

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ
CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS

**EVALUACION TECNICA PARA LA MEJORA DE LA EXTRACCION DE
LOS MOLINOS DEL TRAPICHE DE LA EMPRESA AZUCARERA DEL
NORTE S.A.C. – 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

Bach. TORRES BAZALAR, XIOMY AKEMI

ASESOR:

M(º). JHON HERBERT OBISPO GAVINO

HUACHO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi madre por haber sido mi fortaleza en mi formación personal y profesional, por darme la confianza, sabiduría, consejos, apoyo incondicional para poder lograr mis metas.

A mi hija Gianna por ser mi fuente de inspiración y motivación que cada día, de luchar por un futuro mejor con perseverancia y fortaleza.

Xiomy Akemi Torres Bazalar

AGRADECIMIENTO

Le agradezco por sobre todas las cosas a Dios, por brindarme obtener una buena experiencia en la Universidad y así obtener un logro más en mi vida. A mi familia, que siempre estuvo presente con sus palabras de aliento y jamás me dejaron caer ni bajar los brazos.

A los ingenieros, compañeros, amigos, quienes compartieron sus conocimientos y estuvieron a mi lado apoyándome, dándome los consejos y orientaciones que un estudiante requiere.

Mi afecto y agradecimiento a todos los que hicieron en mí una persona de bien y cada día lograr ser una mejor profesional.

Xiomy Akemi Torres Bazalar

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.4.1 Justificación teórica	4
1.4.2 Justificación práctica	5
1.4.3 Justificación legal	5
1.4.4 Justificación metodológica	5
1.5 Delimitaciones del estudio	5
1.5.1 Delimitación espacial	5
1.5.2 Delimitación temporal	6

1.5.3	Delimitación teórica	6
1.6	Viabilidad del estudio.....	6
1.6.1	Viabilidad técnica.....	6
1.6.2	Viabilidad ambiental	6
1.6.3	Viabilidad financiera	7
1.6.4	Viabilidad social.....	7
CAPITULO II		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1	Investigaciones internacionales	8
2.1.2	Investigaciones nacionales.....	9
2.2	Bases teóricas	11
2.2.1	Pérdida de sacarosa en la recepción de caña	11
2.2.2	Pérdida de sacarosa en lavado de caña.....	11
2.2.3	Pérdida de sacarosa en la preparación de caña.....	12
2.2.4	Pérdida de sacarosa en molienda de caña	13
2.3	Bases filosóficas.....	18
2.4	Definición de términos básicos.....	18
2.5	Hipótesis de investigación	21
2.5.1	Hipótesis general	21
2.5.2	Hipótesis específicas	21
2.6	Operacionalización de las variables.....	22
CAPITULO III.....		24
METODOLOGÍA		24
3.1	Diseño metodológico.....	24
3.1.1	Tipo de investigación	24
3.1.2	Nivel de investigación	25
3.1.3	Diseño	25

3.1.4	Enfoque	25
3.2	Población y muestra	26
3.2.1	Población.....	26
3.2.2	Muestra.....	26
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	26
3.3.1	Técnicas a emplear	26
3.3.2	Descripción de los instrumentos	27
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información	27
CAPITULO IV.....		29
RESULTADOS.....		29
4.1	Análisis de resultados	29
4.1.1	Datos técnicos y de operación de los molinos.....	29
4.1.1.1	Caña desfibrada	31
4.1.1.2	Agua de imbibición	34
4.1.1.3	Bagazo.....	37
4.1.1.4	Jugo residual.....	41
4.1.1.5	Jugo mezclado	43
4.1.2	Paradas de molienda del trapiche.....	46
4.1.3	Análisis de parámetros que afectan la extracción en los molinos.....	47
4.1.4	Evaluación técnica de los molinos.....	51
4.1.4.1	Extracción global.....	51
4.1.4.2	Extracción individual.....	53
4.2	Contrastación de hipótesis	54
4.2.1	Contraste de hipótesis respecto a la caña desfibrada.....	54
4.2.2	Contraste de hipótesis respecto al agua de imbibición.....	59
4.2.3	Contraste de hipótesis respecto al bagazo	64
4.2.4	Contraste de hipótesis respecto al jugo mezclado	68
4.2.5	Contraste de hipótesis sobre la extracción de los molinos	72

CAPITULO V	74
DISCUSIÓN	74
5.1 Discusión de resultados	74
CAPITULO VI.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
6.1 Conclusiones	78
6.2 Recomendaciones.....	79
CAPITULO VII	81
REFERENCIAS.....	81
7.1 Fuentes documentales.....	81
7.2 Fuentes bibliográficas.....	83
7.3 Fuentes hemerográficas	84
7.4 Fuentes electrónicas	84
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Relación de extracción con el jugo perdido</i>	14
Tabla 2 <i>Toneladas azúcar 96° pérdidas en bagazo por 100 000 toneladas de caña</i>	18
Tabla 3 <i>Operacionalización de variables</i>	23
Tabla 4 <i>Datos de molienda de la caña desfibrada</i>	31
Tabla 5 <i>Datos de molienda del agua de imbibición</i>	35
Tabla 6 <i>Datos de molienda del bagazo</i>	37
Tabla 7 <i>Datos de molienda del jugo residual</i>	41
Tabla 8 <i>Datos de molienda del jugo mezclado</i>	44
Tabla 9 <i>Frecuencia y tiempo de paradas de molienda– Periodo evaluado</i>	46
Tabla 10 <i>Análisis de laboratorio requeridos para el cálculo de la extracción en los molinos</i>	47
Tabla 11 <i>Extracción de sacarosa en los molinos</i>	51
Tabla 12 <i>Extracción por molinos del trapiche</i>	53
Tabla 13 <i>Prueba de normalidad de índice de preparación</i>	55
Tabla 14 <i>Resumen prueba de T para muestra única – índice de preparación</i>	55
Tabla 15 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de fibra en caña</i>	56
Tabla 16 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de fibra en caña</i>	57
Tabla 17 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de sacarosa (pol) en caña</i>	57
Tabla 18 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje pol en caña</i>	58
Tabla 19 <i>Prueba de normalidad de la pureza del jugo primario</i>	58
Tabla 20 <i>Resumen prueba de T para muestras única – pureza del jugo primario</i>	59
Tabla 21 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia</i>	60

Tabla 22 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia</i>	60
Tabla 23 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de agua de imbibición de la fibra</i>	61
Tabla 24 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de agua de la fibra</i>	61
Tabla 25 <i>Prueba de normalidad de la temperatura del agua de imbibición</i>	62
Tabla 26 <i>Resumen prueba de T para muestras única – la temperatura del agua de imbibición</i>	64
Tabla 27 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia</i>	65
Tabla 28 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de bagazo de caña limpia</i>	65
Tabla 29 <i>Prueba de normalidad de la humedad del bagazo</i>	66
Tabla 30 <i>Resumen prueba de T para muestras única – humedad del bagazo</i>	66
Tabla 31 <i>Prueba de normalidad del porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo</i>	67
Tabla 32 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de pol en el bagazo</i>	67
Tabla 33 <i>Prueba de normalidad de porcentaje de jugo mezclado de la caña limpia</i>	68
Tabla 34 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje jugo mezclado de caña limpia</i>	69
Tabla 35 <i>Prueba de normalidad del Brix de jugo mezclado</i>	69
Tabla 36 <i>Resumen prueba de T para muestras única – Brix de jugo mezclado</i>	70
Tabla 37 <i>Prueba de normalidad de la pureza del jugo mezclado</i>	71
Tabla 38 <i>Resumen prueba de T para muestras única – pureza del jugo mezclado</i>	71
Tabla 39 <i>Prueba de normalidad del porcentaje de la extracción de sacarosa en los molinos</i>	72
Tabla 40 <i>Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de extracción en molinos s.</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Esquema de operación de los molinos del trapiche.....	30
<i>Figura 2.</i> Variación del IP de caña desfibrada.....	32
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de fibra en caña desfibrada.....	32
<i>Figura 4.</i> Porcentaje de Pol en caña desfibrada.....	33
<i>Figura 5.</i> Pureza de jugo primario.....	34
<i>Figura 6.</i> Temperatura del agua de imbibición.....	35
<i>Figura 7.</i> Porcentaje del agua de imbibición respecto a la caña limpia.....	36
<i>Figura 8.</i> Porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra.....	37
<i>Figura 9.</i> Porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia.....	38
<i>Figura 10.</i> Porcentaje de humedad de bagazo.....	39
<i>Figura 11.</i> Porcentaje de la Pol del bagazo.....	39
<i>Figura 12.</i> Brix del jugo residual.....	42
<i>Figura 13.</i> Pureza de jugo residual.....	43
<i>Figura 14.</i> Porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia.....	44
<i>Figura 15.</i> Porcentaje de Brix del Jugo mezclado.....	45
<i>Figura 16.</i> Pureza del jugo mezclado.....	45
<i>Figura 17.</i> Porcentaje de distribución de paradas de molienda no planificadas.....	46
<i>Figura 18.</i> Porcentaje de extracción de los molinos del trapiche.....	52
<i>Figura 19.</i> Pol en caña y bagazo relacionada a la extracción de los molinos.....	52
<i>Figura 20.</i> Relación de la extracción respecto a la calidad de caña y pol en bagazo.....	53
<i>Figura 21.</i> Extracción individual por molinos.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	86
Anexo 2. Ubicación de la empresa	87
Anexo 3. Molienda horaria de caña limpia en el trapiche en el periodo de evaluación.	88
Anexo 4. Presiones hidráulicas en los molinos periodo de evaluación (psig).....	89
Anexo 5. Balanza de plataforma para el pesaje de caña.....	90
Anexo 6. Descarga de caña hacia el patio para su almacenamiento.....	91
Anexo 7. Almacenamiento de caña en patio.	92
Anexo 8. Impurezas en caña en los carros cañeros	93
Anexo 9. Alimentación y lavado de caña en la mesa alimentadora.	94
Anexo 10. Conductor de caña principal en operación con el machetero.	95
Anexo 11. Derrames en el conductor de mesa alimentadora y de caña principal.	96
Anexo 12. Segunda unidad de preparación desfibrador y conductor de caña desfibrada ...	97
Anexo 13. Sistema de transmisión de potencia molinos del trapiche	98
Anexo 14. Conductor alimentador a molinos	99
Anexo 15. Agua de imbibición molinos.....	100
Anexo 16. Presiones hidráulicas de los molinos.	103

Evaluación técnica para la mejora de la extracción de los molinos del trapiche de la Empresa Azucarera del Norte S.A.C. - 2019

Xiomy Akemi Torres Bazalar¹

RESUMEN

Objetivo: Realizar la evaluación técnica para la mejora de la extracción de los molinos del trapiche de la empresa Azucarera del Norte S.A.C. en el año 2019. **Métodos:** Se estudió a los molinos del trapiche de la empresa. Estudio No experimental descriptivo transversal. Se utilizó software estadístico para procesar de datos operacionales del trapiche, se contrastó la hipótesis con la t de Student de muestra única, evaluando los parámetros frente a datos operacionales y técnicos normalmente obtenidos para un trapiche con cinco molinos. **Resultados:** a) El índice de preparación de caña fluctúa entre de 87,12 a 89,25 %, con un promedio 88,45 %, la fibra en caña fluctúa desde 12,34 a 16,35 % promediando 14,55 %, la pol en caña fluctúa desde 10,80 a 12,20 % promediando 11,64 % y la pureza del jugo primario fluctúa desde 83,00 a 86,94 % promediando 85,08 %. b) El agua de imbibición respecto a la caña fluctúa entre 18,43 a 26,32 % promediando 23,13 %, el agua de imbibición respecto a la fibra fluctúa entre 128,67 a 177,20 % promediando 155,95 % y la temperatura de agua de imbibición oscila entre de 57 a 65 °C promediando 60,68 °C. c) El bagazo respecto a la caña fluctúa desde 27,75 a 36,75 % promediando 33,43 %, la humedad del bagazo fluctúa entre 50,05 a 51,90 % promediando 50,95 % y el pol en bagazo fluctúa entre 3,37 a 3,58 % promediando 3,49 %. d) El jugo mezclado respecto a la caña fluctúa desde 84,72 a 92,82 % promediando 89,93 %, el Brix de jugo mezclado fluctúa desde 13,00 a 15,03 % promediando 14,19 % y la pureza de jugo mezclado fluctúa entre 80,05 a 84,87 % promediando 82,74 %. e) En orden de importancia se tiene las causas de parada de molienda por atoros de los molinos con un 68,82 %, seguida por atoros en los conductores de caña con un 19,35 %, descarrilamiento de los conductores de caña y las roturas mecánicas en un 9,68 y 2,15 % respectivamente. f) El porcentaje de extracción de los molinos del trapiche está comprendida entre 87,09 y 91,56 % promediando un 89,58 %. **Conclusiones:** El índice de preparación en la caña desfibrada evidencia moderada preparación repercutiendo en la extracción. La pol y fibra en caña con la pureza del jugo primario están en función de la calidad de caña procesada en la empresa. El porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia, respecto a la fibra y la temperatura están por debajo de los parámetros comúnmente trabajados. El porcentaje de bagazo respecto a la caña y su humedad es aceptable para garantizar la generación de vapor para el procesamiento, la pol promedio en bagazo supera el parámetro, lo que reduce la extracción de sacarosa. El porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña y su Brix están por debajo de los parámetros operacionales de la empresa, donde la pureza su pureza está en función de la calidad de la caña molida. Las causas de parada de molienda no planificadas permite el control respecto a un parámetro que la empresa debe fijar. La extracción de sacarosa en los molinos del trapiche es menor a la extracción que se tiene habitualmente para cinco molinos.

Palabras clave: Evaluación técnica, extracción, molinos, trapiche, industria Azucarera

¹ Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, email: xiomy.tb@gmail.com

Technical evaluation for the improvement of the extraction of mills of the sugar mill of Sugar Company of the North S.A.C. - 2019

Xiomy Akemi Torres Bazalar¹

ABSTRACT

Objective: To carry out the technical evaluation for the improvement of the extraction of the mills of the sugar mill of the company Azucarera del Norte S.A.C. in 2019. **Methods:** The mills of the company's sugar mill were studied. Non-experimental descriptive cross-sectional study. Statistical software was used to process operational data from the mill, the hypothesis was contrasted with the Student's t test for a single sample, evaluating the parameters against operational and technical data normally obtained for a mill with five mills. **Results:** a) The cane preparation index fluctuates between 87.12 to 89.25%, with an average of 88.45%, the fiber in cane fluctuates from 12.34 to 16.35% averaging 14.55%, cane sugar fluctuates from 10.80 to 12.20% averaging 11.64% and the purity of the primary juice fluctuates from 83.00 to 86.94% averaging 85.08%. b) The imbibition water with respect to the cane fluctuates between 18.43 to 26.32% averaging 23.13%, the imbibition water with respect to the fiber fluctuates between 128.67 to 177.20% averaging 155.95% and the imbibition water temperature ranges from 57 to 65 ° C averaging 60.68 ° C. c) Bagasse with respect to sugarcane fluctuates from 27.75 to 36.75% averaging 33.43%, bagasse humidity fluctuates between 50.05 to 51.90% averaging 50.95% and pol in bagasse fluctuates between 3.37 to 3.58% averaging 3.49%. d) The mixed juice with respect to the cane fluctuates from 84.72 to 92.82% averaging 89.93%, the mixed juice Brix fluctuates from 13.00 to 15.03% averaging 14.19% and the purity of the juice mixed fluctuates between 80.05 to 84.87% averaging 82.74%. e) In order of importance, there are the causes of grinding stoppage by mill jams with 68.82%, followed by jams in cane conductors with 19.35%, derailment of cane conductors and breakages mechanical in 9.68 and 2.15% respectively. f) The percentage of extraction from the mills is between 87.09 and 91.56% averaging 89.58%. **Conclusions:** The preparation index in the shredded cane shows moderate preparation, affecting the extraction. The pol and fiber in cane with the purity of the primary juice are a function of the quality of the cane processed in the company. The percentage of imbibition water with respect to the clean cane, with respect to the fiber and the temperature are below the commonly used parameters. The percentage of bagasse with respect to the cane and its humidity is acceptable to guarantee the generation of steam for processing, the average pol in bagasse exceeds the parameter, which reduces the extraction of sucrose. The percentage of mixed juice with respect to the cane and its Brix are below the operational parameters of the company, where the purity and purity is a function of the quality of the ground cane. The causes of unplanned grinding stop allows control over a parameter that the company must set. The extraction of sucrose in the mills of the sugar mill is lower than the extraction that is usually had for five mills.

Keywords: Technical evaluation, extraction, mills, trapiche, sugar industry

¹ Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, email: xiomy.tb@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó con objeto de mejorar el control de calidad del proceso, en vista de que la sacarosa (azúcar) de consumo habitual y en abundancia en la sociedad actual. En tal sentido, se hace indispensable que las empresas azucareras mejoren sus eficiencias de extracción en los molinos, que beneficie al personal, la empresa y sus clientes.

En el Perú, el azúcar se comercializa en diferentes presentaciones como azúcar rubia y blanca, la que es adquirida en todos los estratos de la sociedad. El azúcar se obtiene a través del procesamiento de caña de azúcar de diferentes variedades adaptadas a los climas donde se cultivan y procesan, la misma que en nuestro país dada la variedad de climas y microclimas, existen muchas variedades adaptadas a cada zona y que se cultivan de acuerdo a su rendimiento por hectárea en los campos, por su contenido de sacarosa en la caña de azúcar y por su alta resistencia a las plagas y sequías de ser necesarias.

En el caso de la Empresa ANORSAC, procesan variedades H – 50, CH-32 Azul Casagrande P12-745 y la brasileña de campos propios y de cañicultores. Se procesan en un trapiche con un tándem de cinco molinos con cuarta maza con un sistema de conductores intermedios tipo Donnelly.

Se evaluaron en la caña alimentada a los molinos: el índice de preparación, la fibra, pol y la pureza o calidad del jugo primario proveniente de las cañas de azúcar de los campos de cultivo. Se evaluó el agua de imbibición respecto a la caña y a la fibra con el objeto de observar si se añade apropiadamente respecto a los parámetros técnicos. Por otro lado, se valuó la temperatura con el propósito de que su aplicación mejore la extracción. Se evaluó el jugo mezclado respecto a la caña, su Brix y su pureza, teniendo en cuenta las diferentes calidades de caña que procesa la empresa. Se evaluó el bagazo respecto a la caña, su humedad y pol para observar su repercusión en la extracción de sacarosa y las condiciones de alimentación a los calderos acuotubulares. Se evaluó las causas de parada

de molienda identificándose y cuantificándose su distribución. Se evaluó el porcentaje de extracción de los molinos respecto a los parámetros técnicos.

En ese sentido se formularon los siguientes objetivos específicos: a) Realizar la evaluación técnica de la caña desfibrada procesada, b) Realizar la evaluación técnica del agua de imbibición alimentada a los molinos, c) Realizar la evaluación técnica del bagazo obtenida en los molinos, d) Realizar la evaluación técnica del jugo mezclado obtenida en los molinos, e) Identificar las causas del tiempo perdido por paradas de los molinos del trapiche, f) Realizar la evaluación técnica de la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche

El estudio no manipuló ninguna variable evaluada por ser una investigación de tipo observacional, de naturaleza transversal de recopilación de datos de 15 días. Estudio de nivel descriptivo que utiliza para el contraste de hipótesis los estándares establecidas para trapiches de cinco molinos.

Por lo expuesto, el estudio tiene como propósito realizar la evaluación técnica para la mejora de la extracción de los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC en el año 2019.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La gran mayoría de las empresas productivas buscan mantener su hegemonía y supervivencia en el mercado con mejoras en sus operaciones y procesos conjuntamente con técnicas y procedimientos amigables al medio ambiente. Pero es una realidad su operación se encuentra muy por debajo de una eficiencia óptima.

En Latinoamérica, la existencia de empresas agroindustriales de procesamiento de caña de azúcar de diferentes capacidades de molienda entre países del continente, sumada por las diferencias marcadas entre la pequeña, mediana y gran agroindustria por la tecnología utilizada desde los campos cultivo de caña y la planta industrial.

En el Perú, ante la apertura de las fronteras para las exportaciones e importaciones, las empresas del sector azucarero deben buscar ventajas competitivas frente a sus competidores directos, así como también de competidores de productos sustitutos. Entre los principales problemas que afrontan las empresas azucareras de nuestro país, es el bajo nivel de competitividad frente a empresas extranjeras. Esta diferencia se ve más evidenciada en empresas azucareras de baja capacidad de molienda.

En el norte de nuestro país, zonas predominantes de producción agrícola, muy favorable para la instalación y operación de ingenios azucareros a partir de la caña de azúcar. Tal condición permite un abastecimiento continuo de materia prima en la empresa, teniendo presente que el esfuerzo de disponer de una caña de buena calidad con contenido

de sacarosa elevada en los campos de cultivo, se vería desfavorecida si la empresa opera ineficientemente muy por debajo de los estándares nacionales y/o internacionales.

Por tanto, para una extracción adecuada de sacarosa en la etapa de molienda, es necesario tener en cuenta: la calidad de caña abastecida desde los campos de cultivo, el transporte de caña a la empresa azucarera, las condiciones de almacenamiento de caña en la planta, la eficiencia de remoción de impurezas en el lavado de la caña, la preparación de la caña alimentada a los molinos, los sistemas de limpieza y desinfección en los molinos y también los parámetros operaciones en los molinos.

Ante esta situación, se hace necesario que la Empresa Azucarera del Norte S.A.C. (ANORSAC) mejore sus operaciones con el objeto de ser más competitivo, siendo una de ellas la manera de cómo operan los molinos del trapiche para lograr el incremento de la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche.

En ese sentido, se hace evidente la necesidad de mejorar la extracción de sacarosa en los molinos respecto a los estándares para un tándem de cinco molinos. Es preciso indicar que estas unidades pueden ser controladas de acuerdo a las decisiones de las jefaturas y/o gerencias de la empresa azucarera.

Para ello, se conocen diferentes causas que originan la baja de extracción de sacarosa en los molinos de caña. Entre ellas podemos citar a la baja calidad de caña procesada reflejada en su contenido de pol (sacarosa), impurezas y material fibroso. Baja carga horaria de caña alimentada al trapiche que está predeterminada antes de iniciarse la molienda, disponiendo las aberturas entre las mazas en forma decreciente desde el primer al último molino. Presión hidráulica inapropiada dispuesta a la maza superior en cada molido del trapiche. Deficiencias en la cantidad, temperatura, forma y ubicación de la imbibición compuesta en los molinos del trapiche.

En consecuencia, se hace necesario sumar esfuerzos que permitan la mejora de la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche, por lo que se realizó el estudio de los factores técnicos y operacionales del trapiche con objeto de analizarlos en la búsqueda de alternativas de mejoras en la extracción de los molinos. Lo que motivó al investigador su realización.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿En qué condiciones técnicas se encuentran los molinos del trapiche en la empresa ANORSAC año 2019?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué condiciones se encuentra la caña desfibrada procesada en el trapiche de la empresa ANORSAC?
- ¿En qué condiciones se alimenta el agua de imbibición a los molinos en el trapiche de la empresa ANORSAC?
- ¿En qué condiciones se obtiene el bagazo en el trapiche de la empresa ANORSAC?
- ¿En qué condiciones se obtiene jugo mezclado en el trapiche de la empresa ANORSAC?
- ¿Cuáles son las causas del tiempo perdido en las paradas en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC?
- ¿En qué condiciones se encuentra la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Realizar la evaluación técnica de los molinos del trapiche para la mejora de la extracción en la empresa ANORSAC año 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar la evaluación técnica de la caña desfibrada procesada en el trapiche de la empresa ANORSAC.
- Realizar la evaluación técnica del agua de imbibición alimentada a los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC.
- Realizar la evaluación técnica del bagazo obtenida en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC.
- Realizar la evaluación técnica del jugo mezclado obtenida en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC.
- Identificar las causas del tiempo perdido por paradas de los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC.
- Realizar la evaluación técnica de la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

Con la investigación permite ampliar los conocimientos relacionado a los molinos de un trapiche en la industria azucarera. Desarrollando una metodología de evaluación con el uso del estadístico t de Student, lo que permitirá conocer más sobre la línea de investigación. El estudio enriquecerá las bases teóricas de la investigación de estudios similares.

1.4.2 Justificación práctica

Considerando que las empresas buscan permanentemente mejorar sus operaciones y procesos, en ese sentido el estudio permitirá a la empresa el desarrollo de nuevas investigaciones como parte del proceso de mejora continua, además del antecedente a otras investigaciones relacionadas al tema. El estudio mejora las unidades de proceso mediante el control estadístico, lo cual permitirá el mejor desempeño de los operarios de planta por un mejor control de sus operaciones, resolviendo y/o reduciendo a niveles aceptables los parámetros de evaluación.

1.4.3 Justificación legal

Con el estudio se cumplirá el objetivo personal como ingeniera química, en cumplimiento a lo que dispone para los bachilleres la Universidad. Además, en el estudio se contempló la aplicación de técnicas y procedimientos estandarizados en las mediciones y análisis de los parámetros de molienda en la empresa, tomándose todas las precauciones y previsiones en el cuidado del personal.

1.4.4 Justificación metodológica

Con la metodología estadística planteada, permitirá su réplica en otros estudios que se planteen en la empresa y/o empresas industriales de nuestro país. Metodología complementaria al control estadístico de procesos que se llevan habitualmente.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

Ubicación política:

- Dirección : km 12,6 de la carretera Ferreñafe.
- Distrito : Picsi.
- Provincia : Chiclayo.
- Departamento : La Libertad.

- Región : Lambayeque.

Ubicación geográfica:

- Latitud Sur : 06°40'39"
- Longitud Oeste : 79°46'58"

1.5.2 Delimitación temporal

- Periodo : Año 2019.

1.5.3 Delimitación teórica

- Evaluación técnica.
- Extracción.
- Trapiche de cinco molinos.
- Evaluación de caña desfibrada.
- Evaluación de agua de imbibición.
- Evaluación de bagazo.
- Evaluación de jugo mezclado.
- Evaluación de extracción de los molinos.

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Viabilidad técnica

Presentó una viabilidad técnica dado que el investigador y asesor tiene experiencia en el sector azucarero de nuestro país, así como las facilidades de la empresa para el estudio.

1.6.2 Viabilidad ambiental

La evaluación al estar centrado en estudiar las causas de la extracción de los molinos, permitirá identificar en la zafra donde se están perdiendo el azúcar (sacarosa) en los molinos, lo que permitirá a la empresa su análisis y acciones correctivas de mejora del proceso en la empresa. Los resultados permitirán mejorar la calidad de bagazo,

disminuyendo los gases de efecto invernadero ocasionados por su quema en los calderos de la empresa.

1.6.3 Viabilidad financiera

El desarrollo del estudio en sus diferentes etapas de investigación estuvo garantizado plenamente por el investigador.

1.6.4 Viabilidad social

El estudio se desarrolló sin pormenores y problemas de índole social, muy por el contrario, este contribuye a la mejorar el control del proceso en la búsqueda de un incremento de la eficiencia fabril.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Córdova (2017), entre sus objetivos realizó un diagnóstico al ingenio definiendo e identificando el proceso de molienda. Al respecto, concluye que mediante el análisis in situ pudo detectar diferentes problemas en el área de molienda que influyen en la extracción de jugo, estos problemas son principalmente: cuchillas sin filo, falta de mantenimiento de equipos y ausencia de capacitación al personal.

Orellana (2015), entre sus objetivos planteó conocer la preparación de la caña a través del índice de preparación y evaluación de mejoras en unidades mecánicas de preparación de caña. Reporta un índice de preparación de 79,85 % equivalente a una preparación de caña del 89 %, recomendando que para valores inferiores de 75 a 80 % se deberá programar un mantenimiento de las unidades de preparación. Logró aumentar la extracción en un 0,29 % y obtener un índice de preparación de 80 a 89 %.

López (2013), evaluó las pérdidas de sacarosa en el área de extracción por acción microbiana. Entre sus conclusiones indica que la inversión acida en el trapiche es independiente a la inversión por infección microbiana. La temperatura y el pH del jugo afectan a la inversión acida y microbiana, afirma que la temperatura de 31,81 °C en el jugo diluido es apropiada para disminuir la inversión de sacarosa por efectos de la acción acida

y microbiana. Además, indica que las inversiones ácida y microbiana están directamente relacionadas a la calidad de caña que se procesa en el trapiche.

Zepeda (2012), realizó la evaluación de factores que influyen en las pérdidas de sacarosa en el proceso productivo desde la caña de azúcar y planteó propuestas que conlleven a la reducción de dichas pérdidas. Concluye que los principales factores son contaminación microbiológica, pH ácido, altos tiempos retención en equipos y pérdidas físicas. Propone utilizar el agua de imbibición arriba de los 60 °C, utilizar biocidas para el control microbiológico, instalar un controlador de nivel en el tanque de jugo mezclado y su rediseño para mejorar la succión de la bomba.

Oquendo (2000), elaboró un programa de ajuste inicial en las mazas de los molinos del trapiche determinando los parámetros de operación para una buena extracción. Concluye que la calibración inicial del molino abarca las presiones y ajuste de mazas con el diseño y ubicación de la cuchilla central. También indica que menores velocidades periféricas en las mazas aumenta el tiempo de retención favoreciendo la compresión del material entre las mazas. La presión aplicada debe garantizar la flotación por el paso de la caña por el molino. Recomienda una imbibición de 180 a 200 % respecto a la fibra.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Alayo (2018), determinó la extracción actual en los molinos, seguida de propuestas de mejoras para su posterior evaluación económica. Concluyó que la extracción de la empresa se encuentra por debajo del límite de 91,98 % habiendo llegado ocasionalmente a 95 %, afirma que el óptimo de extracción es del 98 %. Para esto, recomienda la instalación de un desfibrador tipo Tongat, para alcanzar una preparación 90+ y con ello aumentar la extracción de sacarosa en los molinos el cual se reflejará en mayor producción de azúcar.

Delgado (2018), determinó la situación actual de obtención de sacarosa en el trapiche, conjuntamente con el análisis de bagazo a la salida de cada molino. Reporta que la humedad del bagazo desde el primer molino fue disminuyendo hasta el último molino (65,00 %, 62,12 %, 59,21 %, 56,14 %, 52,00 % y 50,01 %), concluyó que con el sexto molino se logrará mayor eficacia en los calderos debido a que la humedad de bagazo se reducirá en un 49 a 50 %, logrando incrementar la producción de la fábrica consecuente al aumento de extracción en los molinos.

Llontop (2018), diagnosticó las pérdidas en la extracción de jugo, calculando la efectividad de sus equipos, proponiendo la implementación del mantenimiento de los equipos utilizados en la producción de azúcar. De su investigación, concluye que las pérdidas por los equipos mayormente se dan en el área de recepción de caña y la molienda, otras pérdidas son ocasionadas por la falta de caña, mermas en el bagazo (sacarosa), cañas inmaduras, provocando cuantiosas pérdidas. Para reducir estas pérdidas propone realizar la mejora de sus equipos por medio del mantenimiento autónomo.

Calderón (2016), consideró el uso de diagrama de Ishikawa y de Pareto en la identificación de fallas de equipos en el trapiche. Encontrando que dentro del 80 % del tiempo perdido se encuentran en orden de importancia los atoros, descarrilamiento, tacos de bagazo, rotura de peine, rotura del arrastrador y cadenas de transmisión. De acuerdo al análisis económico, determinó que el mantenimiento ocasiona gastos presentes que con el tiempo se reflejará en una rentabilidad para la empresa, el plan de mantenimiento redujo los tiempos por paradas imprevistas sustancialmente.

Vilchez (2016), consideró el diagnóstico de la cogeneración en la empresa, identificando las mejoras potenciales para una evaluación técnica económica. Resalta en sus conclusiones, el alto consumo de vapor en las turbinas, deficiente sincronización entre

los molinos y altos costos por mantenimiento. Afirma las bondades del uso de última tecnología en el control de los equipos para una operación eficiente.

Chacón (2014), entre sus objetivos determinó la eficiencia de extracción de jugos. Concluyendo que al aumentar la molienda este aumentará la producción de azúcar siempre y cuando se cumplan con los estándares que se requieren en el área de trapiche como la extracción. Para la extracción colocó un panel para monitorear las variables más importantes en los equipos eléctricos, para realizar el mantenimiento adecuado para evitar las paradas imprevistas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pérdida de sacarosa en la recepción de caña

En cuanto a las pérdidas de sacarosa, estas deben ser cuantificadas desde los campos de cultivo, donde una buena calidad de caña favorecerá en gran medida el trabajo en los molinos reflejándose en una mejor extracción. De acuerdo a Chen (1997), indica que las cañas que permanecen más de 12 horas en los camiones ocasionan pérdidas por inversión, para evitar estas pérdidas se deben moler las cañas inmediatamente a su llegada a la empresa. Además, sostiene que la basura del campo considerada como materia extraña que llega con la caña a la empresa ocasiona mermas en la recuperación como una baja extracción en los molinos del trapiche. En consecuencia, el control de materias extrañas en la materia prima debe ser controlado, ya que estas al no contener azúcar absorben con facilidad en los molinos, llevándose consigo en el bagazo reduciendo la extracción.

2.2.2 Pérdida de sacarosa en lavado de caña

Conjuntamente con la caña ingresa material no deseado como inquemados, tierra, arena, hojas, cogollo, raíz, piedras, metales y otros. Se hace necesario por tanto su remoción para que no afecte el normal funcionamiento de los equipos del trapiche y garantizar la extracción. Según Chen (1997) en el área donde también ocurre las mermas

de sacarosa es en la limpieza que está constituido de equipos transportadores y auxiliares mediante el método mecánico en la recolección de caña, para que la planta trabaje a toda su capacidad se debe de realizar una buena limpieza para así evitar el desgaste de los equipos, otro beneficio es que se reduce la pérdida de sacarosa en la cachaza del filtro. Además, agrega que la utilización de equipos mecanizados para el corte de caña, perjudica la molienda por contener piezas de metales, generando paradas en molienda por daños ocasionados en los molinos, sugiriendo colocar separadores magnéticos para su remoción. En ese sentido, se tiene que tener presente la importancia de un buen lavado de caña que elimine la mayor cantidad de impurezas, entre ellas las de menor tamaño como inquemados, tierra, arena y hojas. Por otro lado el cogollo, la raíz, piedras, metales y otros deben ser eliminados a través de inspecciones visuales en el patio de caña o en su defecto en los conductores de los equipos antes del ingreso a las unidades de preparación.

Como se conoce, en la industria azucarera la caña que procesan los ingenios provienen de campos de cultivo a través de un corte y carguío manual o mecanizado, cada una de ellas tienen ventajas y desventajas respecto a la otra. La ventaja más importante del corte manual es que se abastece una caña con menos impurezas y a la vez el carguío es mayor por unidad de transporte, en contraparte es más costosa que el sistema mecanizado. Al respecto, ACRA Corporation (1986) sostiene que para reducir la materia extraña de la caña alimentada al trapiche, dependerá del método de corte y carguío. Por esta razón los ingenios de manera preventiva establecen un parámetro máximo de impurezas en caña de ingreso a molienda, y además cuentan con sistemas análisis de laboratorio y de lavado para la reducción de los materiales extraños.

2.2.3 Pérdida de sacarosa en la preparación de caña

Preparando la caña se le da las condiciones físicas para asegurar una exposición adecuada de la sacarosa para su extracción. Referente a ello, ACRA Corporation (1986)

señala que la preparación de la caña se realizan mediante cuchillas picadoras, desfibradoras y tienen la finalidad de mejorar la extracción en los molinos, considera varios factores a considerar en los desfibradores como cantidad, paso y desgaste de martillos, las R.P.M. y posición del yunque en el desfibrador. Además indica que en los conductores de caña en el trapiche se producen ocasionalmente derrame de caña y que no son contabilizados comúnmente. Bajo esta perspectiva, la extracción en los molinos está muy influenciada por el índice de preparación, como parámetro de medición del grado de preparación de la caña. Por otro lado, en el trapiche debe asegurarse de que la caña derramada sea incorporada inmediatamente al proceso, asegurando las pérdidas de materia prima y focos de infección que también afectan al recobrado de fábrica global.

2.2.4 Pérdida de sacarosa en molienda de caña

Los molinos son las unidades donde se produce la extracción de sacarosa, a través de molinos conectados en serie donde se alimenta la caña desfibrada y agua de imbibición produciendo bagazo y jugo mezclado. Se agrega agua de imbibición al colchón de bagazo de ingreso al último molino y va recorriendo en contracorriente al de la caña. El bagazo en cambio se genera en el último molino y es donde se va la sacarosa no extraída de la caña y el jugo mezclado se envía a fábrica para su tratamiento conteniendo la sacarosa extraída de la caña. Al respecto Hugot (1984) afirma que los molinos operan continuamente, si se ingresa un colchón de bagazo muy húmedo causa atascamiento, por lo que los operadores para controlar estos atoros bajan la imbibición causando pérdidas de sacarosa, perjudicando la extracción. Asimismo, indica sobre las variaciones en la extracción en los molinos en función a la presión, al aumentar la presión hidráulica esta al inicio aumenta la extracción, pero al aumentar el colchón de bagazo y el tiempo se va disminuyendo, ocurriendo las pérdidas % fibra y la extracción se reduce.

Tabla 1

Relación de extracción con el jugo perdido

Prueba N°	Extracción	Jugo perdido % de fibra
1	92,6	49,7
2	92,0	54,3
3	90,4	65,2
4	88,7	73,4

Nota. Hugot (1984, p. 147)

Respecto al contenido de fibra, Chen (1997) manifiesta que el porcentaje de fibra en la caña alimentada al trapiche influye de manera importante en la extracción, afirmando que a mayor cantidad de fibra será menor la extracción de sacarosa en los molinos. Situación que se hace evidente porque la fibra al estar libre de sacarosa se comporta como absorbente comportándose como un secuestrador de sacarosa incrementando el contenido de sacarosa en el bagazo.

Referente a los ajustes y velocidades de los molinos, Chen (1997) sostiene que las abertura entre los rodillos y la cuchilla central se denomina setting (ajuste de molinos), este varía de acuerdo a la calidad de la caña que ingresa, además cuanto es la capacidad de los molinos por hora, también hay que considerar el estriado o ranurado de las mazas, las presiones y sobre todo las velocidades de los molinos. En tal sentido, en un régimen de operación de los molinos, entre las variables a considerar son la calidad de caña que depende del campo de cultivo y las presiones hidráulicas. En resumen, todas estas están interrelacionadas y son los determinantes del ajuste apropiado en los diferentes molinos del trapiche.

La presión hidráulica aplicada a los molinos permite la compresión adecuada del colchón de bagazo. Respecto a ello Chen (1997) expresa que la presión que se ejerce a los

molinos depende de factores como la cantidad y calidad de caña, longitud y diámetro de las mazas, el agua de imbibición y número de molino. La presión que se ejerce a las mazas debe ser constante y que el colchón de bagazo alimentado sea uniforme de acuerdo al setting previamente ajustado en los molinos.

Una forma indirecta de medir el buen funcionamiento y aplicación de la presión en los molinos, sostiene Hugot (1984) que la pureza de los jugos va disminuyendo desde el jugo primario hasta el jugo residual de molino a molino, a consecuencia de que en los últimos molinos se extrae aparte de la sacarosa otros sólidos constituyentes del jugo más profundos, por lo que esta diferencia en la pureza se consideran indirectamente como un índice en el trabajo de presión en molinos. Esta forma de medición es muy utilizada en los reportes de laboratorio para corroborar la alimentación e imbibición en los molinos a una presión en los molinos constantes.

Acerca de la imbibición compuesta Chen (1997) manifiesta que depende de la cantidad de caña molida, de su contenido de fibra y aspectos económicos. Sostiene que se debe agregar de un 25 a 30 %, respecto a la caña y también que está influenciada por la temperatura, si es mayor a 70 °C producirá la ruptura celular mejorando la extracción, el exceso de temperatura, extraerá como gomas e impurezas que favorecerá el crecimiento microbiano que produce dextrano. Habitualmente al porcentaje de agua de imbibición se expresa también respecto a la fibra, que sería más conveniente dado que las cañas difieren en su contenido de fibra.

Además, sobre la imbibición Hugot (1984) expresa que algunos técnicos dan prioridad que la imbibición se debe aplicar lo más adelante del molino, piensan que dilución es más completa que la imbibición. Algunas pruebas registraron que la extracción aumenta cuando la imbibición se realiza en la entrada de bagazo al molino a cuando se efectúa a la salida del molino precedente, siempre y cuando se aplique el chorro del

aspersor con una tangente de los cilindros superiores y de salida. Además profundiza sobre la temperatura del agua de imbibición, afirmando que las temperaturas bajas no tienen ningún efecto en la extracción pero si se realiza en caliente de 60 a 70 °C, es notable que la extracción aumenta. A partir de este punto la eficacia de la imbibición es notablemente mejor con agua caliente, el efecto de la temperatura destruye el tejido de las células, que se depositan en las paredes, el agua directamente al jugo que se encuentra en ellas.

En cuanto a las salpicaduras, Hugot (1984) sostiene que ocurren debido al poco espacio entre los cilindros, por acumularse puede ser expulsado violentamente ocasionando la reducción de la extracción, además si el tonelaje de molienda aumenta repentinamente y no se ha ajustado los parámetros adecuados, esto perjudicará la molienda ya que la potencia consumida aumentará.

Para medir la eficiencia en los molinos de caña, Hugot (1984) detalla diferentes índices, siendo el comúnmente utilizado la extracción de sacarosa, como la relación entre la sacarosa que se extrae (jugo mezclado) respecto a la sacarosa contenida en la caña alimentada. Se expresa en porcentajes.

Las pérdidas de azúcar en los molinos, según Chen (1997) radican por la mala limpieza que se realizan, estas pérdidas no se registran individualmente, pero si son incluidas en las pérdidas indeterminadas de la fábrica. Para reducir las pérdidas en esta área se recomienda hacer una limpieza cada tres horas aplicando vapor y agua caliente a una presión alta para eliminar los jugos que se quedan en retención produciendo inversión en el jugo, para que no ocurra esto también se aplican insecticidas o biocidas que permiten que los jugos no sufran la inversión, debe aplicarse en forma continua en cada molino, así se evitará las pérdidas de sacarosa en esta área.

Sobre las pérdidas en los platos de los molinos, ACRA Corporation (1986), manifiesta que la acumulación de bagacillo en la parte inferior de los molinos ocasiona la

proliferación de microorganismos, foco de infección que suele eliminarse con chorros de agua, diluyendo el jugo innecesariamente e incrementado el consumo de vapor para retirarlos en los evaporadores. Asimismo, sobre las pérdidas en los conductores de bagacillo (cush-cush) expresa que la acumulación de jugo y/o fibra, produce la proliferación de la bacteria *Leuconostoc* que consume sacarosa produciendo dextrana, también indica que los sólidos depositados en los tanques de recepción de jugo deben removerse para evitar pérdidas de sacarosa.

La principal corriente de proceso obtenido en el trapiche es el jugo mezclado, que resulta de la mezcla del jugo del primer y segundo molino. El jugo mezclado se pesa a efectos de contabilizar la cantidad de jugo y sacarosa enviada a la planta de tratamiento de jugo. Sobre ello ACRA Corporation (1986) manifiesta que es necesario medir apropiadamente los jugos enviados a la planta, errores en exceso ocasionarían un reporte negativo de bajo recobrado de fábrica y errores inferiores a lo real reportarían menores pérdidas en el proceso de fábrica de lo habitualmente encontrados, situación que se agrava si hay derrames en el pesado y acumulación de material causando contaminación bacteriana.

Siendo el bagazo el material de salida de los molinos, su contenido de incide inversamente en la extracción de los molinos. Al respecto ACRA Corporation (1986) manifiesta que es la pérdida más vigilada y controlada y que depende de todos los factores de la extracción abordados anteriormente. Por consiguiente, se puede afirmar que a mayor contenido de pol (sacarosa) en el bagazo se producirá una menor extracción en los molinos. En la gran mayoría de ingenios azucareros, la sacarosa no extraída lamentablemente va a parar conjuntamente con el bagazo a las calderas, donde se queman para generar vapor para el proceso de fábrica.

Tabla 2

Toneladas azúcar 96° pérdidas en bagazo por 100 000 toneladas de caña

Pol % Bagazo	% Pérdidas en toneladas azúcar 96°
1,0	313
1,5	470
2,0	625
2,5	780
3,0	937
3,5	1 094
4,0	1 250
4,5	1 406
5,0	1 563
5,5	1 720
6,0	1 875

Nota. ACRA Corporation (1986).

2.3 Bases filosóficas

Respecto a la ingeniería química Romero, Romero y Rojas (2013) sostiene que la física, química, matemática y otras ciencias derivadas de estas, predominan al contexto científico tecnológico en el campo de la ingeniería. Por tanto, considera que el desarrollo de nuevos conocimientos en ingeniería, involucra el uso de herramientas como la epistemológica y filosófica complementadas con ciencias citadas anteriormente, desarrollo de nuevos conocimientos que parten de la ciencia de origen.

2.4 Definición de términos básicos

Bagazo

Spencer-Meade (1967) define “El residuo que se obtiene al moler caña en uno o más molinos. Se refiere al que sale del último molino” (p. 706).

Brix

“Es el porcentaje, en peso, de los sólidos contenidos en una solución de sacarosa pura” Spencer-Meade (1967, p. 708).

Extracción de sacarosa

“Extracción en guarapo mezclado, porcentaje de sacarosa en caña” (Spencer-Meade, 1967, p. 706).

Fibra

“La materia seca e insoluble en agua que contiene la caña” (Spencer-Meade, 1967, p. 706).

Imbibición compuesta

“Es aplicable a trenes de cuatro o más molinos, se aplica agua al bagazo que se dirige al último molino, el jugo del último molino es devuelto al bagazo que va al penúltimo molino; este jugo, a su vez, se regresa al molino anterior, y así sucesivamente” (Chen, 1997, p. 108).

Índice de preparación

Chen (1997) “el índice de preparación (IP) es el porcentaje del lavado del Pol extraído por desintegración. El IP se correlaciona bien con la extracción del molino. Los resultados muestran una mejor extracción con una preparación mejor” (p. 90).

Jugo absoluto

“Todos los sólidos disueltos que contienen la caña, más el agua total de la caña; la caña menos la fibra” (Spencer-Meade, 1967, p. 705).

Jugo mezclado

“El guarapo que se envía de la planta de moler a la sala de calderas o de cocción” (Spencer-Meade, 1967, p. 705).

Jugo primario

“El guarapo exprimido por los dos primeros rodillos del tándem” (Spencer-Meade, 1967, p. 705).

Jugo residual

“Es el jugo que queda en el bagazo: bagazo menos fibra” (Spencer-Meade, 1967, p. 705).

Molino

“Es la combinación clásica de tres rodillo o mazas dispuestos en forma triangular es la unidad estándar de molienda en la industria azucarera” (Chen, 1997, p. 95).

Pol

Fernandes (2003) la pol representa al porcentaje aparente de sacarosa contenida en una solución de azúcares, siendo determinada por métodos sacarímetros (p. 23).

pH

Sierra (2011) “El pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua” (p. 59).

Pureza

“Básicamente, la pureza de un producto de azúcar es el azúcar de caña que contiene, en porcentaje sobre la materia sólida” (Spencer-Meade, 1967, p. 709).

Temperatura

Armstrong International, Inc. (1998) indica “El grado de calentamiento, sin hacer referencia alguna a la cantidad de energía calorífica disponible” (p. 6).

Trapiche

“Consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres rodillos, a través de los cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo” (Chen, 1997, p. 73).

Velocidad periférica

“La velocidad periférica de los cilindros, es decir, la velocidad lineal de un punto del diámetro medio de un cilindro. Se mide, generalmente, en metros por minuto y en ocasiones en milímetros por minuto” (Hugot, 1984, p 151).

Velocidad de rotación

“El número de vueltas que estos dan por unidad de tiempo. Se miden en revoluciones por minuto” (Hugot, 1984, p 151).

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

- Los molinos del trapiche se operan de acuerdo a parámetros técnicos en la empresa ANORSAC año 2019.

2.5.2 Hipótesis específicas

- La caña desfibrada presenta un índice de preparación, fibra en caña, sacarosa (pol) y purezas no conformes a los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.
- El porcentaje de agua de imbibición y la temperatura en el agua de imbibición alimentada a los molinos se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.
- El porcentaje, la humedad y pol del bagazo en bagazo obtenida en el trapiche se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC
- El porcentaje, Brix y pureza del jugo mezclado producido en el trapiche se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.
- Las causas y el tiempo perdido causantes de las paradas de los molinos del trapiche son identificados en la empresa ANORSAC.

- La extracción de sacarosa en los molinos del trapiche es aceptable de acuerdo a parámetros técnicos en la empresa ANORSAC.

2.6 Operacionalización de las variables

Para Vara (2015) en la operacionalización de las variables la fundamentación teórica permite definir conceptual y operativamente las variables y los antecedentes permiten la definición operacional.

Un estudio descriptivo presenta una sola variable, pero convenientemente se le puede subdividir en a) variables de caracterización, predefinida para efectos de recabar datos necesarios para el análisis de la variable de interés y b) variables de interés, como la variable a medir en el estudio.

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	
<u>Variable de caracterización</u>	1.1 Condiciones de operación del trapiche.	• Índice de preparación (IP)	• Razón	
	a. Caña desfibrada	• Fibra % caña	• Razón	
		• Pol% caña	• Razón	
		• Pureza	• Razón	
	1 Datos técnicos y de operación de los molinos	b. Agua de Imbibición (AI)	• AI% caña	• Razón
			• AI% fibra	• Razón
			• Temperatura	• Escala
		c. Bagazo (B)	• Bagazo% caña	• Razón
			• Humedad% bagazo	• Razón
			• Pol% Bagazo	• Razón
	d. Jugo mezclado (JM)	• JM% caña	• Razón	
		• Brix% JM	• Razón	
		• Pureza JM	• Razón	
	1.2 Paradas de molienda	• Causas	• Nominal	
		• Porcentaje	• Razón	
<u>Variable de interés</u>		• Caña desfibrada	• Ordinal	
2 Evaluación técnica	2.1 Parámetro evaluado	• Agua de imbibición	• Ordinal	
		• Bagazo	• Ordinal	
		• Jugo mezclado	• Ordinal	
		• Extracción molinos	• Ordinal	

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

En primer lugar, es necesario ubicar apropiadamente el estudio de acuerdo al tipo de investigación. Al respecto Supo (2012), nos muestra cuatro criterios de para tipificar los estudios de investigación. El primero por la participación del investigador en observacional y experimental, el segundo por periodo de recopilación de los datos en prospectivo y retrospectivo, el tercero por el número de veces que se miden las variables en transversal y longitudinal, y por último por el uso de análisis estadístico en descriptivo y analítico. Bajo estas consideraciones, el estudio se tipifica en:

Observacional: La investigación se limitará a recabar los datos reportados tal y cual está aconteciendo en la operación de los molinos.

Retrospectivo: El estudio al ser de evaluación, tomará datos de operación de los molinos de reportes para su procesamiento.

Transversal: Debido a que las mediciones se realizaron en un momento dado del reporte de 15 días continuos de funcionamiento del trapiche.

Descriptivo: A consecuencia que se limita al uso de la estadística descriptiva para el reporte de datos y herramientas estadísticas de comparación al estándar del parámetro evaluado.

3.1.2 Nivel de investigación

Se hace necesario ahora definir el nivel de nuestra investigación, para ello consideramos lo expresado por Pino (2018), quien indica cuatro vías empezando por el nivel exploratorio, seguida del descriptivo, correlacional y explicativo.

Si tenemos en cuenta, que el nivel correlacional y explicativo corresponden para estudios de dos variables, y considerando lo manifestado por Pino (2018) de que el nivel exploratorio se utiliza ante ausencia de información o que hay sido poco estudiada y que el nivel descriptivo analiza las características del objeto de estudio.

Por tanto, bajo estas consideraciones el estudio corresponde al nivel de investigación descriptiva.

3.1.3 Diseño

Identificados el tipo y nivel de investigación, el siguiente paso consistió en definir el diseño a que corresponde la investigación. En tal sentido, siendo el estudio observacional, retrospectivo, transversal y de nivel de investigación descriptivo, se tiene presente lo considerado por Vara (2015) de que los diseños de investigación es un plan estratégico utilizados para absolver las preguntas de investigación.

Por otro lado, Carrasco (2017) en los diseños no experimentales indica los diseños transversales cuya aplicación se orienta a investigar la variable de estudio en un momento determinado.

Por tanto, el estudio tiene el diseño No experimental descriptivo transversal.

3.1.4 Enfoque

Considerando lo expresado por Córdova (2017) de que la investigación cuantitativa mide y cuantifica las variables; y por otro lado la investigación cualitativa se apoya en una opinión interpretativa de la cualidad de la variable.

De acuerdo a lo anterior, el enfoque de investigación está ligada a la naturaleza de los datos de la variable de medición. Por tanto, para el estudio le corresponde un *enfoque mixto*, cualitativo en el análisis de las condiciones operativas de carácter nominal y ordinal y cuantitativo en la evaluación de parámetros técnicos de operación en los molinos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Se precisa la definición de población. Al respecto Gamarra, Rivera, Wong y Pujay (2019) manifiesta que la población lo delimita quien realiza el estudio por características comunes.

En ese sentido, se considera:

Población: Molinos del trapiche empresa Azucarera del Norte S.A.C. en el año 2019.

3.2.2 Muestra

Además, se considera lo manifestado por Gamarra, Rivera, Wong y Pujay (2019) de que la muestra es parte de la población seleccionada para efectos de viabilizar el recojo de la información.

De acuerdo a la unidad de estudio única, se considera también a la muestra:

Muestra: Molinos del trapiche empresa Azucarera del Norte S.A.C. en el año 2019.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas a emplear

Sobre las técnicas de recolección de datos Pino (2007) indica técnicas como la documental, encuesta, observación y experimentación.

De acuerdo al diseño investigativo y principalmente a la naturaleza de los datos para el estudio se aplica la técnica documental y de observación. Al respecto Pino (2007) considera a las técnicas documentales de fuentes primarias o secundarias, asimismo la

técnica de observación como aquella utilizada para medir sin perturbación de ningún tipo a la variable de estudio.

En resumen, se utilizarán las técnicas documentales y de observación.

3.3.2 Descripción de los instrumentos

Los instrumentos utilizados para la medición de las variables deben ser fiables y válidas. Sobre esto, Vara (2015) indica que un instrumento es fiable si al aplicarlo repetidas veces a una misma variable arrojará el mismo resultado y su validez como el grado de medición real de la variable.

Sobre la fiabilidad y validez, los instrumentos de laboratorio con que cuenta la empresa están validados por el fabricante. Limitándose a llevar en el laboratorio las calibraciones de frecuencia periódica de los instrumentos utilizados en las mediciones de control del proceso, con objeto de garantizar que las mediciones que se realicen correspondan a la realidad. Principalmente se utilizaron los siguientes instrumentos:

a) Instrumentos de técnicas documentales

- Ficha de documentación.

b) Instrumentos de técnicas observación

- Ficha de observación.
- Instrumentos del laboratorio de la empresa: Agitador rotativo OPEN CELL, balanza analítica, brixómetro, polarímetro, termómetro, manómetro, cronometro, rotámetro, cámara fotográfica y Filmadora.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de la información depende en gran medida de los objetivos planteados en la investigación.

Al corresponder a un diseño no experimental, descriptivo con medidas en las variables de caracterización de datos categóricos y numéricos (cualitativa y cuantitativa)

con la estadística descriptiva. Para la variable de estudio se utilizó los recursos estadísticos para la evaluación de los datos obtenidos del trapiche, con el estadístico de prueba t de Student de muestra única. La evaluación se contrastó con los parámetros operacionales y técnicos normalmente obtenidos para un trapiche con cinco molinos en la industria azucarera.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Datos técnicos y de operación de los molinos

La empresa cuenta con cinco molinos montados en serie, con un sistema de alimentación forzada tipo Donnelly, con cuarta maza, teniendo la ventaja de instalarse un bypass en caso de que un molino quede inoperativa.

Para la línea de fluido, se añade agua de imbibición a la entrada del quinto molino y este va extrayendo paulatinamente sacarosa de molino a molino hasta llegar hasta el segundo molino para mezclarse con el jugo del primer molino. Esta mezcla constituye el jugo mezclado que es enviado a un separador donde se recircula el material fibroso que pudiera contener. Para la línea caña, desde su ingreso al molino, se va lavando y extrayendo paulatinamente hasta obtener Bagazo, que es enviado a los calderos para la generación de vapor.

Respecto a la caña desfibrada, corresponde a la caña que se preparó en unidades de machetero y desfibrador. Es aquí donde se medirá el índice de preparación de caña que tiene incidencia en la extracción. También influyen en la extracción, sus impurezas, su contenido de pol y contenido de fibra.

El bagazo se obtiene a la salida del quinto molino y se considera que contiene la misma cantidad de fibra alimentada con la caña al trapiche, pero en una mayor proporción. Además, se analizan la pol y el Brix, y el cociente de ambos como su pureza. El análisis de

pol nos permitirá estimar la cantidad de sacarosa que se va con el bagazo y la pureza del jugo residual en el bagazo conjuntamente con el porcentaje de agua de imbibición permitirá medir indirectamente el correcto ajuste de las presiones hidráulicas a los molinos. Por otro lado, la humedad del bagazo es un indicativo de un adecuado funcionamiento de los molinos, siempre y cuando también se tengan una alimentación constante de caña, adecuado porcentaje de imbibición y de las imbibiciones intermedias.

En el agua de ambición, se mide su temperatura y porcentaje respecto a la caña limpia y la fibra, aunque es más conveniente el segundo, dado que la caña alimentada al provenir de diferentes campos presenta porcentajes diferentes de fibra.

El jugo mezclado, se envía y cuantifica a fábrica para continuar con el proceso, y en ella está contenida la pol (sacarosa) recuperada de la caña. Se mide frecuentemente su contenido de Brix y Pol. De acuerdo a la calidad de la caña, el Brix en el jugo mezclado variará y la pureza dependerá de la calidad de caña con que se abastece de los campos de cultivo, efectos adversos como la demora de corte a molienda de caña, caña verde abastecida y contaminación microbiana reducen la pureza del jugo.

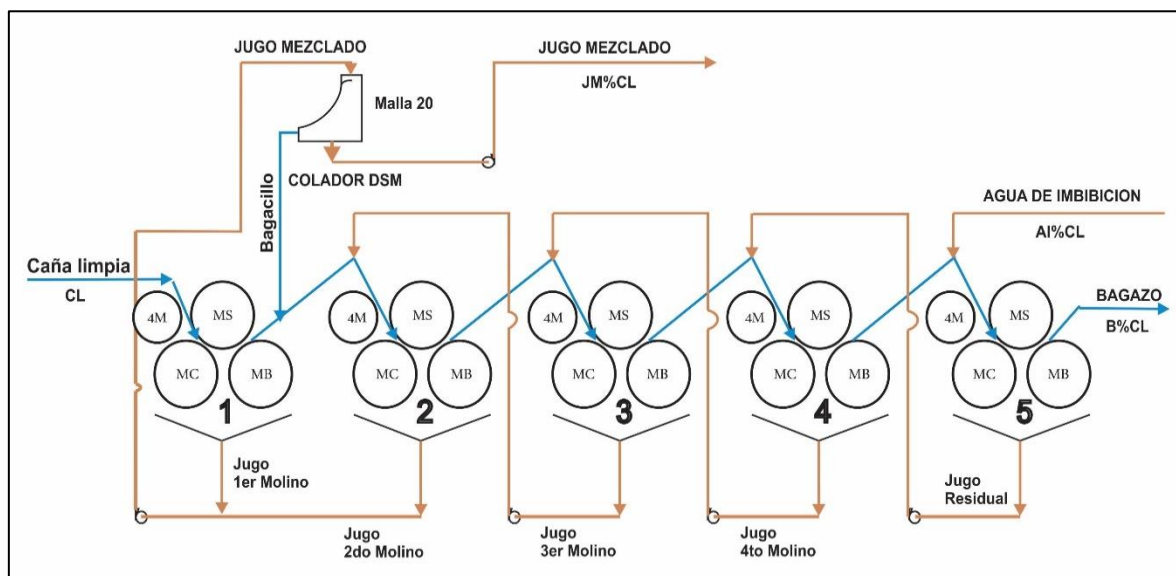


Figura 1. Esquema de operación de los molinos del trapiche.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.1 Caña desfibrada

Como se mencionó, a través del índice de preparación se tiene una medida del grado de exposición de la sacarosa en el material fibroso de la caña, consecuentemente afecta a la extracción de los molinos. En la Tabla 4, se puede observar que el índice de preparación de caña está en el rango de 87,12 a 89,25 %, con un promedio de 88,45 %.

Tabla 4

Datos de molienda de la caña desfibrada.

Día	Caña desfibrada			
	Índice de preparación (IP)	Fibra%CL	Pol%CL	Pureza
1	88,60	14,86	11,00	83,00
2	89,25	13,67	10,80	83,02
3	87,93	14,74	11,70	83,46
4	88,52	15,23	12,14	86,34
5	87,50	13,97	12,13	85,93
6	88,93	14,95	11,98	84,40
7	88,59	15,56	12,01	86,18
8	89,10	14,55	12,10	86,63
9	87,78	15,23	12,06	86,94
10	88,52	13,84	11,74	86,04
11	88,35	15,92	12,50	86,01
12	88,98	15,84	11,77	85,34
13	89,10	16,35	11,43	85,47
14	88,80	14,39	11,43	85,15
15	87,12	12,34	11,54	84,86
Promedio	88,45	14,55	11,64	85,08

Nota. Elaboración propia.

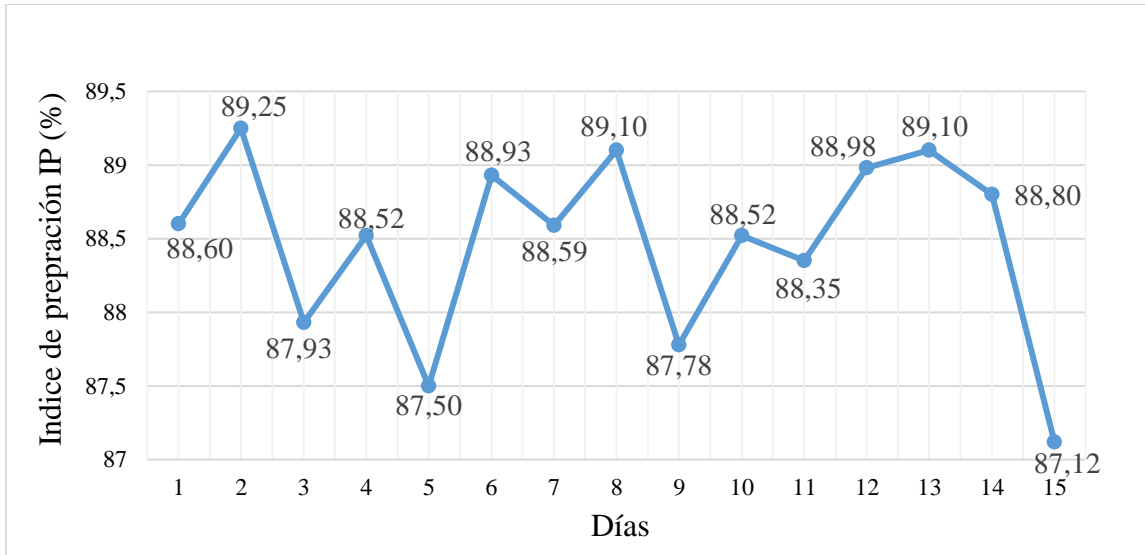


Figura 2. Variación del IP de caña desfibrada.

Nota. Elaboración propia.

Se tiene una mejor apreciación en la Figura 2 de la variabilidad del IP de la caña desfibrada. Que tiene una tendencia a la baja respecto a los días de molienda. Las cuales pueden deberse por muchos factores, entre ellas al desgaste de los machetes y martillos, baja capacidad de molienda que imposibilita una adecuada preparación por el setting en el yunque del desfibrador y también en la unidad machetero que no coge partes inferiores en el conductor por baja molienda y también a la calidad de caña procesada.

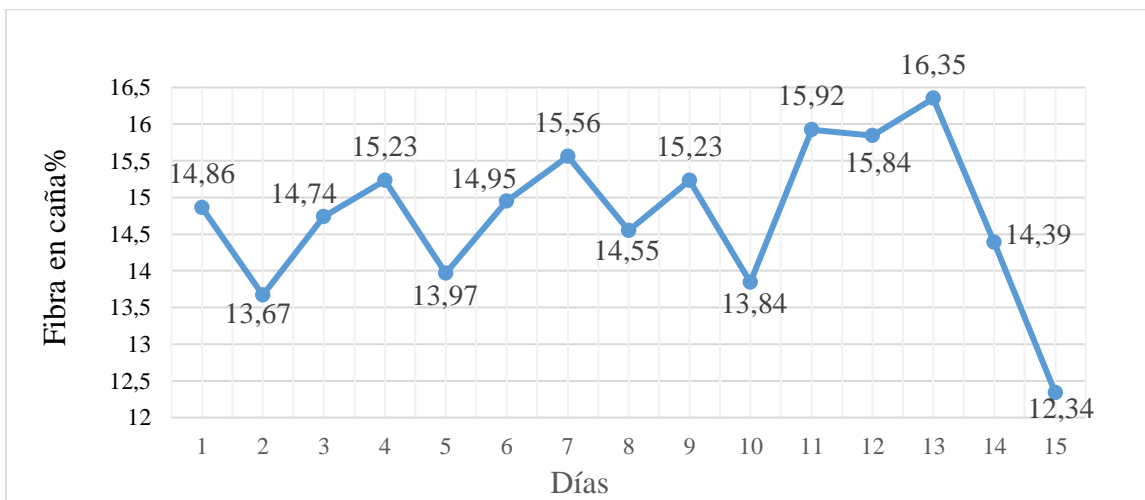


Figura 3. Porcentaje de fibra en caña desfibrada.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 3, se reporta la variabilidad del análisis de fibra en la caña desfibrada entre 12,34 % hasta 16,35 %. Promediando 14,55 %. Hay que tener en cuenta que un contenido alto en fibra repercute inversamente en la extracción de sacarosa. Asimismo, la variabilidad de la fibra ocasiona que el setting de los molinos fijados con anticipación, no se ajusten apropiadamente a la carga de caña molida afectando su extracción. Al respecto, es una variable de que la fábrica no puede controlar y que la empresa debe adaptarse a estos cambios de calidad. Por otro lado, elevados contenidos de fibra traerán como consecuencia favorable un exceso de bagazo, visible por su acumulación en el procesamiento de caña con alto contenido de fibra.

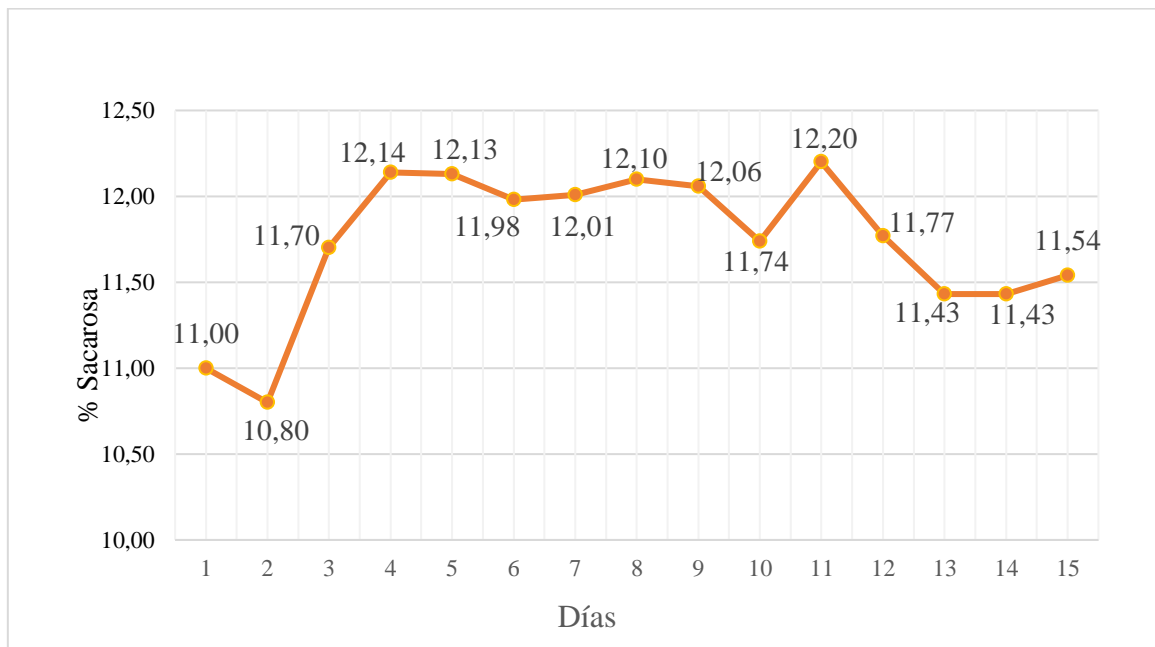


Figura 4. Porcentaje de Pol en caña desfibrada.

Nota. Elaboración propia.

Se aprecia en la Figura 4 la variación de la calidad de pureza del jugo primario, que varían desde 83,00 % a 86,94 % con una media de 85,08 %, que evidencian que en la zafra no se tuvo buena calidad de caña. La pureza del jugo de caña depende de cómo viene la caña de los campos de cultivo, con purezas bajas también el recobrado global de la planta será mucho menor.

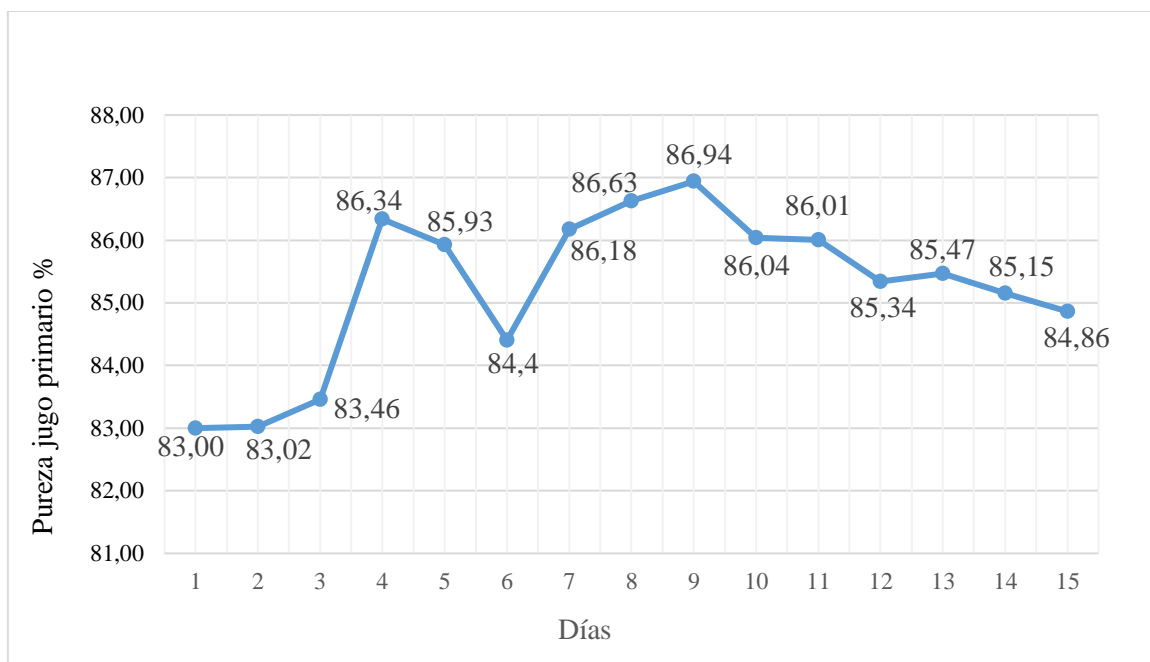


Figura 5. Pureza de jugo primario.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.2 Agua de imbibición

Es el agua agregada al material fibroso que ingresa al quinto molino, que tiene la finalidad de extraer la pol de la caña. En esta corriente se miden parámetros como la temperatura y su cantidad respecto a la caña. La caña al presentar diferentes contenidos de fibra, adicionalmente el agua de imbibición se le expresa como porcentaje respecto al contenido de fibra.

Se muestra en la Tabla 5, el resumen de las mediciones del agua de imbibición.

La temperatura del agua de imbibición afecta a la extracción de sacarosa en los molinos, por tanto, es de importancia su control. Su efecto es directo porque a mayor temperatura se mejora la extracción, aunque a temperaturas altas también se acelera la extracción de gomas y otras impurezas que se solubilizan.

Tabla 5

Datos de molienda del agua de imbibición.

Día	AI%CL	AI%fibra	Temperatura
1	26,32	177,200	65
2	23,53	172,150	60
3	23,09	156,670	58
4	24,15	158,530	62
5	24,05	172,170	60
6	22,12	147,880	59
7	23,63	151,860	63
8	24,35	167,390	65
9	19,62	128,870	58
10	18,43	133,150	60
11	25,94	163,000	57
12	26,14	165,070	65
13	25,44	155,560	60
14	18,52	128,670	61
15	20,57	166,670	60
Promedio	23,13	155,95	60,68

Nota. Elaboración propia.

Se aprecia en la Figura 6 que la temperatura del agua de imbibición oscila en el rango de 57 a 65 °C con un promedio de 60,68 °C.

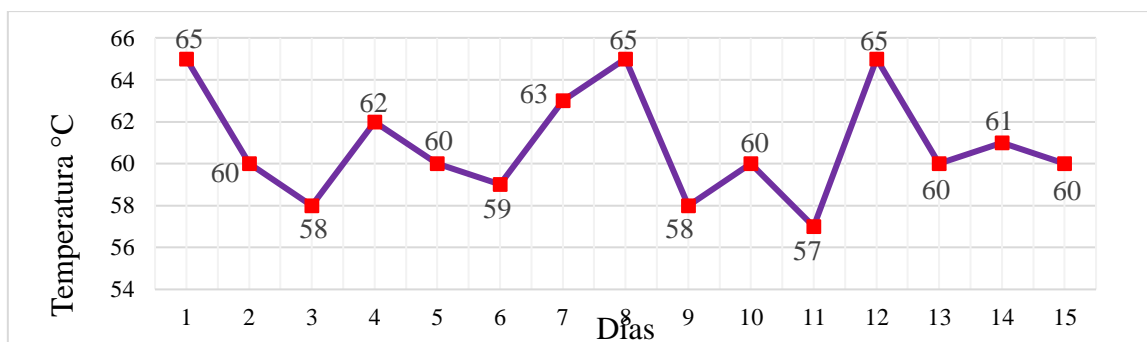


Figura 6. Temperatura del agua de imbibición.

Nota. Elaboración propia.

El porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña y su variante respecto a la fibra, permite indicar la proporción de agua agregada respecto al material fibroso. El efecto de la cantidad añadida de agua de imbibición es directa a la extracción, afirmándose que a mayor cantidad se mejora la extracción. Como desventaja se puede afirmar que un exceso de agua de imbibición también repercute inversamente en el contenido de sólidos (Brix) del jugo mezclado, que ocasionaría sobrecarga de las unidades de evaporación por material flojo. Por tanto, se hace necesario fijar el punto técnico y económico para el agua de imbibición, el cual varía de una planta a otra.

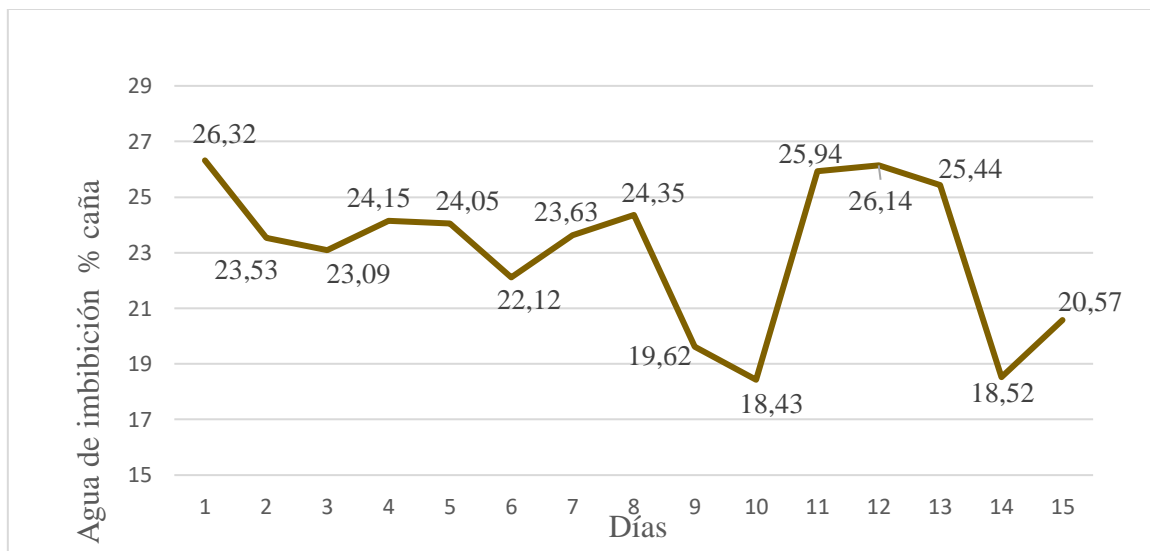


Figura 7. Porcentaje del agua de imbibición respecto a la caña limpia.

Nota. Elaboración propia.

En las Figuras 7 y 8, se indican los valores reportados del agua de imbibición, observándose que el agua de imbibición respecto a la caña fluctúa entre 18,43 a 26,32 % con una media de 23,13 % y respecto al contenido de fibra de 128,67 % a 177,20 % con media de 155,95 %.

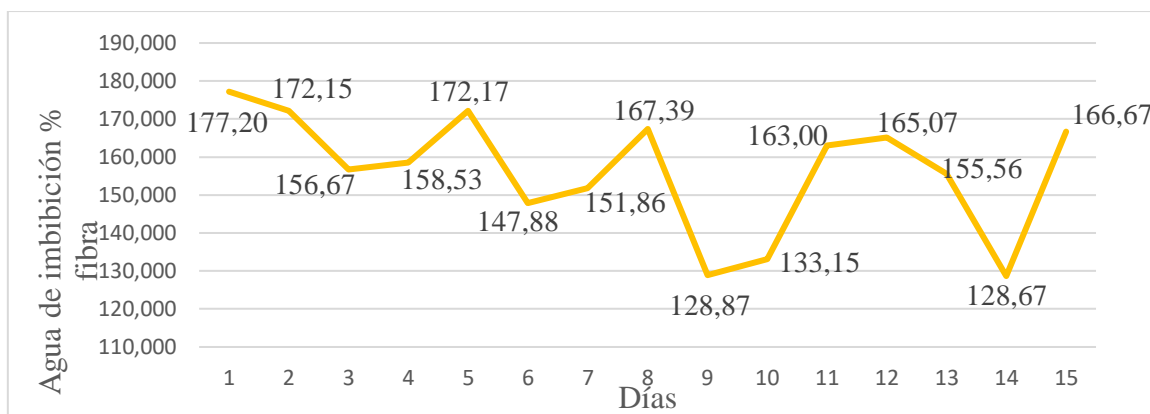


Figura 8. Porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3 Bagazo

Se obtiene a la salida del último molino. En este se evalúan parámetros indicativos de la extracción en los molinos, como la pol, humedad y porcentaje.

Tabla 6

Datos de molienda del bagazo

Dia	B%CL	Humedad%B	Pol%B
1	34,23	51,69	3,51
2	31,73	51,89	3,51
3	33,85	50,65	3,37
4	34,10	50,72	3,51
5	31,46	50,87	3,57
6	33,51	50,75	3,47
7	35,05	51,01	3,48
8	33,08	51,38	3,55
9	34,90	51,66	3,58
10	31,88	51,90	3,53
11	35,88	51,02	3,50
12	35,57	50,84	3,47
13	36,75	50,15	3,44
14	32,29	50,10	3,42
15	27,75	50,05	3,51
Promedio	33,43	50,95	3,49

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 9, se observa que el bagazo porcentual respecto a la caña fluctúa entre 27,75 a 36,75 % con un promedio de 33,43 %. Este porcentaje está íntimamente ligada al contenido de fibra de la caña. Un alto porcentaje evidencia pérdidas elevadas de sacarosa en el bagazo, que lamentablemente van a quemarse en la caldera de vapor.

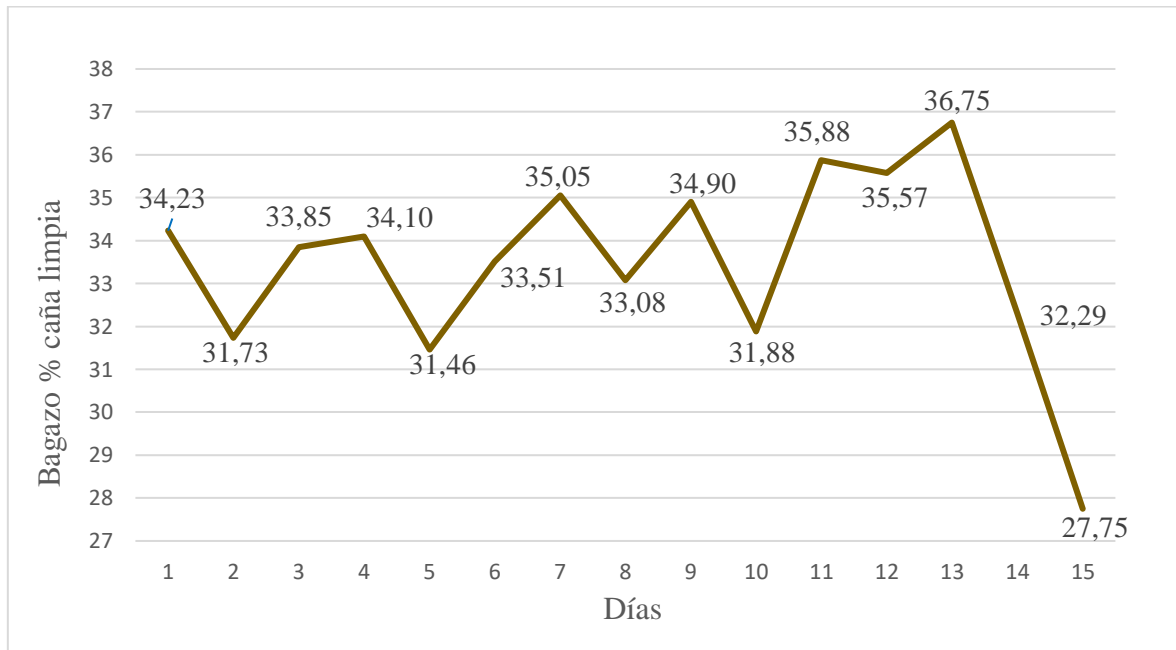


Figura 9. Porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia.

Nota. Elaboración propia.

La humedad del bagazo es un indicativo directo de cómo se encuentra la presión en el último molino, aunque en realidad la humedad del bagazo va disminuyendo desde el primer hasta el último molino, lo que refleja el estado de las presiones hidráulicas de acuerdo a la calidad de caña y cantidad de agua de imbibición agregada. En la Figura 10, se observa que la humedad del bagazo está comprendida de 50,05 a 51,90 % con media 50,95 %.

Humedades altas en el bagazo, aparte de medir indirectamente mayores pérdidas de sacarosa, influyen negativamente en la quema del bagazo, debido a que el exceso de agua que contiene produce combustión incompleta en las calderas y además absorbe energía calorífica reduciendo la eficiencia de la caldera.

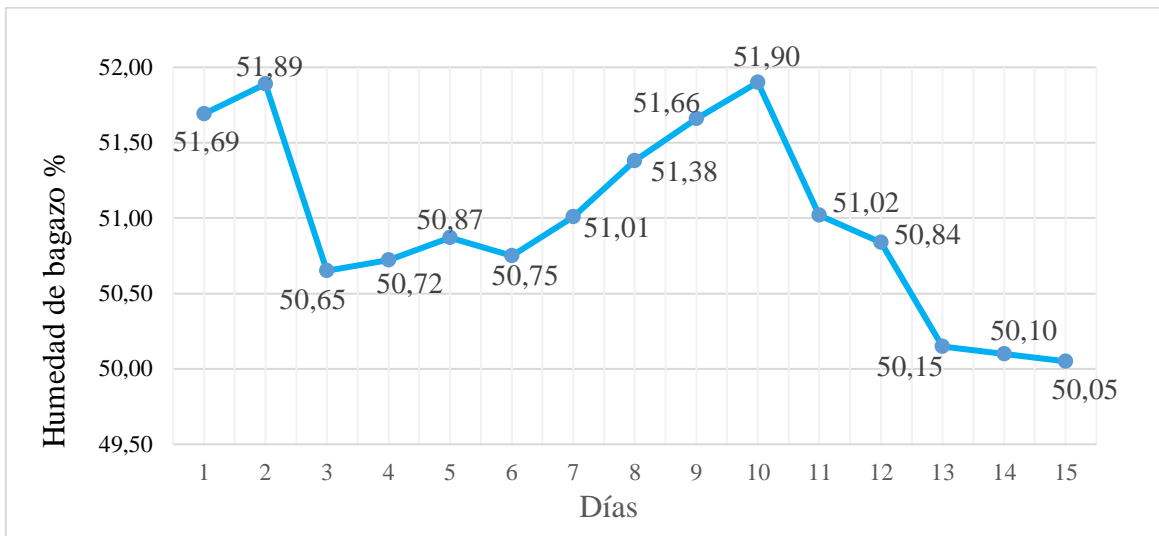


Figura 10. Porcentaje de humedad de bagazo.

Nota. Elaboración propia.

La pol en el bagazo, como método de control del contenido de sacarosa que se pierde en el bagazo de acuerdo con el flujo másico de bagazo producido incidiendo inversamente en la extracción. Por tanto, su contenido es monitoreado con objeto de determinar la extracción.

En la Figura 11 observamos el porcentaje de pol de bagazo entre el rango de 3,37 a 3,58 % con un promedio de 3,49 %.

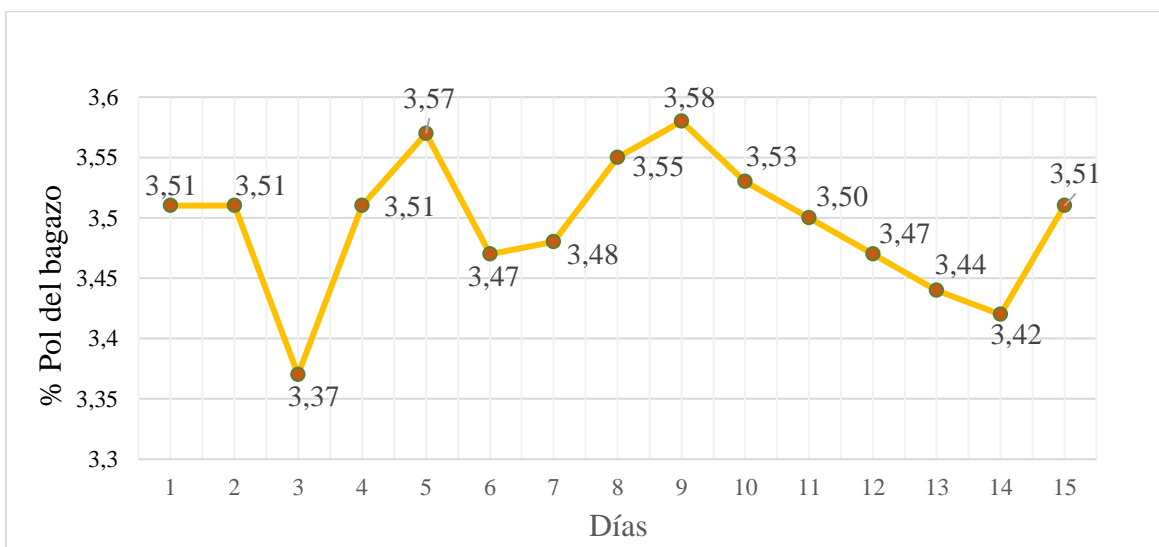


Figura 11. Porcentaje de la Pol del bagazo.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4 Jugo residual

El trapiche está conformado por cinco molinos. Cada molino posee cuatro mazas, de las cuales tres de ellas: la superior, cañera y bagacera están configurados de forma triangular, el ingreso de la caña se realiza entre la maza superior y la cuarta maza, que alimenta a la maza superior y cañera, y a través de la cuchilla central se conduce entre la maza superior y bagacera. Por tanto, en cada molino se obtienen tres caídas de jugo, la primera por la compresión del bagazo entre la superior - cuarta maza, la segunda por compresión entre la superior- cañera y la tercera por compresión entre la cañera - bagacera. En la Tabla 7 se indican los reportes de Brix y Pureza del jugo residual.

Tabla 7

Datos de molienda del jugo residual.

Día	% Brix JR	Pureza
1	4,04	71,50
2	3,84	69,92
3	4,00	70,01
4	4,18	76,08
5	4,48	75,67
6	4,11	75,17
7	4,10	75,70
8	4,63	76,46
9	4,54	75,99
10	4,32	75,20
11	4,44	75,78
12	4,59	74,87
13	4,45	73,48
14	4,12	75,12
15	4,46	76,09
Promedio	4,29	74,47

Nota. Elaboración propia.

Entendiéndose como jugo residual, como el jugo que se obtiene entre la maza superior con la bagacera del quinto molino. A este se le mide el Brix, Pol y Pureza, estos análisis evidencian el trabajo de los molinos, su contenido de Brix y Pureza conjuntamente con la Humedad, son indicativos de las pérdidas de pol en el bagazo.

Para efectos prácticos, se acostumbra afirmar que la pureza que arroja el jugo residual es igual a la pureza del jugo que contiene el bagazo, de ahí su importancia en el control de este parámetro.

Se aprecia en la Figura 12 la variabilidad del Brix en el jugo residual, variando desde 3,84 a 4,63 °Brix con promedio 4,29 °Brix. Como se mencionó, el Brix del jugo residual depende del contenido de sólidos del jugo primario, de cómo llega el jugo de la caña desde los campos, de la carga alimentada a los molinos, de la imbibición, etc. Por consiguiente, a condiciones normales de molienda, la caída de Brix entre cada molino es importante para observar la imbibición y efecto de las presiones en los molinos.

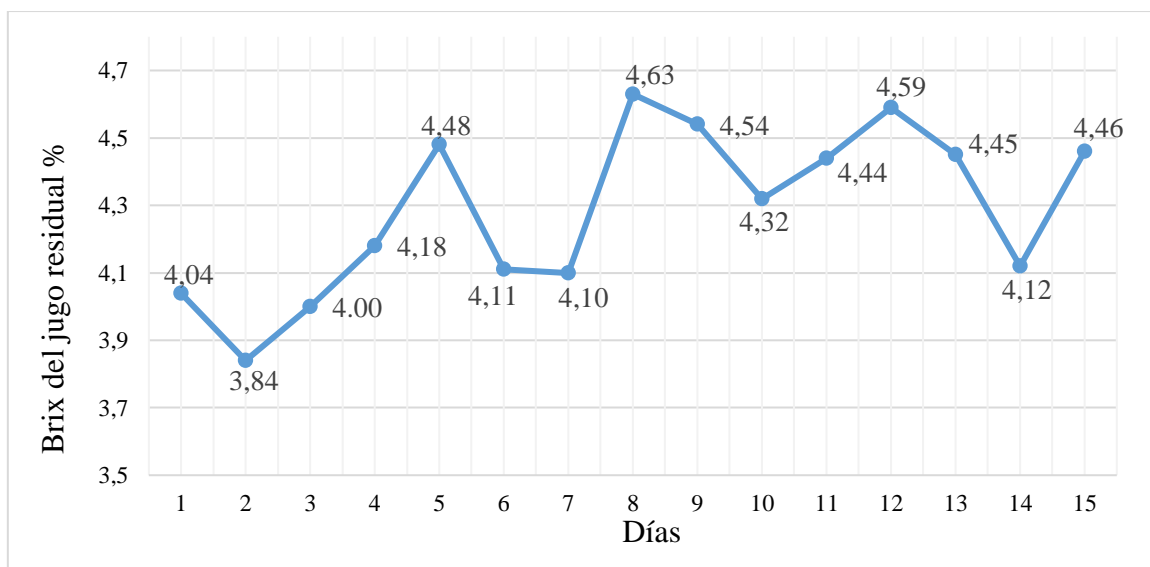


Figura 12. Brix del jugo residual.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 13, también se reporta la variabilidad de la pureza del jugo residual que varía desde 69,92 a 76,46 % promediando 74,47 %. Su variabilidad depende al igual que el °Brix de la calidad de la caña, el ritmo de molienda, presiones hidráulicas e imbibición.

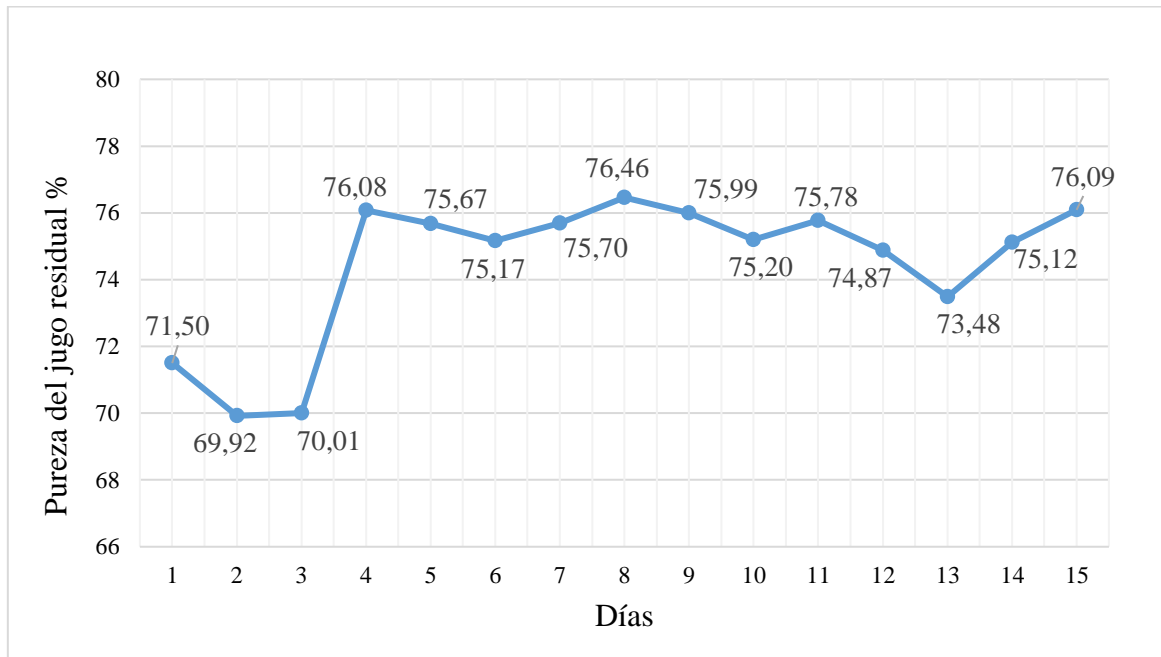


Figura 13. Pureza de jugo residual.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.5 Jugo mezclado

El Jugo mezclado, que se obtienen en los molinos es enviado al área de tratamiento de jugo previa filtración para retener el material fibroso que conlleva. En la empresa, se contabiliza la caña molida y el jugo mezclado y los demás por un balance de materiales.

En la Tabla 8, se indican la cantidad de jugo mezclado producido respecto a la caña, conjuntamente con su contenido de Brix y pureza. Para la pureza, se determina su contenido de pol en el jugo.

Tabla 8

Datos de molienda del jugo mezclado.

Día	JM%CL	Brix%JM	Pureza
1	92,09	13,00	80,05
2	91,80	13,00	80,16
3	89,24	13,56	80,75
4	90,05	14,55	83,50
5	92,59	14,28	83,25
6	88,61	14,47	81,40
7	88,58	14,64	84,77
8	91,27	14,49	84,26
9	84,72	15,03	84,87
10	90,42	14,59	84,13
11	90,06	15,03	83,10
12	90,58	14,07	82,66
13	88,69	13,8	83,04
14	86,23	14,43	83,02
15	92,82	13,85	82,17
Promedio	89,93	14,19	82,74

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 14, los datos son congruentes con los datos de operación del molino, el porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña para la zafra varían desde 84,72 a 92,82 % con promedio 89,93 %.

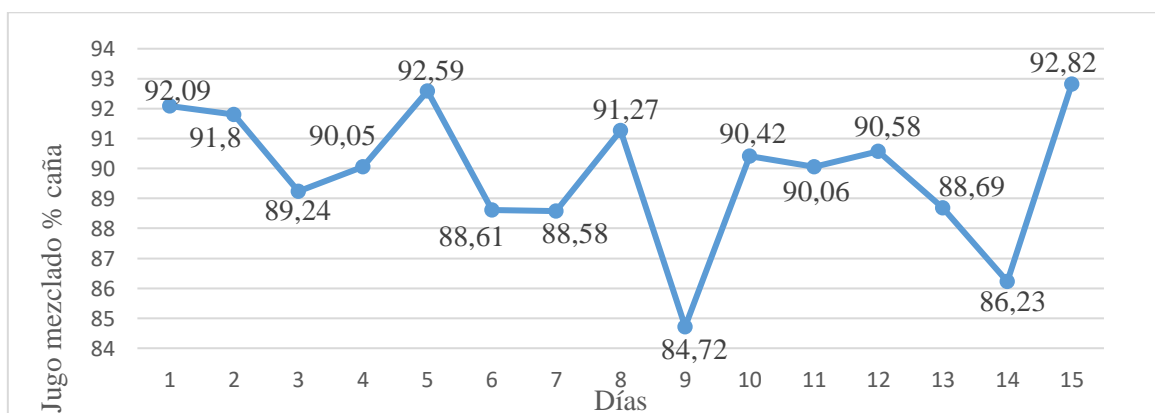


Figura 14. Porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 15, los datos son congruentes con los datos de operación del molino, en la zafra el contenido de sólidos en el jugo mezclado varía desde 13,00 a 15,03 °Brix de promedio 14,19 °Brix

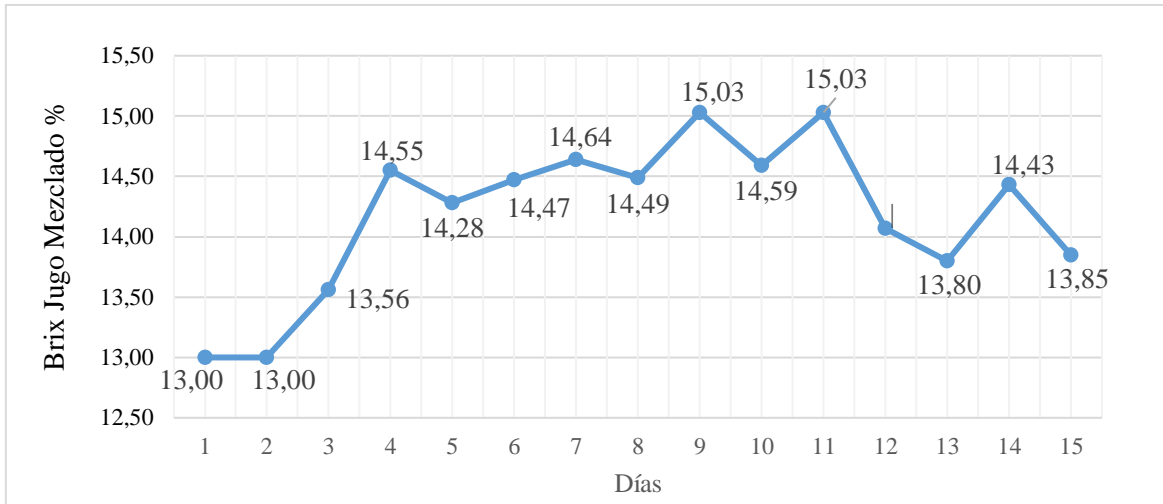


Figura 15. Porcentaje de Brix del Jugo mezclado.

Nota. Elaboración propia.

Se muestra en la Figura 16, los cambios de pureza en el jugo mezclado, que va desde 80,05 a 84,87 % con promedio 82,74 %. Evidencia que la calidad de caña que proceso en la zafra fue irregular, de diferentes calidades que repercutió directamente en la extracción.

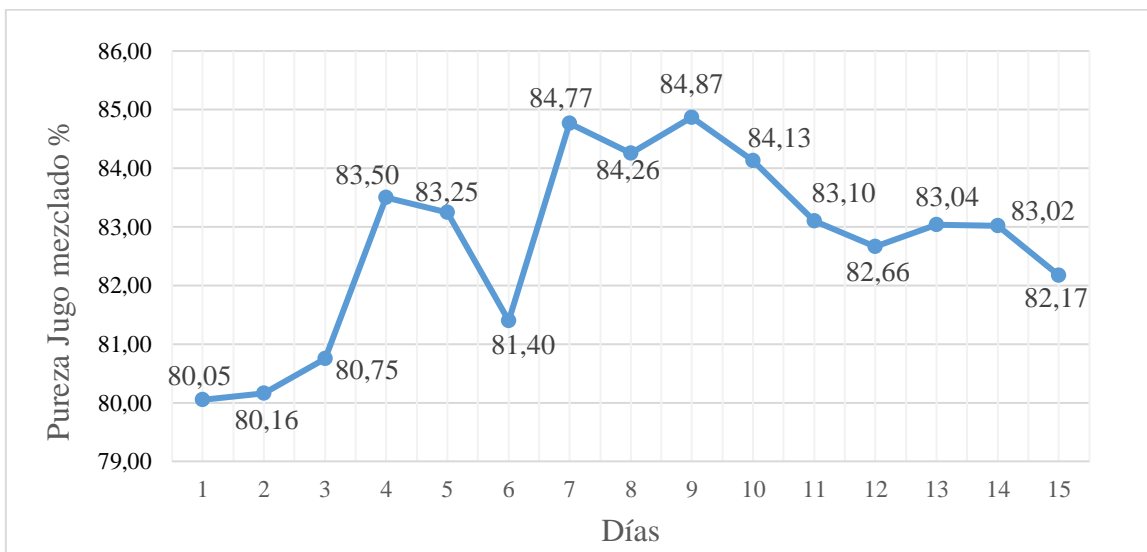


Figura 16. Pureza del jugo mezclado.

Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Paradas de molienda del trapiche

En la Tabla 9, se indica frecuencia de las principales causas de paradas de molienda no planificada. En orden de importancia se tiene a los atoros en los molinos, seguida de atoros en los conductores, descarrilamientos y roturas mecánicas.

Tabla 9

Frecuencia y tiempo de paradas de molienda– Periodo evaluado

Nº	Causas de parada de molienda	Frecuencia	Tiempo acumulado
1	Atoro en molino	64	68,82 %
2	Roturas mecánicas	2	2,15 %
3	Atoros conductores de caña	18	19,35 %
4	Descarrilamiento	9	9,68 %

Nota. Elaboración propia.

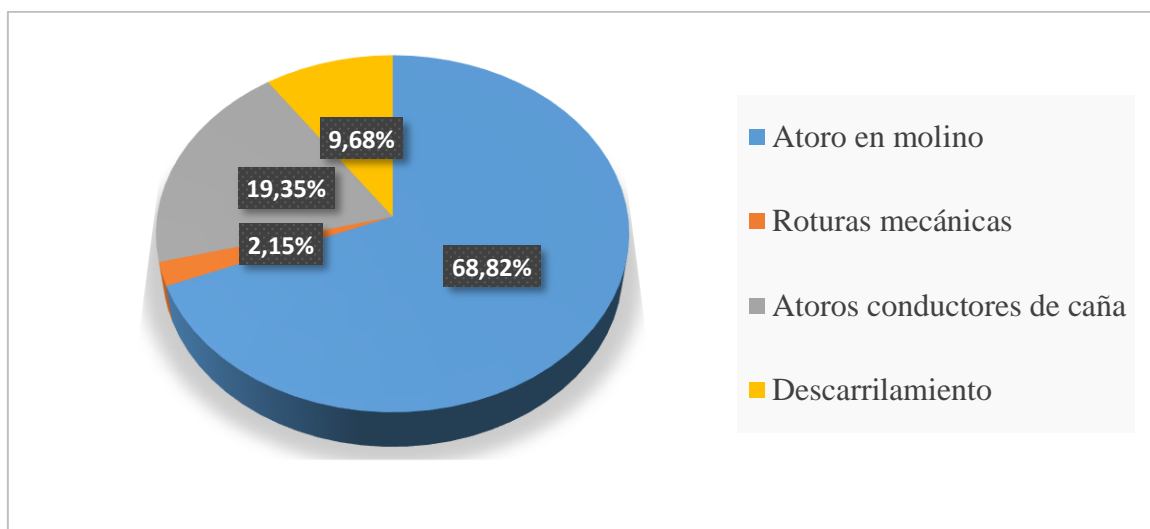


Figura 17. Porcentaje de distribución de paradas de molienda no planificadas.

Nota. Elaboración propia.

Se observa en la Figura 17, que el mayor tiempo perdido radica en los atoros de los molinos con un 68,82 %, también ocurre atoros en los conductores de caña con un 19,35 %

seguido por el descarrilamiento de los conductores de caña y las roturas mecánicas en un 9,68 % y 2,15 % respectivamente.

4.1.3 Análisis de parámetros que afectan la extracción en los molinos

Estos se indican en la Tabla 10, con base a los análisis reportados por el laboratorio.

Tabla 10

Análisis de laboratorio requeridos para el cálculo de la extracción en los molinos

Material	Brix	Pol	Pureza	Humedad	Fibra
Jugo Primario	Brix%JP	Pol%JP	Pza JP		
Jugo Mezclado	Brix%JM	Pol%JM	Pza JM		
Jugo Residual	Brix%JR	Pol%JR	Pza JR		
Caña					F%caña
Bagazo		Pol%B		Agua%B	

Nota. Elaboración propia.

Se indican a continuación las nomenclaturas adicionales a las enunciadas en la tabla anterior y las ecuaciones para el cálculo de la extracción:

JP: Jugo primario

JM: Jugo mezclado

JR: Jugo residual

JA: Jugo absoluto

CL: Caña limpia

B: Bagazo.

Bagazo

Porcentaje de sólidos en el Bagazo:

$$\text{Brix}\%B = \text{Pol}\%B / \text{Pza JR}$$

Porcentaje de Fibra en el Bagazo:

$$\text{F}\%B = 100\%B - \text{Agua}\%B - \text{Brix}\%B$$

Porcentaje del Bagazo respecto a la Caña Limpia:

$$B\%CL = (F\%CL / F\%B) (100\%CL)$$

Porcentaje de Pol en Bagazo respecto a la Caña Limpia:

$$(B\%CL) (Pol\%B) / (100)$$

Jugo absoluto

Coefficiente k:

$$k = \text{Brix JA} / \text{Brix JP}$$

Brix Jugo Absoluto:

$$\text{Brix}\%JA = (k) (\text{Brix}\%JP)$$

Sólidos en Jugo Absoluto:

$$(100\%Cl - F\%Cl) (\text{Brix}\%JA)$$

Sólidos en el Bagazo:

$$(B\%Cl) (\text{Brix}\%B) / 100$$

Porcentaje de sólidos extraídos del Jugo Absoluto;

$$(\text{Brix en JA} - \text{Brix en B}) / \text{Brix en JA}$$

Pureza del Jugo Absoluto:

$$(\text{Pol en JM} + \text{Pol en B}) / \text{Brix en JA}$$

$$((\text{Brix Extr}\%JA) (\text{Pza JM}) + (100 - \text{Brix Ext}\%JA) (\text{Pza JR})) / 100$$

Pol en el Jugo Absoluto:

$$(\text{Brix}\%JA) (\text{Pza JA}) / 100$$

Caña

Pol % Caña:

$$(100 - F\%Cl) (\text{POL}\%JA) / 100$$

Trabajo de los molinos

Porcentaje de Pol extraída respecto a la Caña Limpia:

$$\text{Pol}\%CL - \text{Pol en B}\%CL$$

Porcentaje de Extracción:

$$(\text{Pol ext \%CL}) / (\text{Pol\%CL})$$

No permite comparar molienda de diferentes F%CL

Extracción reducida:

$$(1 - (1 - \text{Extrac.}) (1 - \text{F\%CL}) / ((7)(\text{F\%CL})) (100)$$

Porcentaje de Jugo absoluto extraído respecto a la Caña Limpia:

$$(100\%CL - \text{F\%CL})(\text{Ext JA})$$

Porcentaje de Jugo mezclado respecto a la Caña Limpia:

$$(\text{JA Ext\%CL}) (\text{Brix\%JA} / \text{Brix\%JM})$$

Porcentaje de Agua de imbibición respecto a la Caña Limpia:

$$\text{AI\%CL} = \text{B\%CL} + \text{JM\%CL} - 100\%CL$$

Agua de imbibición en Jugo Mezclado:

$$\text{AI en JM\%CL} = \text{JM\%CL} - \text{JA Ext\%CL}$$

Agua de ambición en Bagazo:

$$\text{AI\%CL} - \text{AI en JM\%CL}$$

Porcentaje de Jugo perdido respecto a la Fibra:

$$(\text{Brix\%B} (10000) / ((\text{Brix JP})(\text{F\%B}))$$

$$(\text{JA\%B} / \text{F\%CL}) (100)$$

Es independiente de la riqueza y fibra en caña

Pérdida en los Molinos:

$$(\text{Pol\%B} / \text{F\%B}) (100)$$

No corrige el efecto de la pureza de caña

Relación de Java:

$$(\text{Pol\%Cl} / \text{Pol\%JP}) (100)$$

Relación de Extracción:

$$((100 - \%Extracción) / F\%Cl) (100)$$

4.1.4 Evaluación técnica de los molinos

4.1.4.1 Extracción global

En la Tabla 11 se indica el promedio de extracción diaria de los molinos. También, para comparación se indica el porcentaje de extracción reducida en base a un 12,5 % de contenido de fibra.

Tabla 11

Extracción de sacarosa en los molinos

Día	% extracción	% extracción reducida
1	87,09	89,43
2	87,68	88,89
3	88,93	90,85
4	90,14	92,16
5	90,74	91,85
6	90,30	92,12
7	90,01	92,26
8	90,47	92,00
9	89,64	91,76
10	90,42	91,48
11	89,96	92,42
12	89,51	92,04
13	88,94	91,92
14	90,34	91,79
15	91,56	91,43
Promedio	89,58	91,35

Nota. Elaboración propia.

Se observa en la Figura 18, el porcentaje de extracción de los molinos del trapiche que está entre 87,09 y 91,56 %. Con un promedio de 89,58 %.

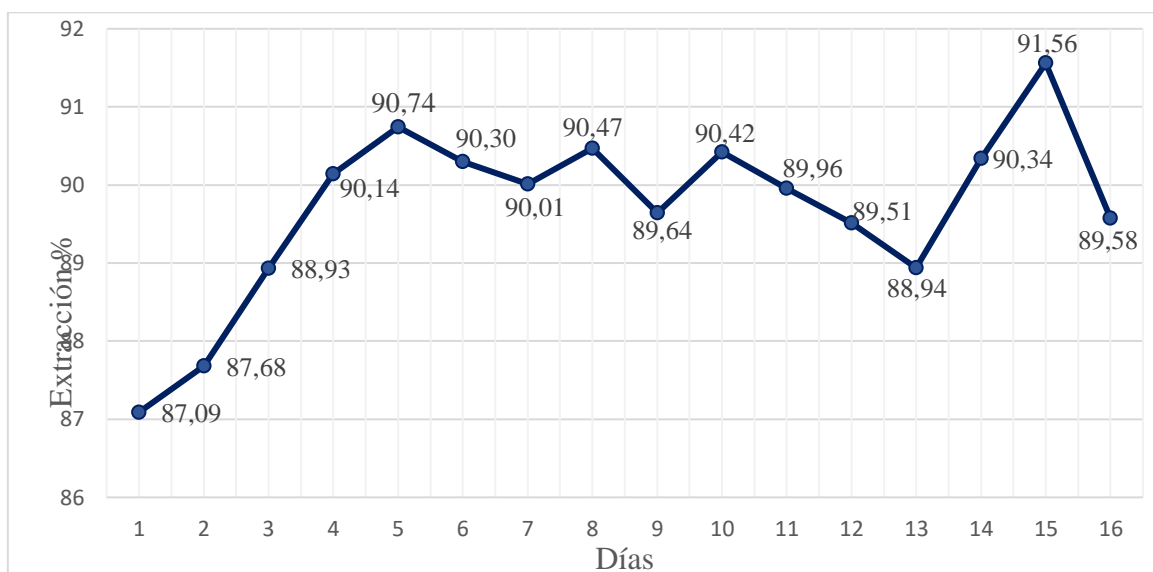


Figura 18. Porcentaje de extracción de los molinos del trapiche.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 19 muestra la Pol % caña, de 11,64 %, con una extracción de 89,58 % y una pol en bagazo de 3,49 %. Se puede observar el impacto del incremento que ocurre cuando el pol de bagazo aumenta el porcentaje disminuye.

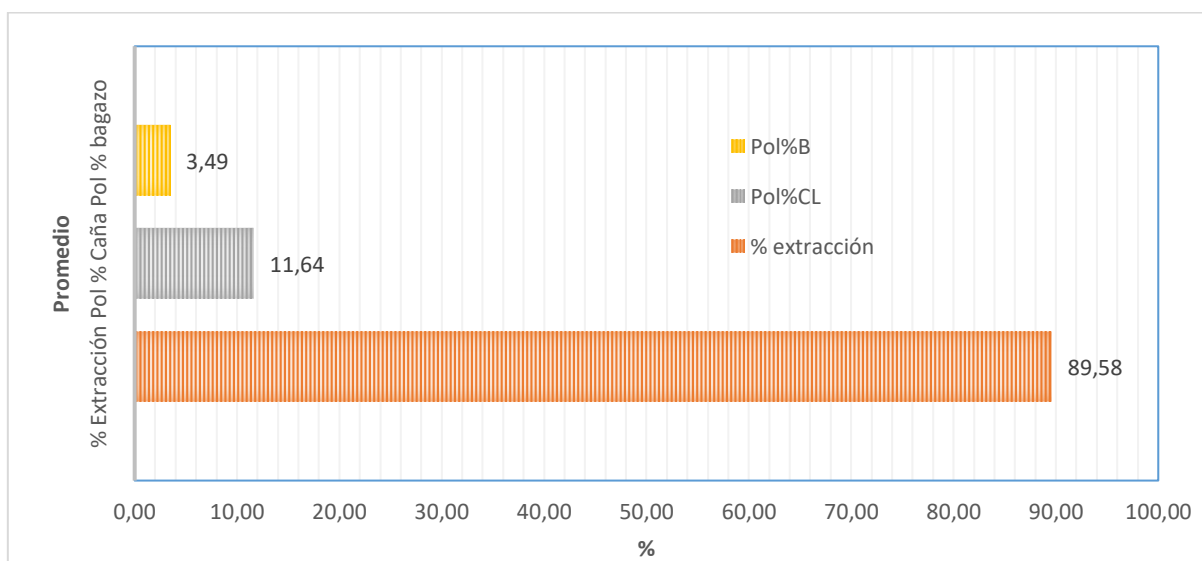


Figura 19. Pol en caña y bagazo relacionada a la extracción de los molinos.

Nota. Elaboración propia.

Se muestra en la Figura 20, la relación de la extracción respecto a la calidad de caña y pol en bagazo con distintas sacarosas.

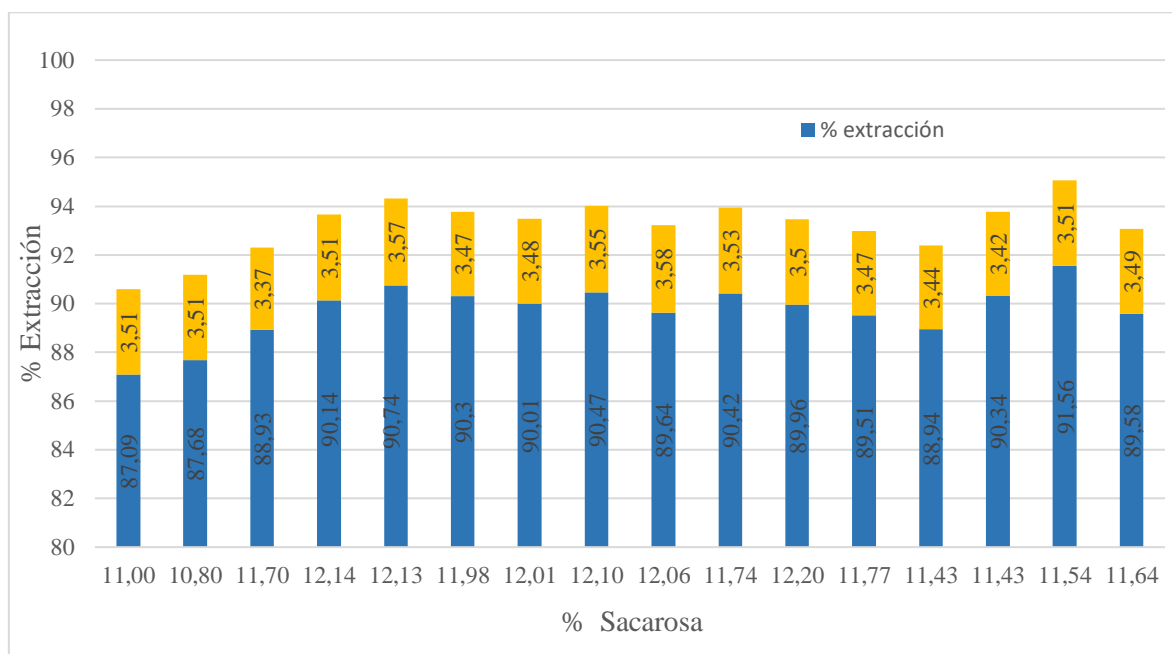


Figura 20. Relación de la extracción respecto a la calidad de caña y pol en bagazo.

Nota. Elaboración propia.

4.1.4.2 Extracción individual

En la Tabla 12 observamos los parámetros de extracción de los cinco molinos donde se identifican el porcentaje de extracción acumulada de todos los molinos obteniendo un porcentaje de extracción de 91,26 %.

Tabla 12

Extracción por molinos del trapiche

Parámetros de extracción	Molino				
	1	2	3	4	5
% de Extracción por molino	64,45	31,41	28,56	28,40	29,93
Distribución a la máxima extracción	64,45	11,17	6,96	4,95	3,73
Extracción acumulada %	64,45	75,61	82,58	87,53	91,26
Distribución de la extracción (al 100%)	70,62	12,24	7,63	5,42	4,09

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 21, se indica como variable de control de mayor importancia el incremento de la extracción desde el primer al quinto molino, desde 64,45; 45; 75,61; 82,58; 87,53 y 91,26 %. También se indican las extracciones individuales.

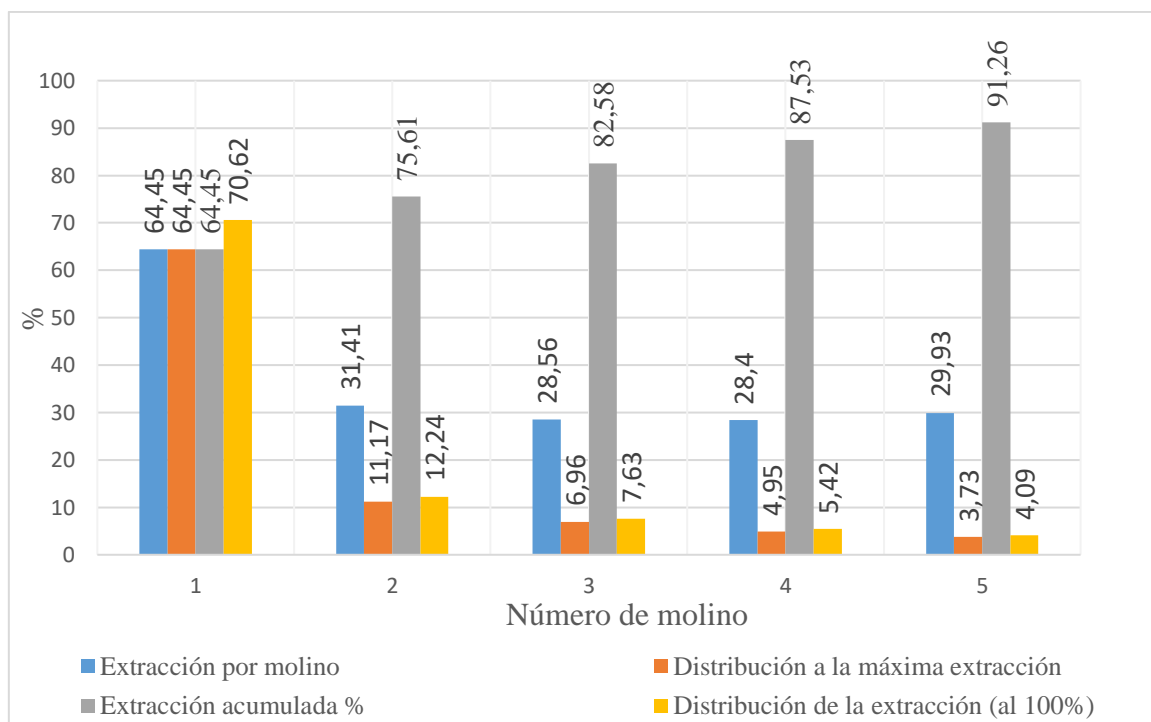


Figura 21. Extracción individual por molinos.

Nota. Elaboración propia.

4.2 Contrastación de hipótesis

Para todos los contrastes de hipótesis que vienen a continuación, se consideró la significancia con el porcentaje de error: $\alpha = 0,05 = 5 \%$ y según Clifford & Taylor (2008) los valores de t de Student.

4.2.1 Contraste de hipótesis respecto a la caña desfibrada

Hipótesis del investigador:

La caña desfibrada presenta un índice de preparación, porcentaje de fibra, porcentaje de sacarosa (Pol) y pureza del jugo primario se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC año 2019.

a. Hipótesis estadística del índice de preparación en la caña desfibrada:

H₀: El índice de preparación en la caña desfibrada es mayor igual a 90 % en la empresa ANORSAC.

H_{1a}: El índice de preparación en la caña desfibrada es menor a 90 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 13

Prueba de normalidad de índice de preparación

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
% Índice de preparación	90,00	0,917	15	0,174

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,174 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$, Se concluye que los datos de los análisis de índice de preparación presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Se aplica el estadístico de prueba t de Student para única muestra. Los resultados se indican en la Tabla 14 con un Valor de prueba de 90,00.

Tabla 14

Resumen prueba de T para muestra única – índice de preparación

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
% Índice de preparación	-9,391	0,000	-1,5287	-1,8778	-1,1795

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p -valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -9,391 es menor que -1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , en consecuencia, se acepta la hipótesis de que el índice de preparación en la caña desfibrada es menor a 90 % en la ANORSAC.

b. Hipótesis estadística del porcentaje de fibra en caña limpia:

H_0 : El porcentaje de fibra en caña limpia es inferior igual al 14 % procesada en la empresa ANORSAC.

H_{1b} : El porcentaje de fibra en caña limpia es superior al 14 % procesada en la empresa ANORSAC.

Prueba de Normalidad

Tabla 15

Prueba de normalidad de porcentaje de fibra en caña

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Porcentaje de fibra en caña	14,00	0,966	15	0,793

Nota. Elaboración propia.

Como p -valor $0,793 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis de porcentaje de fibra en caña presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Se aplica el estadístico de prueba t de Student para única muestra. En la Tabla 16 se contrastan a un valor de prueba de 14,00.

Tabla 16

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de fibra en caña

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Fibra % caña	2,867	0,012	0,7627	0,1920	1,3333

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = 1,761$.

El p-valor 0,012 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada 2,867 es mayor que 1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que el porcentaje de fibra en caña es superior al 14 % en la caña procesada en la empresa ANORSAC.

c. Hipótesis estadística dl porcentaje de sacarosa (pol) en caña limpia:

H_0 : El porcentaje de sacarosa (pol) en caña limpia es superior igual al 12% procesada en la empresa ANORSAC.

H_{1c} : El porcentaje de sacarosa (pol) en caña limpia es inferior el 12% procesada en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 17

Prueba de normalidad de porcentaje de sacarosa (pol) en caña

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Pol % caña	12,00	0,889	15	0,066

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,066 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis de porcentaje de sacarosa (pol) en caña limpia presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 18

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje pol en caña

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Pol % caña	-2,401	0,031	-0,2647	-0,5011	-0,0282

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p-valor 0,031 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -2,401 es menor que -1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , se acepta la hipótesis de que el porcentaje de pol en caña limpia es menor el 12% procesada en la empresa ANORSAC.

d. Hipótesis estadística de la pureza del jugo primario:

H_0 : La pureza del jugo primario es mayor igual al 88 % en la empresa ANORSAC.

H_{1d} : La pureza del jugo primario es menor al 88 % en la empresa ANORSAC

Prueba de normalidad:

Tabla 19

Prueba de normalidad de la pureza del jugo primario

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Pureza Jugo Primario	88,00	0,908	15	0,127

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,291 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de pureza del jugo primario presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 20

Resumen prueba de T para muestras única – pureza del jugo primario

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Pureza Jugo Primario	- 8,368	0,000	-2,7487	-3,4532	-2,0442

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = - 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada - 8,368 es menor que -1,7613 se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que la pureza del jugo primario es menor al 88 % en la empresa ANORSAC.

4.2.2 Contraste de hipótesis respecto al agua de imbibición

Hipótesis del investigador:

El agua de imbibición en porcentaje respecto a la caña limpia, respecto a la fibra y la temperatura no está conformes a los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.

- a. Hipótesis estadística del porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña:**

H_0 : El porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia es mayor igual a 30 % en la empresa ANORSAC.

H_{2a} : El porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia es menor a 30 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 21

Prueba de normalidad de porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia.

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Agua % caña	30,00	0,906	15	0,118

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,118 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis de porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 22

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Agua % caña	-10,086	0,000	-6,9400	-8,4157	-5,4643

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = - 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -10,086 es menor que - 1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 . Por tanto se acepta la hipótesis de que el porcentaje de agua de imbibición respecto a la caña limpia es menor a 30 % en la empresa ANORSAC.

b. Hipótesis estadística dl porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra:

H_0 : El porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra es mayor igual a 200 % en la empresa ANORSAC.

H_{2b} : El porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra es menor a 200 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 23

Prueba de normalidad de porcentaje de agua de imbibición de la fibra

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Imbibición %fibra	200	0,906	15	0,116

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,116 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$ Se concluye que los datos de los análisis de porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 24

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de agua de la fibra

t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia

				Inferior	Superior
Imbibición %fibra	-10,791	0,000	-43,6773	-52,3583	-34,9964

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -10,791 es menor que -1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que el porcentaje de agua de imbibición respecto a la fibra es menor a 200 % en la empresa ANORSAC.

c. Hipótesis estadística de la temperatura del agua de imbibición:

H_0 : La temperatura del agua de imbibición es superior igual a 65 °C en la empresa ANORSAC.

H_{2c} : La temperatura del agua de imbibición es inferior a 65 °C en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 25

Prueba de normalidad de la temperatura del agua de imbibición

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Temperatura del agua	65	0,901	15	0,100

Nota. Elaboración propia.

Como p-valor $0,100 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis de la temperatura del agua de imbibición presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 26

Resumen prueba de T para muestras única – la temperatura del agua de imbibición

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Temperatura AI	-6,122	0,000	-4,1333	-5,5815	-2,6852

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -6,122 es menor que -1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto, se acepta la hipótesis de que la temperatura del agua de imbibición es inferior a 65 °C en la empresa ANORSAC.

4.2.3 Contraste de hipótesis respecto al bagazo

Hipótesis del investigador:

El bagazo en porcentaje respecto a la caña limpia, la humedad del bagazo y la sacarosa (pol) en bagazo están no conformes a los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.

a. Hipótesis estadística del porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia:

H_0 : El porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia es menor igual a 30 % en la empresa ANORSAC.

H_{3a} : El porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia es mayor a 30 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 27

Prueba de normalidad de porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Bagazo % caña	30,00	0,938	15	0,352

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,352 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis de porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 28

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de bagazo de caña limpia

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Bagazo % caña	5,987	0,000	3,4687	2,2260	4,7113

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = - 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada 5,987 es mayor que 1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto, se acepta la hipótesis de que el porcentaje de bagazo respecto a la caña limpia es mayor a 30 % en la empresa ANORSAC.

b. Hipótesis estadística de la humedad del bagazo:

H_0 : La humedad del bagazo es menor igual al 50 % en la empresa ANORSAC.

H_{3b} : La humedad del bagazo es superior al 50 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 29

Prueba de normalidad de la humedad del bagazo

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Humedad Bagazo	50,00	0,929	15	0,268

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,268 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de humedad del bagazo presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 30

Resumen prueba de T para muestras única – humedad del bagazo

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Humedad Bagazo	6,107	0,000	0,9787	0,6350	1,3224

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada 6,107 es mayor que 1,7613 se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que la humedad del bagazo es superior al 50 % en la empresa ANORSAC.

c. Hipótesis estadística del porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo:

H_0 : El porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo es menor igual al 3 % en la empresa ANORSAC.

H_{3c} : El porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo es mayor al 3 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 31

Prueba de normalidad del porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Pol % Bagazo	3,00	0,959	15	0,683

Nota. Elaboración propia.

Como p - valor $0,683 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 32

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de pol en el bagazo

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
Pol % Bagazo	34,262	0,000	0,4947	0,4637	0,5256

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = 1,7613$

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada 34,262 es mayor que 1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto, se acepta la hipótesis de que el porcentaje de sacarosa (pol) en el bagazo es mayor al 3 % en la empresa ANORSAC.

4.2.4 Contraste de hipótesis respecto al jugo mezclado

Hipótesis del investigador:

El jugo mezclado en porcentaje respecto a la caña limpia, el Brix y la pureza del jugo mezclado están no conformes a los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC.

a. Hipótesis estadística del porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia:

H_0 : El porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia es mayor igual a 100 % en la empresa ANORSAC.

H_{4a} : El porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia es menor a 100 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 33

Prueba de normalidad de porcentaje de jugo mezclado de la caña limpia

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Jugo Mezclado % caña	100,00	0,936	15	0,337

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,337 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de los análisis del porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia presenta una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 34

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje jugo mezclado de caña limpia

	t	p-valor)	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Jugo Mezclado % caña	-17,287	0,000	-10,1500	-11,4093	-8,8907

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos. Dado t calculada -17,287 es menor que -1,7613, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que el porcentaje de jugo mezclado respecto a la caña limpia es menor a 100 % en la empresa ANORSAC.

b. Hipótesis estadística del Brix de jugo mezclado:

H_0 : El Brix de jugo mezclado es mayor igual al 15 % en la empresa ANORSAC.

H_{4b} : El Brix de jugo mezclado es menor al 15 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 35

Prueba de normalidad del Brix de jugo mezclado

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Brix Jugo Mezclado	15,00	0,916	15	0,167

Nota. Elaboración propia.

Como p- valor $0,167 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos del Brix de jugo mezclado presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 36

Resumen prueba de T para muestras única – Brix de jugo mezclado

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Brix Jugo Mezclado	-4,963	0,000	-0,8140	-1,1658	-0,4622

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = - 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -4,963 es menor que -1,7613 se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto, se acepta la hipótesis de que el Brix de jugo mezclado es menor al 15 % en la empresa ANORSAC.

c. Hipótesis estadística de la pureza del jugo mezclado:

H_0 : La pureza del jugo mezclado es mayor igual al 85 % en la empresa ANORSAC.

H_{4c} : La pureza del jugo mezclado es menor al 85 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 37

Prueba de normalidad de la pureza del jugo mezclado

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Pureza Jugo Mezclado	85,00	0,932	15	0,291

Nota. Elaboración propia.

Como p-valor $0,291 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de pureza del jugo mezclado presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 38

Resumen prueba de T para muestras única – pureza del jugo mezclado

	t	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
Pureza Jugo Mezclado	- 5,610	0,000	-2,2580	-3,1212	-1,3948

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = - 1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -5,610 es menor que -1,7613 se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto, se acepta la hipótesis de que la pureza del jugo mezclado es menor al 85 % en la empresa ANORSAC.

4.2.5 Contraste de hipótesis sobre la extracción de los molinos

Hipótesis del investigador:

La extracción de sacarosa en los molinos del trapiche es aceptable de acuerdo a parámetros técnicos en la empresa ANORSAC.

a. Hipótesis estadística del porcentaje de extracción de sacarosa:

H₀: El porcentaje de extracción de sacarosa en los molinos es mayor igual al 95 % en la empresa ANORSAC.

H₅: El porcentaje de extracción de sacarosa en los molinos es menor al 95 % en la empresa ANORSAC.

Prueba de normalidad:

Tabla 39

Prueba de normalidad del porcentaje de la extracción de sacarosa en los molinos

	Parámetro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
% extracción	95,00	0,914	15	0,157

Nota. Elaboración propia.

Como p-valor $0,157 \geq \alpha$, donde $\alpha = 0,05$. Se concluye que los datos de porcentaje de extracción de sacarosa en los molinos presentan una distribución normal.

Prueba estadística a utilizar:

Tabla 40

Resumen prueba de T para muestras única – porcentaje de extracción en molinos

	T	p-valor	Diferencia de medias	95% de IC de la diferencia	
				Inferior	Superior
% extracción	-17,626	0,000	-5,2847	-5,9277	-4,6416

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La t de Student de tablas corresponde a $t = -1,761$.

El p-valor 0,000 calculado es menor al α de 0,05 por lo cual los datos observados son estadísticamente significativos.

Dado t calculada -17,626 es menor que -1,7613 se rechaza la hipótesis nula H_0 , por tanto se acepta la hipótesis de que el porcentaje de extracción de sacarosa en los molinos es menor al 95 % en la empresa ANORSAC.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Con respecto a la investigación realizada por Córdova (2017), quien realizó un diagnóstico a un ingenio e identificó y definió los factores el proceso de molienda, mediante el análisis in situ pudo detectar los principales problemas en el área de molienda que afectan a la extracción de jugo en el trapiche, entre ellas por falta de filo de cuchillas, falta de mantenimiento de equipos y baja de capacitación del personal. Ahora bien, en nuestro estudio no centra su atención en las unidades de preparación de caña, pero estas están íntimamente relacionadas al IP de la caña que, si es abordado, el cual promedia 88,45 % inferior al 90 %. Por tanto, se puede afirmar que las unidades de preparación influyen en gran medida la extracción en los molinos, tal como lo manifiesta Córdova.

Con referencia a la investigación realizada por Orellana (2015), quien determinó el índice de preparación para medir la preparación de la caña que se alimenta a los molinos. Reporta que a un índice de preparación de 79,85 % (preparación de caña del 89 %), y sugiere que a valores inferiores de 75 a 80 % se deberá programar mantenimiento a las unidades de preparación. En contraste, el índice de preparación de nuestro estudio está en promedio 88,45 %, muy próximos a lo reportado por Orellana. En consecuencia, es concluyente que se necesita una mejor preparación de la caña a través de la mejora en las unidades de preparación de macheteros y desfibrador.

En relación a la investigación realizada por López (2013), quien evaluó la acción microbiana en las pérdidas de sacarosa en los molinos. Reportando que la inversión ácida en el trapiche es independiente a la inversión por infección microbiana y que ambas están directamente relacionada a la calidad de caña que se abastece a la fábrica. La inversión ácida y microbiana ambas son afectadas por la temperatura y el pH, manifiesta que a 31,81 °C en el jugo diluido es apropiadas para disminuir inversiones a efectos de la acción ácida y microbiana. Del mismo modo, en la empresa es habitual el uso de bactericidas para el control microbiano y evitar las pérdidas de sacarosa en los molinos. En consecuencia, se puede afirmar que lo reportado por López es concordantes al utilizado en la empresa.

Refiriendo a la investigación realizada por Zepeda (2012), quien manifiesta que entre los principales factores que afectan las pérdidas de sacarosa son la contaminación microbiológica, el pH ácido, tiempos retención elevados. Sugiere utilizar el agua de imbibición arriba de los 60 °C y la utilización de biocidas para el control microbiológico. Para el tanque de jugo sugiere un controlador de nivel y su rediseño para mejorar la succión de la bomba. En comparación la temperatura del agua de imbibición encontrada fue de 60,68 °C ligeramente superior a límite inferior sugerido por Zepeda. En tal sentido se pueden mejorar en ese aspecto para incrementar la extracción.

En cuanto a la investigación realizada por Oquendo (2000) quien indica que para la calibración inicial de los molinos comprende ajustar las presiones y ajuste de mazas con el diseño y ubicación adecuados de la cuchilla central. A la vez, menor velocidad periférica en la maza aumentará el tiempo de retención favoreciendo la compresión del material entre estas, y que la presión aplicada debe garantizar la flotación por el paso de la caña por el molino. Además, sugiere una imbibición de 180 a 200 % respecto a la fibra. En la empresa, en inicios de cada molienda se ajustan y fijan las aberturas de los molinos y en la zafra se pudo observar un 155,95 % de agua de imbibición respecto a la caña limpia,

muy inferior a lo recomendado. Por consiguiente, es concordante con lo afirmado por Oquendo.

En cuanto a la investigación realizada por Alayo (2018), quien reportó que la extracción en su empresa evaluada se encuentra por debajo del 91,98 % habiendo y que en ocasiones llegaron hasta 95 % de extracción, siendo el óptimo una extracción de 98 %., sugiere mejorar las unidades de preparación para obtener 90+. Bajo esta perspectiva, nuestros resultados en el índice de preparación 88,45 %, y la extracción de 89,58 % están por debajo de lo reportado. En consecuencia, se evidencia potencialidades de mejora en ambos parámetros conforme a lo que también expresó Alayo en su estudio.

Acerca de la investigación realizada por Delgado (2018), quien reporta que la humedad del bagazo desde el primer molino con 65,00 % fue disminuyendo hasta el último molino a 50,01 %, afirma que con el sexto molino la humedad de bagazo se reducirá hasta 49 a 50 %, aumentando la extracción en los molinos. En el estudio un valor promedio en el Bagazo esta al orden de 50,98 %, ligeramente superior a los reportado, Por tanto, en base a las consideraciones precedentes del bajo porcentaje de agua de imbibición, esta aparte de ocasionar la baja extracción, ocasiona también la humedad en el bagazo, condicionante para su quema en los calderos.

Refiriendo a la investigación realizada por Llontop (2018) quien manifestó que las pérdidas por los equipos se da mayormente en el área de recepción de caña y la molienda, otras pérdidas son ocasionadas por la falta de caña, mermas en el bagazo (Sacarosa), cañas inmaduras, para su reducción propone realizar la mejora de sus equipos por medio del mantenimiento autónomo. De igual manera, en la empresa las paradas de los molinos se dan principalmente por el atoro en los molinos, roturas mecánicas, atoros conductores de caña y descarrilamiento. Por tanto, es conveniente un mantenimiento predictivo y preventivo antes que el correctivo.

En cuanto a la investigación realizada por Calderón (2016), quien reportó que dentro del 80 % del tiempo perdido en el trapiche, se encuentran en orden de prevalencia los atoros, descarrilamiento, compresas de bagazo, rotura de peine, arrastrador, cadenas de transmisión y que además determinó que el mantenimiento ocasiona gastos que se revierten más adelante en una mayor rentabilidad, con el plan de mantenimiento redujo sustancialmente los tiempos por paradas imprevistas. En contraste a nuestros resultados de causas de paradas en el trapiche como el atoro en los molinos, roturas mecánicas, atoros conductores de caña y descarrilamiento son muy similares a lo reportado. Por consiguiente, se reafirma también en este estudio la importancia de un mantenimiento preventivo.

Referente a la investigación realizada por Vilchez (2016), quien reportó de la empresa, un alto consumo de vapor en las turbinas, deficiente sincronización entre los molinos y altos costos por mantenimiento, sugiriendo el uso tecnologías de última gama que garanticen su eficiencia operativa. Contrario a ello, en la empresa no se utiliza turbinas de vapor y sobre todo no se hace la cogeneración de energía térmica y eléctrica simultánea. En consecuencia, la aplicación de tecnologías para automatización en los trapiches si son necesarias.

Con respecto a la investigación realizada por Chacón (2014), quien manifiesta que con el aumento de la molienda esta incrementará la producción de azúcar, cumpliendo con los estándares que se requieren en el área de trapiche en la extracción de sacarosa, con controles en un panel para su monitoreo y un adecuado mantenimiento para evitar paradas no planificadas. Considerando que las empresas tienden a mejorar sus ingresos por mayor producción, una meta que debe lograrse con eficiencias fijadas convenientemente en la empresa. Al decir conveniente, se entiende que cada empresa tiene sus particularidades, si

el factor limitante es la capacidad evaporativa, por ejemplo, se tiene que analizar hasta qué punto se puede sacrificar la extracción.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El índice de preparación en la caña desfibrada evidencia que tiene una preparación moderada repercutiendo en la extracción. La pol, la fibra en caña y la pureza del jugo primario están en función de la calidad de caña procesada en la empresa.
- El agua de imbibición respecto a la caña limpia y respecto a la fibra están por debajo de los parámetros operacionales de la empresa. Por otro lado, su temperatura también debe elevarse y uniformizarse en todo el proceso de molienda.
- El bagazo respecto a la caña y su humedad es ligeramente elevado, así como su contenido de pol que influye negativamente en la extracción de sacarosa de los molinos.
- El jugo mezclado respecto a la caña está por debajo de los parámetros operacionales de la empresa. El Brix cambiante está por debajo del parámetro, lo que repercute negativamente a la estación de evaporadores reduciendo su capacidad. Po otro lado, la pureza del jugo mezclado es aceptable, dependiente de la calidad de caña con que se procesa y el nivel de extracción de los molinos.

- Se ordenaron las causas de parada de molienda en el trapiche por relevancia lo que permitiría la toma de decisiones para su reducción.
- La extracción de sacarosa en los molinos del trapiche es menor a la extracción que se tiene como parámetro por contar con cinco molinos.

6.2 Recomendaciones

- La eficiencia de extracción de los molinos empieza desde los campos de cultivo, por lo que se sugiere redoblar esfuerzos en abastecer a la empresa con cañas de mejor calidad en porcentaje de impurezas (hojas, cogollos, raíces, piedras), mejor contenido de sacarosa en caña (pol y pureza), tiempo de corte a molienda (definiendo el parámetro a no superar), control de reductores en caña si esta la amerita.
- El índice de preparación de la caña incide de manera directa en la extracción, por tanto se sugiere mejorarlo, a través de un mejor control en la operación, con una carga continua y uniforme que posibilite la efectividad del setting prefijado en el desfibrador y el espacio entre los machetes y el conductor de caña principal.
- Para mejorar la extracción de sacarosa de la caña, se sugiere la automatización de los molinos que considere carga de material con su contenido de fibra, la cantidad y temperatura del agua de imbibición, la alimentación de jugos intermedios, control del nivel de carga de alimentación a los molinos en el chute de alimentación tipo Donnelly, control de velocidades variables en el sistema motriz de los molinos.
- Asegurarse que el caudal y temperatura del agua de imbibición sea uniforme y humedezca los colchones de bagazo antes del ingreso a los molinos.

- Los molinos en operación, deben ajustarse la presión hidráulica para garantizar una presión adecuada y constante para la mejora de la extracción y producción de bagazo de menor humedad, de acuerdo a los parámetros técnicos para cinco molinos.
- Automatizar el Brix del jugo mezclado de acuerdo a la capacidad de los evaporadores de multiefecto con el objeto de paradas por casa llena, previo análisis técnico económico.
- Realizar un plan en mantenimiento predictivo de los equipos de molienda con el objeto de reducir las paradas por fallas mecánicas imprevistas.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

7.1 Fuentes documentales

- Alayo, J. C. (2018). *Influencia de preparación 90+ para la mejora en la extracción de jugo de caña de azúcar -EAI Tumán*. (Tesis de grado), Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3pIn9rt>
- Calderón, E. E. (2016). *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande S.A.A*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3qXhEI5>
- Chacón, J. A. (2014). *Propuesta técnica para el incremento de procesamiento de caña de azúcar a 300 T/h del trapiche de un ingenio azucarero en el norte del Perú*. (Tesis de grado), Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/2YDU4I4>
- Córdova, S. M. (2017). *Modelo de mejora continua para el proceso de molienda en el Ingenio Azucarero; Monterrey "MALCA"*. (Tesis de grado), Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://bit.ly/3oFAAHf>
- Delgado, D. A. (2018). *Evaluación técnica - económica en la implementación del sexto molino para la extracción de sacarosa en el área de trapiche de la Empresa Azucarera Agropucalá S.A.A - 2016*. (Tesis de grado), Universidad Señor De Sipán, Pimentel, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3as6LVt>

- Llontop, L. A. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca SAA*. (Tesis de maestría), Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3K4VHhM>
- López, K. L. (2013). *Evaluación de pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos del área de extracción del ingenio Monte Rosa zafra (2011-2012)*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. Obtenido de <https://bit.ly/2MObOrc>
- Oquendo, A. E. (2000). *Elaboración de un Programa de simulación de Molienda en el Ingenio Azucarero San Carlos, para Determinar la Eficiencia de Molinos de un Trapiche*. (Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://bit.ly/3rgtWsS>
- Orellana, O. J. (2015). *Optimización del porcentaje de extracción de jugo de caña de azúcar a través del análisis de índice de preparación*. (Tesis de grado), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de <https://bit.ly/3oG37ML>
- Romero, P. A., Romero, C. H., & Rojas, K. B. (2013). La Filosofía de la Ingeniería en el Contexto de la Formación del Ingeniero. *Revista inge@UAN*, 4(7), 5-13. Obtenido de <https://bit.ly/3pNlssM>
- Vilchez, N. W. (2016). *Evaluación Técnica y Económica para incrementar la cogeneración de energía de la Empresa Industrial Pucalá SAC, 2016*. (Tesis de grado), Universidad César Vallejo, Pimentel, Perú. Obtenido de <https://bit.ly/2MwWfUW>

Zepeda, E. R. (2012). *Propuesta de alternativas para la reducción de pérdidas de sacarosa en un ingenio azucarero*. (Tesis de grado), Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. Obtenido de <https://bit.ly/3je8JwA>

7.2 Fuentes bibliográficas

ACRA Corporation. (1986). *Las pérdidas de azúcar son dinero*. Miami, Florida.

Carrasco, S. (2017). *Metodología de la Investigación Científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (2ª ed., 13ª reimpresión.). Lima, Perú: San Marcos.

Chen, J. C. (1997). *Manual de azúcar de caña: para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados* (11ª ed. 1ª reimpr.). México, México: Limusa S.A.

Clifford, B., & Taylor, R. (2008). *Bioestadística* (1ª ed.). México: Pearson Educación.

Córdova, I. (2017). *El proyecto de investigación cuantitativa* (1ª ed. 4ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.

Fernandes, A. C. (2003). *Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar*. (2º ed.). Brasil.

Gamarra, G., Rivera, T. A., Wong, F. J., & Pujay, O. E. (2019). *Estadística e investigación con aplicaciones de SPSS* (1ª ed., 2ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.

Hugot, E. (1984). *Manual para ingenieros azucareros* (1a ed. 7a impr. ed.). México: CIA Editorial Continental S.A.

Pino, R. (2018). *Metodología de la investigación: elaboración de diseños para contrastar hipótesis* (2a ed.). Lima, Perú: San Marcos.

Pino, R. (2007). *Metodología de la investigación* (1a ed.). Lima: San Marcos.

Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed.). Medellín, Colombia: Ediciones de la U.

Spencer-Meade. (1967). *Manual de Azúcar de caña* (9ª ed.). Barcelona, España: Montaner y Simon S.A.

Vara, A. A. (2015). *7 pasos para elaborar una tesis* (1ª ed.). Lima, Perú: MACRO.

7.3 Fuentes hemerográficas

7.4 Fuentes electrónicas

Armstrong International, Inc. (1998). *Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados: evaluación y selección de trampa de vapor*. Obtenido de <https://bit.ly/3rkTuVt>

Google Maps. (2020). Mapa de ubicación de la Empresa Azucarera del Norte S.A.C. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de <https://bit.ly/3pKKTLo>

Supo, J. (2012). *Seminario de investigación científica*. Lima. Obtenido de <https://bit.ly/35y3Tbg>

ANEXOS

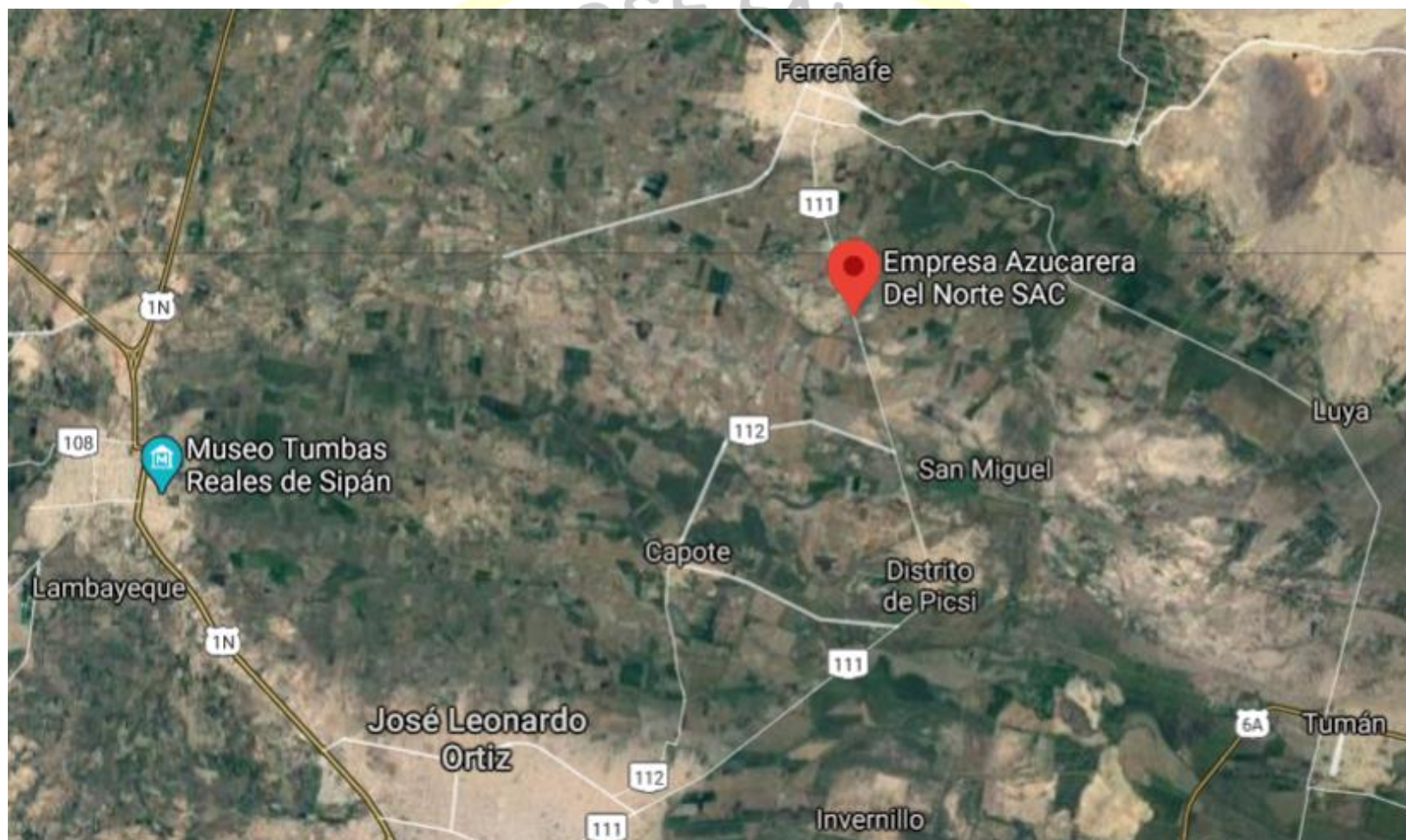
Anexo 1. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA MEJORA DE LA EXTRACCIÓN DE LOS MOLINOS DEL TRAPICHE DE LA EMPRESA AZUCARERA DEL NORTE S.A.C. – 2019

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	MÉTODOS Y TÉCNICAS
<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué condiciones técnicas se encuentran los molinos del trapiche en la empresa ANORSAC año 2019? <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué condiciones se encuentra la caña desfibrada procesada en el trapiche de la empresa ANORSAC? ¿En qué condiciones se alimenta el agua de imbibición a los molinos en el trapiche de la empresa ANORSAC? ¿En qué condiciones se obtiene el bagazo en el trapiche de la empresa ANORSAC? ¿En qué condiciones se obtiene jugo mezclado en el trapiche de la empresa ANORSAC? ¿Cuáles son las causas del tiempo perdido en las paradas en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC? ¿En qué condiciones se encuentra la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC? 	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar la evaluación técnica de los molinos del trapiche para la mejora de la extracción en la empresa ANORSAC año 2019. <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar la evaluación técnica de la caña desfibrada procesada en el trapiche de la empresa ANORSAC. Realizar la evaluación técnica del agua de imbibición alimentada a los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC. Realizar la evaluación técnica del bagazo obtenida en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC. Realizar la evaluación técnica del jugo mezclado obtenida en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC. Identificar las causas del tiempo perdido por paradas de los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC. Realizar la evaluación técnica de la extracción de sacarosa en los molinos del trapiche de la empresa ANORSAC. 	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Los molinos del trapiche se operan de acuerdo a parámetros técnicos en la empresa ANORSAC año 2019. <p>ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> La caña desfibrada presenta un índice de preparación, fibra en caña, sacarosa (pol) y purezas no conformes a los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC. El porcentaje de agua de imbibición y la temperatura en el agua de imbibición alimentada a los molinos se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC. El porcentaje, la humedad y pol del bagazo obtenida en el trapiche se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC. El porcentaje, Brix y pureza del jugo mezclado producido en el trapiche se desvían de los parámetros operacionales en la empresa ANORSAC. Las causas y el tiempo perdido causantes de las paradas de los molinos del trapiche son identificados en la empresa ANORSAC. La extracción de sacarosa en los molinos del trapiche es aceptable de acuerdo a parámetros técnicos en la empresa ANORSAC. 	<p>Variable de caracterización</p> <p>1 Datos técnicos y de operación de los molinos</p> <p>Variable de interés</p> <p>2 Evaluación técnica</p>	<p>1.1 Condiciones de operación del trapiche,</p> <p>a. Caña desfibrada</p> <p>b. Agua de Imbibición (AI)</p> <p>c. Bagazo (B)</p> <p>d. Jugo mezclado (JM)</p> <p>1.2 Paradas de molienda</p> <p>2.1 Parámetro evaluado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Índice de preparación (IP) Fibra % caña Pol% caña Pureza AI% caña AI% fibra Temperatura Bagazo% caña Humedad% bagazo Pol% Bagazo JM% caña Brix% JM Pureza JM Causas Porcentaje Caña desfibrada Agua de imbibición Bagazo Jugo mezclado Extracción molinos 	<ul style="list-style-type: none"> Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Nominal Razón Ordinal Ordinal Ordinal Ordinal Ordinal 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Descriptivo transversal</p> <p>Aplicativa o tecnológica</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>No experimental descriptivo transversal</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Molinos del trapiche empresa ANORSAC en el año 2019.</p> <p>TÉCNICAS</p> <p>Documental</p> <p>Observación</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Documental <ul style="list-style-type: none"> – Ficha de documentación. Observación <ul style="list-style-type: none"> – Ficha de observación. Instrumentos del laboratorio de la empresa: Agitador rotativo OPEN CELL, balanza analítica brixómetro, polarímetro, termómetro, manómetro, cronometro, rotámetro, cámara fotográfica y Filmadora.

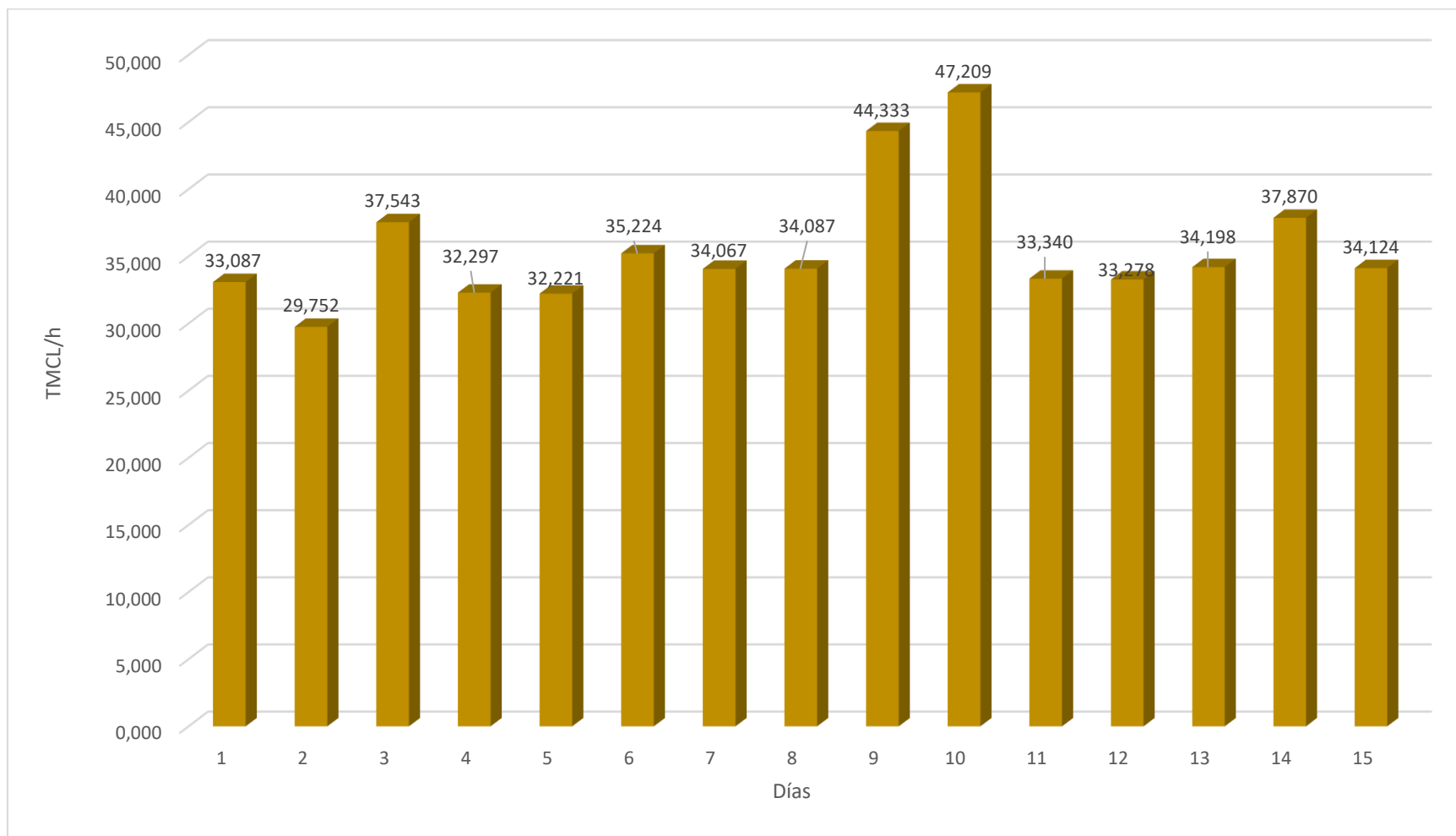
Nota. Elaboración propia

Anexo 2. Ubicación de la empresa



Nota. Google Maps (2020) .

Anexo 3. Molienda horaria de caña limpia en el trapiche en el periodo de evaluación.



Nota. Elaboración propia.

Anexo 4. Presiones hidráulicas en los molinos periodo de evaluación (psig).

Dia	Molino									
	01		02		03		04		05	
	Muñón	Piñón	Muñón	Piñón	Muñón	Piñón	Muñón	Piñón	Muñón	Piñón
1	1700	2400	1600	1700	1900	0	1300	1800	1300	1700
2	1700	2300	1500	1800	1900	0	1300	1800	1300	1700
3	1600	2300	1600	1500	1900	0	1100	1900	1200	1900
4	1500	2300	1400	1700	1800	0	1200	1700	1300	1700
5	1500	2400	1400	1800	1900	0	1300	1800	1200	1800
6	1600	2300	1500	1500	1900	500	1200	1900	1200	1800
7	1300	2300	1500	1500	0	0	1300	1800	1300	1700
8	1600	2400	1400	1500	1600	0	1200	1800	1300	1800
9	1200	2300	1700	1600	1700	0	1300	1700	1300	1700
12	1500	2300	1700	1500	0	1800	1200	1900	1300	1900
13	1400	2300	1700	1500	0	1700	1300	1800	1300	1800
14	1300	2200	1600	1800	0	1700	1200	1700	1200	1700
15	1500	2300	1400	1700	0	1600	1100	1900	1200	1800

Nota. ANORSAC

Anexo 5. Balanza de plataforma para el pesaje de caña.



Nota. ANORSAC

Anexo 6. Descarga de caña hacia el patio para su almacenamiento.



Nota. ANORSAC

Anexo 7. Almacenamiento de caña en patio.



Nota. ANORSAC

Anexo 8. Impurezas en caña en los carros cañeros



Nota. ANORSAC

Anexo 9. Alimentación y lavado de caña en la mesa alimentadora.



Nota. ANORSAC

Anexo 10. Conductor de caña principal en operación con el machetero.



Nota. ANORSAC

Anexo 11. Derrames en el conductor de mesa alimentadora y de caña principal.



Nota. ANORSAC

Anexo 12. Segunda unidad de preparación desfibrador y conductor de caña desfibrada



Nota.: ANORSAC

Anexo 13. Sistema de transmisión de potencia molinos del trapiche



Nota. ANORSAC

Anexo 14. Conductor alimentador a molinos



Nota. ANORSAC

Anexo 15. Agua de imbibición molinos.



Nota. ANORSAC



Nota. ANORSAC



Nota. ANORSAC

Anexo 16. Presiones hidráulicas de los molinos.



Nota. ANORSAC

**EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA MEJORA DE LA EXTRACCIÓN DE LOS
MOLINOS DEL TRAPICHE DE LA EMPRESA AZUCARERA DEL NORTE**

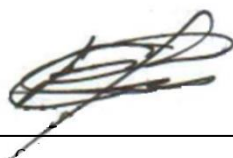
S.A.C. - 2019



M(o). JHON HERBERT OBISPO GAVINO
Asesor



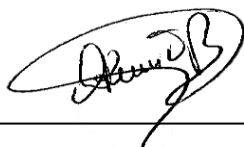
Dr. BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ
Presidente



M(o). CAYO EDUARDO GUERRA LAZO
Secretario



M(o). ALGEMIRO JULIO MUÑOZ VILELA
Vocal



XIOMY AKEMI TORRES BAZALAR
Investigadora