



RIOPAILA  CASTILLA
COMROMISO DESDE 1928

COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN DEL TÁNDEM DE MOLINOS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE BAGAZO DESDE: EL ÍNDICE DE PREPARACIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR, BRIX DEL JUGO, PORCENTAJE DE SACAROSA O POL, PUREZA APARENTE Y HUMEDAD DEL BAGAZO. INGENIO RIOPAILA-CASTILLA S.A. ENTRE EL 22 DE OCTUBRE DE 2009 A 02 DE SEPTIEMBRE DE 2010

GIOVANNY ANDRÉS MOLINA MÚNERA

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
ARMENIA, QUINDÍO
Septiembre de 2010

COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN DEL TÁNDEM DE MOLINOS
A PARTIR DEL ANÁLISIS DE BAGAZO DESDE: EL ÍNDICE DE PREPARACIÓN EN
CAÑA DE AZÚCAR, BRIX DEL JUGO, PORCENTAJE DE SACAROSA O POL,
PUREZA APARENTE Y HUMEDAD DEL BAGAZO, EN EL INGENIO RIOPAILA-
CASTILLA S.A. ENTRE EL 22 DE OCTUBRE DE 2009 A 02 DE SEPTIEMBRE DE
2010

GIOVANNY ANDRÉS MOLINA MÚNERA

Proyecto de Pasantía presentado como requisito
Para optar al título de Químico.
Director: JORGE LUIS TORO

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
ARMENIA, QUINDÍO
2010

AGRADECIMIENTOS

En este proceso de culminación de mis estudios he tenido la oportunidad de encontrarme y compartir con grandes pensadores y conocedores del tema sobre el cual realizo este informe, además de magnificas personas en el ámbito laboral del ingenio Riopaila Castilla S.A. A los cuales agradezco infinitamente la solidaridad y la lección de vida tan importante que me han dejado.

Sin embargo hay dos personas las cuales merecen no solo mis totales agradecimientos, sino también mi vida: Yovany Molina Gallego y Nancy Munera Gallego no tengo como pagarles por la paciencia que me han tenido y la comprensión que me han brindado. Definitivamente nada de esto hubiera sido posible sin ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
0. INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 JUSTIFICACIÓN	11
2. MARCO DE REFERENCIA	13
2.1 MARCO CONTEXTUAL	13
2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	14
2.2.1 Factores que afectan la extracción	14
2.2.2 Factores que inciden en las pérdidas indeterminadas del proceso de elaboración de azúcar.	15
2.2.3 Cuales son los estándares en el índice de preparación en caña de azúcar.	16
2.3 EL MÉTODO A UTILIZAR SEGÚN CENICAÑA EN EL MUESTREO Y ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE EXTRACCIÓN EN TRENES DE MOLIENDA	17
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	21
3. METODOLOGÍA	23
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	23
3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	27
3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	28

3.4.1 Antes y Después del Método utilizado	28
3.4.2 Informe presentado por el laboratorio	30
3.4.3 Información de los molinos	34
3.4.4 Proceso de molienda	35
3.5 RESULTADOS	36
3.5.1 Análisis logrados	37
3.5.2 Curvas de extracción para cada molino por fechas	46
3.6 A MANERA DE PROPUESTA DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS	53
ELABORACIÓN DE CURVA DE EXTRACCIÓN DE MOLINOS	53
4. MODELO ADMINISTRATIVO	63
4.1 RECURSOS	63
4.2 RECURSOS FINANCIEROS	63
4.3 CRONOGRAMA	64
5. CONCLUSIONES	65
6. RECOMENDACIONES	67
7. BIBLIOGRAFÍA	69

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Extracción por molino	31
Gráfica 2. Humedades	31
Gráfica 3. Brix por molino	32
Gráfica 4. Extracción acumulada	32
Gráfica 5. Índice de preparación de caña	37
Gráfica 6. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 6	38
Gráfica 7. Porcentaje de Humedad de la caña	39
Gráfica 8. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 1	39
Gráfica 9. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 2	40
Gráfica 10. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 3	40
Gráfica 11. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 4	40
Gráfica 12. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 5	41
Gráfica 13 Porcentaje de Brix en caña.	43
Gráfica 14. Porcentaje de Brix en el Bagazo final	43
Gráfica 15. Porcentaje de fibra en caña.	44
Gráfica 16. Porcentaje de fibra en Bagazo final	44
Gráfica 17. Porcentaje de sacarosa en caña.	45
Gráfica 18. Porcentaje de sacarosa en Bagazo final	46
Gráfica 19. Curva Pol extracto de las muestras de caña y Bagazo	47
Gráfica 20. Curva de Pol de las muestras de caña y Bagazo	48
Gráfica 21.a. Aporte del molino 1 en la extracción.	49
Gráfica 21.b. aporte del molino 2 en la extracción.	49
Gráfica 21.c. Aporte del molino 3 en la extracción.	50
Gráfica 21.d. Aporte del molino 4 en la extracción.	50
Gráfica 21.e. Aporte del molino 5 en la extracción.	50
Gráfica 21.f. Aporte del molino 6 en la extracción.	51
Gráfica 22. Extracción acumulada en el molino 6	52

0. INTRODUCCIÓN

El laboratorio del ingenio Riopaila-Castilla S.A. es una pieza fundamental en el control de calidad de todos los procesos realizados, desde allí se lleva a cabo un seguimiento a los Bagazos en el tren de molinos, mediante el cual se realiza la curva de extracción de molinos que es muy importante a la hora de evaluar la extracción de sacarosa en los molinos por individual y en conjunto.

La presente pasantía intenta entonces, realizar un informe del seguimiento al método seguido por el Ingenio hasta octubre de 2009, tiempo en que empieza el nuevo acompañamiento. Pero no solo quedarse en el informe, sino que a partir de las recomendaciones de CENICAÑA, lograr una propuesta de método, para lograr la eficiencia de extracción. Ello implica, un análisis de detalle de la eficiencia de cada unidad del tren de molienda, pues del estado de los diferentes molinos o la forma como estas sean operadas, dependerá el desempeño de la estación de molienda. Esta eficiencia puede ser evaluada tanto en periodos pequeños con un solo tipo de caña, como se ha hecho en las pruebas de molienda ya realizadas por Cenicaña o desarrollando varios muestreos por día durante un periodo de molienda del ingenio, como se pudo lograr en la práctica de pasantía, desde octubre de 2009 hasta septiembre de 2010. Como resultado se obtiene un estimativo promedio de la eficiencia de extracción del Ingenio RIOPAILA-CASTILLA S.A, en el Valle del Cauca.

Y es que el Bagazo que queda como resultado de la molienda en cada uno de los molinos es una importante fuente de información sobre su eficiencia, ya que por medio de su desintegración y posteriores análisis de Pol, Brix, Pureza, Sacarosa y Humedad se puede apreciar si la forma como están operando es la adecuada, además con estos datos se brinda un reporte al jefe de molinos, el cual será el encargado de realizar los ajustes necesarios para obtener una mejor extracción de sacarosa y una mejor Humedad. Puesto que el Bagazo del molino sexto es enviado para calderas y allí requiere ciertas condiciones de Humedad para poder ser utilizado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El ingenio RIOPAILA-CASTILLA S.A. es una de las corporaciones productoras de azúcar, alcohol y miel, que goza de mayor prestigio a nivel regional y nacional. Tener la oportunidad de adelantar la práctica universitaria en sus instalaciones, en primera medida, ha permitido reconocer la mayoría de procesos de laboratorio que son adelantados con profesionalismo, sin embargo es importante reconocer que pueden existir, algunas dificultades; por ejemplo, los informes de la curva de extracción de los molinos son revisados con cierta regularidad por un supervisor del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), con el propósito de evaluar al personal encargado de estos análisis y los métodos utilizados, en relación con la confiabilidad de los datos intercambiados entre las áreas de laboratorio y molinos. Situación que dificulta contar con unos datos precisos, pues los resultados de esos informes se conocen mucho tiempo después.

Es más, no se conoce si el Ingenio está cumpliendo con la periodicidad estipulada para la curva del tándem de molinos, la cual debe hacerse de una a dos veces por semana con el fin de brindar los análisis sobre cómo están operando los molinos y los ajustes posibles que se le pueden hacer para mayor eficiencia. Esta es una situación problema, pues se conoce que por diferentes circunstancias no se ha cumplido con estos estándares.

A partir de los primeros procesos de estudio desde la práctica de pasantía, se ha podido establecer que para el análisis de Humedad se emplean dos métodos diferentes, lo cual arroja resultados que no son congruentes. Posiblemente se deba al deterioro de uno de los hornos utilizados al no estar dando la temperatura suficiente; con ese fenómeno se determinan niveles de Humedad muy bajos en la banda,

circunstancia que no se venía presentando, lo cual perjudica la confiabilidad de los datos.

Igualmente, en la actualidad esta práctica no tiene ningún soporte escrito como norma de ejecución, de tal manera que se expliquen de manera clara los análisis y se aumente la repetitividad de la toma de las muestras tanto en Brix y Pol. Por eso en muchos casos los resultados no van acorde con los estándares establecidos.

Ante esas circunstancias se considera necesario hacer el análisis del comportamiento de estos procesos en el laboratorio, con miras a diseñar la evaluación y control que permita un mejor aprovechamiento de los recursos, la eficiencia y eficacia en los datos arrojados y sobre todo garantizar una producción con calidad total en el Ingenio Riopaila-Castilla S.A.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Lo escrito anteriormente permite formular el problema de la siguiente manera:

¿Cuál es el comportamiento de la curva de extracción del tándem de molinos a partir del análisis de Bagazo desde: el índice de preparación en caña de azúcar, Brix del jugo, porcentaje de sacarosa o Pol del jugo, pureza aparente del jugo y Humedad del Bagazo, en el Ingenio Riopaila-Castilla s.a. entre el 22 de octubre de 2009 a 02 de septiembre de 2010?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Analizar el comportamiento de la curva de extracción del tándem de molinos a partir del análisis de Bagazo desde: el índice de preparación en caña de azúcar, Brix del jugo, porcentaje de sacarosa o Pol, pureza aparente y Humedad del Bagazo, en el

Ingenio Riopaila-Castilla s.a. entre el 22 de octubre de 2009 a 19 de septiembre de 2010.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el Brix del jugo y el porcentaje de Sacarosa o Pol por cada uno de los Bagazos recogidos a la salida de los seis molinos con el fin de evaluar la extracción de cada uno.
- Analizar las Humedades de los Bagazos recolectados en cada uno de los puntos de muestreo para evaluar el trabajo del tren de molinos.
- Determinar el grado de preparación de la caña de azúcar recolectada en la banda antes de la extracción en los molinos.
- Analizar los diferentes parámetros que surgen a partir de los datos recolectados de Brix, Pol y Humedad en las diferentes muestras de Bagazo, con el fin de evaluar la extracción y los diferentes porcentajes de composición de la caña entre el 22 de octubre de 2009 y 02 de septiembre de 2010.
- Re-formular el método de la curva de molinos en el ingenio RIOPAILA-CASTILLA S.A., con el fin de mejorar la calidad de los servicios brindados por el laboratorio.
- Diseñar una guía detallada en la cual se explique el método, la preparación de reactivos, el procedimiento, los cálculos y la bibliografía. Para facilitar la comprensión y realización de este por la persona indicada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista técnico y científico este trabajo cobra su importancia, pues se reconoce que la eficiencia de extracción de jugo del tren de molienda de un ingenio azucarero afecta la rentabilidad de la fábrica. Y es que la curva de tándem molinos es un análisis reciente que ha incorporado Cenicaña en todos los ingenios, con el fin de realizar un seguimiento adecuado acerca de cómo están extrayendo la sacarosa cada uno de los molinos. El laboratorio del ingenio Riopaila-Castilla S.A., es el encargado de realizar los análisis de índice de preparación, Pol, sacarosa, pureza y Humedad, proporcionando información verídica acerca del funcionamiento del tren de molinos,

para que los operarios de esta área realicen los ajustes necesarios y lograr una mayor extracción de sacarosa y menor Humedad en Bagazo final.

Por otro lado, desde lo académico e investigativo, la eficiencia de un método tiene que ver con la calidad de cada uno de los análisis y los equipos utilizados, es por esto que se hace necesario re-formular el método de la curva de molinos, ya que, como químico, en el transcurso de la práctica empresarial se notaron algunas falencias que pueden ser corregidas para lograr brindar unos datos precisos y exactos.

Obviamente, desde el punto de vista económico este estudio se hace importante en la medida que el Ingenio Riopaila-Castilla, contará con una información cualificada y cuantificada que le permita tomar las mejores decisiones en la mejora de su producción, con miras al mejoramiento continuo de su producción.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Riopaila Castilla S.A. es una empresa colombiana del sector alimentos dedicada al procesamiento de la caña, transformándola en Azúcar Blanco, Azúcar Blanco Especial, Azúcar Morena, Azúcar Refino, Azúcar Pulverizada, Jarabes, Alcohol (etanol) y Miel Final (melaza). De igual manera actividades agropecuarias y agroindustriales, administración de equipos, producción, generación de energía y combustible hacen parte de su accionar dentro del sector.

La empresa nace en el Valle del Cauca (Colombia), luego de la fusión de Riopaila Industrial S.A. y Castilla Industrial S.A., compañías escindidas de Ingenio Riopaila S.A. y Central Castilla S.A., las cuales fueron creadas por el Doctor Hernando Caicedo Caicedo en los años 1.928 y 1.945 respectivamente. Riopaila Castilla S.A. es una sociedad comercial del tipo de las anónimas, productora de azúcar, mieles y alcohol, que tiene 82 años de experiencia en el mercado nacional e internacional.

Riopaila Castilla S.A. se encuentra ubicada en el Departamento del Valle del Cauca, al suroccidente de Colombia. La empresa cuenta con dos plantas fabriles, una ubicada en el Km1 vía La Paila, Zarzal (Planta Riopaila). Y la otra, en el KM 30 vía Cali- Florida (Planta Castilla).

Con 19.800 hectáreas sembradas en caña y contratos con 21.300 hectáreas, la incidencia geográfica de la empresa se extiende a los municipios de Tuluá, Andalucía, Bugalagrande, Zarzal, Roldanillo, La Unión, La Victoria, Obando, Pradera, Florida, Candelaria y Palmira en el Valle del Cauca, Miranda, Corinto, Puerto Tejada y Caloto en el Departamento del Cauca

2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El marco conceptual de este estudio gira en torno a palabras claves como: extracción del tándem de molinos a partir del análisis de Bagazo, índice de preparación en caña de azúcar, Brix del jugo, porcentaje de sacarosa o Pol, pureza aparente y Humedad del Bagazo.

Para lograr construir el texto que orientan los diferentes conceptos que hacen parte del proyecto, se trae a colación diferentes autores, estudiosos de esta temática, sobre todo aquellos que han realizado investigaciones desde el organismo orientado para este fin, como ASOCAÑA. Así mismo se tienen en cuenta los informes anuales aportados por Cenicaña, ya sea desde las investigaciones inherentes al cultivo de la caña de azúcar, como de los manuales de laboratorio para la industria azucarera, que permitan conocer los estándares de los sistemas de medición en los Ingenios azucareros. Así como algunos autores claves en este estudio que coadyuvan a argumentar los análisis en el sitio de práctica.

2.2.1 Factores que afectan la extracción. Los conocedores del tema, afirman que la caña debe ser preparada de tal forma que se pueda extraer la mayor cantidad de sacarosa en los molinos. Esta preparación se realiza en la desfibradora, esta desfibradora cuenta con una serie de martillos que se encargan de golpear la caña de tal forma que se obtengan fibras de esta que faciliten la extracción en los molinos, por mayor exposición de las fibras.

La desfibradora consta de 18 martillos y 6 ejes. Estos se desgastan con el uso, por lo cual se debe voltear de cara los martillos cada 15 días y cambiarlos cada mes. La placa es el soporte de los martillos y esta se debe graduar de tal forma que permita un espacio de media pulgada entre los martillos, que es por donde va pasar la caña a ser preparada. Esta distancia es la que gradúa el tamaño del colchón de caña que es llevado a la banda.

A mayor velocidad de la desfibradora la caña sale mejor preparada.

Mediante sistemas hidráulicos se ejerce una fuerza sobre la masa superior de los molinos, esto se hace con el fin de evitar que el molino flote demasiado; puesto que si esto ocurre no se estaría presionando lo suficiente el Bagazo expuesto a la extracción y esta se vería afectada. Esta presión es controlada constantemente desde la cabina del supervisor.

Los molinos, generalmente, poseen motor hidráulico y turbina al tiempo, puesto que estos necesitan un setting más cerrado que el resto de los molinos que solo poseen la turbina. Esto se explica por el tamaño de las fibras que pasan por cada molino.

- La apertura del setting (apertura entre masas) está variando constantemente. Esta variación se da por desgaste y afecta la extracción de sacarosa debido a que permite el paso del Bagazo sin la presión suficiente entre las masas.
- Las masas ejercen la presión y el raspador extrae el Bagazo de ellas para limpiarlas. Cuando el raspador se desgasta empieza a fallar, como por ejemplo, a no llegar a los rincones de las masas.

2.2.2 Factores que inciden en las pérdidas indeterminadas del proceso de elaboración de azúcar. Al respecto, se puede decir que algunas de las conclusiones a las cuales han llegado estos autores, son entre otras, que las pérdidas de sacarosa ocurren desde el momento en que se corta la caña hasta cuando se empaca el azúcar; se presentan entre corte, alce y transporte y en el proceso fabril en las operaciones de lavado de caña, en el Bagazo resultante de las operaciones de preparación y molienda, en la cachaza proveniente de la limpieza de los jugos por medio de la clarificación y en las mieles. Adicionalmente, se presentan otras pérdidas de sacarosa que se conocen como indeterminadas y se calculan por balance de masa; éstas se generan por disolución o transformación de la sacarosa en los materiales del proceso, por “arrastre” en evaporación o retención, pérdidas físicas o mecánicas.

Además de diferentes causas que contribuyen a las pérdidas de sacarosa en el proceso fabril, otros factores están relacionados con la molienda. Según Dergan Sánchez¹ en un tándem de molinos se pueden alcanzar pérdidas hasta del 2% del total de sacarosa % caña. Las condiciones de operación de los molinos y la calidad de la caña contribuyen a las pérdidas de sacarosa que pueden ocurrir por inversión ácida, inversión enzimática e infección microbiana.

2.2.3 Cuáles son los estándares en el índice de preparación en caña de azúcar

Según los autores consultados, de acuerdo con la tecnología de preparación de cada ingenio y el sistema de cosecha se determina el índice de preparación (P.O.C.: Pol en células abiertas) y el consumo específico y global de potencia en las unidades y la estación.

La idea sería identificar las causas del desempeño de las estaciones, referidas a las condiciones mecánicas, de operación, la calidad de la caña, entre otras, que se tienen en el Ingenio Ríopaila-Castilla. Este análisis permitiría comprender y caracterizar diferentes aspectos relacionados con el efecto mecánico en la maquinaria, costos de mantenimiento, inversiones y hasta consecuencias económicas. Por ello este proceso debe hacerse de la mejor manera posible, para facilitar la toma de decisiones.

A partir de estos análisis entonces se podrá contar con una información confiable sobre las otras variables de estudio como son: Brix del jugo, porcentaje de sacarosa o Pol, Pureza Aparente y Humedad del Bagazo.

¹. Sánchez Dergan, J. Manual para analistas de laboratorio azucarero. (Químicos de banco) México: GEPLACEA 1984. P.139

2.3 EL MÉTODO A UTILIZAR SEGÚN CENICAÑA EN EL MUESTREO Y ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE EXTRACCIÓN EN TRENES DE MOLIENDA²

Objetivo: Presentar un resumen general de los procedimientos y recomendaciones para el desarrollo de la evaluación de la eficiencia de extracción de un tren de molienda.

Descripción

0. Introducción

Este método presenta en detalle los procedimientos para evaluar la eficiencia de extracción de un tren de molienda.

La eficiencia de extracción implica, un análisis de detalle de la eficiencia de cada unidad del tren de molienda, pues del estado de los diferentes molinos o la forma como estos sean operados, dependerá el desempeño de la estación de molienda. Esta eficiencia puede ser evaluada tanto en periodos pequeños con un solo tipo de caña, como se ha hecho en las pruebas de molienda ya realizadas por Cenicaña o desarrollando varios muestreos por día durante un periodo de molienda del ingenio³, generalmente se llevan cabo seguimientos durante varios periodos de molienda. Como resultado se obtiene un estimativo promedio de la eficiencia de extracción de la estación.

La calidad de los resultados de los análisis dependerá de las precauciones que se hayan tenido en el pre tratamiento de las muestras y análisis de laboratorio. Por ejemplo si se toma el valor promedio de la fibra % caña del periodo anterior al evaluado, para estimar la extracción del periodo actual, el valor obtenido no será el correcto.

Se requiere desarrollar los procesos de muestreo, desintegración y análisis de laboratorio en el menor tiempo posible, con el fin de evitar una posible degradación de la muestra. Con respecto al recurso humano, se recomienda emplear dos personas para manejar adecuadamente el muestreo, la recolección y la desintegración de las muestras de los Bagazos de todo el tándem de molinos.

DETERMINACIÓN DE SACAROSA, FIBRA Y BRUX DE MUESTRAS DE CAÑA Y BAGAZO POR DESINTEGRACIÓN HÚMEDA

Objetivo: Determinar por medio del método de desintegración vía húmeda, los porcentajes de sacarosa, Brux y sólidos de las muestras de caña y Bagazos analizados.

². Método expuesto por Patiño, A. Segundo Informe de Avance, Joven Investigadora. Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Pérdidas indeterminadas. Determinaciones de sacarosa brix, pureza y no-sacarosa en jugos, mieles, los sólidos insolubles y toma de muestra. Proceso de clarificación del jugo Cali: CENICAÑA: 42 p.; CD-ROM. 2007

³ Periodo de Molienda: es el periodo de molienda entre paradas de mantenimiento

1. Aplicación del Método

Estos índices se usan para estimar la eficiencia de extracción del tándem de molinos. En especial la sacarosa en Bagazo, es usada para determinar la extracción de sacarosa de la caña durante el proceso de molienda, además este es un indicador de la eficiencia de la estación de molinos.

2. Principio del Método

Una muestra de Bagazo pesada, es mezclada con un volumen de agua medido y desintegrada en un desintegrador de alta velocidad. Las celdas de la fibra son abiertas, facilitando salida de la sacarosa contenida. La muestra de caña desintegrada, es filtrada y el extracto obtenido es clarificado por la adición de subacetato de plomo. El Pol y el Brix de la solución clarificada son leídos por medio de un Polarimetro y un refractometro. Los porcentajes de sacarosa, fibra y Brix son calculados por formula. De la misma muestra, se toma una sub muestra para determinar su contenido de Humedad.

- Preservación de Muestras de Caña y Bagazo

Las muestras deben ser almacenadas en un recipiente o bolsa plástica y se debe asegurar, que queden selladas

En ocasiones para almacenar la muestra sin analizarla se usa cloroformo, pero este preservativo no dura mucho tiempo. Si se requiere almacenar la muestra por un periodo cercano a las 24 horas, se puede adicionar tolueno a una taza de 1 mL por 1000 gr. de muestra y además la muestra deber ser almacenada en una bolsa plástica y refrigerada a una temperatura de 4° C. Otra alternativa, puede ser enfriar rápidamente a una temperatura inferior a los -20 °C, dentro de bolsas plasticas selladas, garantizando que el espesor de la muestra no supere los 80 mm. Al almacenar muestras en bolsas totalmente llenas con el fin de refrigerarlas, se puede presentar que la muestra se demore mucho tiempo en congelarse y descongelarse y sufra deterioros localizados. No se recomienda, colocar sobre bolsas congeladas, muestras a temperatura ambiente.

Si las muestras son dejadas a lo largo del tándem de molinos bajo condiciones de calor y Humedad por periodos superiores a cuatro horas sin adicionar preservativos, puede ocurrir deterioro de las muestras. Solo se obtendrán resultados satisfactorios con muestras preservadas si el preservante fue aplicado tan pronto se tomó cada muestra.

3. Análisis de Caña y Bagazos

3.1 Desintegración

La muestra de Bagazo o caña es desintegrada durante 30 minutos para Bagazos y 40 minutos para caña preparada. Las cantidades de muestra y agua recomendadas para

ser usadas en los desintegradores tipo SRI⁴ se presentan en el cuadro 1, por el procedimiento australiano.

Cuadro 1. Cantidades de Agua y Muestra Para ser Adicionadas al Desintegrador.

Muestra	Desintegrador	Tumbler	Formula
Caña preparada	2000 gr. de muestra + 6000 gr. de agua	1000 gr. + 10000 gr. de agua	$K = \frac{1000r}{3.838 - 0.838r}$
Bagazo del molino1	1000 gr. de muestra+6000 gr. de agua	500 gr. +10000 gr. de agua	$K = \frac{2000r}{7 - r - \frac{1.25F}{100}(1-r)}$
Bagazo de los molinos 2 y 3	800 gr. muestra + 6000 gr. de agua	400 gr. +10000 gr. de agua	$K = \frac{2500r}{8.5 - r - \frac{1.25F}{100}(1-r)}$
Bagazo de los molinos 4,5 y 6	600 gr. muestra + 6000 gr. de agua	300 gr. + 10000 gr. de agua	$K = \frac{3333r}{11 - r - \frac{1.25F}{100}(1-r)}$

*Fórmula para caña preparada generalmente usada en esta forma. Se asumió en su determinación un 13% de fibra en caña. Este modelo matemático es válido para cañas con fibras entre un 11 y un 15 %.

r = Relación de lecturas de Pol

K = Pol en celdas abiertas

F = Fibra % caña o Bagazo.

En el cuadro 1, la cantidad de agua recomendada para desintegrar muestras es de 6000 gramos. La cantidad de muestra usada, es el resultado de un cálculo que busca suplir con aproximadamente 300 gramos de fibra a cada muestra desintegrada. Esto finalmente resulta en una fina mezcla de partículas de caña en agua (con alta Humedad) y una espesa mezcla partículas de Bagazo en agua (con baja Humedad). La alta relación de fibra/ Humedad total para los Bagazos finales es deseable de manera que se obtenga una lectura de Pol razonable. No es aconsejable trabajar con valores de muestra superiores a los recomendados aquí, porque puede presentarse sobrecalentamiento de la muestra.

Cuando la desintegración termina, una porción de muestra desintegrada es filtrada en una malla en forma de cono que tiene una abertura de aproximadamente 0.5 mm. Del extracto total almacenado previamente en un recipiente, se toman aproximadamente 250 mL de este y se llevan tan pronto sea posible al Laboratorio de Fábrica. La temperatura ambiente en el Laboratorio de Fábrica, no debe exceder los 21°C para evitar incrementos de temperatura de los extractos lo cual puede ser perjudicial. Se debe tener precaución cuando se va a tomar el extracto del análisis, agitar el extracto total. Posteriormente se mide el Brix y el Pol de los extractos.

⁴ SRI = siglas de Sugar Research Institute

Los siguientes puntos deben ser tenidos en cuenta en los análisis por desintegración húmeda.

- Se debe proveer al desintegrador de agua fresca, para minimizar las pérdidas de evaporación y una posible degradación térmica de la muestra.
- Las cuchillas de los desintegradores deben ser cambiadas y afiladas con una frecuencia de dos semanas como máximo. Se debe tener en cuenta que el filo de estas cuchillas no es como el filo convencional de un cuchillo, sino que se deben afilar en su flanco de acción, buscando devolverle la geometría y las puntas perdidas por desgaste durante su trabajo.
- Los fabricantes de los desintegradores Jeffco, reportan que buenas desintegraciones son obtenidas, con un desintegrador que usa 3 cuchillas de 150 mm y rotando aproximadamente a 5800 rpm. Las cuchillas deben estar espaciadas a 12.5 mm entre cada una, incluyendo la medida vertical entre la última cuchilla y la punta del eje y recomiendan además que la punta del eje debe estar alrededor de los 3 mm del fondo del desintegrador. Los desintegradores del Laboratorio Móvil tiene 4 cuchillas de 130 mm las cuales rotan a una velocidad promedio de 6880 rpm, estas están espaciadas de la siguiente forma: entre la primera y la segunda y la tercera y la cuarta con un anillo de 25 y entre la segunda y la tercera con un anillo de 19 mm, ahora la distancia entre la punta del eje y la última cuchilla medida verticalmente es de 16 mm. Las puntas de todos los ejes están por debajo de los 3 mm con respecto al fondo del desintegrador. Mediciones experimentales realizadas entre septiembre y octubre del 2004 en el Ingenio Providencia, muestran una correlación de los análisis de sacarosa en Bagazo comparando los desintegradores del Laboratorio Móvil con respecto a los Desintegradores Jeffco del ingenio de 0,9842, valor el cual se considera suficiente, para garantizar una buena aproximación de los resultados obtenidos en las evaluaciones de eficiencia de extracción.
- Con equipos nuevos de desintegración húmeda tipo Jeffco se recomienda hacer un chequeo para corroborar que los tiempos de 40 y 30 minutos recomendados por el Procedimiento, son los requeridos por la máquina específica para la obtener desintegración completa. Este chequeo se lleva a cabo tomando 50 mL de muestra desintegrada a los 30, 35, 40 y 45 minutos para medirles Brix y Pol y posteriormente, analizar la evolución de estas medidas. En Julio del año 2004, se llevó a cabo esta prueba en los Desintegradores de Laboratorio Móvil y se encontró un leve crecimiento del Pol del extracto alargando la desintegración de muestras de caña a 50 minutos, sin embargo de un análisis final de los resultados, se llegó a concluir que confrontando el poco crecimiento del valor con la exposición del extracto a deterioro de la sacarosa por el tiempo transcurrido, no era razonable incrementar el tiempo.

4. ACCIONES CONTINGENTES

En la práctica, los casos que se presenten y no se encuentren contemplados en la presente norma deben ser resueltos por quien la ejecuta, en beneficio de la Empresa y de acuerdo a las Políticas Generales establecidas en la organización.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Bagacillo: fracción fina de partículas que se han separado del Bagazo.
- Bagazo: residuo que se obtiene al moler la caña en uno o más molinos. Se llama respectivamente Bagazo del primer molino, Bagazo del segundo molino etc., y Bagazo del ultimo molino, Bagazo final o sencillamente Bagazo. En general el término Bagazo, se refiere al que sale del último molino a menos que se especifique otra cosa.
- Brix: porcentaje en peso (%P/P) de sólidos solubles en una solución.
- Caña: material vegetal crudo del genero *Saccharum* entregado a la fábrica, el cual incluye la caña limpia y la basura de campo.
- Imbibición: proceso en el cual se aplica agua o jugo al Bagazo para aumentar la extracción de jugo del próximo molino.
- Índice de preparación: Se basa en la relación entre el Brix de una muestra de caña preparada a nivel industrial para la molienda y otra muestra preparada en el laboratorio mediante desintegración húmeda.
- Jugo absoluto: todos los sólidos en solución que contiene la caña, dicho de otra manera es el jugo absoluto es la caña menos la fibra.
- Pol: el termino Pol es abreviatura de la palabra Polarización. Es la lectura en la escala de Polarímetro. si la muestra es una solución normal de azúcar la Pol es igual al porcentaje de sacarosa.
- Porcentaje de Humedad: El porcentaje de Humedad en caña o Bagazo es la pérdida de masa, después de secar una muestra cuyo peso es conocido hasta alcanzar peso constante en una corriente de aire caliente de un horno especial a

110 °C “+” o “-“ 5°C. La determinación de Humedad y sacarosa en caña o Bagazos deben ser hechas con sub muestras de la misma muestra analizada.

- Pureza: es el porcentaje de sacarosa en el total de sólidos de una muestra. El término pureza generalmente significa Pureza Aparente.
- Sacarosa: disacárido conocido como la α -D-Glucopirasonil y el β -D-fructofuranósido, cuya fórmula del compuesto químicamente puro es $C_{12}H_{22}O_{11}$. este compuesto también es llamado azúcar de caña.
- Sólidos insolubles: (suspendidos). Son sólidos presentes en el jugo u otro líquido, los cuales se pueden remover por medios mecánicos.

3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para adelantar este estudio, se toma como faro de orientación el tipo de investigación descriptiva, en tanto la prospectiva es contar el análisis del comportamiento de la curva de extracción del tándem de molinos a partir del análisis de Bagazo desde: el índice de preparación en caña de azúcar, Brix del jugo, porcentaje de Sacarosa o Pol, Pureza Aparente y Humedad del Bagazo, en el Ingenio Riopaila-Castilla s.a. entre el 19 de octubre de 2009 a 19 de abril de 2010. Información que permitirá diseñar y plantear una metodología que se ajuste de la mejor manera al Ingenio Ríopaila-Castilla.

3.2 DESCRIPCION DE EQUIPOS

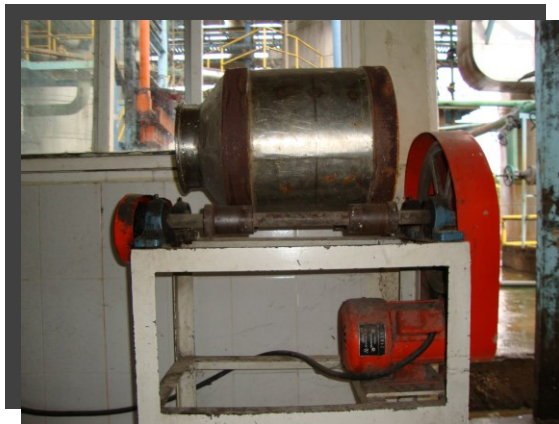


Figura 1. Tumbler: Equipo utilizado para analizar el comportamiento de la desfibradora por medio de análisis del jugo resultante de la extracción de sacarosa del bagazo con agua.

Se compone de un soporte, que lleva en si un motor para poner a girar dos rodillos que sirven como base al tanque en el cual está la muestra. Este se pone a girar durante media hora, tiempo en el cual se realiza la extracción.

SIEMENS. 0.4HP. F.S 1.0. Peso 6.6Kg.
1090 rpm



Figura 2. Jeffco (viejo) desintegrador humedo
 Modelo 292 serie No. A295
 Motor 2.2 kW
 Corriente 8.1A
 Voltaje 220V
 Frecuencia 60Hz
 Velocidad del motor 3450rpm



Figura 3. Jeffco nuevo.



Figura 4. Jeffco (nuevo) desintegrador húmedo
 Modelo WDO2 serie No. A351
 Motor 3.0 kW
 Corriente 6.1A
 Voltaje 440V
 Frecuencia 60Hz
 Velocidad del motor 3450rpm

Imagen 2, 3 y 4. Desintegrador Húmedo. Este equipo es esencialmente una licuadora de alta velocidad, conocido comercialmente como desintegrador húmedo Jeffco o fabricado de acuerdo a recomendaciones como los desintegradores del Laboratorio.

Los desintegradores del Laboratorio tienen 4 cuchillas de 130 mm x 35mm x 1.5 mm las cuales rotan a una velocidad promedio de 3450rpm, estas están espaciadas de la siguiente forma: entre la primera y la segunda y la tercera y la cuarta con un anillo de 25 y entre la segunda y la tercera con un anillo de 19 mm, ahora la distancia entre la punta del eje y la última cuchilla medida verticalmente es de 16 mm. Las puntas de todos los ejes están por debajo de los 3 mm con respecto al fondo del desintegrador.

Recipiente del desintegrador:

Este desintegrador tiene una capacidad de 22.5 L, con una tapa para sellarlo. Además tiene una camisa de agua en el cuerpo del recipiente para garantizar la refrigeración de los extractos.

Recomendaciones de Operación

- Cada desintegrador cuenta en su parte frontal superior, con un arrancador eléctrico. Oprimir el botón verde para encender el equipo y el botón rojo para detenerlo.
- Además, cada equipo tiene un temporizador para graduar su tiempo de trabajo. En el caso del desintegrador viejo es manual con una perilla que se dispara sola al finalizar el tiempo, mientras que en el desintegrador nuevo es de manera automática. En la imagen 3 se muestra el display del desintegrador nuevo.

Precauciones de Seguridad

- El desintegrador nunca debe ser puesto en funcionamiento, sin estar montado el recipiente y sellado debidamente.
- Regularmente se deben hacer inspecciones del estado de apriete de tornillería y elementos mecánicos incluyendo las cuchillas.

- Cuando se estén desarrollando operaciones que impliquen manipular las cuchillas, garantizar que el equipo se encuentre totalmente desenergizado.

Polarimetro-Refractometro:

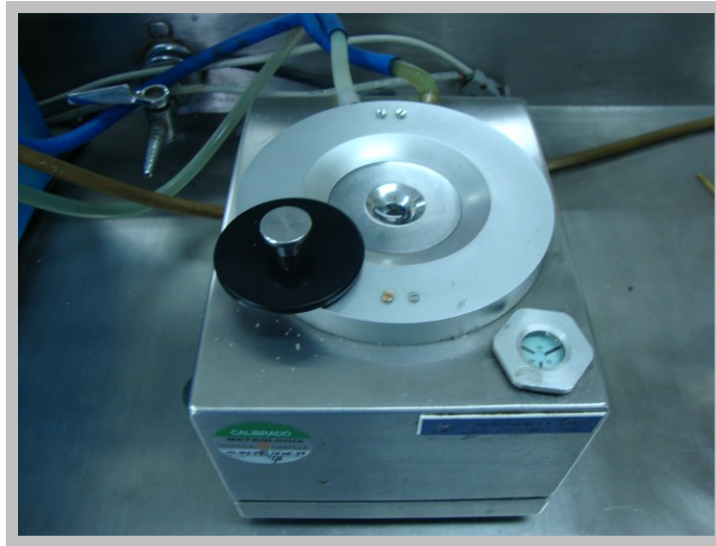
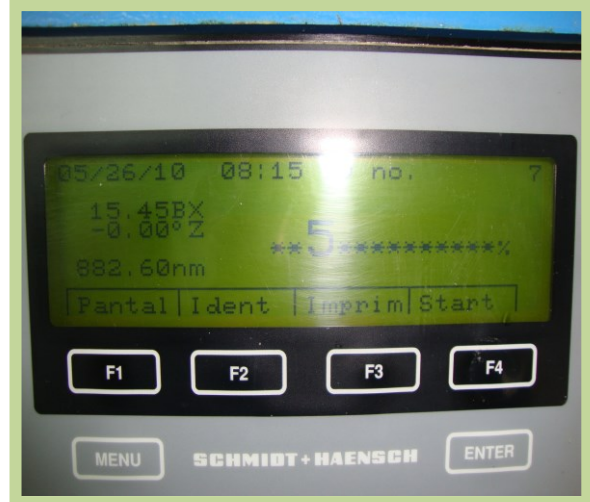


Figura 5. SCHMIDT HAENSCH NIR
Made in germany
DUR-SW
Head No. 5477

En la Figura 5. Se aprecia el Polarímetro y el refractómetro. En este equipo se determina el grado Brix y la Pol como se puede apreciar en el display. Si se pretende sacar de una vez la pureza, se debe tomar el Brix y la Pol de la misma muestra. El equipo inmediatamente arroja la pureza del jugo analizado en los números más grandes que se observan en el display.

Figura 6. Horno:



El horno es utilizado para determinar las humedades de los bagazos por medio de la diferencia en peso luego de poner a secar durante 3 horas hasta peso final constante. Este permanece prendido a 105°C aproximadamente.

Blue M Electric. A general signal company

3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para recolectar la información que permita lograr los objetivos planteados, se considera que aparte de los datos recolectados desde la propia práctica, como fuente de información primaria, se muestran los informes de análisis de comportamiento de la curva de extracción del tándem de molinos, en los seis meses anteriores a fin de contar con un punto de referencia. Igualmente conversatorio con los asesores de laboratorio, de Cenicaña y supervisores de producción del Ingenio.

Como fuentes secundarias, se logró desde la revisión de literatura sobre el tema específico que compete a este estudio.

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1 Antes y después del Método utilizado. Datos desde la propia práctica. Al comenzar la práctica universitaria en el ingenio Riopaila Castilla S.A. el día 19 de octubre de 2009, el jefe del laboratorio de control procesos, el Ingeniero Efrén Corrales, propuso aprender sobre todos los análisis que se realizan en el laboratorio. Por éste Ingenio azucarero ya habían pasado dos practicantes con actividades similares, esto obligo a buscar algo que no se hubiera hecho como pasantía. Surgió entonces la idea de realizar un seguimiento más detallado con el objetivo de mejorar el análisis de la curva de molinos, pues parecía allí habían algunas dificultades.

Al asistir como acompañante a realizar la práctica, se pudo establecer que no existía soporte escrito para hacer un seguimiento efectivo del análisis. El ayudante del analista de procesos Jorge Arana y el analista de materias primas Rodolfo Hurtado explicaron la forma como se realizaba el análisis a medida que se iba llevando a cabo el proceso. Se recolectaron las muestras en los molinos y luego en el laboratorio, explicaron los pesos necesarios de Bagazo para desintegrarlos y para montar las Humedades. El proceso siguiente fue desintegrar las muestras y por último fue explicado los análisis y la forma como se reportaban los datos al analista de materias primas e ingresar los datos estadísticos para organizar el reporte al jefe de molinos.

Este análisis se lleva a cabo aproximadamente entre 7 y 9 horas, dependiendo de la disposición de los desintegradores, lo cual se convierte en dificultad pues son tiempos muy largos para llevar a cabo el proceso.

A medida que se fue realizando la práctica fueron surgiendo muchas dudas, que se fueron solucionando con el repetir de la práctica, el investigar sobre el tema y las consultas con diferentes profesionales del tema: asesor de cenicaña, jefe de molinos, supervisores de molinos, analistas del laboratorio y jefe del laboratorio de control procesos.

El tiempo libre de permanencia en el Ingenio, fue aprovechado para aprender todos los análisis que se realizan en el laboratorio de control procesos. Durante 4 meses el cargo desempeñado fue el de analista de productos de la destilería (alcoholes, mieles y mostos). Luego de ese tiempo el Ingeniero Oswaldo Jaramillo jefe del área de Investigación y Desarrollo, al reconocer un buen desempeño, puesto que se realizaron varios seguimientos juntos, propuso renovar la práctica por seis meses más y realizar una serie de trabajos; entre ellos iniciar labores en laboratorio de Investigación y Desarrollo que apenas estaba en construcción en esa época.

En esta nueva etapa de la práctica se continuó recolectando datos de la curva de extracción de molinos y a su vez se iniciaron varios proyectos: simulación de industria de bicarbonato de sodio, simulación de industria de carbonato de calcio, mezclas de azúcar con especias, producción de Polialcoholes (sorbitol y manitol), cristalización con glucosa, crecimiento del cristal de sacarosa, diferentes tipos de azúcar morena por petición del cliente entre otros. Las mezclas y las cristalizaciones fueron llevadas a nivel de planta piloto en el nuevo laboratorio.

Una vez conocido el método, se reconocen una serie de falencias al momento de realizar el análisis de la curva de molinos. Entre estas falencias se encuentran la poca disponibilidad de los equipos desintegradores de Bagazo, la inconsistencia en algunos de los datos obtenidos en el análisis que se debe a posibles muestras mal desintegradas. También se aprecia una variabilidad en los datos que involucran muestras almacenadas durante mucho tiempo por la inversión de la sacarosa; esto baja los niveles de sacarosa en las muestras por inversión a fructosa y glucosa. Entre otras falencias que se pretende sean corregidas a partir de la información que se brinda mas adelante con todos los pasos para realizar una buena curva de extracción de molinos que sea representativa y verídica.

3.4.2 Informe presentado por el laboratorio sobre la curva de extracción de molinos. Para empezar es importante mostrar un ejemplo del reporte que se entrega por parte del laboratorio de control procesos al jefe del área de molinos. Se toma como fecha de elaboración de la curva de extracción de molinos el 28 de enero del 2010.



CURVA DE EXTRACCION DE MOLINOS

Enero 28de 2010
1er. Turno - 08:00 a.m.

Cuadro 1.

Rata de molienda = 293 TCH

	Caña	Bagazo 1	Bagazo 2	Bagazo 3	Bagazo 4	Bagazo 5	Bagazo 6
Brix extracto	3,96	1,64	0,98	0,84	0,46	0,3	0,22
Pol extracto	14,03	5,47	3,3	2,78	1,56	1	0,75
Humedad%	72,7	53,2	56,5	52,3	55,3	53,4	44,4
sac extracto	3,60	1,42	0,86	0,72	0,41	0,26	0,20
Pureza	91%	86%	87%	86%	88%	87%	89%
densidad aparente extracto	1,01269	1,00356	1,00096	1,00041	0,99892	0,99829	0,99797
Brix%	15,24	10,74	7,89	6,71	4,83	3,14	2,27
Fibra%	12,06	36,06	35,61	40,99	39,87	43,46	53,33
Pol caña/Bagazo	13,87	9,28	6,90	5,77	4,26	2,72	2,02

	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5	Molino 6
Extracción	77,62	24,66	27,39	24,04	41,41	39,57
Ext. Acum.	77,62	83,14	87,76	90,70	94,55	96,71
G.R.Mittal						96,21
R. Derr						96,57
R. Rein						96,37

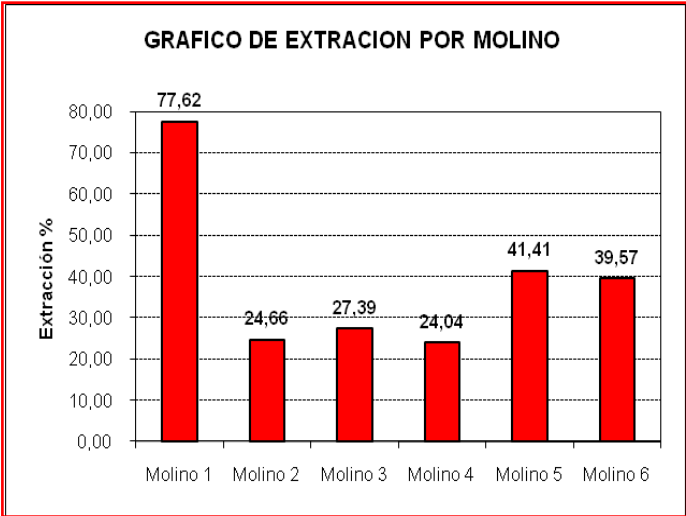
Indice de Preparación de la Caña. 86,0

Extracc objet	70	40	30-35	30-35	30-35	30-35
---------------	----	----	-------	-------	-------	-------

La rata de molienda indica las toneladas de caña que se molieron durante la hora que fue recogida la muestra de Bagazo. El turno indica la hora en la que se toma la muestra. En las columnas de la tabla se encuentra el análisis y en las filas se encuentra

la procedencia de la muestra. La extracción objetivo arroja los datos esperados para la extracción en cada molino.

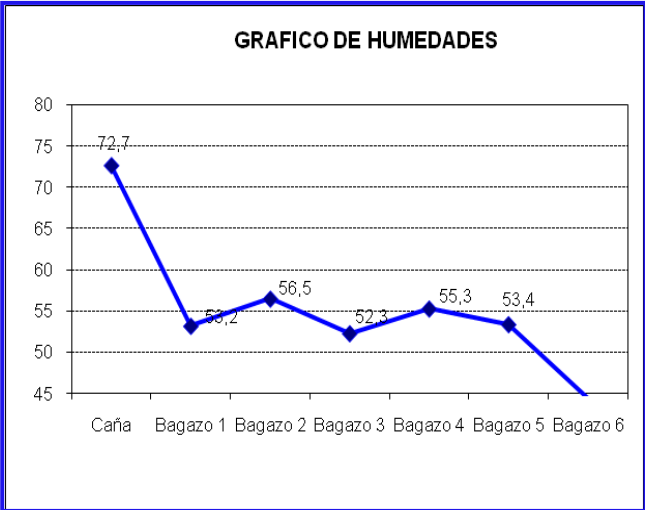
Las siguientes gráficas ilustran información en detalle:



Cómo están extrayendo los molinos por individual (extracción por molino) y en conjunto (extracción acumulada). La extracción individual de cada molino es comparada con la extracción objetivo, mientras que la extracción acumulada debe ir aumentando a medida que pasan los molinos con el fin de analizar el aporte de extracción realizado por

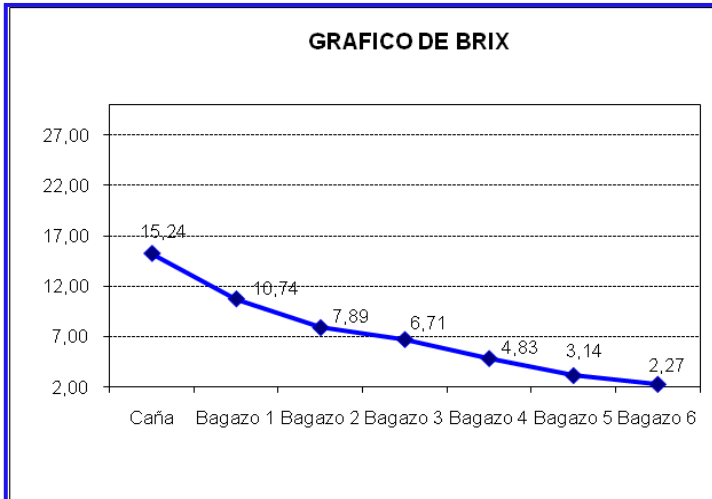
Gráfica 1. Extracción por molino cada uno de ellos.

También se observa una gráfica del porcentaje de Humedad, en la que importa mucho el dato del Bagazo final. El cual debe ser constantemente corroborado como requisito estricto del área de calderas. Este dato de Humedad del Bagazo final es tomado varias veces al día por parte de los analistas de laboratorio control procesos.



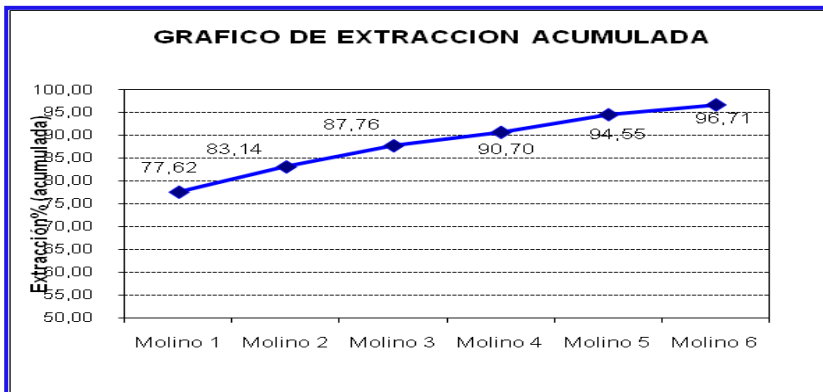
Gráfica 2. Humedades en caña y bagazos

La gráfica 3 que muestra los grados Brix debe ir decreciendo, debido a que a medida que el Bagazo va pasando por cada molino se espera que haya menos material para extraer de este. Al igual que la Pol va decreciendo y consigo la sacarosa que resulta de cálculos que involucran los datos anteriores.



Gráfica 3. Brix en caña y diferentes bagazos

Este informe se encuentra como archivo de Excel en el computador del analista de materias primas. Los cálculos se encuentran listos, de tal forma que solo hay que ingresar los datos del porcentaje de Humedad, Pol y Brix. Tanto la sacarosa como la pureza son obtenidas por cálculos.



Gráfica 4. Extracción acumulada.

Los resultados de los análisis de Humedad, Brix y Pol de cada una de las muestras, se alimentan en el programa de Cenicaña, el cual ya viene con estas ecuaciones incluidas para agilizar los datos.

Datos directos:

*BRX*extracto
*POL*extracto
 %*HUMEDAD*

$$SACextracto = POLextracto \times (0.2605 - (0.0009882BRXextracto))$$

$$PUREZA = \frac{SACextracto}{BRIXextracto}$$

$$DENSIDAD.aparaente.extracto = 0.003935 \times BRIXextracto + 0.99$$

$$\%BRIX = \frac{(BRIXextracto(6000 - 0.25 \times K + 0.0125 \times \%HUMEDAD))}{K(1 - 0.0125BRIXextracto)}$$

Donde K=

- 2000 para caña
- 1000 Bagazo 1
- 800 Bagazo 2-3
- 600 Bagazo 4-6

K indica el peso de la muestra que va a ser llevado al desintegrador.

Como recomendación de Cenicaña, el valor de K varía dependiendo de la muestra a analizar. 2000g de caña es la máxima capacidad para el jefco desintegrar la muestra de caña que es la más compacta y difícil de desintegrar. Estos valores son obtenidos teniendo en cuenta la población total de muestra para que esta sea representativa. La caña es recogida en la banda, donde hay que aumentar la muestra debido al largor de la banda para que pueda ser representativa.

A medida que el Bagazo va pasando por los molinos este va quedando con menos sacarosa, por esto es posible trabajar con menos muestra para que la desintegración sea completa y se pueda notar fácilmente la sacarosa presente mediante los análisis. Independientemente del peso de la muestra a analizar, K funciona como un factor que no afecta los resultados, sino que los adecúa de acuerdo con la muestra a analizar.

$$\%FIBRA = 100 - \%BRIX - \%HUMEDAD$$

$$POLcaña / Bagazo = \frac{POLextracto \times 0.26 \times (6000 + K - (0.0125 \times \%FIBRA \times K))}{DENSIDAD.aparente.extracto \times K}$$

$$EXTRACCIONmolino1 = \left(1 - \left(\frac{POLbagazo1}{POLcaña} \right) \left(\frac{\%FIBRAcaña}{\%FIBRAbagazo1} \right) \right) \times 100$$

$$EXTRACCION_{molino2} = \left(1 - \left(\frac{POL_{bagazo2}}{POL_{bagazo1}} \right) \left(\frac{\%FIBRA_{bagazo1}}{\%FIBRA_{bagazo2}} \right) \right) \times 100$$

$$EXTRACCION_{acumulada1} = EXTRACCION_{molino1}$$

$$EXTRACCION_{acumulada2} = \left(1 - \left(\frac{POL_{bagazo2}}{POL_{caña}} \right) \left(\frac{\%FIBRA_{caña}}{\%FIBRA_{bagazo2}} \right) \right) \times 100$$

$$G.R : Mittal = 100 \times \left(1 - \frac{POL_{bagazo6}}{\%FIBRA_{bagazo6}} \right)$$

$$R.Derr = 100 - \left(\frac{(100 - EXTRACCION_{acumulada6}) \times (100 - \%FIBRA_{caña})}{\%FIBRA_{caña}} \right)$$

$$R.REin = \left(1 - \left(\left(\frac{0.125 \times (100 - EXTRACCION_{acumulada6})}{\%FIBRA_{caña}} \right) \times \left(\frac{\%POL_{caña}}{12.5} \right)^{0.6} \right) \right) \times 100$$

R.Derr, R.REin, y G.R:Mittal son correcciones que se le realizan a la extracción acumulada en el molino 6. Estos resultados deben ser similares y se utilizan exclusivamente para realizar ajustes en los molinos. Los datos de extracción de los molinos son muy importantes para los operarios de esta área, ya que ellos basados en la información que se les brinda por parte del laboratorio, realizan las correcciones y ajustes necesarios.

3.4.3 información de los molinos. En noviembre se cambiaron los molinos 5 y 6 (masas y raspadores). Al molino 6 se le puso una masa perforada, que permite drenar el jugo para que salga el Bagazo más seco.

En marzo se cambiaron los molinos 1 y 2.

En mayo se cambiaron los molinos 3 y 4.

Los molinos 5 y 6 poseen actualmente motores hidráulicos que permiten un setting más ajustado; esto es una ayuda para la turbina, para que haya mejor extracción en el

molino (apertura pequeña). A futuro se piensa implementar motores eléctricos que ejercen la misma potencia que la turbina y el motor hidráulico.

3.4.4 Proceso de molienda. La caña es transportada hasta la desfibradora por medio de montacargas, el paso por la desfibradora permite la apertura de las celdas de la caña. Esto se hace con el fin de lograr una mayor exposición de la caña. De la desfibradora pasa a un nivelador, el cual se encarga de nivelar el colchón de caña.

Después del paso por el nivelador, la caña es arrastrada por una banda hasta el tándem de molinos. Al final de la banda se encuentra otro nivelador. También cabe resaltar que la banda posee unos imanes que impiden el paso de metales hacia el proceso.

El Bagazo cae al molino 1, el cual se encarga de extraer un jugo inicial. (El jugo de primera extracción) esta extracción es la más alta. El porcentaje de esta extracción oscila entre un 60 y un 70% de la extracción total de sacarosa.

El jugo de primera extracción pasa a un tanque provisto de un tamiz que le separa la parte del Bagazo que aun va en el jugo.

El Bagazo pasa por cada uno de los molinos que componen el tándem de los seis molinos, con el fin de lograr la mayor extracción posible de sacarosa del Bagazo.

El Bagazo final es transportado por una banda hacia las calderas, donde es quemado para la producción de energía eléctrica que abastece la fábrica.

En el proceso de molienda se agrega agua que ayuda a la extracción. En la entrada al molino 6 se agrega agua (agua de maceración) entre el 25 y el 30% del jugo total. El Bagazo que entra al molino 6 es bañado con esta agua para aumentar la extracción de sacarosa al Bagazo.

El jugo que se extrae del molino 6 es muy poco; este se diluye con el agua de maceración (imbibición) en el proceso de molienda y pasa como jugo de maceración a

la entrada del molino 5. Con la extracción del molino 5 se macera en el molino 4, con la extracción del molino 4 se macera en el molino 3 y con la extracción del molino 3 se macera en el molino 2.

El jugo que sale del molino 2 se une con el del molino 1. Estos van a un tamiz donde le filtran el Bagazo. El Bagazo es reenviado al molino dos por medio de un tobogán, mientras el jugo que cae al tanque es enviado para elaboración, donde se continúa con el proceso del azúcar.

3.5 RESULTADOS

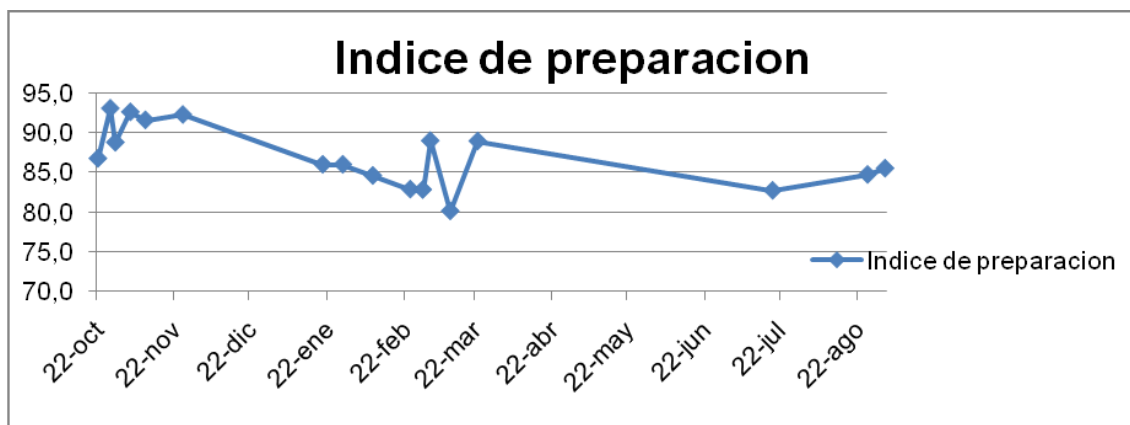
Los datos recolectados para este seguimiento presentan cierta irregularidad en algunas fechas, puesto que hay varios motivos por los cuales no se pudo realizar la curva:

- Entre octubre del 2009 y agosto del 2010 la fábrica realizó tres paros programados de actividades totales de gran importancia, en los cuales se aprovechó para realizar todos los ajustes previstos en la fábrica. Entre esos ajustes el área de molinos realizó los ajustes correspondientes.
- A finales de marzo y principios de julio de 2010 aparte de los dos paros largos, se presentó una larga temporada de lluvias, la cual perjudica el proceso de elaboración de azúcar y se hace necesario realizar una serie de paros continuos casi todos los días por las siguientes razones.
- La lluvia retrasa las labores de cosecha y transporte de la caña. La fábrica se ve afectada por la ausencia de caña y toca realizar varios paros en el día mientras llegan mas trenes cañeros.
- El suministro de la mesa de caña (es donde se almacena la caña que va llegando en los trenes cañeros) empieza a disminuir debido a la ausencia de caña, hasta llegar a un punto donde toca recoger la caña del patio de caña, el cual es la reserva que se mantiene por si se presenta esta ausencia de caña. En

esta operación las cargadoras tienen cierta demora en el transporte de la caña desde el patio hasta la mesa y eso afecta la regularidad del colchon de caña por no haber una alimentación constante. Esto se puede apreciar en el registro de las toneladas de caña por hora que va ser inferior a 350 que es un dato promedio en el que operan los molinos bajo buenas condiciones.

- Si la caña llega empantanada, este pantano va entrar en el proceso y esto va a ser un obstáculo en el área de elaboración por atascamientos. Este es otro motivo por el que se puede parar la fábrica.
- Si el colchon de caña no es constante; la muestra que se recoge para el análisis puede no ser representativa. Por lo que es recomendable no realizar la curva.
- Estas razones son las que perjudican el proceso constante en la fábrica y son la causa de la ausencia de varias fechas en el presente informe.

3.5.1 Análisis logrados. A continuación se presentan unas gráficas comparativas con los principales análisis entre el 22 de octubre del 2009 y el 02 de septiembre de 2010.

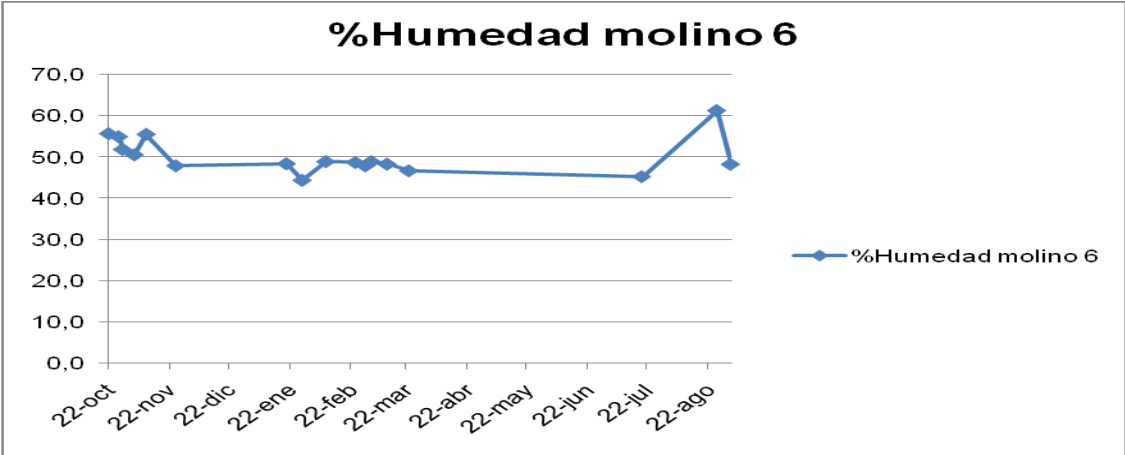


Gráfica 5. Índice de preparación de caña entre octubre del 2009 y principios de septiembre de 2010.

De acuerdo con lo estipulado para el índice de preparación, este debe variar entre el 80 y el 92%, rango en el cual la caña queda bien preparada. Entre mayor sea el índice de preparación va a ser mejor el trabajo realizado por la desfibradora con el fin de obtener mayor cantidad de celdas abiertas, es decir: mayor exposición de las fibras para mejor extracción en los molinos.

Los datos del índice de preparación son adecuados y permanecen constantes entre octubre y noviembre del 2009. A partir del primer paro programado empezaron a caer un poco los datos pero todavía se mantienen en el rango permitido de una buena preparación de la caña.

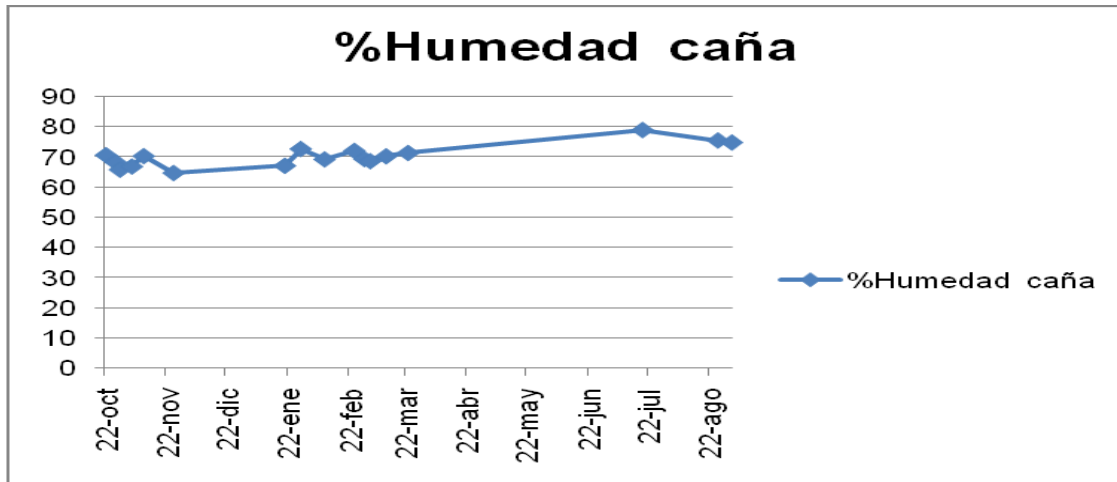
El índice de preparación promedio durante este periodo de tiempo es de 86.95%, el cual representa el buen trabajo realizado con la desfibradora.



Gráfica 6. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 6 entre octubre del 2009 y principios de septiembre de 2010

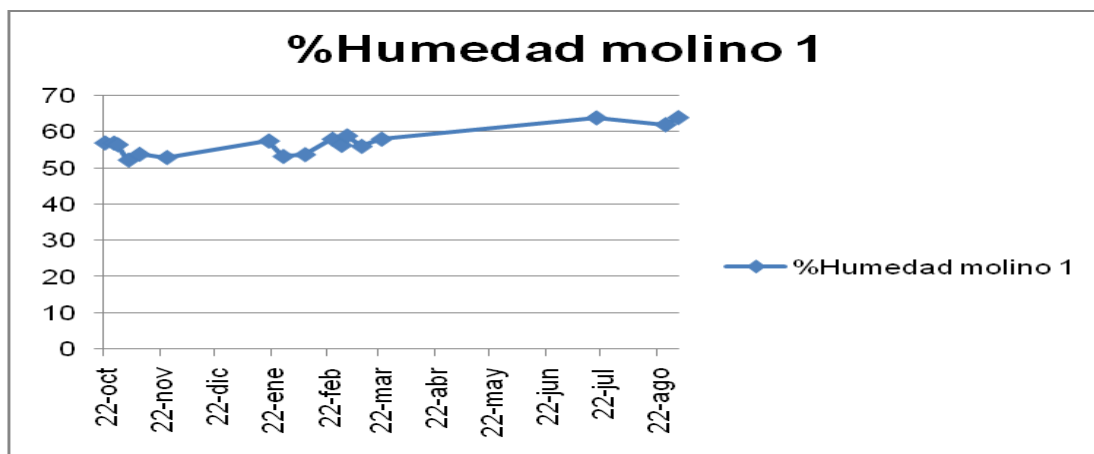
Este Bagazo final debe estar en alto grado de sequedad, puesto que esta es una condición necesaria para poderlo llevar a las calderas. Hasta noviembre del 2009 venían dando unas Humedades relativamente altas por lo que en noviembre se realiza un cambio y se pone una masa perforada a este molino, la cual permite drenar el jugo con el fin de que salga el Bagazo más seco. A partir de este notable cambio las Humedades cayeron considerablemente y se han mantenido estables con porcentajes de Humedad menores de 50%, lo que es muy conveniente para el proceso. El dato del 26 de agosto es demasiado elevado y es posible que se deba a algún error en este

molino (posible mal ajuste del setting) durante el tiempo que se estaba recolectando la muestra, teniendo en cuenta la tendencia de la gráfica. El rango esperado de la Humedad en Bagazo final oscila entre 48 y 53 %, por lo que se puede concluir que en el presente se están obteniendo valiosos resultados en la Humedad del Bagazo final.

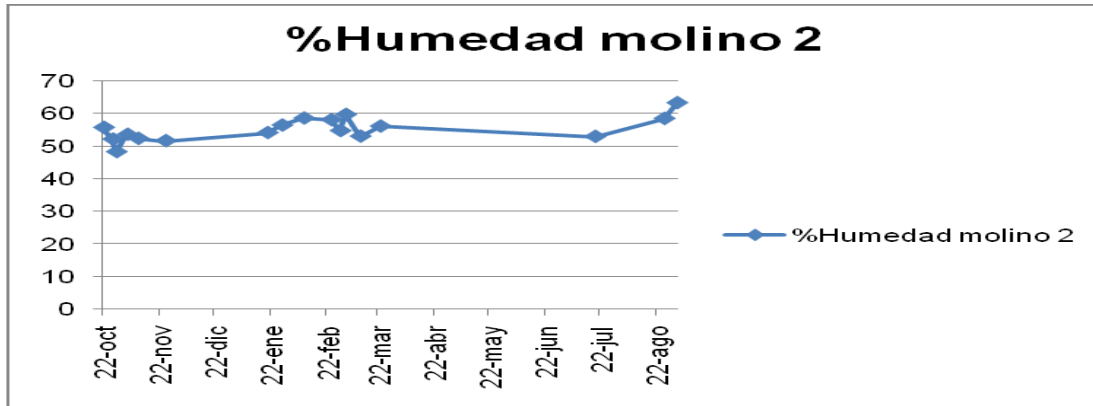


Gráfica 7. Porcentaje de Humedad de la caña entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010.

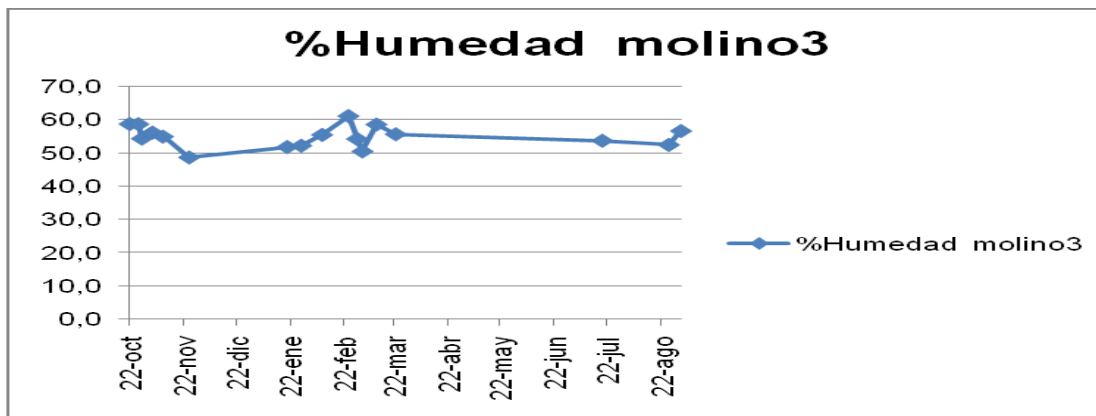
Esta es la Humedad inicial con la que entra la caña a los molinos. El rango esperado de la Humedad en caña oscila entre 67 y 71%. En la gráfica se observan Humedades dentro del rango esperado hasta finales de marzo de 2010. Los datos de julio, agosto y septiembre muestran una Humedad considerablemente alta, la cual es posible que se deba al tipo de caña empleado o caña con demasiada humedad por efecto de la lluvia.



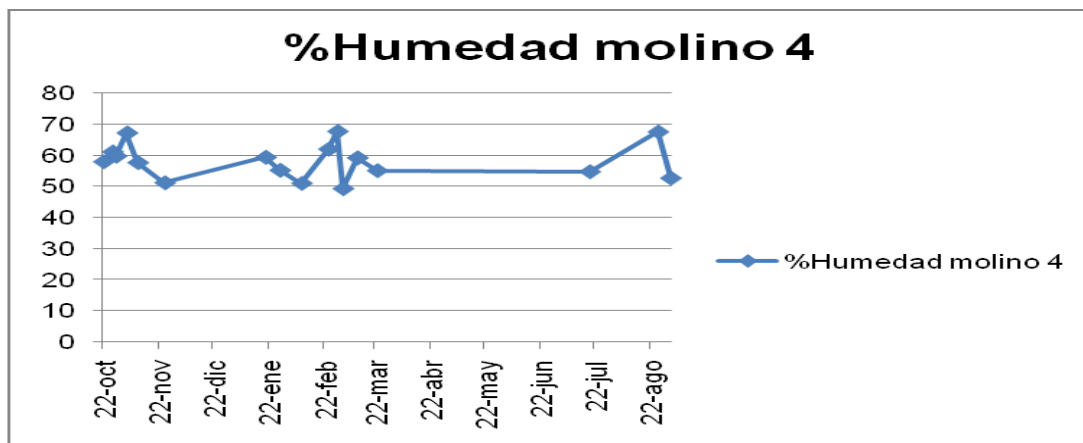
Gráfica 8. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 1 entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010



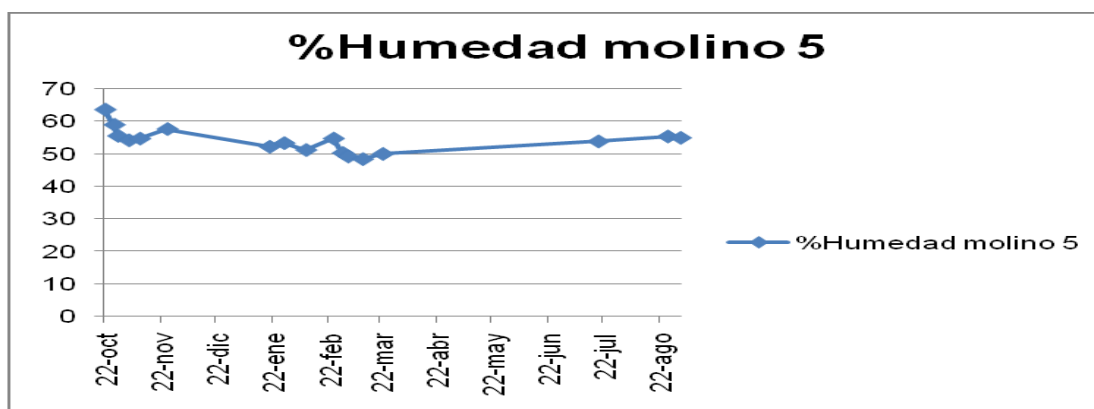
Gráfica 9. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 2 entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010



Gráfica 10. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 3 entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010



Gráfica 11. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 4 entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010



Gráfica 12. Porcentaje de Humedad del Bagazo que pasa por el molino 5 entre octubre de 2009 y principios de septiembre de 2010

Los gráficos 4, 5, 6, 7 y 8 corresponden a las Humedades de los Bagazos de los molinos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. El rango de Humedades que se espera en estos molinos esta entre 48 y 60 %. Cabe resaltar que a diferencia de la caña y el Bagazo final, a cada uno de estos Bagazos se les aplica agua de maceración que viene en recirculación del jugo del molino anterior. Por tal razón la Humedad muchas veces no decrece a medida que el Bagazo va pasando por los molinos. Sino que al contrario esta Humedad evalúa el trabajo de los molinos por individual con el fin de corregir los posibles desajustes que van surgiendo por desgaste u otras fallas.

Como es de esperarse los datos de Humedad no son muy constantes, sino que varían muy frecuentemente para los 5 Bagazos. La recolección de estas muestras es difícil, ya que el agua de maceración puede salpicar la muestra y aumentar la Humedad de esta. El chorro del agua de maceración se debe cortar inmediatamente se vaya tomar la muestra para evitar este percance.

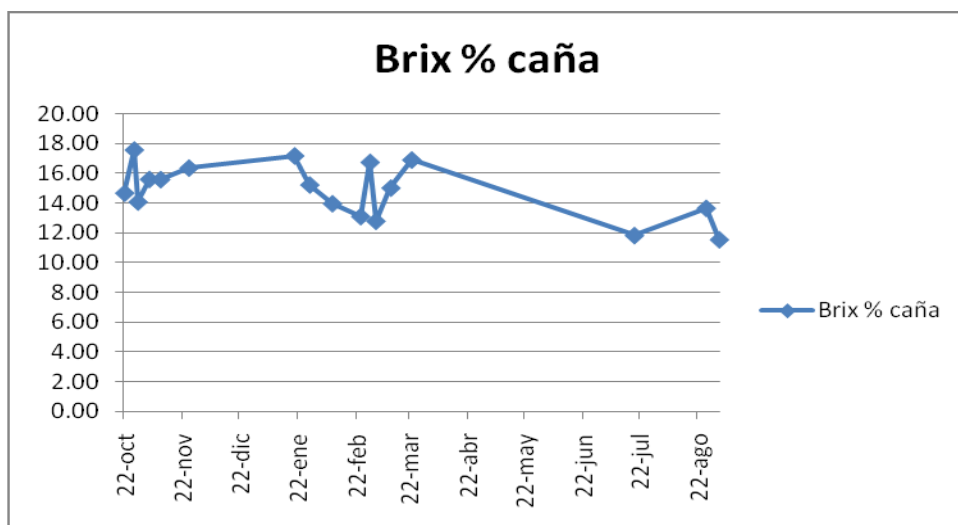
La grafica 8. Muestra como el molino 1 viene funcionando bien hasta la fecha de marzo, porque los datos se encuentran dentro del rango permitido. En las tres curvas realizadas a partir de esta fecha se aprecia un aumento considerable en la Humedad que arroja el Bagazo que sale del molino 1 y lo grave es que están sobrepasando el rango esperado que llega máximo hasta un 60% de Humedad. Se esperan los correctivos por parte de los operarios del área de molinos.

En la gráfica 9. Se observa el porcentaje de Humedad para el Bagazo que sale del molino 2. Los datos se mantienen dentro del rango permitido, pero se resalta la tendencia de las ultimas curvas, en las cuales se aprecia un aumento notorio en la Humedad; llegando inclusive a salirse del rango esperado el 2 de septiembre de 2010.

En la gráfica 10. Se aprecia el comportamiento del molino 3 en base a la Humedad del Bagazo que pasa por este molino. Entre octubre y noviembre del 2009 se aprecia un buen trabajo correctivo de los operadores de molinos en la medida que la Humedad va disminuyendo. A partir de enero no se aprecia una tendencia definida, pero sin embargo se puede resaltar que ningún dato se sale del rango esperado a diferencia del comportamiento de los otros molinos en este lapso de tiempo.

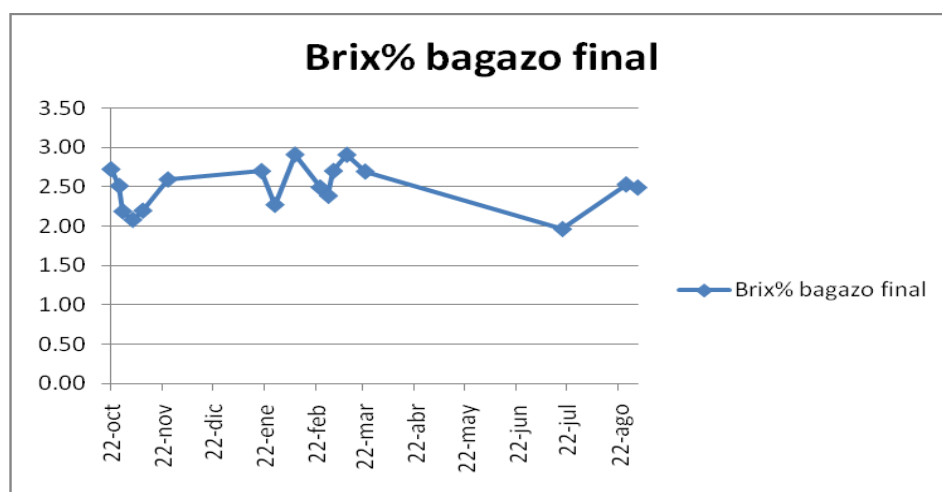
En la gráfica 11. Se observa el comportamiento del molino 4 en base a la Humedad del Bagazo que sale de este. El molino cuatro ha sido el menos constante en base a la Humedad del Bagazo. En la gráfica se aprecian varios datos que se salen considerablemente del rango esperado. Se destaca el hecho de que los trabajos correctivos realizados en el área de molinos han funcionado inmediatamente se presenta el error.

En la gráfica 12. Se aprecia el comportamiento del molino 5 por medio de la Humedad del Bagazo que sale de este. Las Humedades venían un poco altas antes de noviembre de 2009, fecha en la que se cambian las masas del molino 5. Influyendo positivamente este cambio en la disminución de Humedad del Bagazo desde la fecha en adelante. Se destacan las bajas Humedades obtenidas por el trabajo de este molino entre enero y marzo del 2010. Con el tiempo se empieza a subir de a poco la Humedad a partir de julio de 2010 debido a un posible desgaste.



Gráfica 13. Porcentaje de Brix en caña.

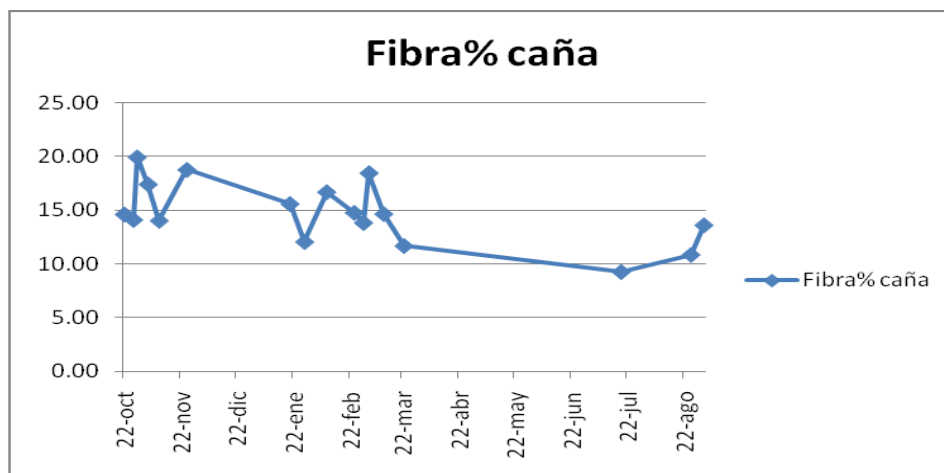
La grafica 13. Muestra el porcentaje de sólidos solubles que son extraídos en el jugo de caña. El rango esperado de Brix en caña oscila entre 13 y 18.5 %. El valor más bajo es 11, 57 y se presenta el 02 de septiembre de 2010, junto con este se encuentran otros dos valores que se salen del porcentaje de Brix esperado en caña. Esto se puede deber a una caña muy húmeda, que ocupa su mayor porcentaje en agua o también a un tipo de caña con condiciones bajas de Brix lo cual genera poca sacarosa. Este Brix es muy bajo y poco favorable para la corporación.



Gráfica 14. Porcentaje de Brix en el Bagazo final.

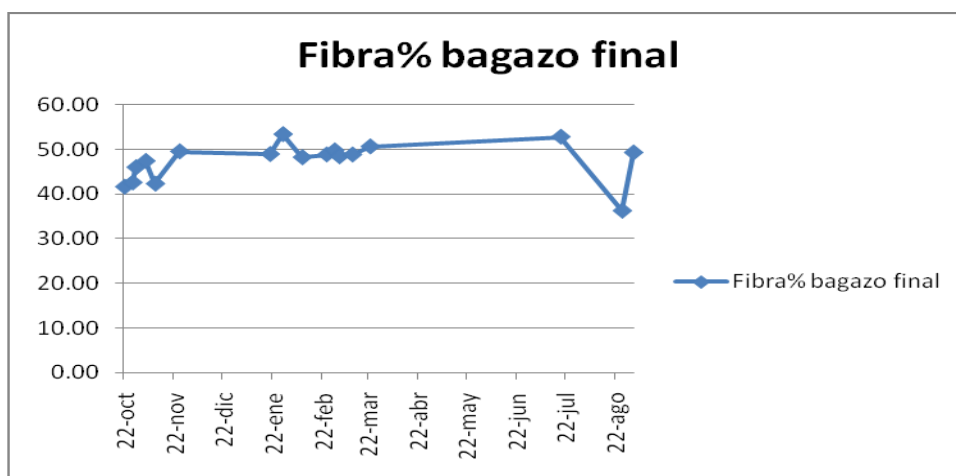
El rango esperado de Brix en Bagazo final oscila entre 2 y 4 %. En la gráfica 14. Se aprecian unos porcentajes de Brix en caña muy bajos, que es lo ideal, pues estos

determinan las pérdidas en sacarosa ya que indican el Brix con el que sale el Bagazo que va ser llevado a calderas y no se le puede realizar más extracciones. La función de los molinos es mantener estas pérdidas lo más bajas posibles.



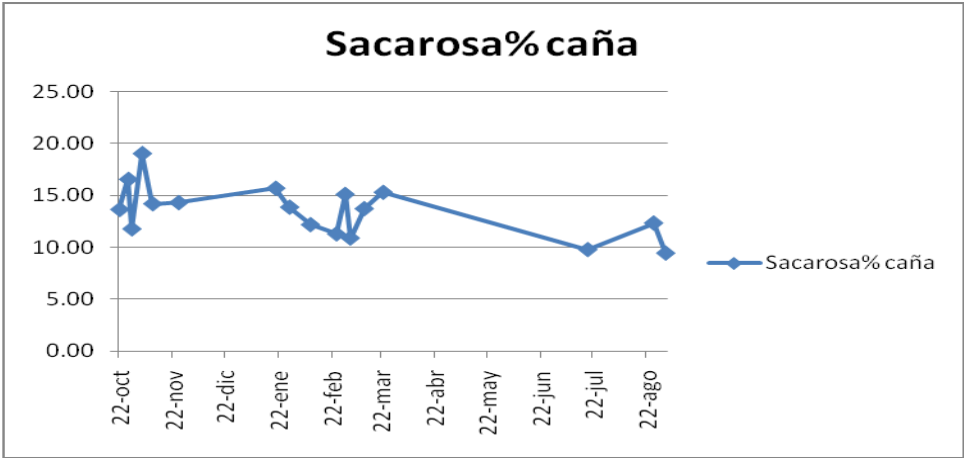
Gráfica 15. Porcentaje de fibra en caña.

En la grafica 15. Se muestra el porcentaje de fibra en la caña. Esta se espera en un rango entre el 13 y el 16.5%. los datos que se encuentran inferiores al rango esperado se deben a la entrada de caña muy húmeda, lo cual por relacion de peso hace disminuir su composicion en fibra. Algunos datos tambien se encuentran por encima del rango esperado, esto no es conveniente ya que lo que se requiere es una caña con la minima fibra.



Gráfica 16. Porcentaje de fibra en Bagazo final

La gráfica 16. Muestra el porcentaje de fibra en el Bagazo final, donde se esperan datos entre el 43 y el 46%. Entre octubre y noviembre del 2009 se maneja este rango. A partir de la adición de la masa perforada en el molino 6 en el paro de noviembre, crece notablemente la composición final de fibra en Bagazo. Al disminuir la Humedad del Bagazo final entonces aumenta la fibra% caña. En agosto se aprecia un dato muy bajo de fibra, este puede ser causa de algún problema momentáneo en los molinos.

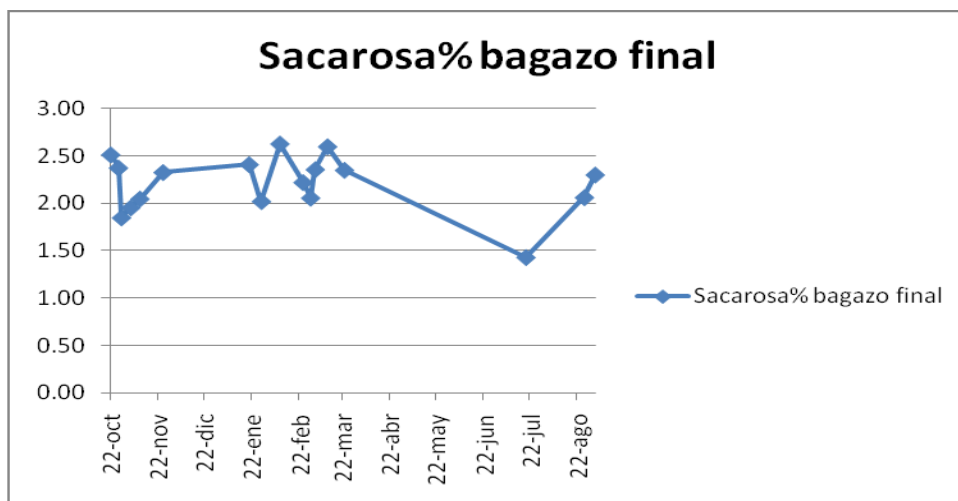


Gráfica 17. Porcentaje de sacarosa en caña.

La grafica 17. Indica el porcentaje de sacarosa en la caña. Este dato oscila mucho, ya que aquí afecta el tipo de caña, el tiempo de maduración de la caña, y otros factores provenientes de la planta. El rango esperado para el porcentaje de sacarosa en caña va entre el 12 y el 16.5%. en esta gráfica se observan algunos datos por fuera del rango tanto en el limite superior como el inferior. Esto afecta directamente la producción, puesto que la caña que entra con baja sacarosa no va a dar una buena producción de azúcar y va a ser necesario moler mucha más caña para alcanzar producciones que podrían ser posibles con mayor sacarosa y menos caña. El proceso de caña con baja sacarosa va a ser menos rentable para la corporación porque se va a asumir los costos de producción por una gran cantidad de caña y la producción va a ser poca y por ende poca rentabilidad.

El dato de sacarosa en caña del 04 de nov. Es ilógico, pues es demasiado alto y supera inclusive el dato de brix en caña de esta misma fecha. Es posible que este dato sea debido a un error en el análisis de la muestra del jugo del bagazo de la banda.

El porcentaje de sacarosa en caña se utiliza para pagar a algunos proveedores de caña quienes se pueden ver afectados o beneficiados dependiendo de los resultados de la suerte de caña que venden.

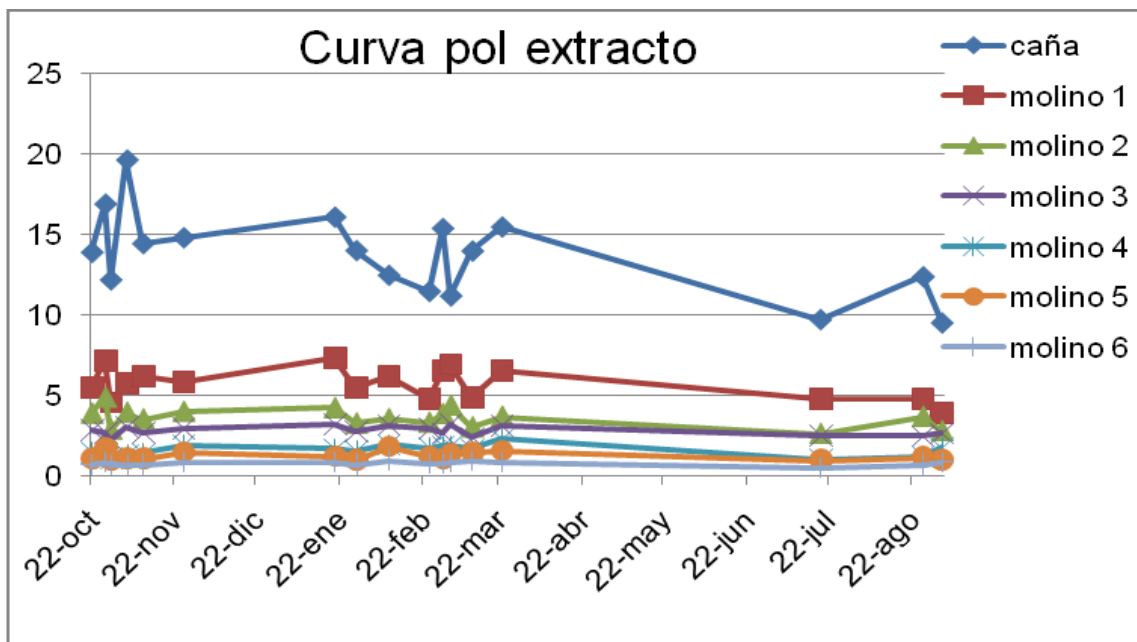


Gráfica 18. Porcentaje de sacarosa en Bagazo final.

En la gráfica 18 se observa el porcentaje de sacarosa en Bagazo entre las fechas del estudio. La sacarosa promedio oscila entre 2 y 2.5. todos los datos se encuentran entre el 1 y el 3% que es el rango esperado. el esfuerzo más grande del área de molinos tiene que ver con la disminución de este valor, puesto que esta sacarosa es la que queda en el Bagazo despues del paso por los molinos y es la pérdida mas considerable en el proceso del azucar.

3.5.2 Curvas de extracción para cada molino por fechas. Desde hace un tiempo se viene presentando un problema en la extracción de sacarosa observándose aumento en los valores de Pol y una disminución en los valores de extracción y algunos otros factores que afectan directamente el procesamiento de la caña. En la presente información se muestran algunas gráficas que pueden ayudar a detectar lo que esté ocurriendo para poder diseñar los correctivos necesarios.

Lo primero que se hace es construir una curva en la cual se pueda observar el comportamiento para diferentes fechas de la pol extracto tanto para la caña como para cada uno de los molinos las curvas obtenidas se pueden observar en la gráfica 19. Con esta gráfica es posible conocer en cierta forma el desempeño de cada uno de los molinos.



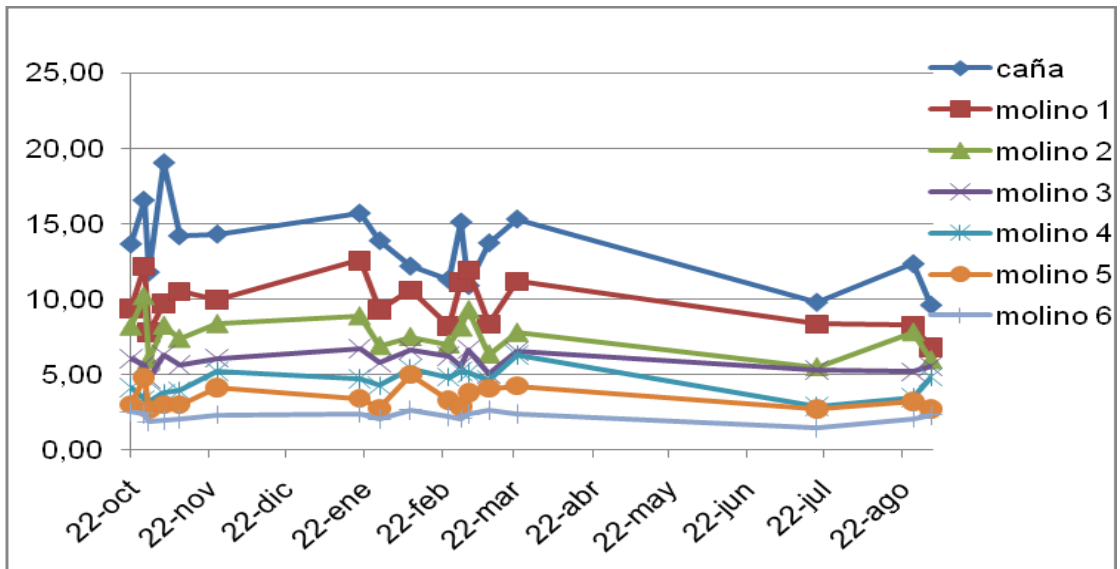
Gráfica 19. Curva Pol extracto de las muestras de caña y Bagazo entre octubre de 2009 y septiembre de 2010.

Con el fin de observar mejor lo ocurrido se construyen todas las curvas sobre el mismo grafico para conocer de alguna manera el trabajo hecho por cada molino los rangos de Pol extracto se observan a continuación:

- Caña 9.55 a 19.63
- Molino 1. 4.58 a 7.32
- Molino 2. 2.89 a 4.90
- Molino 3. 2.26 a 3.25
- Molino 4. 1.05 a 2.3
- Molino 5. 0.98 a 1.83
- Molino 6. 0.53 a 0.97.

Cabe mencionar que la Pol extracto es el valor experimental tomado en el laboratorio y no involucra variables como lo son el porcentaje de fibra o la densidad aparente que están directamente relacionadas con el valor de Pol. La gráfica 20 muestra la información sobre lo ocurrido, se observa la Pol para la caña así como para cada molino.

Curva Pol

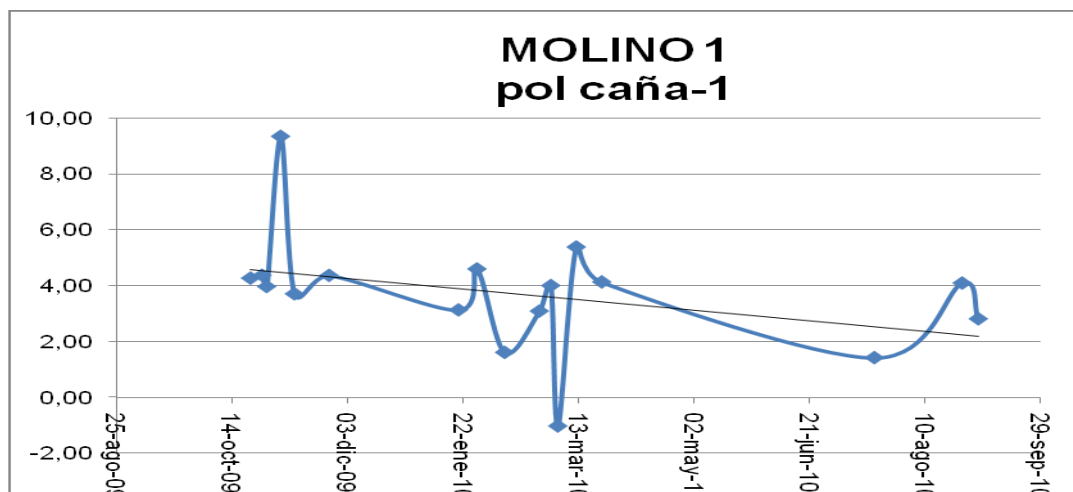


Gráfica 20. Curva de Pol de las muestras de caña y Bagazo entre octubre de 2009 y septiembre de 2010.

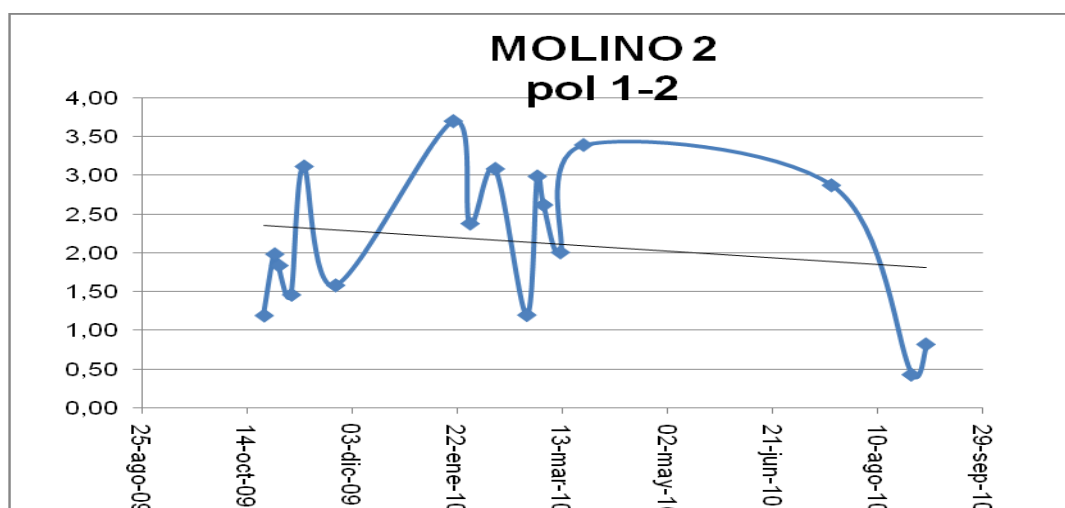
Se puede observar que hay un comportamiento muy variable; incluso en algunas fechas la curva de algunos molinos atraviesa la del molino anterior lo que se podría interpretar como si no se realizara ningún trabajo o este fuera negativo lo cual es incoherente. Puede ser que las otras variables involucradas en la obtención del valor de Pol hayan afectado de esta manera el resultado lo que indica que puede haber muchos factores que afectan de manera positiva o negativa los resultados obtenidos. Los rangos de Pol se muestran a continuación:

- Caña 9.58 a 19.05
- Molino 1. 7.81 a 12.58
- Molino 2. 4.9 a 10.22
- Molino 3. 4.71 a 6.75
- Molino 4. 2.87 a 6.30
- Molino 5. 2.68 a 4.98
- Molino 6. 1.43 a 2.63.

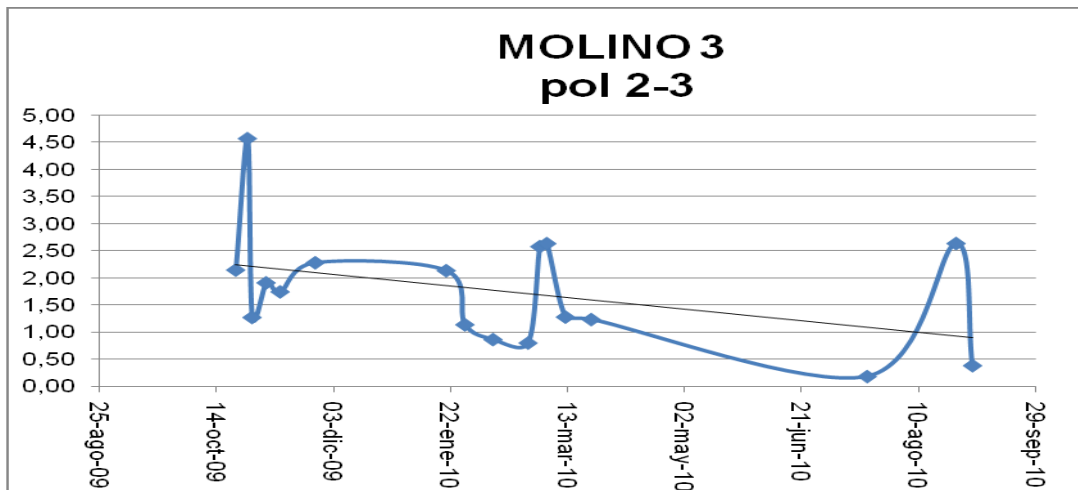
Para entender mejor lo sucedido en las gráficas 21.a a la 21.f se muestran curvas que relaciona el valor de Pol en dos molinos consecutivos con el fin de conocer la contribución hecha por cada uno de los molinos.



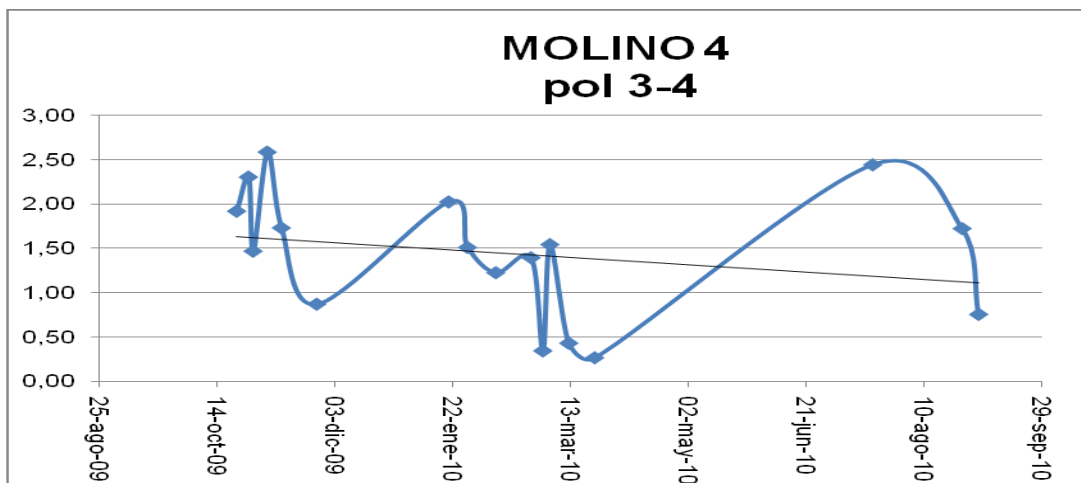
Gráfica 21.a. Aporte del molino 1 en la extracción.



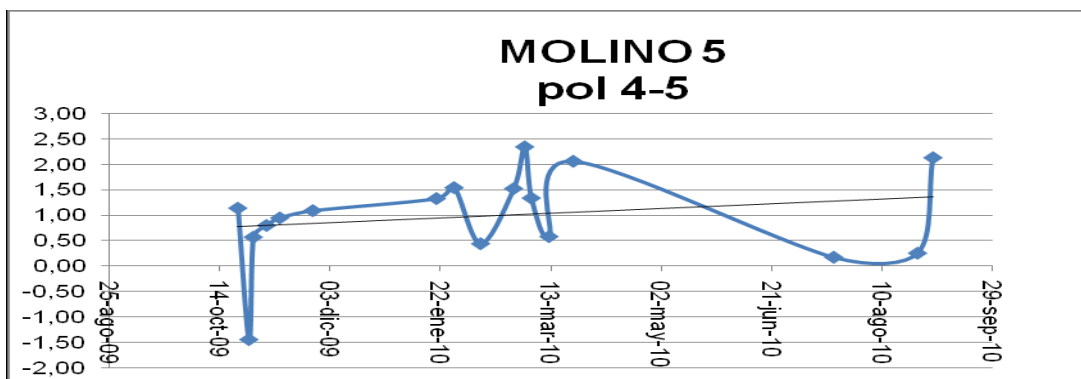
Gráfica 21.b. aporte del molino 2 en la extracción.



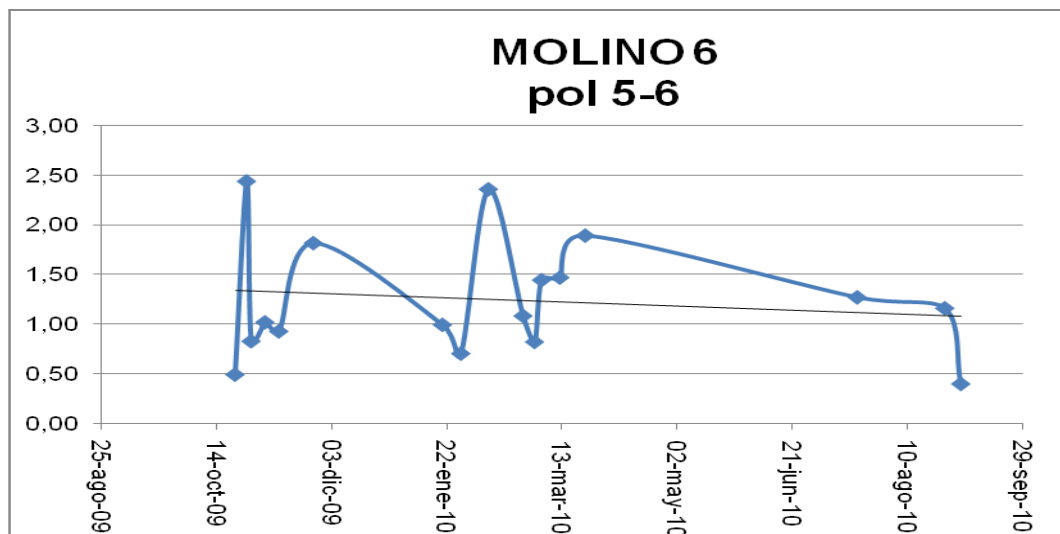
Gráfica 21.c. Aporte del molino 3 en la extracción.



Gráfica 21.d. Aporte del molino 4 en la extracción.



Gráfica 21.e. Aporte del molino 5 en la extracción.



Gráfica 21.f. Aporte del molino 6 en la extracción.

Las curvas están trazadas con una línea de tendencia que da una idea del comportamiento de los molinos durante el periodo mencionado.

Hay algunos valores que son incoherentes. Los valores no pueden dar negativos, ya que se estaría suponiendo que el molino en vez de extraer sacarosa, lo que hizo fue introducirla y esto no tiene ningún sentido. Los datos negativos se deben posiblemente al paso de una caña muy variada por los molinos mientras se recogieron las muestras y precisamente se tomó la muestra a la entrada del molino de una caña baja en sacarosa y a la salida de una caña alta en sacarosa. Lo anterior podría explicar el efecto ilógico. Otra posible causa se debe a una mala desintegración de la muestra de donde se retira el extracto para los análisis. Esto causaría una inadecuada extracción y arrojaría un dato irreal a la hora de los análisis del laboratorio.

Si se analiza la línea de tendencia se observa que a lo largo del periodo estudiado la tendencia de los molinos es negativa en cuanto a la extracción, a excepción del molino 5 que tiene una tendencia positiva.

Estos datos de extracción por molinos son muy variables, debido al continuo funcionamiento de estos. El área de molinos precisamente requiere de los informes

semanales del laboratorio para poder realizar los ajustes necesarios. Llevar un control de los molinos es un trabajo difícil por la continua variación en los datos de extracción.

La extracción acumulada es uno de los factores afectados por los problemas presentados. En la gráfica 22 se observa el comportamiento que este proceso ha tenido durante el periodo viéndose fechas en donde disminuye y aumenta significativamente.



Gráfica 22. Extracción acumulada en el molino 6 entre octubre de 2009 y septiembre de 2010.

La extracción acumulada es la suma del porcentaje de extracción de todos los molinos. Esta extracción debe ser la más alta posible. Durante el periodo de tiempo que se realiza este seguimiento se puede apreciar un rango muy amplio de datos de extracción acumulada, entre 91.73 y 97.44. La extracción acumulada se puede ver afectada por el mal comportamiento de alguno o varios molinos. Este dato de extracción acumulada es el dato final que indica la extracción total al Bagazo que pasa por todos los molinos y sale por la banda hacia las calderas. El mal funcionamiento de los molinos baja el dato de extracción acumulada, mientras que un buen comportamiento en todo el tándem de molienda se va a ver reflejado en una alta extracción acumulada. Los datos observados en el seguimiento muestran una buena extracción acumulada teniendo en cuenta la cantidad de posibles errores que pueden afectar la extracción.

3.6 A MANERA DE PROPUESTA DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS

ELABORACIÓN DE CURVA DE EXTRACCIÓN DE MOLINOS

1. OBJETIVO

- Presentar el procedimiento completo de la curva de extracción de molinos con el fin de re-formular el método en el ingenio RIOPAILA-CASTILLA S.A., para mejorar la calidad de los servicios brindados por el laboratorio.

2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.1 Muestreos

- Gancho con un tubo de 2 metros para tomar las muestras de Bagazo en los molinos
- Bolsas plásticas con capacidad de 4 Kg para recolectar las muestras

2.2 Preservación de las muestras

- Balanza
- Bolsas plásticas de 2000 gramos de capacidad con cierre hermético para preservar las muestras en el refrigerador.
- Refrigerador con temperatura de 4°C para almacenar las muestras

2.3 Desintegración

- Desintegrador húmedo
- Tumbler
- Filtro en malla
- Recipiente para medir 6000 gr de agua
- Tarro con capacidad de 10L

2.4 Análisis de Humedad, Pol y Brix

- Balanza
- Cal
- Sulfato de aluminio
- Dicalite
- Horno de secado con control de temperatura a 110 °C +/-
- Tamiz para el secado de las muestras.
- Polarímetro
- Refractómetro

- Vasos plásticos, embudos plásticos y servilletas para filtrar las muestras

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Recolección de las muestras

- Marque las bolsas para hacer el muestreo.
- Tome nota de los valores que tienen las siguientes variables al momento de realizar el muestreo:
 - Velocidad de Molienda (toneladas de caña por hora)
 - Tonelaje de agua de maceración aplicado.
 - Temperatura de agua de maceración.
 - Velocidad de los molinos
 - Flotación de la maza superior medida en ambas chumaceras de cada molino.
 - Presión en los cabezotes.
 - Presión de trabajo de los molinos
- Tome muestras de caña preparada a la entrada del molino 1 y Bagazo a la salida de cada uno de los molinos. Deposite cada muestra en su respectiva bolsa, la cual debe tener capacidad para alojar 4000 gr. de muestra, y ciérrela.
 - Muestras de caña preparada

Esta muestra se toma en la banda que lleva la caña que sale de la desfibradora hasta el tándem de molinos. Para la toma de esta muestra se para la banda mientras se recolecta la muestra de forma manual. Se debe asegurar que toda la profundidad del colchón de caña sea maestreada a lo largo de todo el ancho del conductor.

- Muestras de Bagazo.

Para la recolección del Bagazo 1 se debe parar la molienda y recolectar la muestra con un gancho largo que se encuentra a disposición. La toma de los demás Bagazos se hace con los molinos en movimiento a la salida de cada uno de ellos.

Se debe tener la precaución de obtener muestras de Bagazo que sean representativas de la producción total de Bagazo del molino, así el Bagazo debe ser muestreado del primer molino hasta el último, muestreando en los puntos del extremo izquierdo, centro y derecho del conductor logrando tomar muestras de Bagazo en toda la profundidad del colchón.

Traslade las muestras del molino al Laboratorio.

3.2 Tratamiento de las muestras

- Homogenice bien las muestras y tome una submuestra para los análisis.

- El Bagazo debe ser muestreado a través de toda la profundidad del colchón y a lo largo de todo ancho del conductor, buscando con esto, que la muestra sea representativa.
- Para Humedad en caña, una muestra representativa es tomada del conductor de banda que alimenta el molino 1 y se almacena en una bolsa plástica cerrada.
- Si la sub muestra debe ser almacenada por algún tiempo, es recomendable almacenar en el congelador en una bolsa plástica sellada. La muestra debe ser removida del congelador, y antes del análisis la muestra debe estar descongelada y mezclada.
- Las muestras de Bagazo, son tomadas a la salida de cada uno de los molinos, teniendo la precaución de que las muestras no sean contaminadas con flujos de agua de imbibición. Estas muestras son depositadas en bolsas plásticas y trasladadas al laboratorio para efectuar su análisis de inmediato.

3.3 Desintegración de las muestras

- Dependiendo de la muestra, pese las siguientes cantidades:
 - Caña desfibrada = 2000 gr.
 - Bagazo del molino 1 = 1000 gr.
 - Bagazo de los molinos 2 y 3 = 800 gr.
 - Bagazo de los molinos 4,5 y 6 = 600 gr. y adiciónelos en el desintegrador.
- Se recomienda montar en los desintegradores inicialmente las muestras de caña y Bagazo 6. Las muestras restantes de Bagazo 1, Bagazo 2, Bagazo 3, Bagazo 4 y Bagazo 5 deben ser almacenadas en bolsas plásticas y llevadas un congelador. Pese y guarde en las bolsas la cantidad recomendada de muestra que se va a usar para la desintegración.
- Mida 6000 gr. de agua que se requieren para desintegrar las muestras. Tanto para los dos desintegradores como para el Timpler.
- Una vez haya depositado los 6000 gr. de agua en cada recipiente de los desintegradores, agregue las muestras en el siguiente orden: Caña en el desintegrador 1 (viejo) y Bagazo 6 en el desintegrador 2 (nuevo).
- Monte cada recipiente en su base y ajuste las prensas para sellar la tapa del recipiente viejo.
- Verifique que el temporizador para el desintegrador de la caña este ajustado en 40 minutos y los de los Bagazos en 30 minutos.
- Proceda a encender el Breaker eléctrico para energizar el desintegrador y enciéndalo.
- Abra la llave del agua que evita el sobrecalentamiento de la muestra por medio de una circulación alrededor del enchaquetado del desintegrador.

- Baje el Breaker eléctrico a la posición de apagado antes de desmontar el desintegrador y el Tumbler.
- Bajar los recipientes de los desintegradores. Tener en cuenta desapretar las prensas del desintegrador 1
- Bajar el Breaker para cortar la energía como modo de prevención.
- Cerrar el paso de agua.
- Vierta el contenido del desintegrador a un recipiente de 10 litros haciéndolo pasar por el filtro metálico para separar la fibra del extracto. Exprima la fibra que queda en el colador y una vez quede seca puede descartarla.
- Agite el extracto y tome 250 ml para realizar análisis. Repita el mismo procedimiento para desmontar los desintegradores cada vez que se utilicen
- Traslade los extractos al Laboratorio de Fábrica y proceda a analizarlos inmediatamente. Los Bagazos 1, 2, 3, 4, y 5 son montados apenas se vayan desocupando los desintegradores. Se recomienda continuar el orden con Bagazo 1 y Bagazo 5 para la siguiente ronda de desintegración y así sucesivamente.
- Para la determinación del índice de preparación de la caña se requiere pesar una muestra de 1000 gr de caña que será trabajada en el Tumbler por medio de rotación y otra muestra de 1000 gr de caña que va a ser desintegrada. Los equipos se ponen a trabajar al mismo tiempo durante 30 min.

3.4 ANÁLISIS

3.4.1 Determinación de Humedades de las muestras

- Este análisis se debe realizar inmediatamente las muestras de Bagazo son llevadas al laboratorio, con el fin de evitar el intercambio de Humedad de las muestras con el ambiente.
- Seleccione un tamiz limpio, seco y vacío.
- Pese 100 gr. y adiciónelos dentro del tamiz. Registre el peso del recipiente, más la muestra. La fibra seca se desecha en los recipientes dispuestos por el Ingenio parar este fin.
- Monte el tamiz en el horno. Hornos de secado tipo Spencer, son usados para determinar el contenido de Humedad, usando muestras de caña y Bagazos húmedos que oscilan entre el 100 gr
- Empiece a contabilizar el tiempo de secado.

- Después de 3 horas baje el recipiente y registre el peso de la muestra seca más recipiente cuando aún este caliente.
 - Nuevamente monte el recipiente en el horno y déjelo durante ½ hora más, al transcurrir este tiempo, pese de nuevo el recipiente más la muestra seca y registre este peso.
 - Repita los pasos anteriores hasta que la muestra seca llegue a masa constante. Esto sucede cuando la diferencia entre dos pesos sucesivos es menor que el 0.1% del peso total (aproximadamente menor que un gramo). Registre el peso final de la muestra seca más el recipiente, m².
- Precauciones de seguridad
- Use guantes de carnaza para la manipulación de los recipientes calientes durante el pasaje de los mismos.
 - Cuando el recipiente este vacío, limpie los residuos de Bagazo con una brocha seca y registre el peso del recipiente vacío, m³. Los residuos de muestras de fibra secas se desechan en los recipientes de desechos orgánicos.

3.4.2 Análisis de los extractos

- Determinación de Brix
- Se toman aproximadamente 100ml del extracto del desintegrador y se filtran en un papel de 11cm montado sobre un embudo plástico y este montado a su vez sobre un beacker plástico.
 - Cuando hayan caído 10 mL de extracto se debe tomar este y re filtrarlo hasta conseguir una solución clara.
 - Cuando se han recolectado de 15 a 20 mL, puede ser llevada a cabo la determinación de Brix en el refractómetro. El refractómetro debe ser llevado a cero con agua destilada antes de agregar la muestra.
- Determinación de Pol
- Se toman aproximadamente 150ml del extracto del desintegrador filtrado y se le agrega una cucharadita de 1/8 de cal, se agita. Luego se agrega una cucharadita de 1/8 de sulfato de aluminio y una cucharada de dicalite con el fin de clarificar el jugo.
 - El contenido se agrega a un beacker plástico, el cual está previsto de un filtro plástico con 3 servilletas.

- Se juega el breaker con los primeros 10ml y se filtra todo el contenido. Se recomienda volver a filtrar con el fin de obtener una solución lo más clara posible que pueda ser leída sin inconvenientes en el Polarímetro. El Polarímetro debe ser llevado a cero con agua destilada antes de arrojar la muestra.
- Determinación del índice de preparación de la caña de azúcar:
 - Se divide la muestra preparada previamente homogeneizada en dos submuestras iguales (A y B)
 - Una de las muestras es la que va a ser montada en el tumbler y la otra en el desintegrador.
 - Se determina el Brix de ambas muestras en el refractómetro.

4. CÁLCULOS

4.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

$$\text{Humedad}\%(\text{caña} - \text{bagazo}) = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} * \frac{100}{1} \quad (14)$$

m_1 = Masa de recipiente seco + muestra húmeda

m_2 = Masa de recipiente seco + muestra seca

m_3 = Masa de recipiente seco

4.2 DETERMINACIÓN DE POL, BRIX Y NIVELES DE FIBRA.

Definiciones:

B= Brix % Caña (o Bagazo)

P= Sacarosa en Caña (o Bagazo)

M = Humedad % Caña (o Bagazo)

F= Fibra % caña (o Bagazo)

b = Brix del extracto desintegrado (°bx)

Y= Masa de Caña (o Bagazo) para análisis (gramos)

Z= masa de agua (gramos)

d = densidad aparente del extracto desintegrado (g/mL)

R= Lectura de Pol del extracto en un tubo de 200 mm (°Z), si el tubo es de 400 mm es usado R= lectura de Pol /2.

En la deducción de estas fórmulas, se asume que la fibra contiene un 25% de Humedad higroscópica.

$$\text{Brix}\%(\text{Caña} - \text{Bagazo}) = \frac{b(Z - 0.25 * Y + 0.0125 * Y * M)}{Y(1 - 0.0125 * b)} \quad (1)$$

$$\text{Fibra}\%(\text{Caña} - \text{Bagazo}) = 100 - B - M \quad (2)$$

$$\text{Sacarosa}\%(\text{caña} - \text{bagazo}) = \frac{R * 0.26(Z + Y - 0.0125 * F * Y)}{d * Y} \quad (3)$$

$$d = 0,00393546271813857 * b + 0,997106726599682$$

Se puede evaluar la calidad de los análisis de laboratorio, verificando que las purezas de extracto desintegrado sean del orden de 80 para el primer Bagazo y de 75 para los demás Bagazos.

4.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PREPARACIÓN

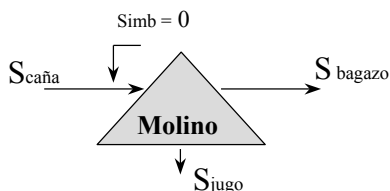
El índice de preparación se calcula y expresa como la relación porcentual de Brix.

$$\text{Ind. De prep.} = \text{Brix submuestra A} / \text{Brix submuestra B}$$

4.4 Determinación De Extracción De Sacarosa % Caña En El Tándem De Molinos

El fundamento teórico para el cálculo de extracción toma el tándem de molinos como volumen de control⁵ y establece un balance de sacarosa:

$$\text{Extracción de Sacarosa} = 1 - \frac{\text{Toneladas de Sacarosa en Jugo Extraído}}{\text{Toneladas de Sacarosa en Caña}} \quad (4)$$



$$E_s = \frac{S_{caña} - S_{bagazo}}{S_{caña}} = 1 - \frac{S_{bagazo}}{S_{caña}} = 1 - \frac{S^o_{bagazo} * W_{bagazo}}{S^o_{caña} * W_{caña}} \quad (5)$$

⁵ Volumen de control: es una frontera física o imaginaria usada en los balances de materiales para delimitar el sistema a estudiar.

Donde:

S° caña , S° Bagazo : son los porcentajes de sacarosa (Pol) en caña y Bagazo.
Wcaña, WBagazo : son las toneladas de caña y Bagazo.

Haciendo uso de las relaciones utilizadas para el cálculo de la fibra en caña y Bagazo y reemplazando en 5, se obtiene:

$$E_s = 1 - \frac{S^o_{bagazo} * \frac{W_{fibrabagazo}}{f_{bagazo}}}{S^o_{caña} * \frac{W_{fibracaña}}{f_{caña}}} \quad (6)$$

En realidad parte de la fibra y de la materia extraña mineral salen con el jugo en forma de insolubles, por lo que haciendo un balance de fibra integral (fibra vegetal y materia extraña mineral) se tiene:

$$E_s = 1 - \frac{S^o_{bagazo} * f_{caña} \left(\frac{W_{fibrabagazo}}{W_{fibracaña}} \right)}{S^o_{caña} * f_{bagazo}} \quad (7)$$

$$E_s = 1 - \frac{S^o_{bagazo} * f_{caña} \left(\frac{f_{caña} * W_{cana} - S.I. * W_{jugo}}{f_{caña} * W_{caña}} \right)}{S^o_{caña} * f_{bagazo}} \quad (8)$$

Donde,

Fibra Bagazo= Fibra Caña – S.I. * Wjugo

S.I. : Sólidos insolubles % jugo diluido

Wjugo : toneladas de jugo diluido

$$E_s = 1 - \frac{S^o_{bagazo} * f_{caña} \left(\frac{f_{caña} - S.I. * \frac{W_{jugo}}{W_{caña}}}{f_{caña}} \right)}{S^o_{caña} * f_{bagazo}} \quad (9)$$

Si para simplificar se supone que la fibra es constante a lo largo del tándem, W fibra Bagazo = W fibra caña, entonces se obtiene finalmente:

$$E_s = \left(1 - \frac{S^o_{bagazo} * f_{caña}}{S^o_{caña} * f_{bagazo}} \right) * 100 \quad (10)$$

Esta es la expresión simplificada que se presenta en manuales y que se emplea para la evaluación de las extracciones a partir de los análisis de caña y Bagazos, (BSES vol. II, 1991).

Rango esperado de resultados

- El rango esperado del índice de preparación oscila entre 80 y 92%
- El rango esperado de la sacarosa en caña oscila entre 12 y 16.5 %
- El rango esperado de la sacarosa en Bagazo final oscila entre 1 y 3 %
- El rango esperado de la Fibra en caña oscila entre 13 y 16.5 %
- El rango esperado de la Fibra en Bagazo final oscila entre 43 y 46 %
- El rango esperado de la Brix en caña oscila entre 13 y 18.5 %
- El rango esperado de la Brix en Bagazo final oscila entre 2 y 4 %
- El rango esperado de la Humedad en caña oscila entre 67 y 71 %
- El rango esperado de la Humedad en Bagazo final oscila entre 48 y 53 %
- El rango esperado de la Humedad en Bagazo, incluyendo el Bagazo de todos los molinos oscila entre 48 y 60 %

4. MODELO ADMINISTRATIVO

4.1 RECURSOS

- HUMANOS
- Investigador: Estudiante de química Giovanni Andrés Molina Múnera
- Director de Investigación: Jorge Luis Toro
- Asesores de Cenicaña
- Asesores de laboratorio

- FISICOS
- Instalaciones del laboratorio del Ingenio Ríopaila-Castilla
- Instalaciones del área de molinos en el Ingenio.
- Bibliotecas públicas y privadas de la región
- Bibliotecas virtuales

4.2 RECURSOS FINANCIEROS

- Viáticos \$900.000
- Transcripción de textos \$250.000
- Fotocopias y útiles de oficina \$ 100.000

4.3 CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	MESES											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP
1. Revisión de literatura	■	■										
2. Revisión de informes seis meses anteriores		■	■									
3. Análisis de la curva de extracción	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
4. Informe parcial											■	
5. Informe final												■

5. CONCLUSIONES

A partir de la información recolectada en diferentes fuentes de investigación, especialmente en procesos de CENICAÑA, se logró establecer el método para la elaboración de la curva de extracción de molinos en el ingenio Riopala Castilla S.A. En este método se tiene en cuenta hasta el más mínimo detalle que pueda afectar el proceso con el fin de brindar resultados verídicos y confiables por parte del laboratorio de control procesos.

El índice de preparación de la caña en la corporación Riopaila Castilla S.A. durante el periodo analizado se mantiene en promedio en 86.95%, el cual es considerablemente bueno a nivel de ingenios azucareros.

El análisis de los grados Brix y de la Pol del jugo extraído de los Bagazos ha servido como base para determinar por medio de cálculos la sacarosa, el porcentaje de Brix en caña, el porcentaje de sacarosa en caña, el porcentaje de fibra en caña y la extracción de los molinos por individual y en conjunto. Con el fin de realizar un registro con estos datos por cada una de las fechas en las que se realizó la curva de molinos.

Con la recopilación de los datos de las diferentes curvas de extracción de molinos entre octubre 22 de 2009 y septiembre 02 de 2010 se ha llevado a cabo el análisis del comportamiento de cada una de las variables más importantes, como analizar el Brix del jugo y el porcentaje de Sacarosa o Pol por cada uno de los Bagazos recogidos en los molinos y determinar la pureza aparente a partir de los datos obtenidos en los análisis del Brix y la Pol. Se considera que se logró un informe detallado sobre este proceso, en lo que tiene que ver con la Corporación Riopaila Castilla S.A.

Gracias a los datos de Humedad de cada uno de los molinos durante este periodo de análisis se pudieron detectar fallas para realizar correcciones y efectos de los buenos

cambios en los molinos. El mayor aporte a la disminución de la Humedad final lo determina la adición de la masa perforada en el molino 6 en noviembre del 2009.

Determinar el porcentaje de Humedad para cada uno de los Bagazos recogidos en los molinos.

Igualmente se logra re-formular el método de la curva de molinos en el ingenio RIOPAILA-CASTILLA S.A., con el fin de mejorar la calidad de los servicios brindados por el laboratorio. Pues se pretendió diseñar una guía detallada en la cual se explique el método, la preparación de reactivos, el procedimiento y los cálculos para facilitar la comprensión y realización de este por la persona indicada.

6. RECOMENDACIONES

Es importante tener este documento como referencia de apoyo para las personas que se les otorgue realizar la curva de extracción de molinos, con la intención de instruir sobre la importancia del tema y la forma adecuada como se debe llevar a cabo este análisis.

Es indispensable adquirir otro desintegrador Jeffco por parte de la corporación Riopaila Castilla S.A., para realizar los análisis en el menor tiempo posible, puesto que con los dos desintegradores que hay no es suficiente para garantizar que no se invierta la sacarosa presente en la caña mientras se llega la hora de trabajar con la totalidad de las muestras. A parte que hay que tener en cuenta que estos dos desintegradores no están a entera disponibilidad ya que el analista de turno también necesita realizar algunas de sus labores y esto atrasa el proceso.

Antes de iniciar el muestreo de la curva de molinos debe verificarse con el operario de los molinos la estabilidad de la molienda y si hay un paro programado que pueda coincidir con el muestreo.

Para que los resultados obtenidos al realizar la curva de molinos sean confiables deben tenerse en cuenta todas las recomendaciones que se han dado para la toma, preservación, homogeneización y análisis de las muestras.

Verificar que se esté cumpliendo con la rutina de mantenimiento del desintegrador para garantizar una operación adecuada y unos resultados confiables.

Para la desintegración del Bagazo se utilizan dos desintegradores jeffco, los cuales no presentan total disponibilidad puesto que dos analistas de turno también necesitan poner sus muestras de Bagazo. Por lo cual las muestras recolectadas se deben guardar en la nevera para conservarlas, sin embargo muchas veces se aumenta el tiempo de exposición al frío, afectando la pureza de las muestras de Bagazo. Proceso que sucede por la inversión que presenta la sacarosa durante este tiempo para convertirse de

nuevo en parte de sus antecesores glucosa y fructosa, afectando la Pol de la muestra que es la que nos indica dicha pureza.

En la curva de extracción de sacarosa se presentan tres puntos estratégicos:

- La banda, que es donde se toma la primera muestra y se determina la sacarosa que trae este tipo de caña.
- El molino dos. Allí la extracción acumulada debe ser alta. En este punto se evalúa la mayor extracción que es realizada por molino 1 y 2.
- El molino seis da una extracción acumulada total, mediante la cual se puede determinar la sacarosa como pérdida que no se pudo extraer del Bagazo.

Una posible recomendación con el fin de mejorar la confiabilidad de los datos es tomar como muestras para el análisis de la curva estos tres puntos estratégicos con una periodicidad de una vez por semana, ya que estos son los datos más significativos de la práctica. El análisis de la totalidad de los molinos podría hacerse frecuentemente, con el fin de evaluar los molinos por individual y realizar los ajustes correspondientes. Este se podría realizar una vez cada tres semanas. Dependiendo de los resultados del informe semanal se recurriría a una periodicidad menor. Teniendo en cuenta que mientras las condiciones de operación para el análisis no sean mejoradas, posiblemente va a seguir un posible error.

Al realizar el informe semanal con estos tres puntos se está garantizando un análisis rápido de acuerdo a la disponibilidad de los equipos y confiable puesto que las muestras no se van a ver afectadas por la inversión al disminuir el tiempo que demora la utilización de las muestras. Esto sería como una medida mientras se consigue el nuevo desintegrador.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, Juan Gonzalo, José Miguel Ramírez y Esteban Rosero. Modelado del Tren de Molinos de un Ingenio Azucarero. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 2006
- ARZOLA DE LA PEÑA, Nelson. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE RIGIDEZ DEL BAGAZO. Ingeniería e Investigación, año/vol. 27 número 002. Universidad Nacional de Colombia .Bogotá, Colombia. pp. 5-10. 2007
- GIL CEBALLOS, José A. y otros. Capacidad de retención del jugo por el Bagazo. Revista TECNOLOGÍA QUÍMICA Vol. 19, No. 1. Universidad de Oriente. 1999.
- Laboratory Manual for South African Sugar Factories, Procedimiento 8.1.8, SASTA 1977, Editorial Mount Edge Combe 4300.
- MANUAL DE LABORATORIO PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA (TECNICAÑA)
Editor Carlos E. Buenaventura Osorio. Cali, Noviembre de 1989.
- MANUAL DE LABORATORIO, Estandarización de los Sistemas de Medición en los Ingenios Azucareros de Colombia. Volumen 1 Procedimientos Analíticos. Cali, 1989
- PATIÑO, A. Segundo Informe de Avance, Joven Investigadora. Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Pérdidas indeterminadas. Determinaciones de sacarosa brix, pureza y no-sacarosa en jugos, mieles, los sólidos insolubles y toma de muestra. Proceso de clarificación del jugo. Cali: CENICAÑA: 42 p.; CD-ROM. 2007

SÁNCHEZ, Dergan, J. Manual para analistas de laboratorio azucarero. (Químicos de banco). México: GEPLACEA: 179 p. 1984

TASCON GONZÁLEZ, M. Plan para el laboratorio y métodos de análisis. Palmira. Ingenio Oriente: 19 p. 1965

The Standard Laboratory For Australian Sugar Mill, Métodos 5,6 y 7 Volumen 2, Analytical Methods an Tables, Buereau of Sugar Experimental Sation, BSES Publication, Brisbane, Australia, April 1991.