



# Reporte Final de Estadía

Leonardo Gabriel Jimenez Bravo

Evaluación de los parámetros  
Fisicoquímicos de control en el  
proceso de azúcar estándar

Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja  
Congregación Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz  
Tel. 01 (278) 73 2 20 50  
[www.utcv.edu.mx](http://www.utcv.edu.mx)



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
Programa Educativo  
INGENIERIA EN PROCESOS ALIMENTARIOS (IPB)

Reporte para obtener título de  
Ingeniero en procesos bioalimentarios

Proyecto de estadía realizado en la empresa  
Ingenio san Nicolás S.A de C.V

Nombre del proyecto  
"Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de azúcar  
estándar"

Presenta:  
TSU. Leonardo Gabriel Jiménez Bravo

Cuitláhuac, Ver., a 05 de mayo de 2018



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
INGENIERIA EN PROCESOS ALIMENTARIOS (IPB)

Nombre del Asesor Industrial  
Ingeniero Cecilia Torres Xochicale

Nombre del Asesor Académico  
MC.Isamel Alatraste Pérez

Jefe de Carrera  
MC en IBQ. Darney Citlalli Martínez Díaz

Nombre del Alumno  
TSU.Leonardo Gabriel Jimenez Bravo

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis padres Leonardo Jiménez García y Laura Bravo Medina por su ejemplo, sus esfuerzos, su comprensión, apoyo y, sobre todo, por brindarme su amor incondicional, les brindo este esfuerzo a ustedes por creer en mí. Al Ingeniero Cecilia Torres Xochicale, por su ayuda y apoyo en la realización del proyecto de graduación.

## RESUMEN

En el presente documento se muestra las evaluaciones realizadas en la obtención de las condiciones óptimas de operación para la producción de azúcar estándar los parámetros físico químicos de grano en la empresa Ingenio San Nicolás. Para realizar un análisis estadístico confiable es necesario obtener una base de datos que permita realizar diferentes correlaciones estadísticas, para ello se muestran las tendencias y los históricos de datos de las condiciones usadas en las diferentes operaciones para la obtención de azúcar estándar.

El principal problema es la falta de control y estandarización de las propiedades fisicoquímicas de grados Brix y pH del azúcar estándar que se elabora en el ingenio san Nicolás.

Efectuar un análisis estadístico con el fin de controlar y estandarizar las especificaciones óptimas del azúcar estándar en el área de crudo. Para esto se recolectar los datos de diciembre de la zafra 2017/2018 d. Se tomarán los datos de los tres turnos de todos los días que hubo producción de azúcar estándar se evaluarán los Brix y pH.

De acuerdo con los datos obtenidos se observó que las mediciones de Grados Brix están dentro de los límites control, pero las mediciones de pH hay gran variación para mejor esto se dieron recomendaciones y propuso usar herramientas de calidad para optimizar el proceso.

## Contenido

AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN .....	5
<b>1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1. Estado del Arte .....	11
1.2. Planteamiento del Problema.....	13
1.3. Objetivos .....	13
1.3.1. Objetivo general .....	13
1.3.2. Objetivos específicos .....	13
1.4. Definición de variables .....	14
1.4.1. Azúcar estándar .....	14
1.4.2. pH .....	14
1.4.3. Grado Brix.....	15
1.5. Hipótesis .....	15
1.5.1. Hipótesis Alternativa.....	15
1.5.2. Hipótesis Nula .....	15
1.6. Justificación del Proyecto .....	16
1.7. La Empresa (Ingenio San Nicolás).....	17
1.7.1. Localización.....	17
1.7.2. Misión.....	18
1.7.3. Visión .....	18
1.7.4. Normas de trabajo de la empresa.....	18
<b>2. CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>

<b>2.1. Descripción de la Metodología</b> .....	21
<b>3. CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	23
<b>3.1. Alcalizado, calentadores y clarificador</b> .....	23
<b>3.2. Evaporación</b> .....	24
<b>3.3. Cristalización</b> .....	24
<b>3.4. Envasado</b> .....	28
<b>3.5. Bodega</b> .....	29
<b>4. CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	30
<b>4.1. RESULTADOS</b> .....	30
<b>5. Conclusión y recomendaciones</b> .....	34
<b>6. Anexos</b> .....	35
<b>7. Referencias</b> .....	38
Tabla 1. Muestras de Grados Brix (Desmenuzado) .....	31
Tabla 2. Muestras de pH (Desmenuzado).....	32
Tabla 3. Muestras de Grados Brix (Jugo Claro) .....	33
Figura 1. Ingenio San Nicolás Actualmente .....	17
Figura 2.ingenio San Nicolás 1952.....	17
Figura 3.Alcalizado.....	23
Figura 4. Área de pesado.....	23
Figura 5. Clarificador .....	23
Figura 6. Calentadores.....	23
Figura 7. Filtro de cachaza.....	25
Figura 8. Cristalización.....	25

Figura 9. Área de evaporación .....	25
Figura 10. Centrifugas .....	27
Figura 11. Azúcar estándar .....	27
Figura 12. Templa de A.....	27
Figura 13. Compartimiento de celdas.....	28
Figura 14. Tolva .....	28
Figura 15. Detector de metales .....	28
Figura 16. Tolva y prensa.....	28
Figura 17. Cosedora.....	28
Figura 18. Vagón de Tren .....	29
Figura 19. Bodega.....	29
Figura 20. Azúcar Almacenada .....	29



# 1. CAPÍTULO INTRODUCCIÓN

En México, la azúcar forma parte de la canasta básica junto con el maíz, frijol y arroz. Cristóbal Colon llevó algunos trozos de caña de azúcar que sembró por primera vez en Santo Domingo y, para el siglo XVI, el azúcar se convirtió en un artículo comercial entre Europa y las regiones productoras de AL, especialmente en suelos de fácil adaptación como Cuba y México, Puede afirmarse entonces que la industria cañera en México y en el resto de AL surgió en y con la conquista; pero además, tanto el proceso de desarrollo del cultivo de la caña como la producción de azúcar, fue muy similar en todo el continente.

El Ingenio San Nicolás S.A. de C.V. se dedica a la elaboración de azúcar refinada, próximamente estándar y moscabada. Cuenta con un proceso general para la elaboración de azúcar refinada que consta de dos clasificaciones crudo y refinera: la primera; troceado, molienda, pesado de jugo, alcalizado, clarificado, evaporado, cristalizado, centrifugado, secado y la segunda fundido, clarificado, decolorado, evaporado, cristalizado, centrifugado, secado, envasado y almacenado.

La industria alimenticia ha visto cambios que exigen una visión más amplia sobre el concepto de la inocuidad de los alimentos. En la industria azucarera, estos cambios significativos recaen en la producción y ofrecimiento de un producto de calidad para satisfacer las exigencias del consumidor. En la medida que se mejora la calidad aumenta la productividad, se incrementan las ventas y mejora el ambiente de trabajo.

Desde hace algún tiempo, Veracruz se ha caracterizado por las cosechas de caña de azúcar a lo largo del año, lo que hace importante aprovechar al máximo materias primas como la melaza para la producción de biomasa y para la obtención de diferentes productos biotecnológicos por vías fermentativas.

Todo análisis se inicia con la toma, la conservación y el tratamiento de una muestra de la sustancia en cuestión. Si la característica o las características que se quieren

evaluar son la presencia o ausencia de una determinada sustancia en un producto alimenticio, el control de calidad es relativamente simple

## 1.1. Estado del Arte

\*Determinación de las condiciones óptimas para la producción de azúcar turbinado en los parámetros color y tamaño de grano en la empresa ingenio risaralda S.A (Valencia, 2013)

\*Tesis Propuesta de Alternativas para la Reducción de Pérdidas de Sacarosa en un Ingenio Azucarero concluyó que, la pérdida de sacarosa en cachaza es la que se produce por el arrastre de sacarosa en los lodos resultantes de la filtración de los sólidos sedimentables del proceso de clarificación del jugo. (GUARDADO, 2012)

\*Análisis del proceso de sulfatación en la etapa de clarificación en el proceso sustentable de fabricación de azúcar, se realizó la caracterización química de jugos y del producto final(azúcar). Se midió la concentración de sacarosa, claridad del jugo clarificado y pureza del guarapo, controlándose los principales factores de que depende el proceso ( $^{\circ}$ Brix, pol, pH, claridad en jugos) y color ICUMSA en producto final. A partir de los datos obtenidos, se evalúan mediante una situación numérica en el software MATLAB, se presentó el uso de herramientas computacionales con entorno gráfico, abordándose el problema de análisis. (Sanchez, 2013)

Evaluación del porcentaje de remoción de color y turbidez de un clarificador tipo talofloc en una refinería de azúcar. Se evaluó el comportamiento del clarificador tipo Talofloc en función de los términos de remoción de color y turbidez del licor clarificado, se tomaron 60 días de operación con 6 muestras de cada uno de los materiales, obteniendo 360 datos que representa el 50% de los días de fabricación de azúcar refinado de la zafra 2013-2014. Después de graficar las variables, se determinó que la recirculación de jarabe disminuye la remoción de color y de turbidez del licor clarificado. (Crúz, 2014)

\*Se evaluó el proceso tecnológico azucarero en las diferentes etapas del procesamiento de azúcar crudo y refinado manufacturado en el ingenio San Antonio. Se basó en un estudio analítico-experimental estableciendo una relación causa-

efecto a través de la observación, experimentación y correlación de todas las variables medidas en el proceso, en el cual se analizaron las siguientes etapas: extracción, purificación, evaporación, cristalización, centrifugación y refinación, determinándose los siguientes análisis: Brix, sacarosa, Pureza, pH, Glucosa, Sedimentación, Humedad, Ceniza, Color y Temperatura. Los resultados se analizaron con gráficos de control y compararse con parámetros u/o estándares de proceso azucarero, se estableció la relación de variables a través de un análisis estadístico de correlación y regresión. Se encontró que el proceso reflejó variaciones en cada una de las etapas en estudio, esto en consecuencia del manejo inadecuado de los equipos y por no cumplir con los parámetros de control. (Blanco, 1998)

## **1.2. Planteamiento del Problema**

El Ingenio San Nicolás se dedica a elaborar azúcar estándar, de acuerdo a datos históricos este tiende a tener variaciones notorias en los parámetros de control de la parte de refinería, esta consta de las siguientes etapas desmenuzado, jugo claro y meladura. La calidad de la azúcar estándar en las últimas décadas se ha visto afectada con severa alteración de sus características físico-químicas así que con este documento se detectara si el proceso está fuera de control.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar los parámetros de control en la etapa de crudo del Ingenio San Nicolás S.A de C.V para la obtención de azúcar estándar durante la zafra 2017-2018 del mes de diciembre, recolectando datos de Grados Brix y pH del área de desmenuzado y jugo claro

### **1.3.2. Objetivos específicos**

\*Realizar análisis de la variable fisicoquímica Grados Brix y pH en la etapa de desmenuzado y jugo claro para la producción de azúcar.

\*Identificar el departamento y definir los parámetros de control a monitorear en la etapa de crudo.

\*Generar un histórico de datos, que permita por medio de un análisis estadístico la mejor correlación de las variables para la producción del azúcar requerido.

\* Interpretar mediante un gráfico Xbarra si hay variabilidad en las áreas antes mencionadas.

\* Realizar la conclusión y las recomendaciones para mejoras del proceso.

## **1.4. Definición de variables**

### **1.4.1. Azúcar estándar**

Producto sólido derivado de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, en una concentración mínima de 99.40 % de polarización. Este tipo de azúcar se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo (mascabado), aplicando variantes en las etapas de clarificación y centrifugación, con el fin de conseguir la calidad del producto deseada.

### **1.4.2. pH**

Se trata de una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de su sigla es, potencial de hidrogeniones, el pH se ha convertido en una forma práctica de manejar cifras de alcalinidad, en lugar de otros métodos un poco más complicados.

El pH se puede medir de manera precisa a través de la utilización de una herramienta conocida como pH-metro, este aparato puede medir la diferencia de potencial entre un par de electrolitos. El pH de una solución se puede llegar a medir con aproximaciones, utilizando para ellos indicadores de ácidos o bases los cuales pueden presentar una coloración distinta dependiendo del pH, normalmente el método consiste en emplear un papel impregnado con los indicadores cualitativos. Otros indicadores utilizados son el naranja de metilo y la fenolftaleína. En la química la determinación de acidez o alcalinidad de una sustancia es uno de los procedimientos más importantes, ya que a través de los resultados de éste se pueden

obtener muchos datos con respecto a la estructura y actividad de las moléculas y a su vez saber más con respecto a las células del cuerpo.

### **1.4.3. Grado Brix**

Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución.

Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro.

La escala Brix es un refinamiento de las tablas de la escala Balling, desarrollada por el químico alemán Karl Balling. La escala Plato, que mide los grados Plato, también parte de la escala Balling. Se utilizan las tres, a menudo alternativamente, y sus diferencias son de importancia menor. La escala Brix se utiliza, sobre todo, en la fabricación del zumo y del vino de fruta y del azúcar a base de caña.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis Alterna**

No existe variación significativa en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos que se monitorean en la producción de azúcar estándar; desmenuzado, Jugo y claro durante el mes de diciembre de la zafra 2017/2018 que afecten la calidad del producto final.

### **1.5.2. Hipótesis Nula**

Existe variación significativa en la evaluación de los parámetros que se monitorean en la producción de azúcar estándar; desmenuzado y jugo claro durante el mes de diciembre de la zafra 2017/2018 que podría afectar la calidad del producto final, por

ello se debe aplicar un estudio que pueda determinar las causas de las variaciones en los parámetros monitoreados.

## **1.6. Justificación del Proyecto**

Una de las principales políticas del INGENIO SAN NICOLAS es satisfacer competitivamente a los clientes, suministrando productos y servicios que respondan a sus necesidades y expectativas; asesorarlo en la elección correcta del producto que se adecue a su proceso de producción, además de la forma conveniente de adquirirlo al precio justo. Para lograr esto es necesario ser riguroso en cada etapa del proceso e identificar los posibles cambios y lograr soluciones rápidas al respecto, por lo cual el presente trabajo propone realizar una evaluación en los parámetros fisicoquímicos del azúcar estándar ya que estos presentan una variación durante las primeras etapas del proceso de producción desmenuzado y jugo claro a para determinar si esas variaciones afectan la calidad final de producto terminado. Se propone recolectar los datos obtenidos durante el mes de diciembre de la zafra 2017-2018 con el fin de observar la variabilidad existente en los diferentes turnos, los resultados que se obtengan se analizaran con un gráfico Xbarra que es la medida de la capacidad potencial del proceso y es igual al mínimo entre LCS y el LCI, los gráficos evaluaran la capacidad potencial del proceso con base tanto en la ubicación como en la dispersión del proceso.

Este grafico les ayudara a observar si está o no bajo control el proceso e investigar de raíz cual es la causa por lo que no está bajo control

El impacto de este proyecto pretende tener una mejora en las áreas antes mencionadas y obtener un endulzante de mejor calidad para sus consumidores.



## 1.7. La Empresa Ingenio San Nicolás S.A de C.V

El Ingenio San Nicolás fue fundado el 15 de febrero de 1950. se constituye por un periodo de 20 años la Compañía Industrial Cerro Blanco. S.A. cuyo fin principal es la elaboración de piloncillo, Azúcar y Alcohol la ciudad de Córdoba Veracruz es la elegida como sede.

Las primeras dos zafras en 1951 y 1952 produjeron piloncillo y en 1977 se adaptó a la azúcar blanca estándar y actualmente procesa más de un millón de toneladas cada año

Localización del ingenio San Nicolás, Veracruz.



*Figura 1. Ingenio San Nicolás Actualmente*



*Figura 2. ingenio San Nicolás 1952*

### 1.7.1. Localización

El área de abasto del Ingenio se encuentra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, sobre la carretera Amatlán de los Reyes – Cuichapa, domicilio conocido s/n congregación Cobos García Cuichapa, Veracruz El ingenio San Nicolás cuenta con una superficie de 24400 has aproximadamente, distribuidas en

las comunidades de Tétela, San José de tapia, Mata Tenatito (Casco hacienda), Paso de la Boca, Veinte de Noviembre y Trapiche Viejo.

### **1.7.2. Misión**

Entregar a nuestros clientes azúcar de excelencia, que cumpla con sus necesidades y que aporte bienestar en toda la cadena de alimentos. Basándose en sólidos principios, valores corporativos y con una cultura de responsabilidad hacia el medio ambiente.

### **1.7.3. Visión**

Ser una empresa líder en la industria azucarera con innovación, vanguardista, confiable, limpia y ordenada, reconocida por nuestros clientes en un mercado nacional e internacional por sus altos estándares de servicio, calidad, inocuidad y comprometida con el medio ambiente a través de la mejora continua.

### **1.7.4. Normas de trabajo de la empresa**

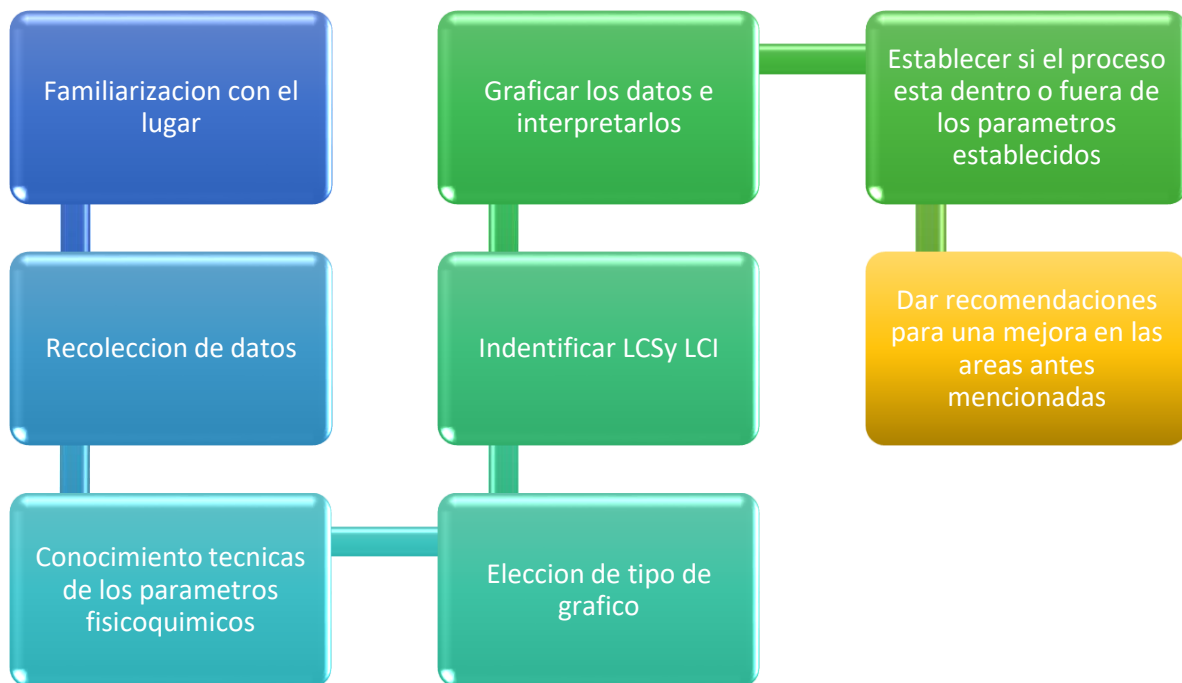
ISO 9001:2017: Sistemas de Gestión de Calidad-Requisitos. Generalidades: Esta Norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad, cuando una organización: Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y • Aspirar a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluido los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales aplicables.

ISO 22000: 2017

Es el sistema de gestión en materia de seguridad alimentaria - inocuidad aplicable a la cadena de abastecimientos de alimentos. ISO 22000 se deriva de los sistemas de gestión relacionados HACCP e ISO 9001:2017 | ISO 15161 conducentes a certificación - Sistema de Gestión en Seguridad Alimentaria, sectores de alimentos y bebidas.

ISO 22000 establece los requisitos internacionales para seguridad en la cadena de alimentos, desde el agricultor hasta llegar al consumidor. Por tanto, aplica a toda la cadena de alimentos incluyendo transporte, restaurantes, elaboradores, fabricantes de utensilios y equipos, agentes químicos de sanidad, comidas, sector agrícola, etc.... inclusive alimentos para mascotas. La intención de ISO 22000 es armonizar las variantes de control alimentario.

## 2. CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA



*Ilustración 1. Diagrama de flujo de metodología.*

## 2.1. Descripción de la Metodología

1.-En la familiarización del lugar se dispuso a conocer el camino del proceso a partir de la entrada de jugo de caña al área de elaboración.

2.- Recolectar los datos de diciembre de la zafra 2017/2018 de las etapas a evaluar. Se tomarán los datos de los tres turnos de todos los días que hubo producción de de azúcar estándar se evaluaran los °Brix y pH

3.- Conocimiento de técnicas de valoración.

Para el conocimiento de técnicas de valoración de los indicadores del licor decolorado se solicitaron al laboratorio las técnicas:

\*Determinación de Brix refractómetro.

\*Determinación de pH en materiales azucarados

4.- Elegir el tipo de grafico de control con base a las características de los datos. Se evaluarán los datos mediante un análisis de capacidad con datos continuos los cuales pueden ser provenientes de procesos industriales que siguen una distribución normal. Los datos continuos que no están distribuidos normalmente pueden seguir un tipo específico de distribución no normal, como una distribución de Weibull o exponencial. A veces, se pueden transformar los datos no normales para que se ajusten a una distribución normal.

5.- Identificar los límites máximos y mínimos, así como un objetivo en específico en el que se presentan las mejores características del proceso. Los limites se establecerán con los requerimientos que el cliente necesita y de acuerdo a los límites mínimos y máximos que establecen las NMX. El objetivo se tomará en cuenta de acuerdo al parámetro en el cual se observan las mejores características para el proceso.

6.- Gráficar los datos por meses e interpretar los resultados. Se obtendrán tres graficas de una fase ya que se graficará por mes. Se compararán para observar en que mes hubo más variación. Y para identificar si existen parámetros fuera de control durante los meses evaluados.

7.- De haber variaciones realizar un diagrama de causa-efecto para identificar las causas a las cuales se les atribuyen las variaciones y poder tomar las medidas necesarias para mantener el proceso en control.

8.- Realizar las recomendaciones para mejorar los puntos fuera de control y conclusiones de la investigación.

### 3. CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. Alcalizado, calentadores y clarificador

Cuando el jugo sale del área de molinos se pesa en unas básculas con unos contenedores especiales (Fig.4), después se vacía al tanque de alcalizado, donde le agregan cal para controlar el pH del jugo de caña (Fig. 3), ya que viene demasiado ácido. Después de que el pH está controlado se manda a calentar en los tubos calentadores (Fig. 6), ya caliente se conduce al tanque clarificador (Fig. 5) donde se separan las impurezas, a este líquido resultante se le llama “jugo claro” el cual lo envían al área de evaporación. A las impurezas se le manda a un filtro que en su interior genera vacío succionando el líquido y dejando una especie de lodo seco (Fig. 7) a este lodo se le llama cachaza el cual sirve como abono.



Figura 4. Área de pesado



Figura 3. Alcalizado



Figura 6. Calentadores



Figura 5. Clarificador

### **3.2. Evaporación**

En esta área (Fig. 9) el objetivo es evaporar el agua que contenga el jugo claro de la caña para así condensarlo más llegar a un rango de 60 a 65 grados Brix de meladura. El jugo claro tiene 15 grados Brix cuando sale del clarificador, así que para llegar a este nivel de Brix, debe pasar por una serie de pasos llamados “efectos”.

En cada efecto se encuentran unos tanques llamados vasos donde por medio de vapor de escape (es el vapor que viene de las turbinas de los molinos) se calienta y evapora el jugo claro y poco a poco a través de cada efecto los cuales son similares uno del otro, se va llegando a los 65 grados Brix, cuidando de no excederse en los grados ya que la meladura podría cristalizarse en este proceso y sería muy difícil de manipular, ya para finalizar se deposita la meladura en el tanque para continuar con el proceso del azúcar.

### **3.3. Cristalización**

El área de cristalización (Fig. 8) está conformada por varios vasos llamados Tachos, estos son similares a los que se encuentran en evaporación, pero a diferencia de los de evaporación estos no se están enlazados entre sí y en cada uno de ellos se mezcla la meladura, agua entre otras cosas y se hace una mezcla de acuerdo a la clase de tacho, se aplica el corte de pie y se hace templa de una fracción y se completa y continúa con la

receta y se calienta con vapor vegetal V1 el cual es el producto de la evaporación del agua que contenía el jugo claro en el primer efecto de evaporación. Con el V1 se calienta la mezcla que se encuentra en el tacho haciendo que el agua se evapore y se cristalice. dejándola muy espesa respectivo tanque según el tipo de miel para después ser utilizada en alguna templa de menor calidad.





*Figura 7. Filtro de cachaza*



*Figura 9. Área de evaporación*



*Figura 8. Cristalización*

Existen cuatro tipos de tachos: tachos de A, B, C y de refino. Los tachos de A son para las templas de primera calidad los de B para los de segunda y los de C para tercera calidad, los tachos de refino sirven para refinar el azúcar estándar y todas las calidades, el azúcar se refina para que tenga un color más cristalino y pierda el color de la meladura.

### Centrifugado

En esta parte del proceso se centrifuga la templa que sale de los tachos por medio de unos motores que giran un eje dentro de un tanque que contiene una malla haciendo así que con la fuerza centrífuga los cristales que contiene la templa se separen de la miel (Fig. 12) a estos cristales se les conoce como azúcar morena o azúcar estándar, véase la Fig. 11.

La miel residual que sale del centrifugado de la primera templa es conocida como miel de "A" así ésta se reutiliza para las recetas de los tachos de B para azúcar de menor calidad y se centrifuga la segunda templa de B teniendo como residuo, la miel de "B", véase la Fig. 12. De la misma manera se consigue la miel de C y el residuo de esta se llama miel final o melaza la cual ya no contiene sacarosa y sirve para fabricar alcohol de caña o etílico el cual puede ser utilizado como combustible para automóviles de cierto tipo,

El azúcar estándar al igual que la miel que salen de las centrifugas se transportan por medio de tornillos de Arquímedes o mejor conocidos como gusanos, el azúcar estándar se envía a refundición para después ser refinada.



*Figura 10. Centrifugas*



*Figura 11. Azúcar estándar*



*Figura 12. Templa de A*

### 3.4. Envasado

Aquí el azúcar cuando sale del detector de metales llega a una tolva que está situada justo sobre una pequeña cámara (Fig. 13) donde el azúcar se almacena y abastece de azúcar a 2 pequeños compartimientos que cuentan con 3 celdas de carga cada una y cada celda está calibrada para contener 50 kg. de azúcar, para cuando se llegue al peso requerido las celdas manden una señal de descarga y vacíe el contenido a una tolva más pequeña ya para envasar mientras que un compartimiento se vacía el otro se llena y así sucesivamente (Fig. 14).



Figura 14. Tolva



Figura 13. Compartimiento de celdas

Cuando los 50 kg de azúcar caen a la última tolva, un empleado pone un costal vacío al final de la misma y por medio de una prensa neumática (Fig. 16) se sujeta el costal y comienza a llenarlo hasta que alcance los 50 kg completos con 100 g de tolerancia, ya que el costal se llena, la prensa lo suelta y una banda transportadora lo lleva hasta una cosedora automática que (Fig. 17), y manda el costal a una última detección de metales donde si detecta alguna rebaba de metal manda una señal de alerta y le pone un sello de identificación (Fig. 15).



Figura 16. Tolva y prensa



Figura 15. Detector de metales



Figura 17. Cosedora

### 3.5. Bodega

Los bultos de 50 kg llegan a bodega para ser almacenados. Después se cargan los bultos a los camiones que van a transportarlos o a los trenes. Hay 3 formas para que transporten el azúcar se pueden llevar camiones cargado con bultos de 50 kg o trenes cargados con súper sacos de una tonelada o a granel en vagones de tren especiales véase en la Fig. 18.



*Figura 18. Vagón de Tren*

También en bodega llega azúcar estándar o morena de otros ingenios para refinarla o también azúcar refinada para poder exportar y completar el azúcar a los clientes ya acabada la zafra (Fig. 20). El Ingenio San Nicolás cuenta con 6 bodegas grandes para almacenar el azúcar véase en la Fig. 19.



*Figura 20. Azúcar Almacenada*



*Figura 19. Bodega*

## **4. CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **4.1. RESULTADOS.**

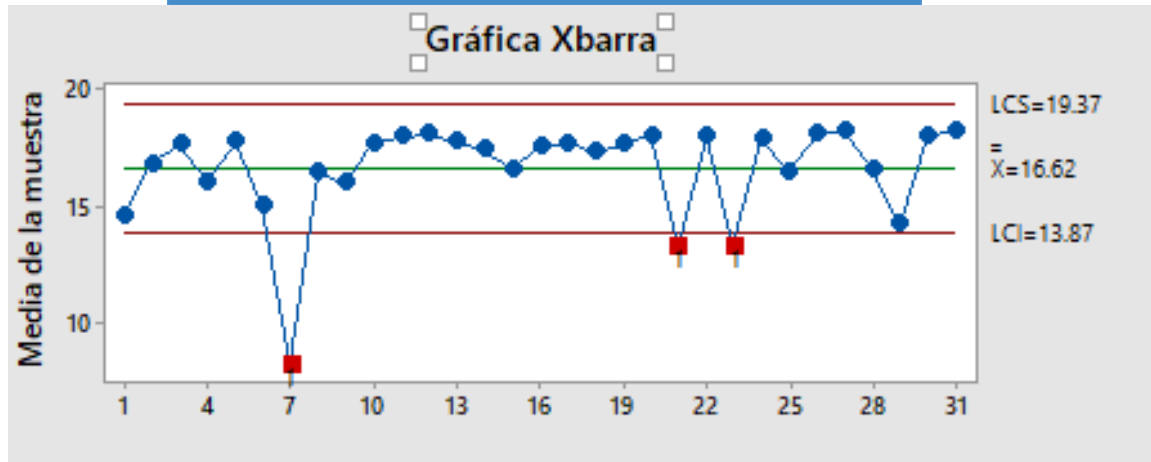
El resultado obtenido durante el desarrollo del proyecto “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de azúcar estándar” son gráficos de control Xbarra en donde se monitorearon y establecieron las variables más importantes a controlar Grados Brix, pH y puresas en el área de crudo, se logró cumplir con la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y se cumplió con el objetivo principal del estudio.

A continuación, se muestran unos gráficos de control Xbarra y S, los datos recabados son de las especificaciones que se tienen como parámetros de calidad en el azúcar estándar.

Como se muestra en la siguiente gráfica podemos observar que 28 de muestras están dentro de los parámetros de control y 3 se encuentran fuera los límites las cuales se pudieron deber aun mal muestreo del analista, por lo que este análisis fisicoquímico está controlado.

## Análisis de Grados Brix del Azúcar estándar

X Medidas de Grados Brix



Tiempo (Y Horas de toma de muestra)

Tabla 1. Muestras de Grados Brix (Desmenuzado)

En este gráfico se visualizan 31 muestras las cuales están 22 fuera de los límites de control esto se debe a que la caña se recibía con mucho lodo debido al clima que es un factor externo que no se puede controlar.

**Análisis de pH Azúcar estándar  
(Desmenuzado)**

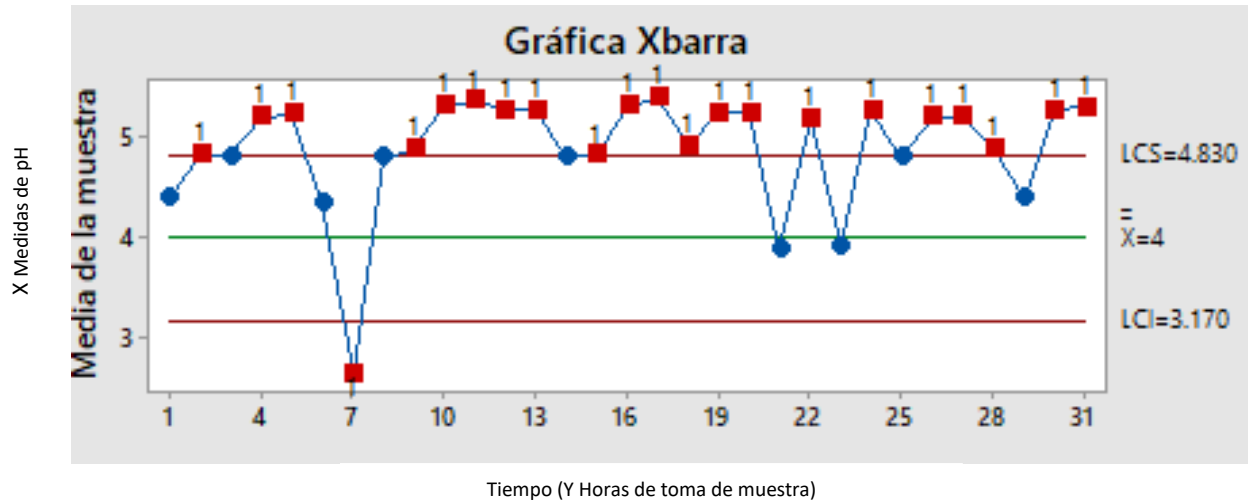


Tabla 3. Muestras de pH (Desmenuzado)

En este gráfico se visualizan 31 muestras las cuales están 22 fueran de los límites de control esto se debe a que la caña se recibía con mucho lodo debido al clima que es un factor externo que no se puede controlar.



## Análisis de Grados Brix Azúcar estándar (Jugo Claro)

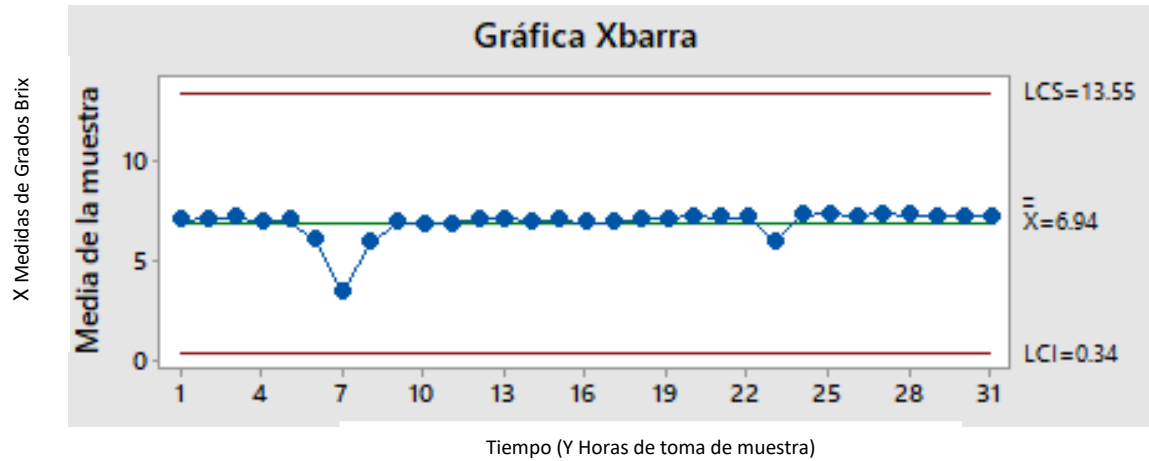


Tabla 6. Muestras de Grados Brix (Jugo Claro)

Los siguientes datos mostrados en el gráfico son del área de jugo claro, se observa que la mayoría de las muestras se encuentran en el límite central y solo en 4 muestras hay variación pero están dentro de los límites de control.

## 5. Conclusión y recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto se logró monitorear y establecer las variables durante el proceso de la elaboración de azúcar estándar en el área de crudo, podemos observar que en el análisis de Grados Brix de todas las muestras tanto de desmenuzado y jugo claro se encuentran dentro de los límites de control. En cambio, el análisis de pH muestra una variación significativa la cual se debe a la recepción de la materia prima la llega con mucho lodo, otros factores que influyen a esta variación es el mal uso de los equipos y la falta de mantenimiento en ellos, Lo ideal es que todo se encuentren en la especificación del límite central, pero esto se recomienda lo siguiente:

\*Capacitación del personal ya que con eso podemos asegurar que estarán más involucrados en el proceso y tendrán un conocimiento más extenso de su labor.

\*Verificar que todos los equipos funcionen correctamente bajo su respectivo mantenimiento preventivo.

\*Seguir aplicando este tipo de gráfico para ayudarse a mantener el proceso bajo control.

\*Hacer usos de las herramientas de calidad como lo es un diagrama de espina de pescado para saber el origen de las variaciones, con base a esto elaborar un diagrama de Pareto para encontrar que causas trabajar primero.

## 6. Anexos

07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	01:00	03:00	05:00
16.09	16.88	0	18.12	17.76	18.19	16.92	18	18.44	18.1	17.1	0
17.74	19.52	19.52	19.18	18.02	18.12	18.16	17.3	0	17.6	18.2	18.44
16.64	16.91	17.04	18.96	18.06	17.5	17.72	17.52	18.62	18.16	16.87	17.86
17	17.64	17.82	17.96	0	18.99	17.22	16.96	16.74	17.32	17.8	17.14
17.94	17.08	18.28	17.76	18.18	17.81	18.42	18.06	17.59	17.8	16.54	17.76
18.54	18.74	18	18.96	17.92	18.02	17.92	17.92	0	18.06	16.79	0
0	0	0	0	0	16.24	0	16.44	16.54	16.78	16.46	16.26
18.08	17.3	17	18.68	16.88	17.58	17.38	0	18.97	18.82	18.36	18.52
17.24	17.98	17.67	16.9	18.02	17.04	16.92	16.34	17.88	18.02	18.34	0
18.32	15.8	17.38	18.02	17.92	18.32	18.42	18.24	16.82	17.17	18.07	18.02
18.72	18.74	17.76	18.47	17.34	17.2	16.61	18	18.58	17.72	18.47	18.57
18.52	17.8	17.94	17.48	18.64	18.56	17.64	18.06	16.94	18.94	18.39	18.56
19.02	17.3	18.2	18.56	17.2	17.6	16.1	18.52	17.5	16.94	18.37	18.02
14.42	17.84	18.14	16.98	18.78	19.04	18.94	18.07	17.14	16.26	16.96	17
18.24	17.52	18.44	0	18.5	17.68	17.54	19.39	18.8	18.16	16.7	18.16
17.5	17.12	18.02	18.6	17.72	17.42	17.2	17.24	17.92	16.96	17.2	17.56
18.24	18.9	17.76	18	17.34	18.5	17.16	17.76	18.1	16.06	17.3	17.26
18.54	17.3	17.14	16.92	16.88	17.49	16.86	18.12	17.94	17.06	16.86	17.16
16.71	17.54	17	18.09	17.42	17.66	17.62	17.4	17.64	17.54	19.06	18.4
19.16	19.24	17.14	18.46	18.22	17.6	17.66	18.06	17.7	17.96	17.7	18
17.56	18.2	0	19.32	0	18.66	17.17	16.72	16.62	17.46	0	17.96
17.6	17.77	17.74	19.02	19.32	16.67	17.7	19.12	17.72	17.86	17.6	17.8
16.82	17.52	18.26	0	18.1	0	0	17.86	16.1	17.4	18.9	18.5
17.547	18.18	19.06	18.34	17.76	17.76	17.72	17.56	17.89	18.5	18.3	16.16
17.6	18.34	18.14	18.22	16.66	18.22	0	18.06	18	18.26	18.3	18.4
17.85	18.18	18.67	18.1	18.56	19.59	17.49	18.22	18.12	18.16	17.12	17.32
16.34	17.97	18.52	18.46	18.48	18.5	17.6	18.82	18.36	18.22	18.7	19.26
0	17.3	15.2	18.2	17.7	19.26	17.5	17.82	19.86	19.69	18.24	18.66
20.24	18.2	0	0	18.62	0	18.8	19.82	19.56	18.82	18.16	18.6
17.74	17.5	17.56	17.97	17.66	16.94	19	17.82	18.74	18.38	18.54	18.78
17.74	19.1	17	18.56	17.46	18.5	18.1	18.6	18.6	18.58	18.18	18

Tabla 8. Muestras de Grados Brix (Desmenuzado)

07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	01:00	03:00	05:00
5.22	5.17	0	5.13	5.38	5.28	5.36	5.19	5.26	5.38	5.32	0
5.15	5.14	5.2	5.17	5.33	5.28	5.34	5.33	0	5.36	5.36	5.4
5.21	5.17	5.13	5.18	5.27	0	5.33	5.26	5.18	5.36	5.29	5.4
5.15	5.16	5.2	5.16	5.14	5.28	5.2	5.3	5.23	5.22	5.3	5.24
5.17	5.14	5.25	5.16	5.39	5.31	5.28	5.27	5.32	5.18	5.1	5.38
5.18	5.2	5.27	5.14	5.31	5.11	5.16	5.14	0	5.23	5.46	0
0	0	0	0	0	5.45	0	5.27	5.19	5.2	5.15	5.26
5.3	5.1	5.38	5.3	5.28	5.18	5.33	0	5.16	5.18	5.2	5.2
5.47	5.35	5.39	5.22	5.6	5.33	5.39	5.39	5.18	5.2	5.2	0
5.36	5.3	5.26	5.22	5.27	5.29	5.27	5.32	5.23	5.81	5.2	5.32
5.28	5.34	5.34	5.32	5.58	5.3	5.43	5.47	5.31	5.34	5.41	5.37
5.33	5.26	5.25	5.38	5.34	5.5	5.33	5.42	5.2	5.14	5.12	5.2
5.15	5.25	5.18	5.13	5.51	5.52	5.3	5.2	5.35	5.16	5.35	5.38
5.1	5.2	5.38	5.36	5.21	5.14	5.19	5.49	5.36	5.18	0	5.2
5.27	5.2	5.4	0	5.2	5.19	5.25	5.21	5.38	5.29	5.3	5.29
5.27	5.44	5.23	5.46	5.25	5.2	5.39	5.27	5.37	5.38	5.39	5.28
5.32	5.5	5.64	5.25	5.26	5.23	5.49	5.63	5.4	5.39	5.46	5.36
5.35	5.25	5.45	5.53	0	5.39	5.52	5.3	5.46	5.2	5.39	5.23
5.27	5.29	5.28	5.22	5.23	5.31	5.23	5.45	5.13	5.28	5.2	5.18
5.31	5.24	5.22	5.31	5.13	5.3	5.08	5.26	5.21	5.19	5.36	5.48
5.14	5.17	0	5	0	5.2	5.45	5.13	5.29	5.16	0	5.18
5.12	5.42	5.29	5.27	5.11	5.15	5.17	5.13	5.14	5.12	5.16	5.16
5.12	5.22	5.18	0	5.17	0	0	5.28	5.18	5.28	5.35	5.29
5.23	5.63	5.35	5	5.27	5.18	5.28	5.17	5.44	5.26	5.29	5.28
5.34	5.24	5.23	5.18	5.12	5.07	0	5.24	5.37	5.3	5.35	5.3
5.38	5.21	5.37	5.13	5.02	5.17	5.31	5.13	5.16	5.18	5.34	5.26
5.27	5.2	5.19	5.18	5.29	5.1	5.07	5.15	5.27	5.26	5.26	5.32
0	5.37	5.29	5.24	5.27	5.75	5.3	5.2	5.22	5.2	5.2	5.75
5.1	5.15	0	5.33	5.36	0	5.33	5.4	5.37	5.2	5.25	5.3
5.22	5.24	5.4	5.19	5.3	5.24	5.27	5.3	5.2	5.36	5.4	5.25
5.09	5.1	5.3	5.32	5.39	5.38	5.3	5.4	5.32	5.42	5.29	5.36

Tabla 9. Muestras de pH (Desmenuzado)

07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	01:00	03:00	05:00
13.66	0	14.61	0	14.47	0	14.64	0	14.06	0	14.09	0
14.29	0	14.37	0	14.67	0	14.15	0	14.64	0	14.06	0
15.26	0	14.69	0	14.17	0	13.82	0	14.09	0	14.36	0
13.67	0	13.91	0	13.87	0	14.17	0	14.66	0	14.36	0
13.84	0	14.44	0	14.47	0	14	0	14.36	0	14.46	0
14.51	0	14.89	0	14.94	0	14.84	0	14.27	0	0	0
0	0	0	0	0	0	13.61	0	13.4	0	14.44	0
14.66	0	14.89	0	14.14	0	14.06	0	0	0	13.57	0
13.51	0	13.78	0	14.29	0	13.97	0	14.16	0	13.67	0
13.26	0	14.5	0	13.86	0	13.87	0	14.3	0	13.41	0
13.66	0	14.44	0	13.86	0	13.67	0	14.17	0	13.07	0
13.83	0	14.24	0	13.99	0	15	0	14.77	0	14.46	0
15.06	0	15.01	0	14.36	0	14.17	0	14.59	0	13.07	0
14.06	0	14.56	0	14.84	0	13.92	0	12.83	0	14.01	0
14.59	0	14.56	0	14.37	0	14.24	0	13.56	0	14.07	0
13.61	0	14.01	0	14.01	0	14.06	0	14.19	0	13.61	0
13.19	0	14.19	0	14.21	0	14.16	0	14.34	0	13.77	0
13.61	0	14.16	0	14.4	0	14.06	0	15.02	0	14.36	0
14.51	0	13.71	0	14.37	0	14.39	0	14.59	0	14.41	0
14.14	0	14.71	0	14.57	0	14.94	0	14.81	0	14.41	0
13.97	0	14.55	0	14.88	0	14.61	0	14.21	0	14.5	0
14.36	0	14.66	0	14.21	0	14.64	0	14.51	0	14.66	0
15.11	0	14.54	0	14.52	0	0	0	13.69	0	14.11	0
15.21	0	14.91	0	14.07	0	14.67	0	14.46	0	15.16	0
15.06	0	14.34	0	14.27	0	14.74	0	14.66	0	15.57	0
15.16	0	14.16	0	14.24	0	14.84	0	14.59	0	14.86	0
14.56	0	14.67	0	14.92	0	15.72	0	14.19	0	14.76	0
14.56	0	14.56	0	14.66	0	14.81	0	15.07	0	14.36	0
14.61	0	14.56	0	14.76	0	14.76	0	14.71	0	14.07	0
14.27	0	14.72	0	14.66	0	14.51	0	15.04	0	14.46	0
14.67	0	14.17	0	14.26	0	15.01	0	14.74	0	14.94	0

Tabla 10. Muestras de Grados Brix (Jugo Claro)

## 7. Referencias

(s.f.).

Blanco, J. M. (30 de julio de 1998). *Riulunanleon*. Obtenido de Riulunanleon:  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4397/1/163598.pdf>

Crúz, P. E. (14 de Septiembre de 2014). *Biblioteca.usa*. Obtenido de Biblioteca.usa:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1448\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1448_Q.pdf)

GUARDADO, E. R. (13 de Agosto de 2012). *Riuesedu.sv*. Obtenido de Riuesedu.sv:  
[http://ri.ues.edu.sv/1647/1/TESIS-PROPUESTA\\_DE\\_ALTERNATIVAS\\_DE\\_REDUCCI%C3%93N\\_DE\\_P%C3%89RDIDAS\\_DE\\_SACAROSA.pdf](http://ri.ues.edu.sv/1647/1/TESIS-PROPUESTA_DE_ALTERNATIVAS_DE_REDUCCI%C3%93N_DE_P%C3%89RDIDAS_DE_SACAROSA.pdf)

Sanchez, J. d. (24 de Febrero de 2013). *tesis.ipn*. Obtenido de tesis.ipn:  
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13239/TESIS%20A13%20-%20ROJAS%20SANCHEZ%20JAZMIN%20DEL%20CARMEN.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Valencia, C. A. (21 de Marzo de 2013). *repositorio utp*. Obtenido de repositorio utp:  
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3835/664122P127.pdf?sequence=1>

\* Lara Flores, Elías. (2005). Primer Curso de Contabilidad. Editorial Trillas, 1, 130-150. 2005, De <https://vparrales.files.wordpress.com/2012/08/14074128-primer-curso-de-contabilidad-elias-lara-flores-trillas-16a-edicion2.pdf> Base de datos.

\*M.C. JORGE LIMON ROMERO. (2011). CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS. Editorial Limusa Wiley, 3, 155-180. 2011, De <http://itvillahermosa.edu.mx/docs/oferta/ingindustrial/temario2010/5semestre/CONTROLESTADISTICODELACALIDA%20v2.pdf> Base de datos.

\*Dayana Rocio Rojas Barquera. (2012). Determinación de la Vida Útil en Subproductos de la Caña de Azúcar. En Determinación de la Vida Útil en Subproductos de la Caña de Azúcar (108). México: EAE.