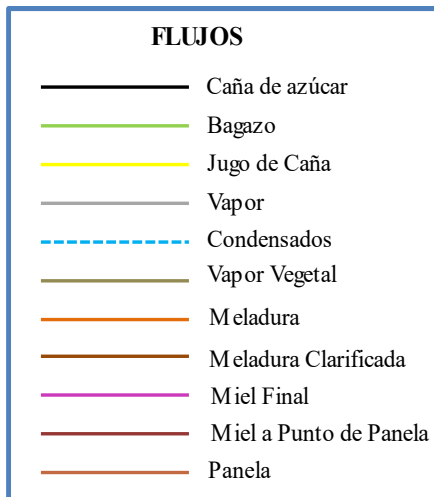
ÁREAS Y EQUIPOS

1. Recepción y pesaje de caña

Báscula

2. Molienda

Grúa Hilo, Mesa Caña, Conductor de Caña, Picadoras (2), Desfibradora, Molinos (3), Donellys (2), Tanque de Jugo Mixto, Bomba Inatascable, Tromel DSM, Tanque de Jugo Diluido.



3. Generación de Vapor

Caldera, Ciclones, Lavador de Gases, Chimenea, Tanques (2), Conductor de Tablillas.

4. Clarificación de Jugo

Calentadores de Jugo (5), Tanque Alcalizador, Tanque de Cal, Tanque de Jugo Alcalizado, Tanque Flash, Tanque Floculante, Clarificador de Jugo, Tanque de Jugo Claro, Filtro Cachaza.

5. Evaporación

Calentador de jugo claro, Evaporadores (5), Tanque Sello de Miel, Tanque Meladura Cruda, Clarificador de Meladura, Tanque Miel Clarificada, Tacho, Tanque Almacenamiento de Miel (5).

6. Punteo

Marmitas (5), Tachitos (3).

7. Secado

Bateas, Carros, Batidores, Espátulas.

8. Moldeo

Mesas, Cocos, Amasador, Gaveras, Moldes, Rayador.

9. Calibración

Básculas (6)

10. Empaquetado

Canastillas, Selladoras (6).

11. Empaque

Túnel Termoencogible(2), Banda Transportadora Inkjet

12. Almacenamiento

Estibas, Gato Hidráulico

Fuente: Construcción Propia

8.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Las diferentes actividades del proceso productivo se describen a continuación:

8.1.1.2 RECEPCIÓN Y PESAJE DE CAÑA

Al trapiche llegan los vagones cargados con la caña que fue cortada con corte manual transversal, alzada y transportada hasta el mismo.

8.1.1.2.1 Báscula

Al llegar, los vagones pasan al pesaje. En este sitio se cuenta con una báscula de fácil acceso con capacidad de 80 Toneladas, equipada con instrumentos de pesaje y procesamiento de información. El equipo de transporte y los vagones que llegan a la fábrica, van a la báscula donde entregan la información de campo la cual es requerida para la identificación y trazabilidad la cual consta de: Quien pesa el vagón, Número de vagón, Modelo de Tractor, Nombre del conductor del tractor, Nombre de la finca, Procedencia (suerte), Variedad de caña, Fecha y hora.

8.1.1.2 Patios de Caña

Los equipos de tiro procedentes del campo, una vez muestreados y pesados pasan al patio de la fábrica en espera para su descargue; este patio estará correctamente llenado, drenado y balastado de manera que asegure un adecuado comportamiento de los equipos y movimientos en épocas de invierno o de lluvias, así mismo, el área debe albergar con orden los vagones en espera de su descargue, y de manera especial en las noches.

8.1.1.3 PREPARACIÓN DE CAÑA

Los equipos que intervienen en esta etapa del proceso tienen como objetivo preparar la caña para la alimentación de los molinos. Un buen proceso de preparación de la caña es cuota de garantía para una extracción de éxito de los jugos en los molinos.

8.1.1.3.1 Grúa tipo hilo

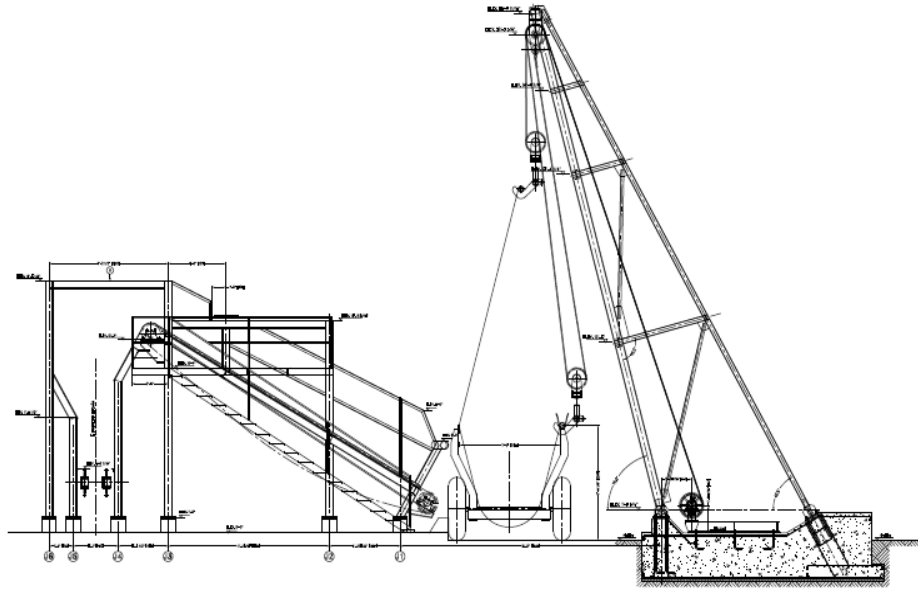
El equipo de descargue de la caña o grúa tipo hilo equipado con un sistema de poleas y cables además de un sistema tipo planetario para su transmisión de potencia en la operación. El sistema planetario hace que este equipo sea silencioso, y seguro en su operación. Su función es descargar la caña del vagón girando el paquete sobre sí con la ayuda de un gancho adaptado a las poleas; halando su viga lateral el vagón queda recostado en el refuerzo de la mesa de caña mientras va izando descarga la caña en la plataforma de la mesa.

8.1.1.3.2 Mesa de Caña

Mesa que alimenta la caña, diseñada para recibir la caña del vagón y entregarla dosificada al sistema de conducción y preparación de esta. La mesa está formada por una plataforma de almacenamiento. El extremo contra el patio de caña es reforzado para soportar el peso del vagón al descargarse.

La superficie de la mesa tiene un sistema de guías para la orientación de la cadena, la cual está equipada con unos ganchos que arrastran la caña, hasta el conductor principal dosificándola de acuerdo con la apertura (setting) dada al nivelador de caña. Este nivelador se encuentra en el extremo superior y sus aspas que giran en sentido contrario a las cadenas de la mesa dosifican y desenredan la caña.

Ilustración 3. Equipo de descargue y alimentación.

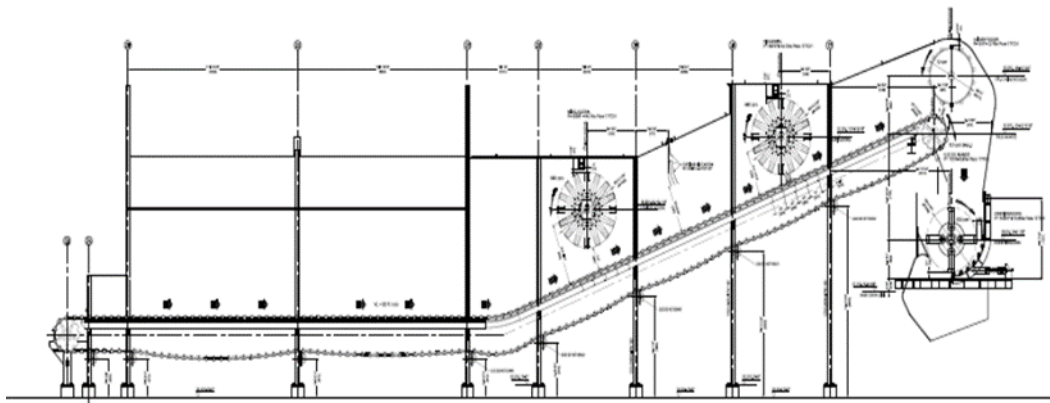


Fuente: Construcción Propia

8.1.1.3.3 Conductor de caña

El conductor transporta la caña a través de los diferentes equipos de preparación. Formado por una banda de tablillas aceradas. Este equipo tiene la posibilidad de variar su velocidad a través de la modificación de la frecuencia del motor, con ello se garantiza una buena alimentación y preparación de esta.

Ilustración 4. Equipo preparación de caña.



Fuente: Construcción Propia

8.1.1.3.4 Niveladora de Caña

Equipo encargado de nivelar y prepicar la caña para aumentar la densidad del colchón, que lleva el conductor, rompiendo mínimamente su estructura fibrosa. Su objetivo es adecuar el colchón de cañas largas a trozos cortos.

8.1.1.3.5 Picadora de Caña

Equipo encargado de triturar la caña aumentando la densidad del colchón, el picado es mayor al que se logra en la niveladora, mejorando las condiciones, antes de ingresar a la desfibradora. Tiene como objetivo romper las celdas para homogenizar el colchón de cañas largas a pequeños trozos y fibras delgadas.

8.1.1.3.6 Desfibradora de Caña

Completa la preparación o triturado extremo de la caña. Está formada por una trituradora de cuchillas que trabaja dentro de una placa de acero de alta resistencia. La caña cruza entre las cuchillas y la placa produciendo el desfibrado.

8.1.1.4 EXTRACCIÓN DE JUGO

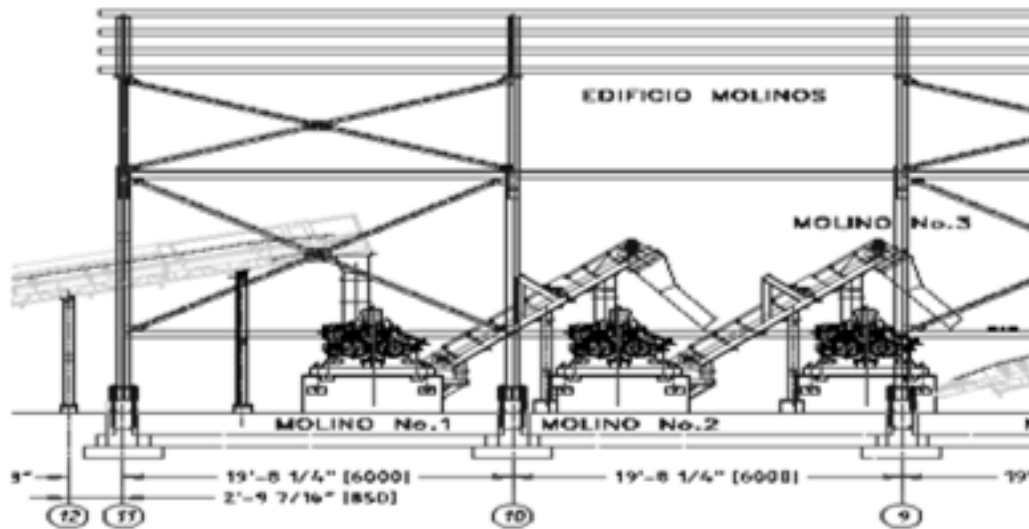
En la extracción del jugo intervienen los molinos con la ayuda de los conductores intermedios.

8.1.1.4.1 Molinos

El flujo de caña en un estado óptimo de preparación pasa al área de extracción de jugo donde se encuentran los tres molinos que se encargan de esta operación. Cada uno de estos molinos está formado por cuatro mazas para ejecutar la extracción. El molino está ensamblado en una cureña o virgen construida en fundición de acero.

Para asegurar una presión constante sobre la maza superior de los molinos durante la molienda, se cuenta con un cabezote hidráulico que regula los esfuerzos aplicando cargas de 1800 PSI (libras por pulgada cuadrada). La planta actualmente tiene 3 molinos de los cuales se realizan muestreos de laboratorio en el uno y el tres, con los análisis de pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Azúcares reductores y Fosfatos.

Ilustración 5. Extracción de jugo.



Fuente: Construcción Propia

8.1.1.4.2 Alimentador tipo Donelly

El alimentador Donelly es un transportador de cadena con tablillas que arrastra el bagazo que sale del primer molino hacia el siguiente molino. Este sistema asegura una alimentación uniforme al molino y da la flexibilidad de operar los molinos, aunque se presenten anomalías en alguno ellos.

8.1.1.4.3 Sistema de Imbibición

La imbibición consiste en adicionarle agua al bagazo que sale del primer molino para que en el segundo y tercer molino mejore la extracción. El jugo extraído en cada uno de los molinos es enviado a filtración para retirar partículas diminutas de material.

8.1.1.4.4 Sistema de Filtración

La filtración es una operación importante para mantener las condiciones de calidad del jugo, específicamente con relación al color del jugo, los equipos que intervienen en ese sentido son el filtro TROMEL y el filtro DSM; el primero permite retirar las partículas de mayor tamaño, el jugo filtrado que sale del trómel pasa luego al segundo filtro donde se retiran las partículas

diminutas; que aportan alto porcentaje de color al jugo. El bagacillo recuperado del sistema de filtración retorna al conductor intermedio No 1 a través de un conductor sin fin y el jugo filtrado se almacena en un tanque de tránsito para enviarlo a la casa de elaboración.

8.1.1.5 EDIFICIO DE ELABORACION

Edificio dispuesto para efectuar todas las actividades previstas en la producción de mieles y panela; en el tenemos operaciones unitarias como almacenamiento, calentamiento, clarificación, recuperación de jugo de caña; evaporación, concentración, almacenamiento y punteo de miel.

8.1.1.5.1 Tanque de jugo crudo

Recibe el jugo de los molinos, este es un tanque de almacenamiento en tránsito para luego impulsar el jugo y que haga su recorrido por los primeros calentadores.

8.1.1.5.2 Calentadores de jugo crudo

Ejecuta las operaciones de calentamiento del jugo. El jugo que viene del tanque de crudo pasa a través de dos calentadores de placas y un calentador de contacto directo los cuales trabajan con vapores vegetales; el primero recibe vapores del quinto efecto de la evaporación, el segundo recibe los vapores del tanque de condensados comunes y el calentador de contacto directo recibe vapores del tercer efecto de la evaporación. Hecho este recorrido el jugo se almacena en el tanque de jugo encalado.

8.1.1.5.3 Tanque de jugo encalado

Aquí automáticamente se ajusta el pH del jugo con una lechada de cal previamente preparada en los tanques de almacenamiento de cal, el jugo con 62 °C de temperatura recibe la adición de la lechada de cal y se ajusta su pH en un rango entre 6,7 y 7,0; en este tanque se recibe la recuperación del jugo extraído en el filtro de cachaza y los residuos o sobrantes del proceso de clarificación de miel virgen, en el laboratorio la variable principal en este equipo es el pH, pero además se realiza toma y seguimiento de Brix.

8.1.1.5.4 Calentadores de jugo encalado

Ejecuta las operaciones de calentamiento del jugo encalado, el jugo que viene del tanque de jugo encalado pasa a través de dos calentadores de contacto directo los cuales trabajan con vapores vegetales; el primero recibe vapores del segundo efecto de la evaporación y el segundo recibe los vapores del primer efecto, el delta de temperatura logrado en este intercambio de calor es de

47 °C. La transferencia de calor que se logra permite optimizar la operación de clarificación.

8.1.1.5.5 Clarificador de Jugo

Equipo donde retiramos gran cantidad de sólidos insolubles que trae el jugo de caña. Su diseño corresponde a un tanque cilíndrico que termina en forma de cono donde se acumulan los lodos efecto de la sedimentación. Este equipo construido con láminas de acero inoxidable tiene un movimiento circular con baja velocidad para permitir la precipitación de los lodos. El jugo clarificado desaloja el equipo por la parte superior y los lodos o sedimento se retiran por la zona inferior. El jugo limpio va al tanque de jugo clarificado y los lodos se almacenan en el tanque de lodos. En este equipo al igual que en el primer molino denominado primera extracción se realizan análisis de pH, Brix, Sacarosa, Pureza y Azúcares reductores, en este equipo se desarrolla otro análisis el cual se denomina Turbiedad, el cual mide las partículas de suciedad de la muestra.

8.1.1.5.6 Tanque de Jugo Clarificado

Antes de llegar al tanque de jugo clarificado o claro, el jugo pasa por una malla fina para retirar impurezas solidas que estén presentes en el jugo y evitar incrustación en los evaporadores. La función principal del tanque consiste en mantener un nivel estable en la alimentación de los evaporadores para evitar paradas imprevistas en el sistema.

8.1.1.5.7 Calentador de jugo clarificado

Ejecuta la operación de calentamiento del jugo claro, el jugo que viene del tanque de jugo claro pasa a través del calentador de contacto directo el cual trabaja con vapores vegetales; recibe vapores del primer efecto, el delta de temperatura logrado en este intercambio de calor es de 19 °C.

8.1.1.5.8 Tanque de lodos

Los lodos sedimentados en el clarificador de jugo se descargan al tanque de lodos.

8.1.1.5.9 Mezclador de lodos

Equipo encargado de mezclar los lodos que se bombean del tanque de lodos y el polvillo o bagacillo recuperado del conductor de tablillas, este bagacillo se convierte en un medio filtrante para la operación que se ejecuta en el filtro rotatorio al vacío y su objetivo es alcanzar una alta recuperación de jugo.

8.1.1.5.10 Filtro Rotativo al Vacío

El filtro recibe la mezcla por debajo del tanque de alimentación y por efecto del vacío separa los sólidos enviando el líquido a los tanques de alto y bajo vacío, desde aquí se envía al tanque de jugo encalado. Luego descargamos la torta formada en la tolva para cachaza para su despacho. En este proceso se realiza análisis del jugo del filtro, pH, Brix, Sacarosa y Pureza. Además, se realiza análisis de cachaza de humedad.

8.1.1.5.11 Concentración de jugo

El proceso de evaporación consiste en retirar un alto porcentaje del agua contenida en el jugo dejando como resultado un jarabe viscoso que regularmente conocemos como meladura.

8.1.1.5.12 Evaporadores

Los evaporadores tienen un cuerpo cilíndrico que remata en forma de cono para facilitar el paso de jugo de un evaporador a otro (cinco instalados).

El primer evaporador recibe vapor de escape de la línea de la válvula reductora de presión o del turbogenerador si es el caso, a su vez a estos les extraemos vapores vegetales para alimentar los calentadores y el tacho. La meladura del último cuerpo sale con aproximadamente 60 grados Brix.

8.1.1.5.13 Tanque de Meladura Cruda

Su función es almacenar temporalmente la miel que se va a clarificar está construido en acero inoxidable.

8.1.1.5.14 Clarificador abierto de meladura cruda

Equipo de forma rectangular que permite la clarificación de la meladura. Su operación consiste en calentar la meladura a través de un serpentín fabricado en tubería de acero inoxidable instalado en la parte baja del tanque, combinado con un sistema de aireación pulverizada hace flotar las impurezas contenidas en la meladura dando como resultado una meladura libre de partículas y mejor color. Estos sólidos contenidos en una espuma se envían al tanque de jugo encalado. En el laboratorio se realizan análisis de pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Turbiedad y Azúcares reductores, puesto que esta es la última limpia se considera que el parámetro de mayor importancia es la turbiedad.

8.1.1.5.15 Tanque de almacenamiento de miel clarificada

Su función es almacenar temporalmente la miel clarificada que alimentara el tacho de concentración, está construido en acero inoxidable. En el laboratorio se realizan análisis de pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Turbiedad y Azucares reductores, puesto que este es el resultado final de la limpia y se debe comparar con los análisis de meladura cruda para verificar el nivel de turbiedad registrada, que por consiguiente en este proceso debe de ser menor al de la cruda.

8.1.1.5.16 Tacho

Es un cuerpo cilíndrico similar a un evaporador su calandria posee tubería de mayor diámetro. Aquí la meladura se lleva de 60 grados Brix a 70 grados Brix, además, se lleva la muestra al laboratorio para realizar los datos finales del proceso de elaboración los cuales son pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Turbiedad y Azucares reductores.

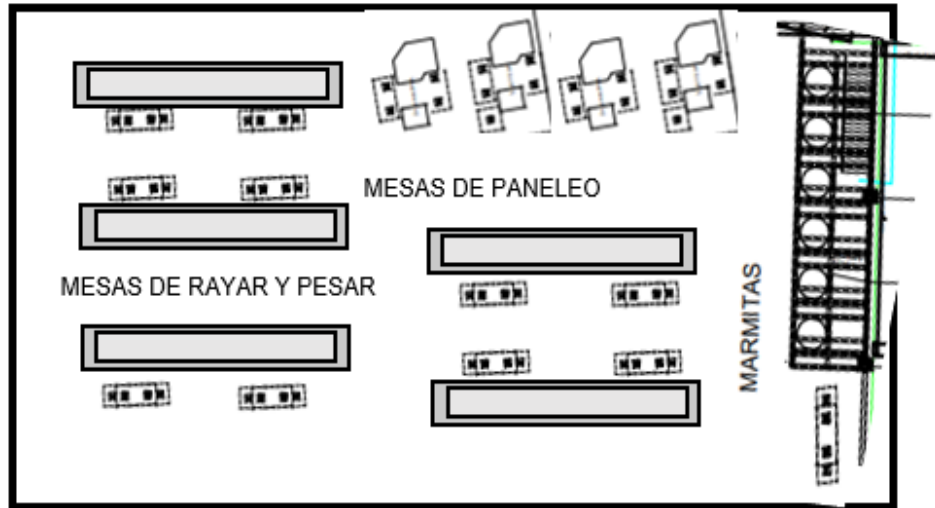
8.1.1.5.17 Tanques de almacenamiento de miel concentrada

Allí se almacena temporalmente la miel concentrada que alimenta el concentrador para punteo de panela, o en su defecto la miel que se entrega a los tanques de almacenamiento de miel para despacho. Están contruidos en acero inoxidable.

8.1.1.6 FABRICACIÓN DE PANELA

El proceso de elaboración de panela utiliza miel de 70° Brix, clarificada y en óptimas condiciones para conseguir panela de la mejor calidad e inocuidad.

Ilustración 6. Área de fabricación de panela.



Fuente: Construcción Propia

8.1.1.6.1 Concentrador de panela

Equipo encargado de procesar la miel de 70 grados Brix y entregar miel con punto de panela a 94 grados Brix; esto se logra a través de la inyección de vapor y vacío, además de la adición de ácido fosfórico y antiespumante de origen vegetal para dar garantía a la calidad de la miel para panela. Esta miel se descarga de manera continua en unas bateas de acero inoxidable donde se dará el secado.

8.1.1.6.2 Secado de la Panela

El secado de la panela es hecho en bandejas de acero inoxidable donde la miel que salió del concentrador se agita manualmente hasta conseguir una consistencia semidura que permita el amasado, allí se evalúan tiempos de cocción y temperatura ya que es esencial un buen manejo de aireador para eliminar el oxígeno y ayudar a generar un buen color.

8.1.1.6.3 Moldeo de la Panela

En esta operación utilizaremos bandejas más profundas que las de secado para acumular suficiente masa y comenzar su moldeo. Dependiendo del cliente existen varias formas de presentación o de moldeo. Actualmente se producen redonda, gaveriada, piloncillo, cuadrada, rectangular, fraccionada, pulverizada. Para rectificar el proceso se deben tener en cuenta una serie de parámetros de calidad; en cuanto a análisis de laboratorio se realiza la Humedad, Sedimentación, Brix, Sacarosa, Pureza, Turbiedad, Color y Azúcares reductores, Por parte de calidad de apariencia, se realizan análisis organolépticos de color, olor y sabor.

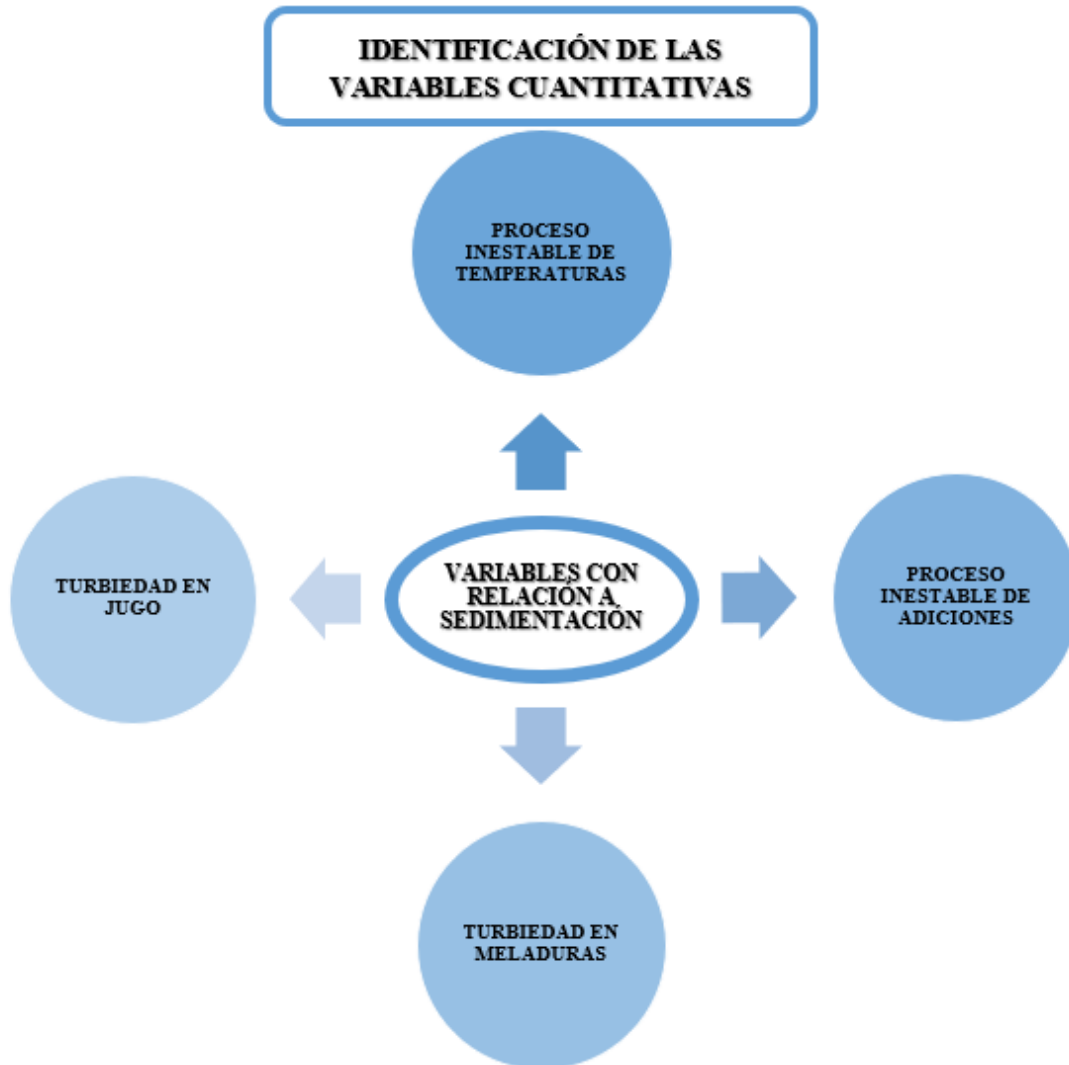
8.1.1.6.4 Empacado de la Panela

Una vez la panela ha sido moldeada y enfriada lo suficiente, se verifica el peso correspondiente a cada referencia fabricada, teniendo en cuenta las tolerancias establecidas, posteriormente después de la verificación por la calibradora y el área de calidad, la panela es empacada en bolsa plásticas (grado alimenticio) denominada termo encogible. Se rectifican parámetros organolépticos como termo roto, deforme, efecto nucita, entre otros, ya que este es el último filtro se rechaza las unidades que tengan algún defecto antes mencionado, Después de esta operación los paquetes son empacados en cajas de cartón corrugado con su respectivo lote y día de fabricación.

8.1.1.6.5 Almacenamiento y despacho

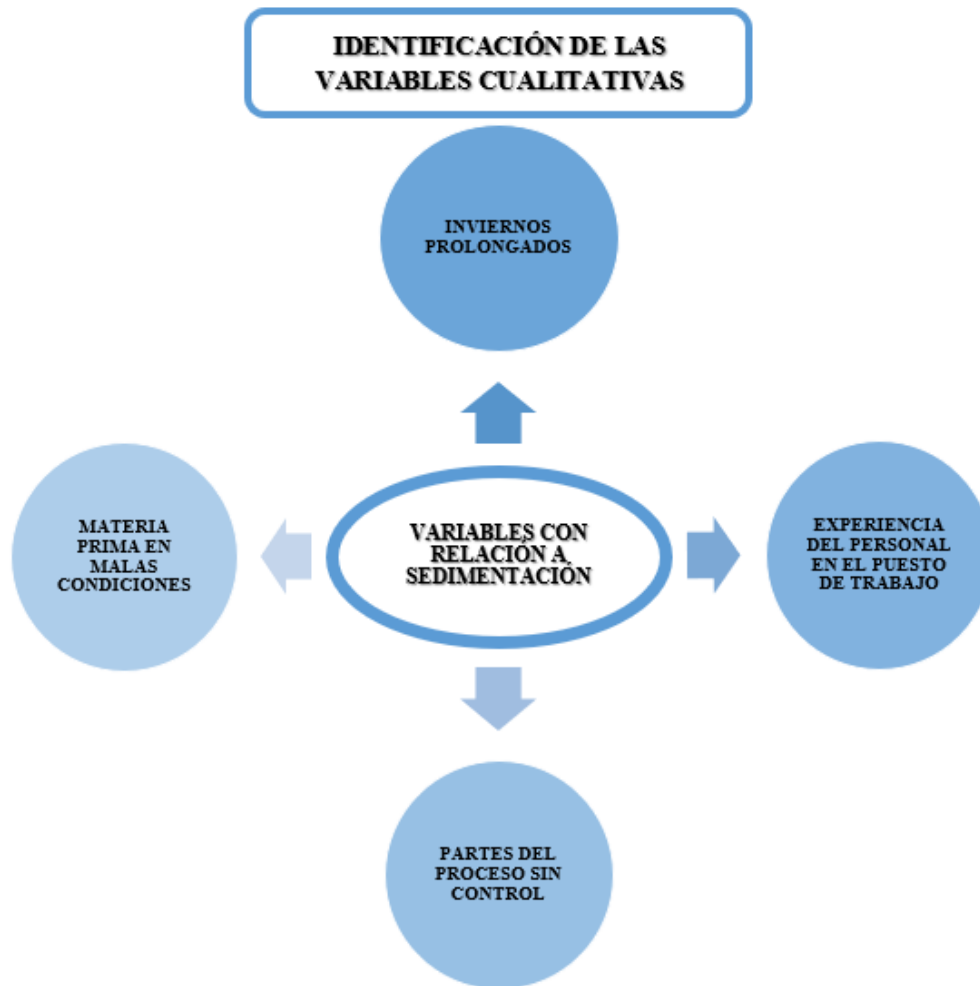
El almacenamiento de las cajas de panela se realiza en una bodega que garantice la conservación del producto y fácil acceso para el despacho de los camiones transportadores, se verifica además que las cajas no queden en el piso del vehículo transportador sino estibadas, además preferiblemente que sea de uso exclusivo de transporte de alimentos, ya que esto evita una contaminación cruzada que pueda generar un daño al producto y finalmente al consumidor.

Ilustración 7. Identificación de las variables cuantitativas.



Fuente: Construcción Propia

Ilustración 8 Identificación de las variables cualitativas.



Fuente: Construcción Propia

8.1.2 Desarrollo de los objetivos “Medir las variables que intervienen en el proceso” y “Diseñar un modelo de control estadístico”.

En la siguiente tabla se presenta la metodología mediante la cual se desarrollan los Objetivos 2 y 3 del presente trabajo:

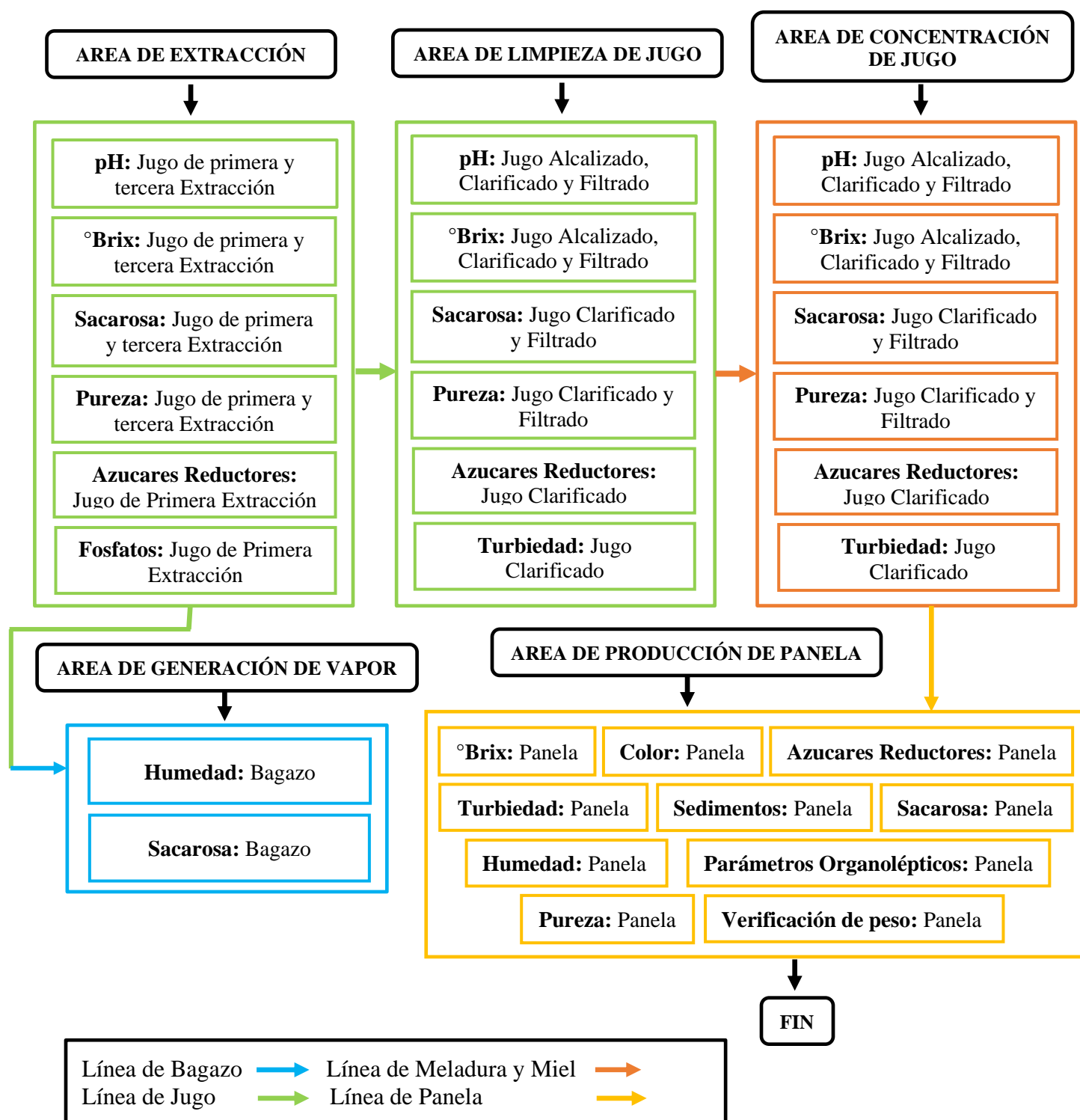
Tabla 4. Desarrollo de los Objetivos 2 y 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO PARA LOGRAR LA CONSECUENCIA DEL OBJETIVO
Medir las variables del proceso que intervienen en el proceso.	<p>¿Qué datos influyen en las variables del proceso de elaboración de la panela que generen incremento de sedimentación o disminuyen la calidad final de la panela que se puedan controlar para tener una panela con mínimos sedimentos?</p> <p>¿Cómo se pueden aplicar modelos estadísticos idóneos para el estudio?</p>	<p>✓ Realizar análisis fisicoquímicos de jugos, mieles y panela: pH, Brix, Sacarosa, Pureza, Azúcares Reductores, Turbiedad, sedimentos y fosfatos.</p>
Diseñar un modelo de control estadístico.		<p>✓ Clasificar los datos importantes en Excel que se correlacionen con la sedimentación en panela.</p>

Fuente: Construcción Propia

La siguiente ilustración presenta el Flujograma de la planta del Trapiche Biobando en la actualidad.

Gráfica 2. Diagrama de flujo de análisis de laboratorio



Fuente: Diagrama de flujo de los análisis de laboratorio que practica el Trapiche Biobando S.A.S en cada área.

Para la elaboración del diseño de modelo de control estadístico propuesto, se parte de la revisión de los datos entregados por el área de calidad de los análisis de laboratorio entregados en un periodo de tiempo comprendido entre Octubre y Febrero, se realiza el análisis y depuración de los datos, para así poder desplegar la metodología para la elaboración del diseño de modelo de control estadístico, incluyendo la elaboración del Diagrama Causal, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, aplicación de las 5S y Lean Six Sigma en el proceso para finalmente realizar con las variable problema el diseño del modelo de control estadístico.

8.1.2.1 Diagrama Causal.

- **Descripción del proceso**

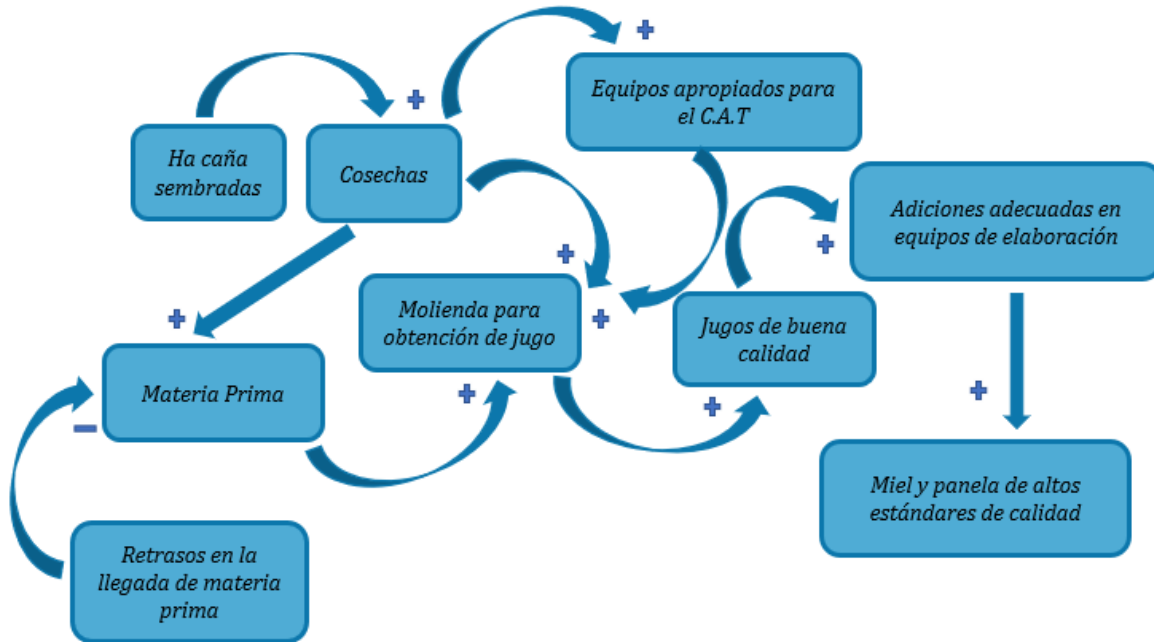
El Trapiche Biobando S.A.S, se ha dedicado a la elaboración de mieles y panela durante 5 años, ha planteado su direccionamiento en cumplir los objetivos de calidad, los cuales se basan en que todos sus productos se distingan por su excelente calidad e inocuidad. Las variables que se identificaron durante el proceso que afectan directamente a la sedimentación es la turbiedad durante la fabricación de jugos y mieles.

Con este diagrama se busca determinar las relaciones que existente entre las variables del proceso con los objetivos definidos para el desarrollo del diseño de control estadístico del proceso, de modo que se logre un mejor entendimiento del sistema para la reducción de sedimentación en producto final y en la posterior aplicación de herramientas estadísticas poder verificar las hipótesis planteadas.

- **Variables**

- ✓ Materia Prima.
- ✓ Ha caña sembradas.
- ✓ Cosechas.
- ✓ Retrasos en la llegada de materia prima.
- ✓ Equipos apropiados para el C.A.T
- ✓ Adiciones adecuadas en el edificio de elaboración.
- ✓ Molienda para la obtención de jugo.
- ✓ Jugos de buena calidad.
- ✓ Miel y panela de altos estándares de calidad.

Ilustración 9. Diagrama Causal



Fuente: Construcción Propia

• Relaciones Funcionales

- ✓ Relación 1. Entre más hectáreas de caña sembradas, mayor puede ser la cosecha, esto teniendo en cuenta que haya los equipos apropiados para el C.A.T y que las condiciones de la materia prima sean favorables se puede generar una molienda para la obtención de jugo mejor y más eficiente, generando jugos de buena calidad, controlando las temperaturas y adiciones adecuadas en equipos de elaboración se obtiene panela con los parámetros adecuados.
- ✓ Relación 2. Entre más hectáreas de caña sembradas, mayor puede ser la cosecha, pero muchas veces debido a los retrasos en la llegada de materia prima a fabrica y a los factores climáticos relacionados no se genera una materia prima en óptimas condiciones, por lo que genera menos propiedades en la materia prima, lo que conlleva que la panela salga fuera de los rangos pertinentes.
- ✓ Relación 3. Si hay una caña optima y su llegada a fabrica es en el tiempo establecido y se genera jugos de buena calidad y las adiciones se hacen de forma adecuada en los equipos de elaboración, se va a tener como resultado mieles con buenas condiciones de trabajo lo que genera panela de altos estándares de calidad.

- **Bucles**

- ✓ Un bucle positivo relacionado las hectáreas de caña sembrada y la cosecha obtenida, teniendo en cuenta los equipos apropiados para el C.A.T, lo que genera una mejor molienda y rendimientos en proceso.
- ✓ Un bucle positivo relacionado con la obtención de jugos de buena calidad que con las adiciones apropiadas se obtiene miel y panela de altos estándares de calidad e inocuidad.
- ✓ Un bucle positivo relacionado con que no haya retrasos en la materia prima para que no se pierdan las propiedades de la caña y se obtengan todos los beneficios que tiene el jugo en buenas condiciones.

8.1.2.2 Diagrama de Pareto.

❖ **Empresa:** Trapiche Biobando S.A.S

❖ **Meta:** Obtener panela de alta calidad sin generar más de 4% de sedimentación en cada muestra.

❖ **Problema:** La panela tiene muchos criterios de rechazo, uno de ellos son los sedimentos o denominados por las ama de casa “cunchos”, esto es un parámetro de calidad grave, ya que este factor está ligado a malas clarificaciones tanto de jugo como de meladura, debido a suciedad externa que pueden ser directamente de la caña o malas adiciones del edificio de elaboración, es decir que la caña de azúcar (materia prima) influye principalmente a la calidad de la fabricación de la panela, sin embargo cuando se reportan impurezas (hoja, cogollo, chusquin) y en temporadas de lluvia la clarificación se complica arrojando turbiedades de más de 300 NTU, el cual ya es un valor crítico para el proceso.

Tabla 5. Lluvias de ideas.

LLUVIA DE IDEAS	
1	Materia prima con impurezas, tierra, cogollo, chulquin, etc
2	Jugos extremadamente sucios
3	Turbiedad alta de jugos en el clarificador de elaboración.
4	Turbiedad alta de meladuras en el caldero de elaboración.
5	Exceso de cal en el proceso.
6	Malas adiciones de floculante.
7	Poca capacitación al personal operativo de elaboración.
8	Equipos de medición mal calibrados.
9	Mala comunicación por parte de los operarios
10	Malas adiciones de ácido fosfórico

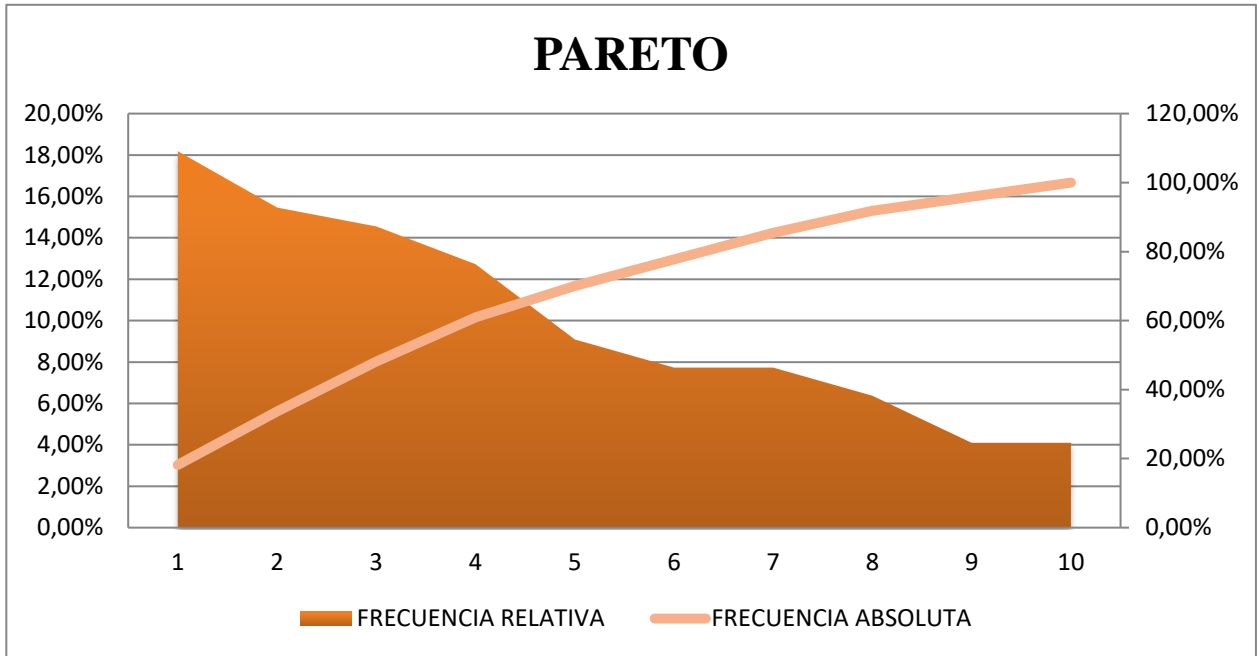
Fuente: Construcción Propia

Tabla 6. Resultados del diagrama de Pareto.

NÚMERO	CAUSA	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	TOTAL	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA
1	Materia prima con impurezas, tierra, cogollo, chulquin, etc	10	10	10	10	40	18.18%	18.18%
2	Jugos extremadamente sucios	7	9	9	9	34	15.45%	33.64%
5	Turbiedad alta de jugos en el clarificador de elaboración.	8	8	8	8	32	14.55%	48.18%
4	Turbiedad alta de meladuras en el caldero de elaboración.	9	6	7	6	28	12.73%	60.91%
3	Exceso de cal en el proceso.	4	7	4	5	20	9.09%	70.00%
9	Malas adiciones de floculante.	3	2	5	7	17	7.73%	77.73%
6	Poca capacitación al personal operativo de elaboración.	2	5	6	4	17	7.73%	85.45%
8	Equipos de medición mal calibrados.	5	3	3	3	14	6.36%	91.82%
7	Mala comunicación por parte de los operarios	1	4	2	2	9	4.09%	95.91%
10	Malas adiciones de ácido fosfórico	6	1	1	1	9	4.09%	100.00%
						220		

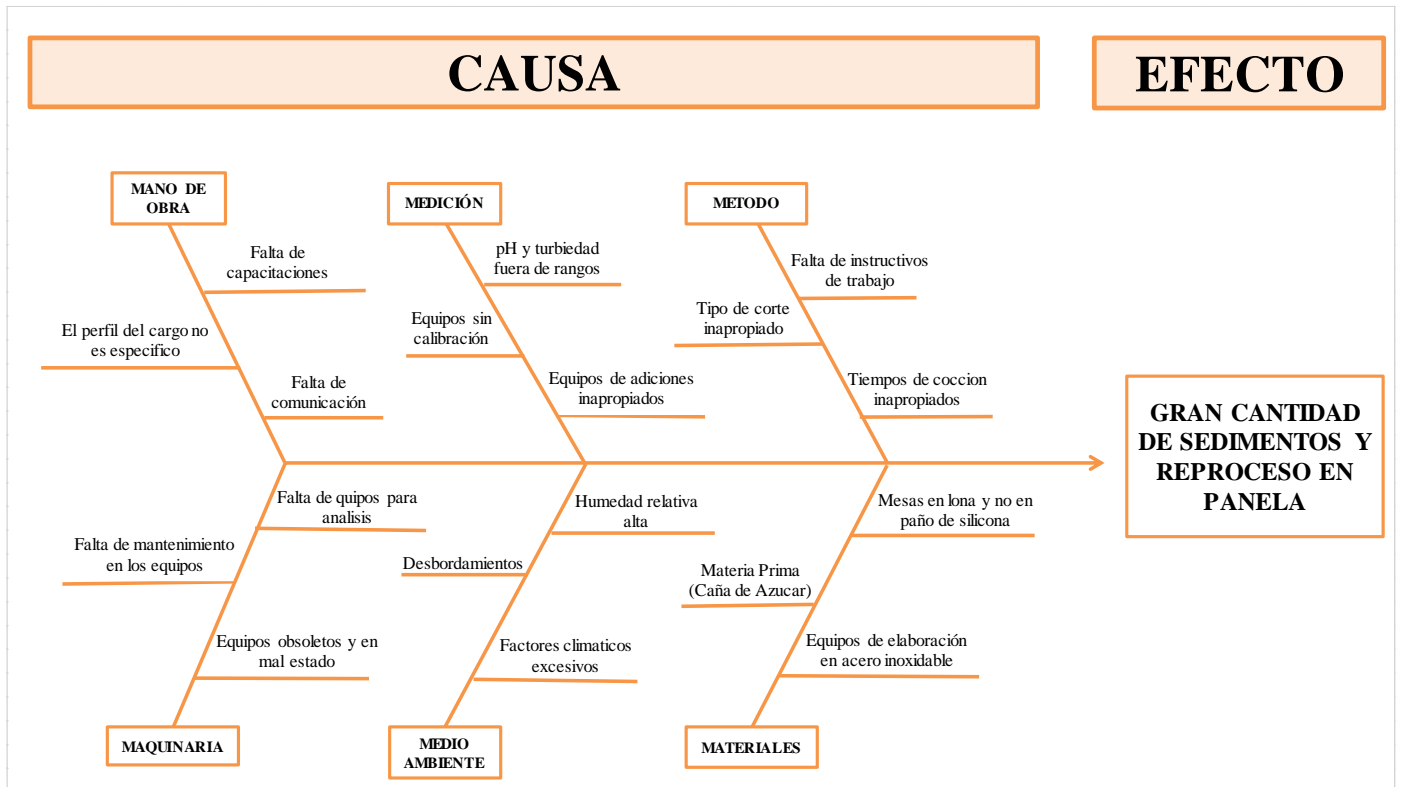
Fuente: Construcción Propia.

Grafica 3. Diagrama de Pareto.



Fuente: Construcción Propia.

8.1.2.3 Diagrama de ISHIKAWA



Fuente: Construcción Propia.

8.1.2.4 Aplicación de las 5S y Lean Six Sigma

5's es el fundamento para la implementación de la filosofía Lean. Sus inicios parten en la empresa Toyota, la cual construyeron y utilizaron con el fin de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

Los objetivos principales de la aplicación de las 5 s en el Trapiche Biobando S.A.S son:

- ✓ Incrementar la productividad en la molienda, edificio de elaboración y panelería.
- ✓ Mejorar la calidad de los juegos, mieles y panela mediante las actividades que se realizan en su respectiva fabricación.

Sus principales beneficios fueron:

- ✓ Cero retrasos en las entregas de los equipos de jugo a miel y de miel a panela.
- ✓ Cero insatisfacciones de clientes en cuanto a sedimentación.
- ✓ Cero pérdidas representadas en dinero.

Su principal utilidad en la empresa fue:

- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo y la moral del personal.
- ✓ Reducir los gastos de tiempo y energía.
- ✓ Reducir los riesgos de accidentes.
- ✓ Mejorar la calidad de la producción.
- ✓ Permite el trabajo en equipo.

La primera técnica que se empleó cuenta con 5 pasos sencillos expresados en cinco palabras de origen japonés que inician con la letra "S" las cuales son las siguientes:

- **Seiri (Seleccionar):** Esta etapa consistió en clasificar todo lo que se considere como necesario y lo innecesario, con el fin de eliminar del proceso todo lo que tenga que ver con el último criterio. Su ejecución se basó en identificar si los elementos del área de molinos, elaboración y panelería, posteriormente se verificó que los considerados desperdicios puedan ser útiles en otra área, si por el contrario los desperdicios son obsoletos se descartaron, por otro lado, los equipos que se encontraban dañados y eran necesarios para el proceso se llevaron a reparación. En la revisión por parte de calidad a las áreas se utilizaron tarjetas de colores para identificar cada una de las tres categorías anteriores y frecuentemente se realizaron revisiones de los elementos del área para tomar decisiones bajo la siguiente metodología:

- *Necesidad Baja (Blanco)*: significaba que en esa área de trabajo no era requerido o no era indispensable ese elemento; por tal razón algunos elementos se debieron reubicar, los que no tenían utilidad se eliminaron o se ubicaron a distancia del sitio de trabajo.
 - *Necesidad Media (Verde)*: Uso ocasional en el turno; para esto se tenían dispuestas unas áreas estipuladas en el sitio de trabajo con el fin de ubicar en un espacio central los objetos necesarios, además de los insumos controlados de cada área, se manejaron directamente desde la bodega de almacenamiento o desde el laboratorio del área de calidad.
 - *Necesidad Alta (Rojo)*: Uso constante; para esto se reubicaron en lugares cercanos al puesto de trabajo, mediante la creación de gabinetes, cajones o estantes. Su principio es solo lo que se necesita, en la cantidad que se necesita y cuando se necesita.
- **Seiton (Ordenar)**: Posteriormente se clasificaron los ítems por uso y se dispusieron como corresponde para minimizar el tiempo de búsqueda, esfuerzo y ubicación en el mismo lugar después de usado; se identifican los elementos y materiales del área usando rótulos, colores o contornos de tal manera que sea visible cuando falta el elemento asignado a un lugar específico. Su principio es un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
 - **Seiso (Limpiar)**: En esta fase se identificaron y se eliminaron todos los focos de suciedad y se ejecutaron las actividades necesarias para evitar nuevamente su aparición; se determinaron las metas de limpieza, las responsabilidades, los métodos y las herramientas. Su principio es el lugar más limpio no es el más se asea si no el que menos se ensucia.
 - **Seiketsu (Estandarizar)**: Consistió en lograr que los métodos, procedimientos, actividades y prácticas se siguieran ejecutando consistentemente y de manera regular para asegurar el cumplimiento de las 3S anteriores. Tiene un aspecto importante como es la identificación de actividades irregulares o anómalas que no cumplen con los estándares ya establecidos. Su principio es dilo que haces, haz lo que dices y demuéstalo.
 - **Shitsuke (Disciplina)**: Los involucrados en cada área de trabajo y mediante la supervisión de su jefe de área, debieron constantemente practicar las 4S anteriores con el objetivo de tener una mejora continua; en esta fase se pretendió que los procedimientos se convirtieran en hábitos.

Se identificaron los problemas más notables de cada área, posteriormente se identificaron y se denominaron en las clasificaciones antes mencionadas, la idea de aplicar las 5s en las áreas de fabricación, es mejorar cada puesto de trabajo, desde puesto de trabajo del operador, para que su ambiente laboral sea más factible y cómodo, hasta la mejora de la realización de las tareas asignadas para que se manejen las temperaturas, adiciones y tiempos adecuados.

Tabla 7. Resultados de la observación en cada área de trabajo.

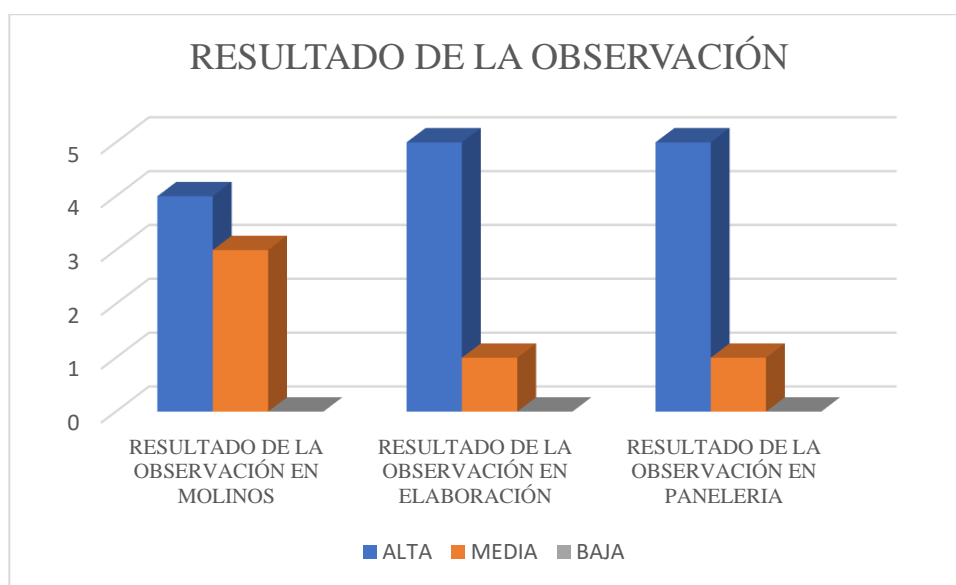
RESULTADO DE LA OBSERVACIÓN EN MOLINOS	CRITERIO
Herramientas de mecánica tiradas en el piso, sin un puesto fijo en el área.	<u>MEDIA</u>
Falta de limpieza y desinfección en paredes, techos y equipos de molienda.	<u>ALTA</u>
Equipos de corte o de pulir fuera del almacén de insumos.	<u>MEDIA</u>
Falta de conocimiento del operario ya sea por no estar capacitado o por no poner atención	<u>ALTA</u>
La búsqueda de materiales requiere de mucho más tiempo del estimado puesto que no existe orden, áreas demarcadas e identificadas.	<u>ALTA</u>
No se cuenta con solo lo necesario para trabajar, ya que existen otros elementos ajenos que no deberían almacenarse allí (motores y herramientas).	<u>ALTA</u>
No existen lugares demarcados para el material de trabajo, se ubica en cualquier sitio del área.	<u>MEDIA</u>
RESULTADO DE LA OBSERVACIÓN EN ELABORACIÓN	CRITERIO
Herramientas y taburetes de madera que no son necesarios en elaboración.	<u>ALTA</u>
Falta de limpieza y desinfección en paredes, techos y equipos de elaboración.	<u>ALTA</u>
Insumos químicos fuera del almacén o del área correspondiente de custodia.	<u>ALTA</u>
Falta de conocimiento del operario ya sea por no estar capacitado o por no poner atención	<u>ALTA</u>
No existen lugares demarcados para el material de trabajo, se ubica en cualquier sitio del área.	<u>ALTA</u>
Los insumos utilizados para la preparación del floculante y el encalado se encuentran desorganizados y no tiene identificación.	<u>MEDIA</u>
RESULTADO DE LA OBSERVACIÓN EN PANELERIA	CRITERIO
No hay marcaciones ni identificaciones de los elementos a usar	<u>ALTA</u>
En el área no existen botes de la basura para la clasificación de los residuos.	<u>MEDIA</u>
No se cuenta con solo lo necesario para trabajar, ya que existen otros elementos ajenos que no deberían almacenarse allí.	<u>ALTA</u>
Las zonas no están demarcadas por lo tanto los diferentes materiales se tornan desordenados.	<u>ALTA</u>
Los espacios para ubicar el material no son respetados, este se ubica en cualquier sitio del área.	<u>ALTA</u>
El piso de panelería no es de fácil acceso para su limpieza, las paredes no se encuentran en buen estado.	<u>ALTA</u>

Fuente: Construcción Propia

La consolidación de los resultados anteriores se resume en la Grafica 4, donde se observa para todas las áreas de trabajo los aspectos a mejorar en cuanto a la estrategia 5S y con alta

importancia comprenden la gran mayoría del total de los puntos evaluados, mientras que en los puntos medios se empiezan a mejorar desde la identificación, puntos bajos no se detectaron en ninguna área.

Grafica 4. Resultado de la observación de las áreas de molinos, elaboración y panelería.



Fuente: Construcción Propia

8.1.2.5 Diseño del modelo de control estadístico.

Se recopilaron datos de todas las etapas de producción, (jugo de primera extracción, jugo de tercera extracción, jugo diluido, jugo alcalizado, jugo clarificado, meladura cruda, meladura clarificada, tacho, panela) en donde se analizaron los análisis correspondientes, (pH, ° Brix, Sacarosa, Pureza, Azúcares Reductores, Fosfatos, Turbiedad, Humedad, Color, Sedimentos). Se evaluó desde el mes octubre del 2021, hasta el mes de febrero del 2022, se realizan cortes en periodos de molienda semanales, donde después de obtener todos los meses de análisis se determinó realizar el estudio con las turbiedades del proceso.

Se llevó a cabo el estudio con la turbiedad de jugo clarificado, meladura cruda, meladura clarificada y tacho, ya que está demostrado que el resultado final de la sedimentación es producido por la cantidad de mugre o turbiedad del proceso, posteriormente se realiza una tabla con la recopilación de datos de turbiedad por promedio final de molienda con el fin de detectar los puntos de control y analizar las causas de los picos de turbiedad (Tabla 8).

Finalmente, se evaluó individualmente la turbiedad de cada una de los jugos, meladuras y mieles

donde se realizó un promedio de cada semana, en cada etapa se obtuvieron sus respectivos límites de especificación (dados por la empresa) y límites de control (obtenidos de los resultados del proceso durante los meses antes mencionados), posteriormente se graficó los resultados con las líneas de tendencia de cada control, donde después se calcula el Índice de capacidad potencial del proceso (Cp), Índice de capacidad real del proceso (Cpk), Capacidad del proceso superior (Cps), Capacidad del proceso inferior (Cpi) de cada una.

Tabla 8. Recopilación y tabulación de análisis del proceso.

TURBIEDADES DEL PROCESO				
SEMANAS	Turbiedad J. Clarificado	Turbiedad M. Cruda	Turbiedad M. Clara	Turbiedad Tacho
1	246.6	204.4	53.0	40.0
2	224.0	301.4	70.0	48.8
3	113.1	324.5	28.8	25.2
4	92.9	152.8	34.3	36.0
5	70.7	207.0	17.0	26.9
6	154.0	166.9	54.9	39.8
7	99.7	166.5	27.9	38.8
8	150.4	270.2	66.6	66.2
9	180.7	240.6	60.7	54.1
10	183.2	180.0	68.9	52.4
11	182.1	203.3	63.0	56.1
12	172.1	201.8	62.7	55.9
13	151.5	169.8	57.9	50.1
14	198.8	222.7	61.6	51.9
15	217.0	263.8	80.9	65.4
16	179.2	188.2	53.9	47.0
17	205.0	220.6	58.1	55.1

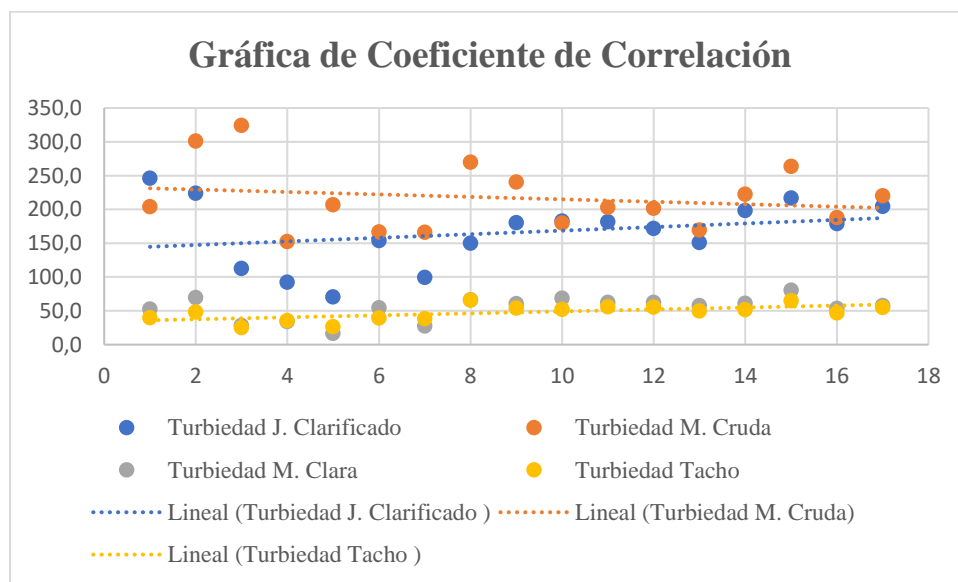
Fuente: Construcción Propia

Tabla 9. Resultado del Coeficiente de correlación de los procesos a evaluar.

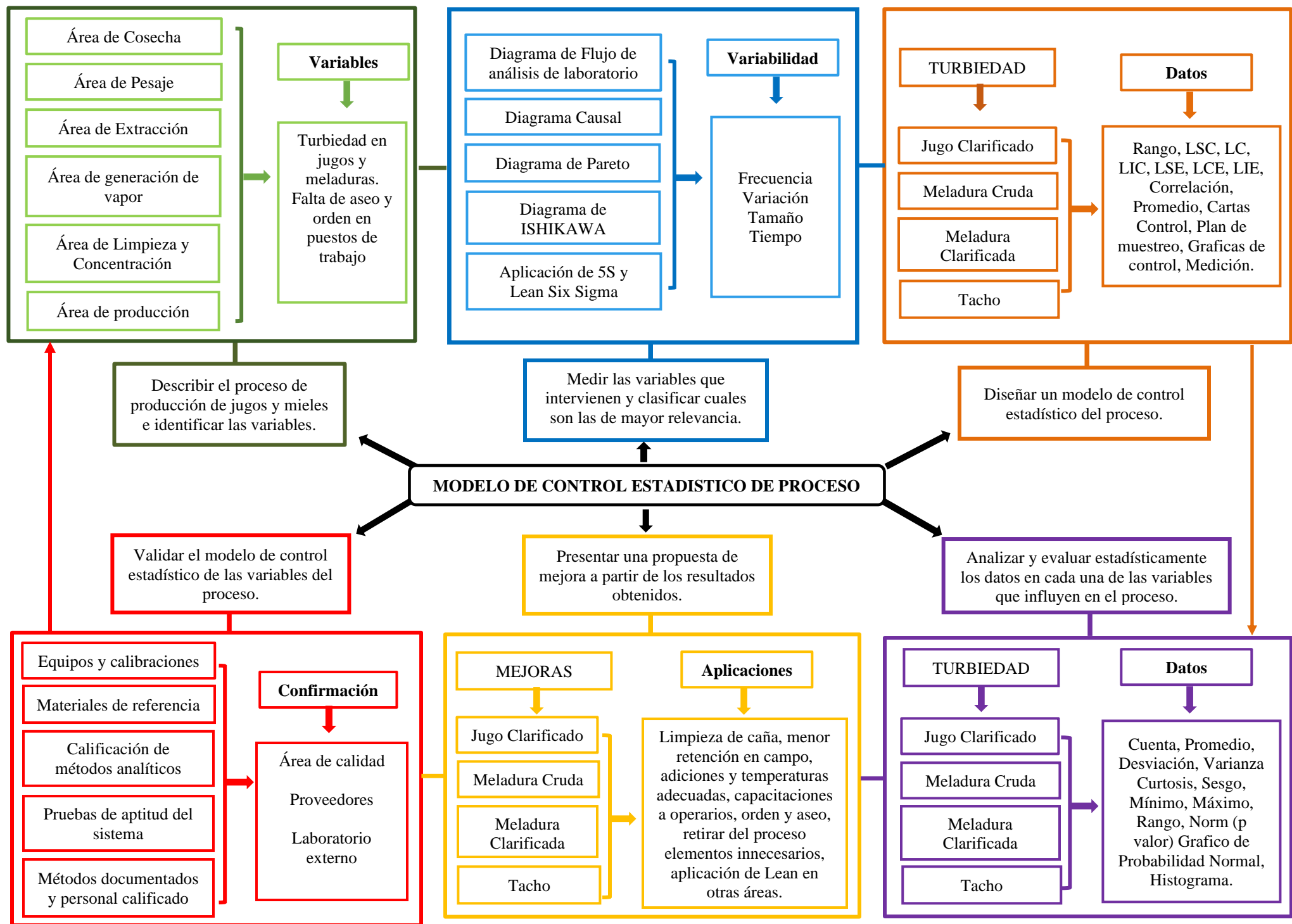
	<i>Turbiedad J. Clarificado</i>	<i>Turbiedad M. Cruda</i>	<i>Turbiedad M. Clara</i>	<i>Turbiedad Tacho</i>
Turbiedad J. Clarificado	1			
Turbiedad M. Cruda	0.243970692	1		
Turbiedad M. Clara	0.813929475	0.20126279	1	
Turbiedad Tacho	0.599378282	0.11650201	0.88452209	1

Debido a los valores obtenidos en la correlación se puede interpretar que existen correlaciones débiles (Entre 0,10 y 0,29), moderadas (Entre 0,30 y 0,50) y fuertes positivas (Entre 0,50 y 1,00), lo que verifica que existe una dependencia de los resultados en cada proceso, por lo cual corrobora que se debe de tener en cuenta las variables del proceso como temperatura y adiciones para eliminar la mayor cantidad de suciedad (turbiedad) desde la primera etapa del proceso (Jugo Clarificado) hasta la última (Tacho).

Grafica 5. Resultado del Coeficiente de correlación de los procesos a evaluar.



Gráfica 6. Diagrama del modelo de Control Estadístico de procesos



8.1.2.6 Jugo Clarificado

Se rectifica con los parámetros de calidad de la empresa para sacar los límites de especificación de esta etapa del proceso, posteriormente mediante las cartas de control se realizan los límites de control, el rango y se grafica con el fin de detectar los puntos de control e identificar que pasa en cada semana fuera del rango tanto de especificación como de control.

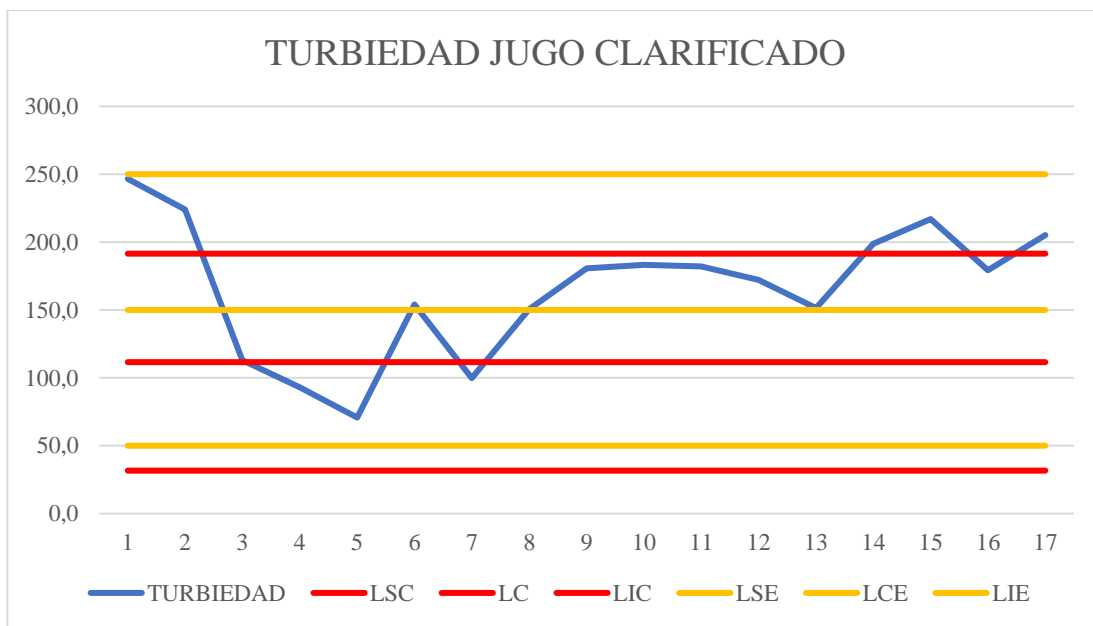
Tabla 10. Datos obtenidos de Jugo Clarificado.

TURBIEDAD	RANGO	LSC	LC	LIC	LSE	LCE	LIE
246.6	133.1	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
224.0	129.5	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
113.1	118.4	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
92.9	93.4	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
70.7	55.2	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
154.0	91.6	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
99.7	145.9	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
150.4	235.5	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
180.7	32.8	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
183.2	59.0	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
182.1	86.5	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
172.1	63.4	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
151.5	0.0	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
198.8	222.0	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
217.0	278.2	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
179.2	88.9	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00
205.0	63.3	191.5	111.56	31.6	250.00	150.00	50.00

Fuente: Construcción Propia

Se analizaron 17 semanas de molienda, en donde se analizaron los diferentes promedios, por tal razón se fueron llevando a resultados calificativos se evidencio que los picos más relevantes en turbiedad se enfocan en las temporadas climáticas, ya que en estas semanas hubo gran cantidad de lluvia, por lo que la caña estaba más sucia que de costumbre; actualmente el trapiche no cuenta con sistema de lavado de caña por lo que en los meses de verano la caña no sufre modificaciones, pero en los meses de invierno la alzadora recoge además de caña, piedras, cogollo y gran cantidad de lodo o tierra, por otra parte los factores más relevantes del Corte, Alce y Transporte, (C.A.T) se ven perjudicados por las intensas lluvias, se identificó además que debido al estado en que se encontraba el lote, no había paso para los vagones y la alzadora, por tal motivo la retención de caña en el lote ocasiono que esta se empezara a deteriorar y el jugo no saliera de la mejor manera, teniendo en cuenta que además los vagones utilizados en la empresa son más pequeños que los normales por tal razón más inestables, lo que ocasiona varadas inminentes.

Grafica 7. Turbiedad del jugo clarificado con sus respectivos límites.



Fuente: Construcción Propia

Se tiene en cuenta que este equipo además es cerrado y antes del jugo de este proceso llegar a este lugar sufre de unos cambios de temperatura y adiciones de floculante, las cuales son controladas por equipos automatizados, pero preparadas por los operarios lo que puede ocasionar también preparaciones de floculante no tan eficientes si se cambia de operario. Se puede considerar que en esta etapa del proceso la turbiedad suministrada por la investigación cumple en gran parte con los límites de control, exceptuando en las semanas 1, 2, 14, 15 y 17, las cuales no cumplió con las expectativas dadas por los límites de control, por otro lado los límites de especificación del proceso si cumplieron a cabalidad, lo que quiere decir que el

proceso debe sufrir mejoras, porque aunque se esté trabajando bien y se vean reflejadas las ganancias se debe controlar con los parámetros que no tienen control en este momento como lo son la preparación, las adiciones y la limpieza previa de la caña. Finalmente se realiza el cp el cual dio como valor 0.546545485 y el cpk que dio 0.174633156, se puede comprobar que por todas las fallas antes mencionadas existe mucha variabilidad en el proceso y se considera que no es un proceso capaz.

8.1.2.7 Meladura Cruda

Se rectifica con los parámetros de calidad de la empresa para sacar los límites de especificación de esta etapa del proceso, posteriormente mediante las cartas de control se realizan los límites de control, el rango y se grafica con el fin de detectar los puntos de control e identificar que pasa en cada semana fuera del rango tanto de especificación como de control.

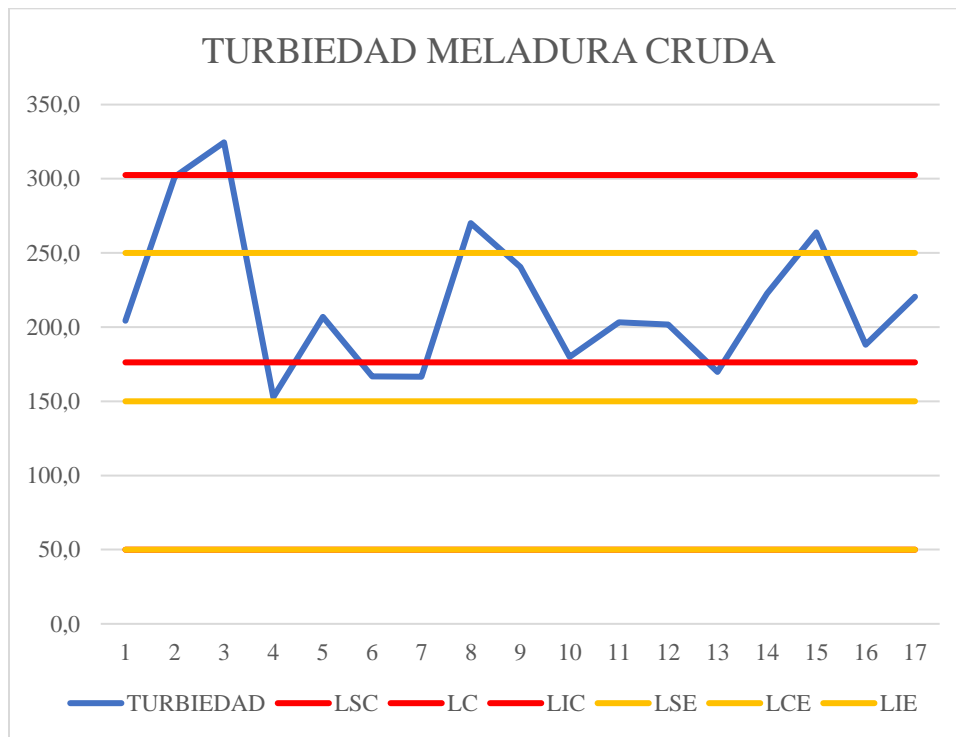
Tabla 11. Datos obtenidos de Meladura Cruda.

TURBIEDAD	RANGO	LSC	LC	LIC	LSE	LCE	LIE
204.4	36.0	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
301.4	128.6	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
324.5	251.5	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
152.8	44.5	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
207.0	519.6	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
166.9	125.0	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
166.5	276.6	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
270.2	508.2	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
240.6	167.4	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
180.0	36.2	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
203.3	204.0	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
201.8	53.2	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
169.8	0.0	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
222.7	196.3	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
263.8	214.1	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
188.2	127.1	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00
220.6	108.2	302.5	176.26	50.0	250.00	150.00	50.00

Fuente: Construcción Propia.

Se analizaron 17 semanas de molienda, en donde se analizaron los diferentes promedios, por tal razón se fueron llevando a resultados calificativos se evidencio que los picos más relevantes en turbiedad se enfocan en las temporadas climáticas, en este proceso se evidenciaron dos factores relevantes que pudieron afectar los resultados, el primero como en jugo clarificado fue los factores climáticos y la falta de equipos de limpieza de caña antes de la molienda, puesto que la meladura del caldero es el resultado del jugo clarificado, pues el clarificador entrega el jugo a los 5 evaporadores de la planta los cuales se encargan de aumentar los ° Brix del jugo, el caldero se considera la segunda limpia y es manual, realizada por un operario que se encarga de remover la suciedad con una cuchara gigante, pero como se mencionó anteriormente al ser la segunda limpia se puede mejorar el proceso si se recibe con turbiedades bajas, es decir que el clarificador envíe el jugo lo más limpio posible, por esta razón la limpieza de la caña pero la de los equipos también juega un papel fundamental en la operación, por otro lado durante este estudio por motivos de accidentalidad se cambió de operario de clarificación lo que genero descontrol del proceso, donde quedó demostrado que la experiencia y las capacitaciones juegan un papel fundamental en el proceso.

Grafica 8. Turbiedad de la Meladura Cruda con sus respectivos límites.



Fuente: Construcción Propia

Este es un equipo abierto, en este punto la experiencia del operario es fundamental ya que debe de estar capacitado para esta labor, puesto que se necesita conocer el manejo y la adición del floculante y cal al proceso, en la semana 3 se pudo identificar un pico que se salía de los límites de control y de especificación, teniendo en cuenta los resultados entregados por el clarificador en esa semana de proceso, la meladura no debió sobrepasar los límites, se investigó afondo y por esos días se pudo identificar que ocurrió un cambio imprevisto del operario, se colocó a una persona que tenía conocimiento sobre el puesto de trabajo pero por falta de continuidad habían ciertas cosas en las que fallaba, ya que no hubo un empalme apropiado del puesto, debido al accidente laboral del operario habitual, llevando a cometer en esta área errores que se pudieron evitar si el operario hubiera tenido una buena capacitación de su nuevo lugar de trabajo; este puesto requiere la preparación de cal y floculante los cuales ayudan a que los sedimentos floten y se puedan limpiar a su totalidad, en la gráfica 8 se puede observar que el mínimo de especificación es igual al de control, lo ideal sería que diera por debajo de estos, pero por el contrario, 4 datos están fuera de la especificación y uno fuera de control lo que quiere decir que el proceso debe mejorar, porque aunque no se reflejen perdidas no está al 100% de su eficiencia. Finalmente se realiza el cp el cual dio como valor 0.526006081 y el cpk que dio 0.357395869, se puede comprobar que por todas las fallas antes mencionadas existe mucha variabilidad en el proceso y se considera que no es un proceso capaz.

8.1.2.8 Meladura Clarificada

Se rectifica con los parámetros de calidad de la empresa para sacar los límites de especificación de esta etapa del proceso, posteriormente mediante las cartas de control se realizan los límites de control, el rango y se grafica con el fin de detectar los puntos de control e identificar que pasa en cada semana fuera del rango tanto de especificación como de control.

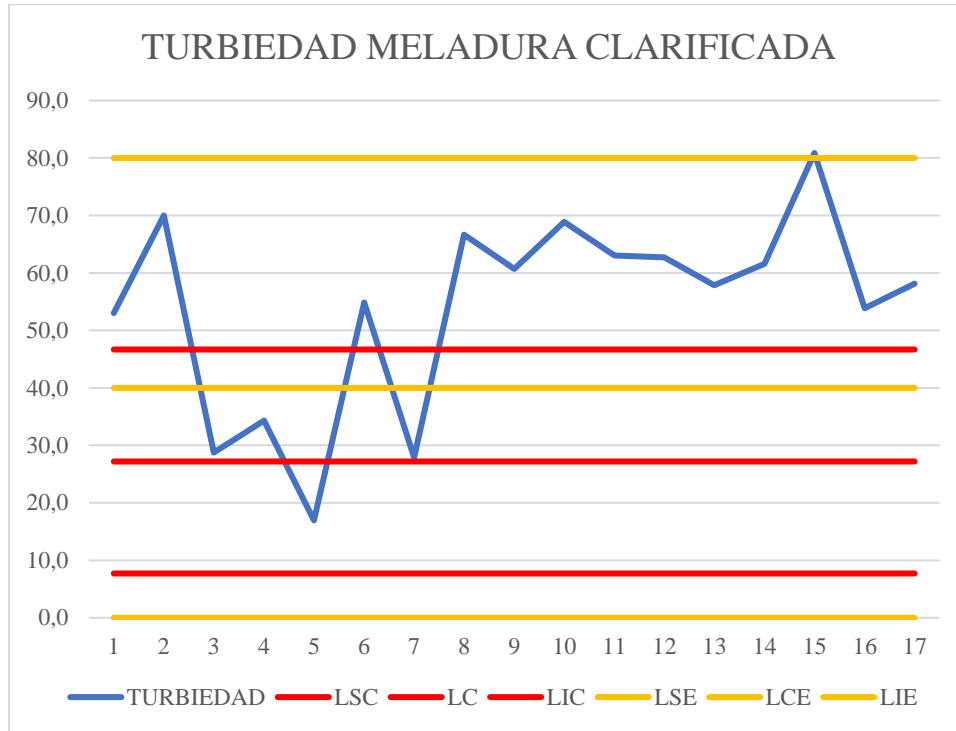
Tabla 12. Datos obtenidos de Meladura Clarificada.

TURBIEDAD	RANGO	LSC	LC	LIC	LSE	LCE	LIE
53.0	21.0	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
70.0	66.9	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
28.8	22.4	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
34.3	3.2	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
17.0	12.0	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
54.9	16.1	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
27.9	11.7	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
66.6	102.0	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
60.7	32.0	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
68.9	13.5	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
63.0	17.9	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
62.7	17.9	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
57.9	0.0	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
61.6	26.8	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
80.9	51.5	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
53.9	16.2	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00
58.1	31.4	46.7	27.20	7.7	80.00	40.00	0.00

Fuente: Construcción Propia.

Se analizaron 17 semanas de molienda, en donde se analizaron los diferentes promedios, los cuales permitieron dar resultados calificativos donde se evidencio que los picos más relevantes en turbiedad se enfocan en el operario, sus adicciones, temperatura de manejo del caldero y experiencia con el cucharón, ya que en este punto se ve reflejada la limpieza manual que haga el operario esta es la última limpia que se realiza y debe quedar lo más limpio posible para que el resultado final (Panela) tenga menos sedimentación o mugre, si la meladura clarificada no se encuentra en los parámetros de calidad estipulados, se tiene la convicción con certeza que la panela fabricada con esta miel no será de buena calidad, ya que dejara el aro de suciedad en la olla y lo que las amas de casa reconocen como “cuncho”. Dado que este es el factor principal se pretende verificar la experiencia del operario en este puesto de trabajo, las capacitaciones realizadas por parte de su supervisor, las temperaturas de trabajo, además de las adicciones de floculante y cal. Donde se evidencio que en algunos días el operario se veía perdido y no tenía reconocimiento rápido de lo que debía de hacer.

Grafica 9. Turbiedad de la Meladura Clarificada con sus respectivos límites.



Fuente: Construcción Propia

El cambio de operario se vio reflejado en la gráfica ya que después del cambio de operador y los factores climáticos, hicieron que se perdiera el control del proceso, ya que 13 semanas estuvieron por fuera del límite de control superior lo que quiere decir que se falló en la falta de capacitación, mal entrega del equipo de trabajo, malas adiciones en el proceso, entre otras. Se tiene en cuenta que solo una semana se salió del límite de especificación que nuevamente este proceso rectifica la teoría de que, aunque se esté trabajando bien los equipos se debe de realizar una mejor operación para llevar unos mejores resultados de calidad en el producto final. Al ser esta la última limpia se puede considerar que los parámetros estaban la mayoría en los límites de especificación los cuales están demostrados por la empresa que dan panela con menos del 4 % de sedimentación. Finalmente se realiza el cp el cual dio como valor 0.504783936 y el cpk que dio -0.19285905, se puede comprobar que por todas las fallas antes mencionadas existe mucha variabilidad en el proceso y se considera que no es un proceso capaz.

8.1.2.9 TACHO O MIEL FINAL

Se rectifica con los parámetros de calidad de la empresa para sacar los límites de especificación de esta etapa del proceso, posteriormente mediante las cartas de control se realizan los límites de control, el rango y se grafica con el fin de detectar los puntos de control e identificar que pasa en cada semana fuera del rango tanto de especificación como de control.

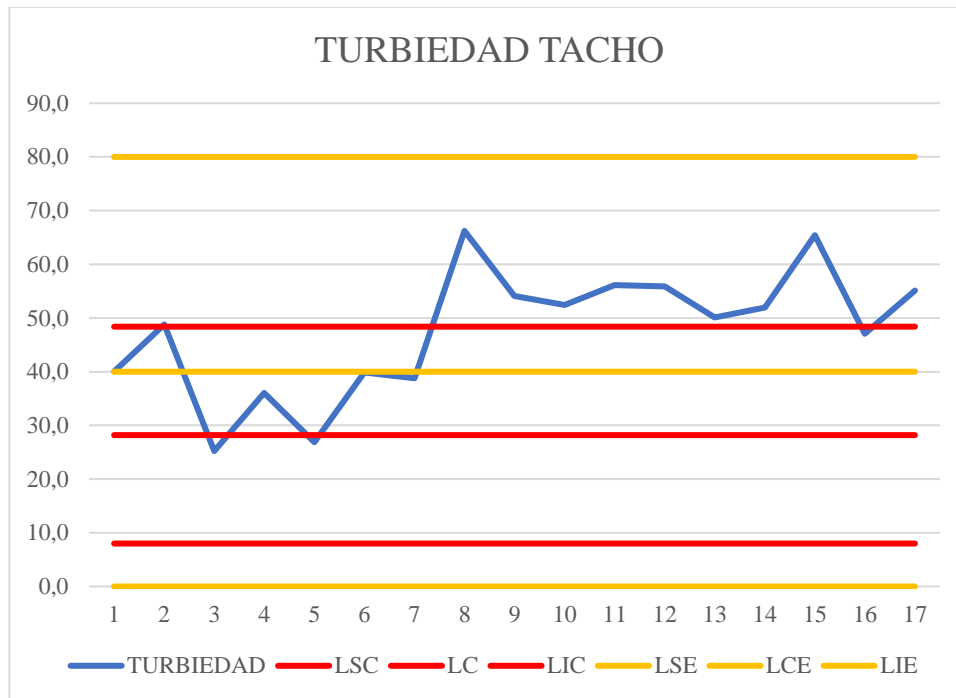
Tabla 13. Datos obtenidos del Tacho o Miel Final.

TURBIEDAD	RANGO	LSC	LC	LIC	LSE	LCE	LIE
40.0	15.6	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
48.8	43.5	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
25.2	17.5	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
36.0	13.2	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
26.9	32.2	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
39.8	18.5	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
38.8	23.9	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
66.2	112.5	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
54.1	19.9	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
52.4	6.1	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
56.1	31.9	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
55.9	31.9	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
50.1	0.0	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
51.9	25.0	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
65.4	48.8	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
47.0	18.0	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00
55.1	20.9	48.4	28.19	8.0	80.00	40.00	0.00

Fuente: Construcción Propia

Se analizaron 17 semanas de molienda, en este equipo no se realizan limpiezas, la única función es subir los ° Brix de la meladura clarificada, al pasar del caldero a dos tanques distintos, se considera que acá tiene un factor fundamental la limpieza de los equipos, los tanques de meladura clarificada y el tacho, en el primero se tiene en cuenta que este equipo es fabricado en acero al carbón, por lo que acumula partículas o sustancias que se despegan de la pared del equipo, ocasionando así aumentos de turbiedad, y finalmente sedimentación.

Grafica 10. Turbiedad del Tacho con sus respectivos límites.



Fuente: Construcción Propia

En esta etapa del proceso se rectifican los resultados de meladura clarificada, por tal motivo se verifica y se corrobora el sistema de limpieza y desinfección de los equipos recibidores, ya que estos pueden generar turbiedad y por ende dañar en parte el proceso. Se observa que ninguna semana sale de los límites de especificación mientras que las semanas 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 17 salen del límite de control superior. Con los resultados de la templa o bien llamado producto del tacho se realiza una base de cómo va a salir la calidad de panela, que según los reglamentos de FEDEPENALA deben estar por debajo del 4% de sedimentación en cono Imhoff. Finalmente se realiza el cp el cual dio como valor 0.522567322 y el cpk que dio 0.019204533, se puede comprobar que por todas las fallas antes mencionadas existe mucha variabilidad en el proceso y se considera que no es un proceso capaz.

8.1.3 Desarrollo de los objetivos “Analizar estadísticamente los datos en cada una de las variables que influyen en el proceso” y “Evaluar el proceso conforme a los resultados de los análisis estadísticos obtenidos”

En la siguiente tabla se presenta la metodología mediante la cual se desarrollan los Objetivos 4 y 5 del presente trabajo:

Tabla 14. Desarrollo de los Objetivo 4 y 5

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO PARA LOGRAR LA CONSECUCIÓN DEL OBJETIVO
Analizar estadísticamente los datos en cada una de las variables que influyen en el proceso.	¿Cómo se puede controlar y obtener mínimos sedimentos en la panela, teniendo en cuenta que para el proceso de clarificación se adicionan compuestos como la cal que los genera?	✓ Analizar las variables del estudio dadas por los análisis fisicoquímicos del laboratorio mediante la aplicación de técnicas o modelos estadísticos.
Evaluar el proceso conforme a los resultados de los análisis estadísticos obtenidos.		✓ Detallar la metodología desarrollada para llegar a identificar la relación causa-efecto de las variables, teniendo en cuenta la metodología DMAIC y Lean Six Sigma, para mejorar el proceso teniendo en cuenta todos los procesos involucrados.

Fuente: Construcción Propia

Para analizar las variables del estudio y descubrir si nuestros datos están alejados de la realidad se realiza una prueba de normalidad, con el fin de evaluar el proceso mediante datos estadísticos, los datos obtenidos en el estudio se verifican individualmente por área de producción. Posteriormente se determina si es proceso cumple o no con las condiciones mínimas de efectividad.

8.1.3.1 Turbiedad Jugo Clarificado

Para verificar los datos obtenidos en el estudio se realiza una prueba de normalidad la cual tiene las siguientes reglas, si el valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0), Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal, si el valor $p > \alpha$: no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No se puede rechazar H_0), si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Lo que quiere decir que no se tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal. A continuación, se analiza los datos resultantes de esta etapa del proceso.

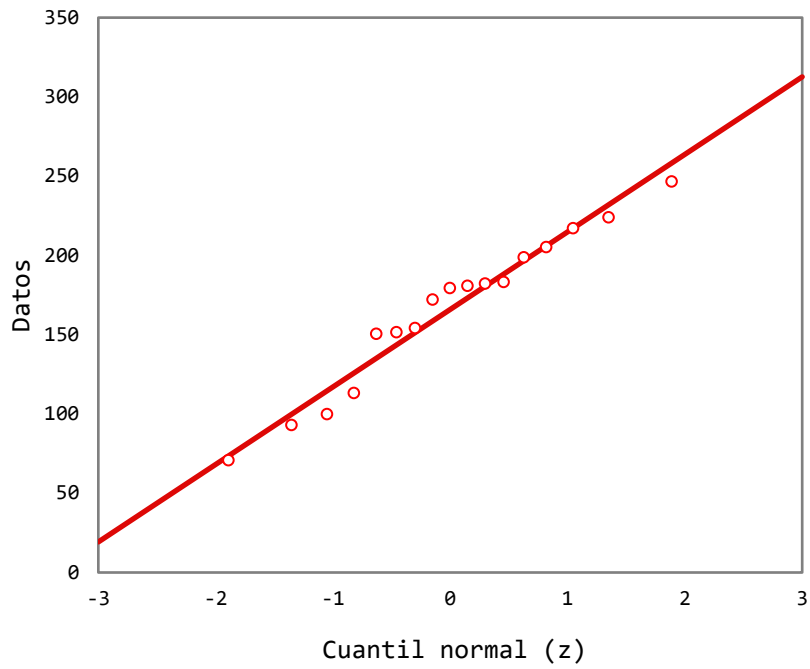
Tabla 15. Descripción de los datos promedio de jugo clarificado

Descriptivos Datos	
Cuenta	17
Promedio	165.9467
Desviación	48.8979
Varianza	2391.0092
Curtosis	-0.7914
Sesgo	-0.3940
Mínimo	70.7300
Máximo	246.5740
Rango	175.8440
Norm (p-valor)	0.3473

Fuente: Construcción Propia

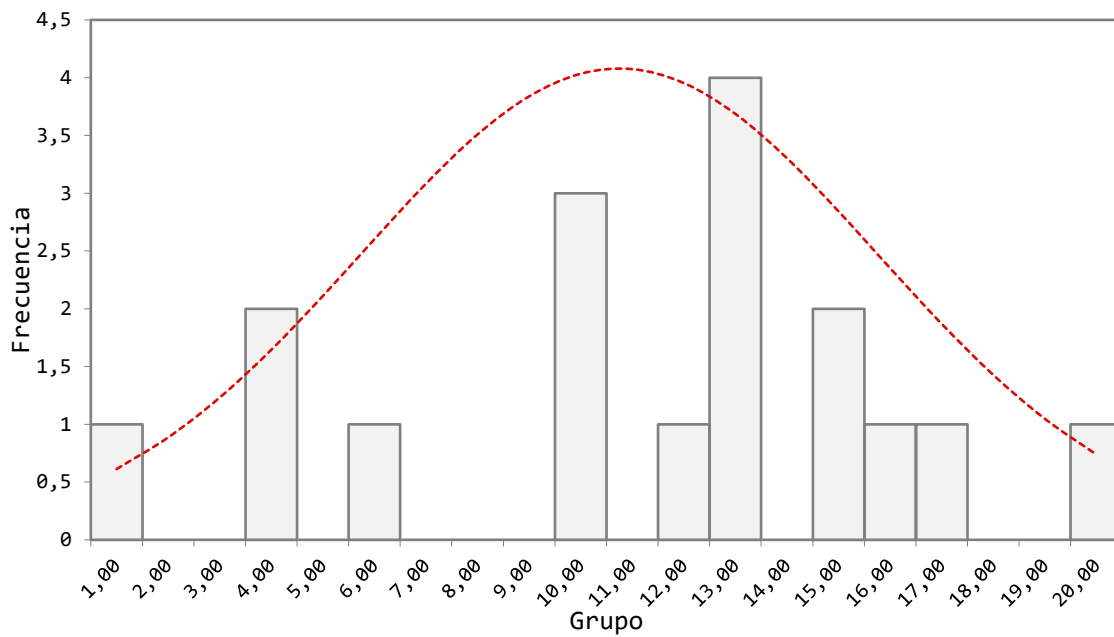
Debido a los datos obtenidos en el análisis, el valor p (0,05) fue menor que el criterio α ($p \leq \alpha$) cuyo valor fue de 0.3473, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que da como resultado que los datos siguen una distribución normal, esto lo podemos observar de mejor manera en la gráfica. Se considera que, aunque como se vio anteriormente el proceso debe mejorar en varios aspectos, el proceso es eficiente y estable.

Grafica 11. Gráfico de probabilidad normal de Jugo Clarificado.



Fuente: Construcción Propia

Grafica 12. Histograma de Jugo Clarificado.



Fuente: Construcción Propia

8.1.3.2 Turbiedad Meladura Cruda

Para verificar los datos obtenidos en el estudio se realiza una prueba de normalidad la cual tiene las siguientes reglas, si el valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0), Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal, si el valor $p > \alpha$: no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No se puede rechazar H_0), si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Lo que quiere decir que no se tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal. A continuación, se analiza los datos resultantes de esta etapa del proceso.

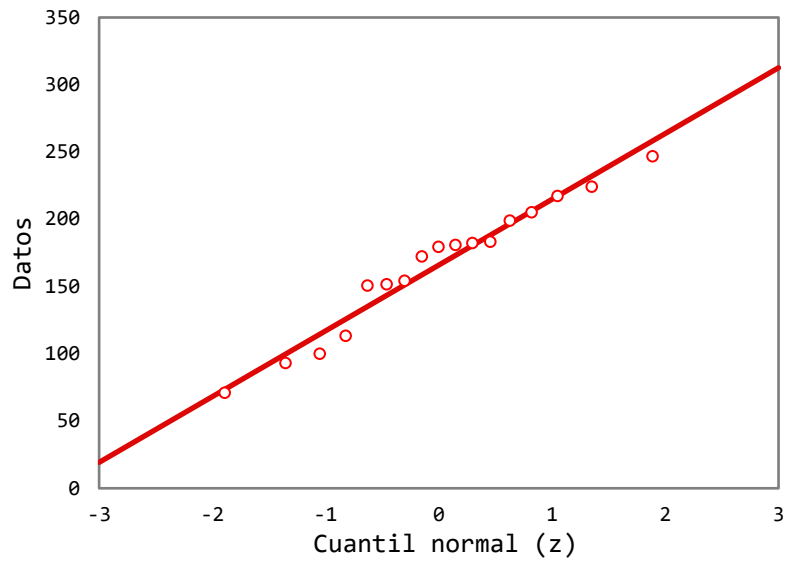
Tabla 16. Descripción de los datos promedio de Meladura Cruda

Descriptivos Datos	
Cuenta	17
Promedio	216.7318
Desviación	49.1268
Varianza	2413.4406
Curtosis	-0.4597
Sesgo	0.7563
Mínimo	152.7667
Máximo	324.5380
Rango	171.7713
Norm (p-valor)	0.1834

Fuente: Construcción Propia

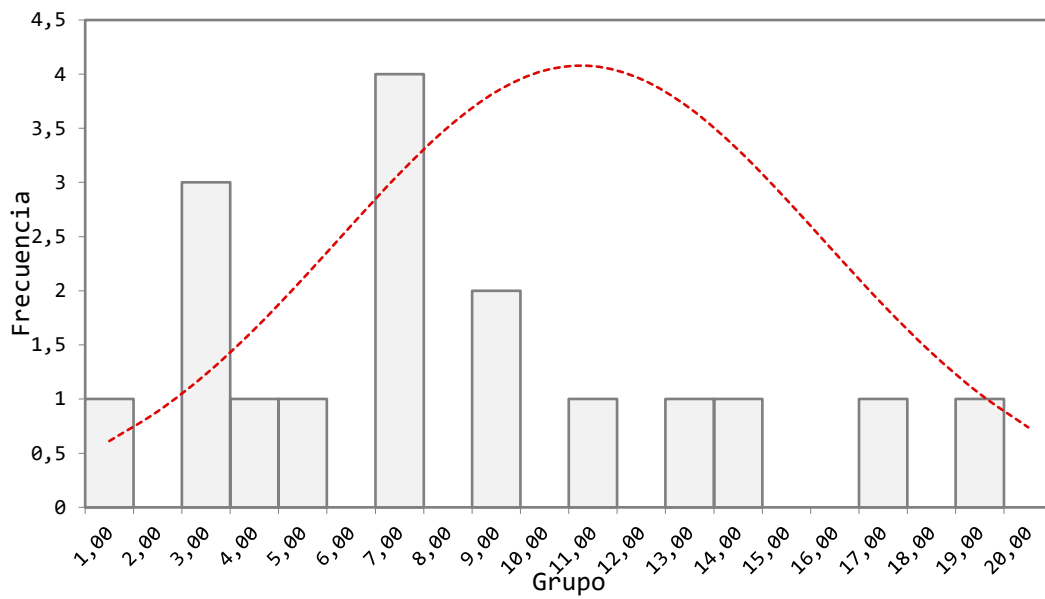
Debido a los datos obtenidos en el análisis, El valor p (0,05) fue menor que el criterio α ($p \leq \alpha$) cuyo valor fue de 0.1834, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que da como resultado que los datos siguen una distribución normal, esto lo podemos observar de mejor manera en la gráfica. Se considera que, aunque como se vio anteriormente el proceso debe mejorar en varios aspectos, el proceso es eficiente y estable.

Grafica 13. Gráfico de probabilidad normal de Meladura Cruda.



Fuente: Construcción Propia

Grafica 14. Histograma de Meladura Cruda.



Fuente: Construcción Propia

8.1.3.3 Turbiedad Meladura Clarificada

Para verificar los datos obtenidos en el estudio se realiza una prueba de normalidad la cual tiene las siguientes reglas, si el valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0), Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal, si el valor $p > \alpha$: no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No se puede rechazar H_0), si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Lo que quiere decir que no se tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal. A continuación, se analiza los datos resultantes de esta etapa del proceso.

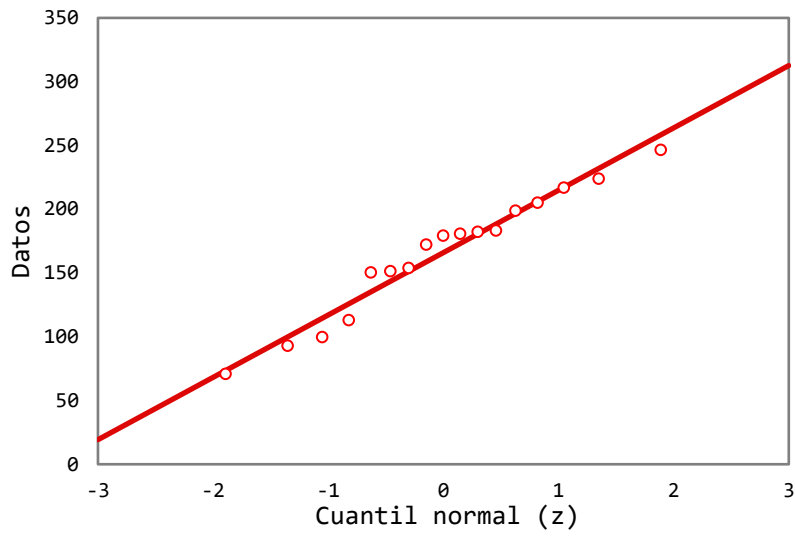
Tabla 17. Descripción de los datos promedio de Meladura Clarificada

Descriptivos Datos	
Cuenta	17
Promedio	54.1239
Desviación	17.1954
Varianza	295.6817
Curtosis	-0.4171
Sesgo	-0.7740
Mínimo	16.9575
Máximo	80.8764
Rango	63.9189
Norm (p-valor)	0.1773

Fuente: Construcción Propia

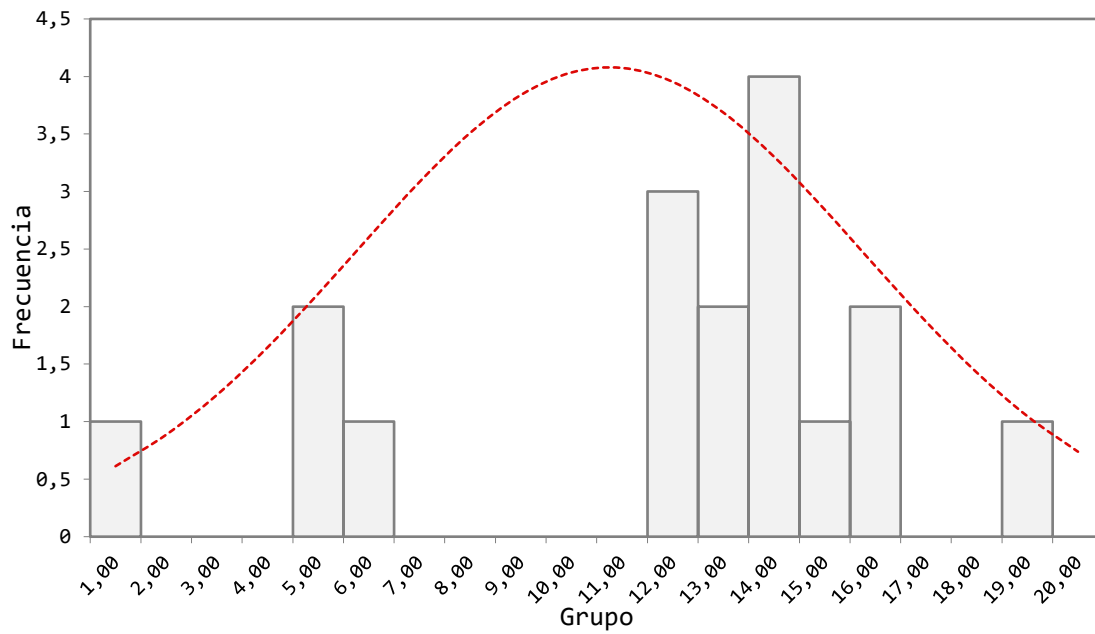
Debido a los datos obtenidos en el análisis, el valor p (0,05) fue menor que el criterio α ($p \leq \alpha$) cuyo valor fue de 0.1773, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que da como resultado que los datos siguen una distribución normal, esto lo podemos observar de mejor manera en la gráfica. Se considera que, aunque como se vio anteriormente el proceso debe mejorar en varios aspectos, el proceso es eficiente y estable.

Grafica 15. Gráfico de probabilidad normal de Meladura Clarificada.



Fuente: Construcción Propia

Grafica 16. Histograma de Meladura Clarificada.



Fuente: Construcción Propia.

8.1.3.4 Turbiedad Meladura Tacho

Para verificar los datos obtenidos en el estudio se realiza una prueba de normalidad la cual tiene las siguientes reglas, si el valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0), Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal, si el valor $p > \alpha$: no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No se puede rechazar H_0), si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Lo que quiere decir que no se tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal. A continuación, se analiza los datos resultantes de esta etapa del proceso.

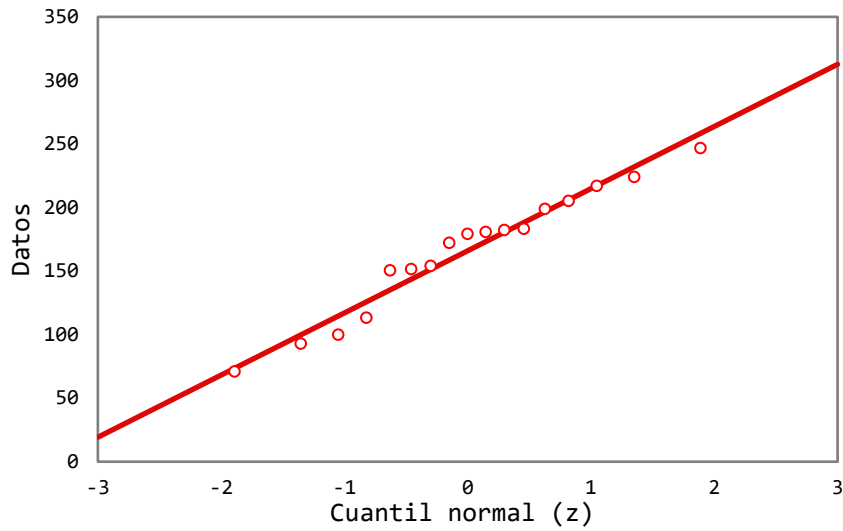
Tabla 18. Descripción de los datos promedio del Tacho

Descriptivos Datos	
Cuenta	17
Promedio	47.6438
Desviación	11.7639
Varianza	138.3897
Curtosis	-0.7000
Sesgo	-0.3582
Mínimo	25.2167
Máximo	66.2233
Rango	41.0067
Norm (p-valor)	0.3992

Fuente: Construcción Propia.

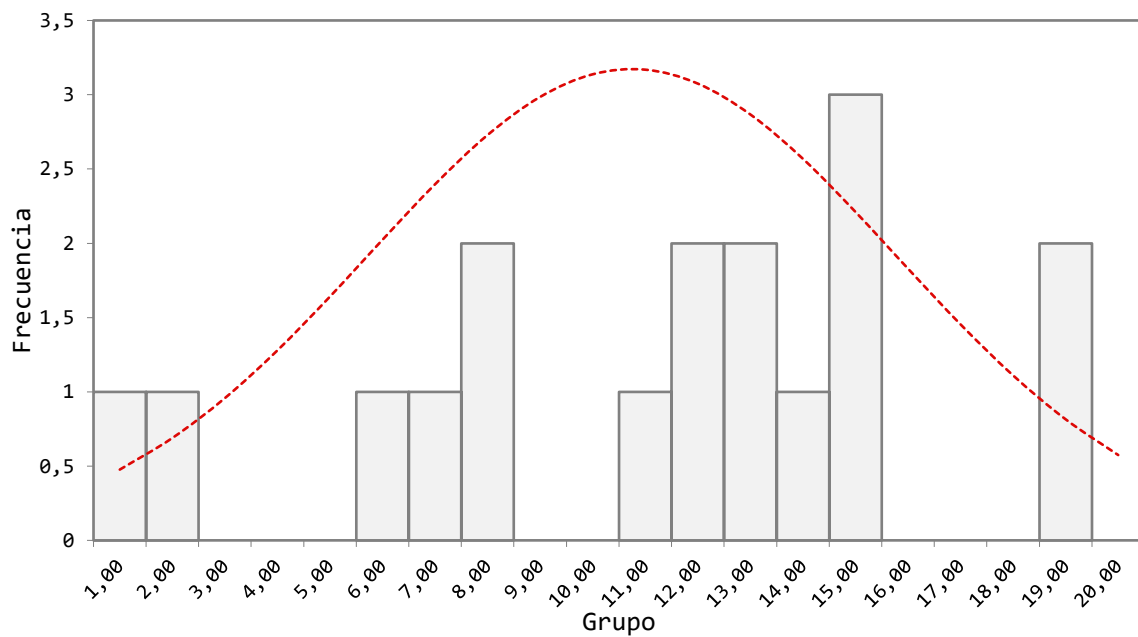
Debido a los datos obtenidos en el análisis, El valor p (0,05) fue menor que el criterio α ($p \leq \alpha$) cuyo valor fue de 0.3992, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que da como resultado que los datos siguen una distribución normal, esto lo podemos observar de mejor manera en la gráfica. Se considera que, aunque como se vio anteriormente el proceso debe mejorar en varios aspectos, el proceso es eficiente y estable.

Grafica 17. Gráfico de probabilidad normal del Tacho.



Fuente: Construcción Propia

Grafica 18. Histograma del Tacho.



Fuente: Construcción Propia

8.1.3.5 Evaluación del proceso conforme a los resultados de los análisis estadísticos obtenidos.

Después del análisis realizado en cada etapa del proceso, se pudo determinar que aunque la empresa en este momento está trabajando bien se puede llegar a trabajar de una mejor manera, puesto que hay muchas fallas en cada proceso, incluso se determina que las fallas se pueden llegar a controlar desde la materia prima más específicamente en el C.A.T (Corte, Alce y Transporte), ya que en temporadas de fuertes lluvias o invierno, se determinó que no hay en planta el equipo necesario para resolver alguna eventualidad, ni la empresa cuenta con un plan de contingencia; solo hay una alzadora en la planta la cual debido a los cambios de operario constantes sufre daños (por inexperiencia al manejar), lo que conlleva a que no se alce la caña en el periodo estipulado y no se muele a tiempo.

Por otro lado en los tiempos de invierno los vagones al no ser tan grandes y altos como los de un ingenio, muchas veces se quedan pegados en el lote y se necesitan ayudas adicionales de otros tractores para el arrastre a la carretera, lo que genera retrasos en el transporte de caña, en la llegada a la planta no se tiene implementado un sistema de lavado de caña, lo que genera que la caña se muele directamente con contaminantes que dañen sus análisis fisicoquímicos, como lo son el lodo, las piedras, entre otros, que ocasionan daños en los equipos desfibradores y de extracción.

El cambio de personal es un tema que afecta de gran manera la eficiencia y efectividad de cada proceso, puesto que la curva de aprendizaje es larga y en ciertas ocasiones el nuevo personal no recibe el puesto en condiciones aceptables, además no recibe capacitaciones de manejo de operación, por lo que se generan, paros, retrasos, daños, perdidas, tiempos muertos, entre otros; en los puestos que se trabajan adiciones de insumos en proceso, se ve poca preparación y errores constantes de adiciones, temperaturas inestables y tiempos de cocción inapropiados, esto se ve reflejado directamente en la caída de los rangos de los análisis fisicoquímicos por parte del área de calidad.

El desorden que presentaban algunos puestos de trabajo impedía la buena manipulación de los operarios y por ende el buen funcionamiento de los equipos, al desarrollar las 5 s en el proceso se pudo comprobar que los operarios les tomaban menos tiempo realizar sus labores diarias, por lo que se dejó constancia al supervisor y en el manual de laboratorio, para seguir mejorando y conservar los avances obtenidos.

8.1.4 Desarrollo del objetivo “Presentar una propuesta de mejora a partir de los resultados obtenidos”

En la siguiente tabla se presenta la metodología mediante la cual se desarrolla el Objetivo 6 del presente trabajo:

Tabla 19. Desarrollo del Objetivo 6.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO PARA LOGRAR LA CONSECUCIÓN DEL OBJETIVO
Presentar una propuesta de mejora a partir de los resultados obtenidos.	¿Qué estrategias o mejoras se pueden extraer del estudio realizado?	✓ Presentar en un plan de acción con recomendaciones según los resultados obtenidos para mejorar la efectividad y eficacia del proceso.

Fuente: Construcción Propia

Para cada área se realiza una propuesta de mejora a partir de los resultados obtenidos, con el fin de ver los resultados a corto y largo plazo, por tal razón se examina cada cierto tiempo los avances que haya tenido cada proceso con el fin de notificarlo al jefe de planta.

8.1.4.1 Jugo Clarificado

En esta área se logró determinar que las condiciones de la materia prima son fundamentales, ya que de esta depende del primer resultado de calidad en cuanto a sedimentación y turbiedad, por tal razón se recomienda que lo primero que se debe de hacer es un plan de acción para el área del C.A.T. con el fin de evitar que la caña llegue con impurezas o sucia, se aconseja a la empresa adquirir una alzadora de respaldo ya que se ha identificado que el mayor retraso de la llegada de la materia prima a fábrica es los fallos o paros que tiene el alce cuando el equipo se atasca o sufre un daño, adquirir un equipo de esta magnitud es costoso para la fábrica, pero teniendo un relevo de equipo se evidenciarían menos pérdidas de sacarosa, en lo que se podría afirmar que se extraería más jugo del proceso y por ende se produciría más panela.

En cuanto a las épocas de lluvia, se podrían realizar mejorar dentro de la operación para evitar alta suciedad en el jugo, se podría construir un sistema de limpieza, por medio del cual la caña presente un lavado previo a la molienda lo que generaría que la mayor cantidad de suciedad que traiga el vagón no sea molida, obteniendo así un jugo más limpio, lo que generaría en el proceso

de clarificación de jugo menos turbiedades.

La capacitación es un tema fundamental, se debe capacitar a los operadores del C.A.T. y al operario del clarificador, ya que, aunque es un equipo cerrado se debe de estar monitoreando constantemente para verificar que, si se esté produciendo el corte de jugo, es decir la separación del jugo con la sedimentación, por tal razón las personas que manejan estos puestos deben de saber qué cantidad, cuando y donde aplicar las dosis de floculante.

8.1.4.2 Meladura Cruda

En la primera meladura, se tiene en cuenta factores como la adición de floculante y cal en primera instancia, la cual realiza el operario de esta área, por tal razón el operario debe de tener en cuenta variantes relativas del proceso como cantidad de preparación, modo de preparación, modo de aplicación, temperatura y análisis fisicoquímicos de control. Como este proceso es abierto, se debe tener en cuenta la experiencia en este cargo, ya que no todo el personal puede realizar esta tarea, ya que depende fundamentalmente de la maña del operario para su limpieza, el tiempo es fundamental, puesto que, si se pasa de un determinado tiempo normal, se puede incrementar el color y su sabor tiende a quemado. Este operario debe de estar previamente capacitado y tener una inducción acerca del tema de su área.

La meladura cruda depende directamente de los resultados del clarificador, por tal motivo se debe de cuidar también la limpieza y desinfección de los equipos de elaboración, la cual se debe de realizar periódicamente y con productos de aseo especiales para la eliminación de microorganismos resistentes, ya que los equipos que almacenan el jugo hasta llegar a meladura están fabricados en acero al carbón, se tiene en cuenta que las paredes se empiezan a deteriorar y ese pedazo de pared genera turbiedad en la muestra. La recomendación potencial es realizar un cronograma de limpieza y desinfección por una determinada caña molina en un periodo de tiempo determinado, además de corroborar fisicoquímico y microbiológicamente los detergentes y desinfectantes.

8.1.4.3 Meladura Clarificada

Debido a que esta es la última limpia, se debe de tener en cuenta las re limpiezas necesarias que se deben de realizar para que la meladura quede conforme a los parámetros establecidos, por tal razón igual que en la meladura cruda, se debe de tener una excelente capacitación ya que como anteriormente se mencionó, se necesita tener el adecuado manejo de los insumos, el manejo idóneo de los equipos y las temperaturas adecuadas del caldero, ya que si la muestra en la primera evaluación no cumple con los parámetros de control, se debe de realizar una re limpia

y adicionar más cal y floculante al proceso teniendo cuidado de no dejar excesos de baba en la meladura, ya que esto se ve reflejado en la panela al final del proceso en la sedimentación.

En este proceso se debe de tener en cuenta también los equipos en óptimas condiciones, la consola de elaboración y de molienda están designadas para que la operación se realice en óptimas condiciones, ya que deben de estar perfectamente calibrados y seguir unos controles cada hora de las temperaturas y adiciones del edificio de elaboración para verificar los cuidados que se deban de tener en la miel.

8.1.4.4 Tacho

Respecto al Tacho, al ser un indicador final de cómo va a quedar la panela, se deben de manejar muy bien las temperaturas de concentración, para esto el operario debe tener una capacitación especial pues esta persona también es la encargada de manejar los 5 evaporadores del proceso.

El equipo debe encontrarse limpio y se debe de monitorear los ° Brix constantemente, esto es supremamente importante, ya que, si la miel se cocina mucho tiempo, el color no va a ser el adecuado y el sabor no va a caer bien al consumidor. Se debe de tener una limpieza especial, ya que las paredes de este equipo se caramelizan y por tal razón se deben de realizar lavados con químicos, los cuales deben tener un lavado con abundante agua.

Se recomienda que en esta etapa del proceso y la anterior que no se cambie de operario constantemente y que por el contrario sea una persona con durabilidad en la empresa, además de tener a otro operario en constantes monitoreos y capacitaciones con el fin de tener un comodín de trabajo.

8.1.5 Desarrollo del objetivo “Validar el modelo de control estadístico de las variables del proceso en el Trapiche Biobando S.A.S”

En la siguiente tabla se presenta la metodología mediante la cual se desarrolla el Objetivo 7 del presente trabajo:

Tabla 20. Desarrollo del Objetivo 7

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO PARA LOGRAR LA CONSECUENCIA DEL OBJETIVO
Validar el modelo de control estadístico de las variables del proceso en el Trapiche Biobando S.A.S	¿Cómo se puede controlar los parámetros mediante los análisis del laboratorio para mejorar la calidad de la panela?	✓ Establecer rangos de control de cada variable, informando a cada jefe de operaciones, además de seguir las instrucciones del laboratorio para mejorar la sedimentación en panela.

Fuente: Construcción Propia.

Se pretende desarrollar la validación verificando los equipos y las calibraciones, los materiales de referencia, la calificación de los métodos analíticos, pruebas de aptitud del sistema, instrumentos calificados, métodos documentados, patrones de referencia confiables, integridad de la muestra y personal calificado para el muestreo.

8.1.5.1 Validación verificando los equipos y las calibraciones

En la fabricación de jugos, mieles y panela se utilizan varios equipos de producción, en donde antes se demostró que la limpieza y desinfección era deficiente, después de aplicar el método de las 5S y Lean Six Sigma, se procedieron a realizar monitoreos constantes microbiológicos y fisicoquímicos de los equipos, realizando pruebas a los desinfectantes y detergentes para garantizar la eliminación de los microorganismos existentes, además se verifico tiempos de periodos de limpieza y cada cuanto realizarlos.

Por otro lado, las temperaturas y los rangos de estas influyen mucho, sobre todo en los equipos de elaboración, como los RJ (calentadores), el alcalizador, el clarificador, los DSM, los dos calderos, los cinco evaporadores y el tacho respectivamente, por tal razón se realizan seguimientos constantes en formatos de ambas consolas, con el fin de verificar si en los periodos de molienda hay rangos controlados.

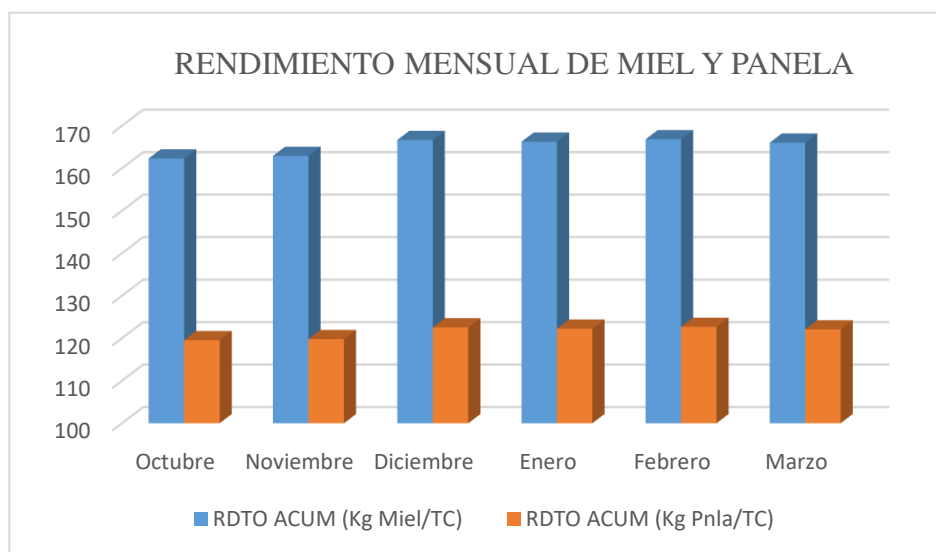
Finalmente, se verifica en la parte mecánica y eléctrica la extracción de los quipos del área de molienda, para esto se realizaron ajustes mecánicos respectivos, además de una verificación por parte del ingeniero mecánico, se pudo verificar el rendimiento de extracción en los informes diarios de rendimientos de fábrica los cuales analizan los kilos de extracción de jugos obtenidos y la miel que se logra concentrar con este, se obtuvieron muy buenos resultados ya que el rendimiento en panela aumento significativamente cada mes empezando la aplicación desde la semana uno del proyecto (octubre).

Tabla 21. Resultados de Rendimiento de Miel y Panela en los meses de mejora de Lean Six Sigma y 5S

MES	RDTO ACUM (Kg Miel/TC)	RDTO ACUM (Kg Pnla/TC)
Octubre	162,31	119,54
Noviembre	162,90	119,78
Diciembre	166,66	122,55
Enero	166,25	122,24
Febrero	166,83	122,67
Marzo	166,03	122,08

Fuente: Construcción Propia

Grafica 19. Grafica de resultados de mieles y panela reflejados en el proceso.



Fuente: Construcción Propia.

Respecto a los equipos de análisis de laboratorio como el pH-metro, refractómetro, polarímetro, balanza analítica, turbidímetro y espectrofotómetro se agendaron con los respectivos proveedores como Hanna Instruments, Thermo Scientific, Pinar LTDA y Profinas S.A.S. citas para sus respectivas verificaciones y calibraciones anuales, posteriormente se trató de buscar mejores rangos de tiempo de calibración, además se realizó capacitaciones a los operarios de cada área de trabajo en especial a los del área de calidad con el fin de realizar los análisis de la manera más adecuada ya que la mayoría son manuales.

8.1.5.2 Materiales de referencia

Para los materiales de referencia, se tiene presente que los reactivos utilizados para los análisis de calidad son garantizados de las marcas Merck, Hanna Instruments, Monlab y Fisherbrand, los cuales brindan al cliente certificados de calidad de sus productos con el fin de generar confianza a sus clientes, por otro lado se utiliza indumentaria de vidrio volumétrico de rango pequeño con el fin de que cada elemento del laboratorio cumpla con los parámetros de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Equipos como el tacho, que tienen incrustado en su interior el medidor de pH, deben de tener unas soluciones calibradoras certificadas por su proveedor Hanna Instruments, por tal razón se realizan varios patrones los cuales proporcionan al equipo rangos específicos de medición que ayudan al operario a verificar el estado de las mieles.

8.1.5.3 Calificación de los métodos analíticos

Para la calificación de los métodos se decide enviar muestras de una molienda a otro laboratorio diferente del área de calidad del trapiche, con el fin de comprobar en una muestra las desviaciones en los análisis de calidad, teniendo en cuenta la tolerancia de error de los equipos. Los resultados después de realizar los ajustes correspondientes a los procedimientos de los análisis del laboratorio fueron muy favorables ya que en todos los análisis cumplían con el margen de error de los equipos es decir que se comprobó que actualmente se están implementando unos métodos muy asertivos para la realización de análisis fisicoquímicos.

En los análisis se desarrollaron muestras de jugos, meladuras y mieles, solo en parámetros fisicoquímicos como pH, ° Brix, Sacarosa, Pureza, Turbiedad y Azúcares Reductores ya que actualmente son los análisis más indispensables para manejar en tiempo real el proceso de producción de jugos, meladuras y mieles, finalmente se pudo deducir que hay mucha similitud en los análisis realizados en el trapiche con los del laboratorio externo, en este momento se cumple con la calificación de los métodos analíticos.

Tabla 22. Resultados de los análisis realizados en el trapiche vs en un laboratorio externo.

DATOS DEL PROCESO		LABORATORIO TRAPICHE	LABORATORIO EXTERNO	PROMEDIO ANALISIS
PRIMERA EXTRACCIÓN	pH	5,22	5,22	5,22
	°Brix	18,90	18,54	18,72
	Sacarosa	16,97	16,45	16,71
	Pureza	88,80	88,73	88,77
	Azucares Reductores	2,17	2,17	2,17
TERCERA EXTRACCIÓN	pH	5,74	5,79	5,77
	°Brix	18,20	18,28	18,24
	Sacarosa	15,92	15,89	15,90
	Pureza	87,53	87,55	87,54
JUGO DILUIDO	pH	5,22	5,24	5,23
	°Brix	18,27	18,29	18,28
	Sacarosa	16,10	16,12	16,11
	Pureza	88,20	88,19	88,20
JUGO ALCALIZADO	pH	6,41	6,44	6,42
	°Brix	18,0	18,1	18,05
JUGO CLARIFICADO	pH	6,15	6,12	6,14
	°Brix	17,62	17,60	17,61
	Sacarosa	16,05	16,02	16,04
	Pureza	87,24	87,29	87,26
	Turbiedad	218	212	214,79
	Azucares Reductores	2,18	2,16	2,17
BAGAZO	Sacarosa	10,85	10,77	10,81
MELADURA CRUDA	pH	5,64	5,65	5,64
	°Brix	57,53	57,54	57,54
	Sacarosa	50,54	50,55	50,55
	Pureza	87,35	87,23	87,29
	Turbiedad	226,50	225,14	225,82
	Azucares Reductores	7,13	7,15	7,14
MELADURA CLARIFICADA	pH	5,60	5,62	5,61
	°Brix	54,3	54,5	54,41
	Sacarosa	46,60	46,99	46,80
	Pureza	86,61	86,75	86,68
	Turbiedad	65,88	65,96	65,92
	Azucares Reductores	7,83	7,95	7,89
MIEL VIRGEN	pH	5,60	5,69	5,65
	°Brix	70,4	70,1	70,23
	Sacarosa	60,63	60,86	60,74
	Pureza	86,33	86,62	86,48
	Turbiedad	42,3	42,4	42,37
	Azucares Reductores	9,40	9,42	9,41

Fuente: Construcción Propia.

8.1.5.4 Pruebas de aptitud del sistema e instrumentos calificados.

Para esto se realiza una calificación de los instrumentos se revisa de cada equipo su marca, modelo y manual del fabricante, además de las modificaciones que se le hayan realizado al equipo, la calificación de la instalación y de la operación, los programas de calibración y sobre todo los cronogramas de mantenimiento.

Para los equipos más robustos, se realizaron los ajustes de planta correspondientes, además los de relevancia interna se calibran con los patrones correspondientes. Finalmente se corrobora que todos los equipos funcionan en excelentes condiciones.

8.1.5.5 Métodos documentados.

Para la validación de métodos documentados, se deben tener varios factores en cuenta, como el plan de muestreo, el protocolo de validación de cada proceso de la fábrica en cuanto a extracción y producción, además del informe final de validación de los procesos, estos documentos deben reposar en el manual de procesos y manual de calidad. Respecto a esto se debió verificar la información de la materia prima, como proveedores, caracterización, hacienda, suertes, edad, variedad, área neta, boletines de análisis de origen y local, entre otros, posteriormente se analizaron los flujogramas de la empresa, los cuales describían los procesos de fabricación y la metodología de validación, respecto al producto final en la metodología de la validación se tuvieron en cuenta parámetros como trazabilidad, número de lotes, fechas de inicio y término de fabricación, tamaño de los lotes, plan aleatorio de muestreo y tabla de datos.

Cada método en la parte documental cumplió con una estructura específica del protocolo, debe contener introducción, objetivos, alcance, responsabilidad, prerrequisitos para una óptima validación, el tipo de validación, descripción amplia y robusta del proceso, con su respectivo análisis de riesgo y puntos críticos de control definidos, para esta última se consideró los criterios de aceptación de cada proceso, el plan de muestreo o evidencia el cual contenía recursos fotográficos, mapas o dibujos, organización de los resultados y el criterio de revalidación.

Estos documentos de proceso se encuentran documentados tanto física en el manual de calidad de la fábrica, manual de procesos y mejoras además de virtualmente en el Drive de calidad de la empresa, esto con el fin de que los operarios sepan realizar mejor su trabajo y los nuevos, tengan bases para su nuevo puesto, esta parte es muy importante, debido a que al principio de este trabajo se evidencio que algunos procesos que eran importantes no estaban documentados y cuando se realizaban las inspecciones los operarios nuevos tenían demasiados vacíos respecto al puesto de trabajo (adiciones, temperaturas, tiempos).

8.1.5.6 Personal calificado.

Al inicio del proyecto se detectó que el mayor problema con el personal fue la falta de capacitación e inducción al personal nuevo, puesto que los puestos que requieren adiciones y manejos de temperatura son de extremo cuidado y suma responsabilidad para que el producto final este en excelentes condiciones. Por tal razón se verifico que a partir del mes de Noviembre se empezaran a reforzar los planes de capacitación, posteriormente después de evidenciar las mejoras en los sitios de trabajo respectivos, el personal se sometió a preguntas de control sobre las adiciones y temperaturas manejadas en cada área, además se tuvo en cuenta la capacitación dada por su supervisor de área, respecto a la validación del proceso y como se llevó a cabo, para esto se dispusieron formatos de capacitaciones o de registro con el fin de dejar constancia de lo aprendido.

Los registros quedaron físicamente en la carpeta de capacitaciones del personal, puesto que para cualquier anomalía las constancias ayudaran a identificar si el operario recibió o no una capacitación adecuada. Por otro lado, las rotaciones constantes de puestos de trabajo críticos de personal sin capacitación no benefician la empresa, ya que se logró evidenciar durante el proyecto que se cometen más errores por lo que se deja constancia que varios operarios deben de tener conocimiento sobre algunos puestos de trabajo críticos, con el fin de realizar un trabajo adecuado, además se aconsejó que estas áreas deben de tener una entrega de puesto más exhaustiva puesto que no todas las moliendas son iguales y las adiciones no siempre son iguales.

8.1.5.7 Instalación y adecuación de la fabrica

Respecto a las instalaciones de la fábrica, se programaron cronogramas de limpieza y desinfección, mediante las 5S se validaron que los puestos críticos de trabajo cumplieran con las normas de orden establecidas, posteriormente se realizaron mejoras de pintura a las áreas de control interno de elaboración y panelería.

8.1.5.8 Recomendaciones para la Mejora

A partir de los resultados obtenidos al analizar la estructura de los análisis obtenidos en el periodo de tiempo comprendido entre octubre y febrero (2021-2022) del Trapiche Biobando S.A.S, revisar todos los factores internos, herramientas y métodos utilizados se comprende el comportamiento de los datos a través de la aplicación de herramientas estadísticas; se presentan en la Tabla 23 “Recomendaciones para la mejora” las mejoras propuestas integrando todos los avances en los procesos que se hayan realizado esto con el fin de apoyar la ejecución, seguimiento y control al desarrollo de las operaciones de producción del Trapiche Biobando S.A.S.

Tabla 23. Recomendaciones para la mejora.

ASPECTO A MEJORAR	PROPUESTA PARA LA MEJORA	¿CÓMO LOGRARLO?
<p>Utilización de herramientas estadísticas para el análisis de los datos</p>	<p>La utilización de técnicas estadísticas para la determinación de factores relaciones con la sedimentación y turbiedad, para la mejora de los procesos de fabricación y producción. Se recomienda integrar para el análisis e interpretación de los datos resultantes de la medición el uso de técnicas estadísticas para apoyar el entendimiento de los resultados, así como las relaciones causa – efecto que se producen entre las diferentes variables medidas, de modo que las hipótesis no sean solo supuestos asumidos de manera cualitativa (los cuales también deben ser utilizados y tenidos en cuenta) sino que estén apoyadas por herramientas estadísticas generadas para tal fin.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda el uso de técnicas estadísticas que se apliquen a los datos obtenidos periódicamente por semanas de molienda, que permitan realizar proyecciones de las variables evaluadas, así como encontrar y entender las relaciones existentes entre los diferentes procesos medidos en la institución, así como el grado de importancia de las variables medidas respecto a los objetivos que se quieran alcanzar. ✓ Se recomienda realizar más seguido análisis estadísticos confiables, para futuros proyectos de mejora. ✓ Se recomienda estandarizar la evaluación estadística del aumento de reproceso y sedimentación, analizando los problemas detectados por las 5S y lean six sigma.

ASPECTO A MEJORAR	PROPUESTA PARA LA MEJORA	¿CÓMO LOGRARLO?
<p>Utilización de herramientas metodológicas como Lean Six Sigma y 5S</p>	<p>La utilización de herramientas metodológicas, mejora en gran medida los procesos de producción, ya que mejora su productividad en cada área, evitando desperdicios y movimientos innecesarios en el puesto de trabajo, se debe mejorar los servicios respecto a los proveedores, puesto que la calidad de algunos de sus productos no cumple al 100% con los estándares de calidad permitidos, se debe incluir más planes documentados y mejorar algunas áreas que no estuvieron contempladas en este proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda el uso de herramientas como lean six sigma y 5S, respecto a los proveedores y otras partes del proceso de producción que no fueron incluidos en este proyecto, por tal razón se deben de realizar mejoras en todos los sitios de trabajo disponibles. ✓ Debe realizarse un continuo control de cada parte del proceso que consolida la información, de que todos los puntos críticos de control que tengan su correspondiente medición periódica, que no existan errores en cuanto a la formulación y que los cálculos realizados sean los correctos. ✓ Debe de realizarse controles rutinarios, evaluando los procesos y proveedores, teniendo en cuenta que si los operarios realizan su trabajo adecuadamente se pueden lograr muchos cambios positivos en pro de la empresa.

ASPECTO A MEJORAR	PROPUESTA PARA LA MEJORA	¿CÓMO LOGRARLO?
<p>La cantidad y calidad de la información y los datos</p>	<p>Determinación clara de las mediciones esperadas y mejora en la calidad de los datos que permita su correcto análisis y seguimiento para la toma de decisiones. Debe garantizarse que la definición de las métricas para el seguimiento de la estrategia de la fábrica sean los más adecuados posibles, tanto en cantidad como en calidad, para lograr un correcto análisis e interpretación de los resultados, así como un enfoque en las variables críticas a las cuales se le debe hacer seguimiento y la influencia o relaciones existentes entre dichas variables, todo esto para ser más efectivo en la asignación de recursos y la toma de decisiones a partir de esta información.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En la actualidad, la medición de los parámetros fisicoquímicos se da diariamente en periodos de molienda, estos datos se van dando acumulada durante el año. Se recomienda que los datos tengan investigaciones más completas, con metas y mediciones para cada periodo con sus respectivos análisis, de modo que se represente la magnitud de incremento o disminución en la variable. ✓ Debe realizarse un continuo control para la parte de producción que va a depender directamente del laboratorio que consolida la información, de que todos los factores y análisis tengan su correspondiente medición periódica, que no existan errores en cuanto a la formulación y que los cálculos realizados sean los correctos.

Fuente: Construcción Propia.

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis de correlación realizado en el parámetro turbiedad en todas las áreas del edificio de elaboración, arrojó correlaciones débiles (Entre 0,10 y 0,29), moderadas (Entre 0,30 y 0,50) y fuertes positivas (Entre 0,50 y 1,00), estos resultados corroboran que cada proceso depende del anterior para garantizar bajas turbiedades y por ende bajos sedimentos. Este resultado es el planteado al principio de esta investigación, según la cual se considera que la sedimentación del producto final se debe a las limpiezas ineficientes del jugo y meladura.
- La materia prima (caña de azúcar) es un factor fundamental para obtener panela de altos estándares de calidad, puesto que, si la caña sufre contratiempos como retardos en la llegada a fábrica o inundaciones causadas por factores climáticos, pierde propiedades fisicoquímicas benéficas y obtiene más color y suciedad debido a los lodos e impurezas. Esto se explica por los resultados obtenidos en las pruebas de normalidad y en el seguimiento semanal teniendo en cuenta las estaciones climáticas transitorias.
- Los resultados de los análisis semanales demuestran que se debe reforzar la limpieza y el orden en los procesos, pero sobre todo se debe tener en cuenta la experiencia y las capacitaciones de los operarios en cada sitio de trabajo designado, para tal fin se fortalecieron los sistemas de información internos, lo que permitió que los operarios tuvieran más tiempo de aprendizaje en cada zona, generando que haya más cobertura respecto a los parámetros establecidos dados por el área de calidad.
- La aplicación de la herramienta 5s, produjo cambios de mejoramiento en los sitios de trabajo de producción que tuvieron relación con la parte de sedimentación del proceso, por tal razón durante todo el acompañamiento se produjeron efectos y/o variaciones en los resultados de manera positiva, reflejando el cambio en el orden y aseo de cada puesto de trabajo.
- Respecto al seguimiento semanal de la turbiedad en promedios de intervalos de molienda, se pudo verificar irregularidades que maneja el proceso, al detectar que se requiere una pre-limpia de la caña en los meses donde se detecta gran cantidad de lodos debido al invierno, pues en primera instancia la materia prima no llegaba en condiciones óptimas y adecuadas, lo que ocasiona más dificultades en el proceso de elaboración puesto que a los equipos se les dificultaba más realizar su función.
- Al usar el modelo de control estadístico de proceso se obtuvo que se relacionan las perspectivas de “turbiedad” con las de “sedimentación en producto final”, los datos de cada área de trabajo se encuentran normales, por lo que se considera que aunque el proceso se realiza de una manera correcta no es eficiente ni eficaz, ya que en cada una de las etapas de

producción de jugos y mieles se deben mejorar para obtener resultados con calidad, pero para que esto suceda se debe realizar inversiones en varios procesos de la fábrica por parte de la gerencia de la empresa.

- De acuerdo con los resultados del modelo de control estadístico, también se logró evidenciar que los parámetros de adiciones, temperaturas y tiempos de proceso son importantes en la calidad del producto final, puesto que se observó que el descuido de esto da como resultado incrementación de sedimentos, reprocesos y color alto en producto final.
- Gracias a esta investigación el Trapiche Biobando S.A.S obtuvo mejor calidad en la panela respecto al parámetro de sedimentación, puesto que se mejoraron parámetros de corte, alce y transporte, además operacionalmente se mejoró la capacitación de los operarios y las falencias encontradas en el edificio de elaboración.
- De acuerdo con los resultados obtenidos por la combinación del modelo de control estadístico además de la implementación de Lean Six Sigma y 5s, las hipótesis de relación de sedimentación son:
 - ✓ Cuando se genera mayor transferencia de conocimiento a los operarios, el trabajo se realiza de una manera más eficiente y sin cometer errores.
 - ✓ A resultados bajos de turbiedad en jugo clarificado, meladura cruda y meladura clarificada, poca o nula será la cantidad de sedimentación que se dará en el producto final.
 - ✓ Cuando se tiene más control, orden y vigilancia en los procesos de producción la limpieza de jugos y meladuras se da de una manera rápida y confiable.
- Para implementar la herramienta de Lean Six Sigma, fue necesario que los componentes a mejorar tuvieran todo en regla, además que tengan la misma periodicidad de medición, el mismo orden y periodo de tiempo diferentes (trimestrales, semestrales, anuales), para conservar estos cambios a futuro, en especialmente entre las perspectivas sobre las que se han creado hipótesis de relación, se deben de realizar estudios a largo plazo.
- Al momento de mejorar los procesos de producción fue importante realizar estudios diagnósticos para saber cuáles eran las variables críticas del proceso; por tal motivo se aplicaron herramientas de tipo cualitativo tales como diagramas de causas, lluvias de ideas, técnica de los 5 por qué, entrevistas, entre otros, que permitieron construir la ficha de variables cuyas fuentes y causas de variación estaban definidas.

- A partir del análisis de datos realizado y de los resultados obtenidos, se recomienda establecer como metodología para definición y seguimiento de las herramientas 5s y Lean Six Sigma con el fin de que se desarrollen las mejoras en todas las áreas de la empresa, lo que contribuiría al mejoramiento de calidad general.
- Se debe mejorar la calidad de la información resultante de las mediciones, estandarizando la periodicidad de la medición, estableciendo metas para cada muestreo y asegurando que no existan errores en las mediciones o faltantes de datos entre periodos.
- Se recomienda estandarizar la aplicación de las técnicas estadísticas para la determinación de futuros problemas relacionados con la calidad de la panela, con lo cual se puede lograr un mejor análisis de la información y mayor efectividad en la toma de decisiones por parte de la gerencia.

10.0 TRABAJOS FUTUROS

- **Uso de modelos de control estadísticos para mejorar los procesos de producción de fábricas de alimentos**

La metodología aplicada en el presente trabajo podría ser implementada en empresas productoras de alimentos que quieran mejorar procesos de producción utilizando herramientas estadísticas y herramientas de mejora como lo es Lean Six Sigma y 5s, también mediante esta metodología se pueden corroborar hipótesis planteadas en procesos y realizar pruebas de normalidad, con el fin de mejorar el seguimiento de sus operaciones y generar aportes tanto al cumplimiento de los objetivos planteados como a las utilidades de las empresas.

- **Seguimiento a las mejoras realizadas mediante las herramientas de lean six sigma y 5s**

Para estudios futuros de sedimentación en los cuales se tome como base el mejoramiento de áreas de trabajo de la empresa, se debe incluir la mayor cantidad de factores que puedan incidir en una operación de trabajo segura y completa, de esta manera habrá una mayor probabilidad de analizar “variables ocultas” que tal vez no se están midiendo y pudiesen ser una fuente significativa de explicación del comportamiento de la sedimentación y de los resultados obtenidos.

Se recomienda en un trabajo posterior mejorar el proceso interno de panelería mediante procedimientos que se deban estandarizar en las áreas de marmitas, paneleo, pesar, rayar, empaque y despacho.

10.0 BIBLIOGRAFÍA

- 1) FAO, Producción de Panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina, AGSF (Servicio de Gestión, Comercialización y Finanzas Agrícolas), Roma, 2004. Consultado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf
- 2) Guillermo Osorio Cadavid, Buenas prácticas agrícolas [BPA] y buenas prácticas de manufactura [BPM] en la producción de caña y panela, Consultado de: <http://www.fao.org/3/a1525s/a1525s00.htm>
- 3) Freddy Hernán Barco Jiménez, Evaluación de pérdidas indeterminadas de sacarosa por inversión en el proceso de clarificación en el ingenio castilla industrial (2006) Consultado de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/7556/1/T05561.pdf>
- 4) Karina Fiestas Farfán, Isabel Santos Vega, Sheyla Banda Guerrero, Wendy Valdiviezo Morales, Katheryn Arellano Sánchez, Diseño de una línea de producción de panela granulada, Piura (2015), Consultado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2344/4_PYT%20%20%20%20Info_rme_Fina%20%20Panela.pdf?sequence=1
- 5) Trapiche panelero gualanday, Ministerio de agricultura, Estudio del mercado de la panela en Colombia y el mundo. Colombia (2017), Consultado de: ESTUDIO_DEL_MERCADO_DE_LA_PANELA_EN_COLOMBIA_Y_EN_EL_MUNDO.pdf (trapichepanelerogualanday.com)
- 6) Niedz, R. P., & Evens, T. J. (2016). Diseño de experimentos (DOE): historia, conceptos y relevancia para el cultivo "in vitro". *Biología Celular y del Desarrollo In Vitro. Planta*, 52(6), 547–562. <http://www.jstor.org/stable/26588846>
- 7) Li, Z., & Qiu, P. (2014). Control estadístico de procesos mediante un esquema de muestreo dinámico. *Tecnometría*, 56(3), 325–335. <http://www.jstor.org/stable/24587243>
- 8) Serna Echeverri, Laura Alejandra; Arias Duque, Laura Andrea. (2014). Estandarización de los procesos mediante la aplicación del modelo Toyota a la producción de panela "La Reina". 21, 2020: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5009>
- 9) Donovan, P. S., & Manuj, I. (2015). Un modelo teórico integral del complejo proceso

estratégico de gestión de la demanda. *Diario de transporte*, 54(2), 213–239.

<https://doi.org/10.5325/transportationj.54.2.0213>

- 10) Barona-Rodríguez, A., Insuasty-Burbano, O., Viveros-Valens, C., Ángel-Sánchez, J., & Ramírez-Durán, J. (2020). Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para producción de panela en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1298>
- 11) De Jesus Pacheco, D., Dos Reis, C., & Jung, C. (2020). Método de estrategia de manufactura para tercerizadas calçadistas orientado à Agile Manufacturing. *Innovar: Revista De Ciencias Administrativas Y Sociales*, 30(75), 99-118., 2020:
<https://www.jstor.org/stable/26863972>
- 12) Timans, W., Antony, J., Ahaus, K., & van Solingen, R. (2012). Implementación de Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas manufactureras de los Países Bajos. *The Journal of the Operational Research Society*, 63(3), 339–353.
<http://www.jstor.org/stable/41353935>
- 13) Faver Gómez-Narváez, Marta Mesías, Cristina Delgado-Andrade, José Contreras-Calderón, Fabiola Ubillús, Gastón Cruz, Francisco J. Morales, Aparición de acrilamida y otros compuestos inducidos por calor en panela: Relación con parámetros fisicoquímicos y antioxidantes, *Química de alimentos*, Volumen 301, 2019,125256, ISSN 0308-8146,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619313664>
- 14) Adolfo Javier De oro torres, Germán José Narváez Gómez. (2010). Estandarización de la pre limpieza del jugo de caña de azúcar para las estancias paneleras de San Marcos-Sucre. Consultado en diciembre 15, 2020:
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/570/1323>
- 15) Angela L. Alarcón, Laura M. Palacios, Coralia Osorio, Paulo César Narváez, Francisco J. Heredia, Alvaro Orjuela, Dolores Hernanz, Características químicas y propiedades colorimétricas del azúcar de caña no centrífuga ("panela") obtenida a través de diferentes tecnologías de procesamiento, *Química de alimentos*, Volumen 340, 2021
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620320458>
- 16) Macias Esparza, B., García Bernal, H. R., & Galvis V., J. A. (1990). Determinación de la humedad de equilibrio en panela. *Agronomía Colombiana*, 7(1-2), 70-75. Consultado de:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21010>
- 17) Julio Alberto Solís-Fuentes, Yessica Hernández-Ceja, María del Rosario Hernández-

Medel, Rolando S. García-Gómez, Marisela Bernal-González, Samuel Mendoza-Pérez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Mejora de la calidad del jaggery, un edulcorante tradicional, que utiliza carbón activado de bagazo, *Biociencia de los Alimentos*, Volumen 32, 2019:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429218308071>

- 18) Gallardo Cabrera, C., & Gallardo Cabrera, H. F. (2001). Clarificación del guarapo de caña de azúcar en la producción de panela. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54 (1 y 2), 1211-1239. Consultado de:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24315>
- 19) Mario Oliva, Joel Carranza, Deidi Pérez, Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas (2018), volumen 2, numero 3 Consultado de:
<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/398>
- 20) Angela Liliana Alarcón Rodríguez. (2017). Estudio del comportamiento de propiedades fisicoquímicas, reológicas y térmicas de jugos y mieles de caña panelera. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental Bogotá, Colombia. Consultado de:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63049/1032447558.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 21) Ministerio de agricultura de Colombia (2019), Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Cadena Agroindustrial de la panela. Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de:
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- 22) Mario Oliva, Joel Carranza, Deidi Pérez, Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas. Perú 2018, Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de:
<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/download/398/515>
- 23) Universidad de los Andes, Bogotá. Diseño de la Arquitectura de Automatización Industrial para el Mejoramiento de la Cadena de Producción de Panela, Versión 1.0, febrero de 2016 Bogotá, Colombia, Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13661/u728881.pdf?sequence=1>
- 24) Secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural, pesca y alimentación, Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, Ficha técnica del cultivo

de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) enero 2015. Consultado el 13 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Azucar.pdf

- 25) CENGICANA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar), 2017. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. Guatemala 2017, Consultado el 15 de marzo del 2021 (En línea) Consultado de:
<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
- 26) Diego Alejandro Bello Barbosa, Fredy Leonardo Castellanos Pinzón, Bogotá (2016). Propuesta de módulos de riego para la producción agrícola de caña panelera (RD 75-11) en la finca la dulzura del municipio de Villeta, Cundinamarca, Consultado el 05 de octubre del 2020 (En línea) Disponible en:
<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
- 27) Ingenio Magdalena, S.A., (2017). Historia del Ingenio Magdalena. Guatemala. Magdalena Tierra Dulce Altamente productivos, profundamente humanos. Consultado el 10 de junio del 2021. (En línea) Consultado de:
<https://www.imsa.com.gt/historia.html#2010>
- 28) Carolina Gómez de los Ríos, Optimización del proceso de clarificación de meladura mediante el seguimiento de nueve variables fisicoquímicas en el Ingenio Risaralda S.A., Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad tecnología, Pereira 2010, Consultado el 15 de Julio del 2021 (En línea) Consultado de:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1823/664122G569.pdf;jsessionid=C214F82D97CBA8586801734CC7FDEC00?sequence=1>
- 29) González, J.; Escobar, J; Uvidia, H; González, V; Borja, N; Ramírez, JL, Calidad de la producción de panelas utilizadas para la alimentación animal en la Amazonía Ecuatoriana REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 17, núm. 12, diciembre, 2016, pp. 1-8 Veterinaria Organización Málaga, España, Consultado el 05 de Julio del 2020 (En línea) Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052022.pdf>

