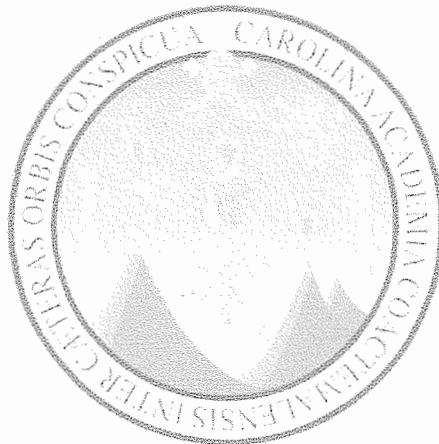


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
COLORÍMETRO AUTOMÁTICO EN LÍNEA, PARA EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE AZÚCAR BLANCA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR**

**GABRIEL YOCIMAR GARCÍA VELÁSQUEZ
ASESORADO POR ING. DAVID RICARDO CEREZO TOLEDO
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE**

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

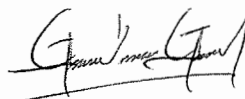
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADORA	Inga. Dinna Lissette Estrada Moreira
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
COLORÍMETRO AUTOMÁTICO EN LÍNEA, PARA EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE AZÚCAR BLANCA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química el 19 de noviembre de 2009



Gabriel Yocimar García Velásquez.

Guatemala 16 de septiembre de 2010

Estimada Ingeniera
Teresa Lisely De León Arana

Coordinadora del Área de Calidad,
Investigación y Vinculación.

Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería / USAC


Presente

Es un gusto hacer de su conocimiento que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado: **“Análisis de rentabilidad de la implementación de un colorímetro automático en línea, para el proceso de fabricación de azúcar blanca”**; del estudiante: Gabriel Yocimar García Velásquez, con carné número: 200412894.

Después de haber realizado la revisión del informe final del trabajo de graduación y de haber hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. David Ricardo Cerezo Toledo
ASESOR

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 05 de octubre de 2010
Ref. EIQ.TG.088-2010

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-101-10-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **Gabriel Yocimar García Velásquez**, identificado con carné No. **2004-12894**, titulado: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN COLORÍMETRO AUTOMÁTICO EN LÍNEA, PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR BLANCA”** el cual ha sido asesorado por el Ingeniero **David Ricardo Cerezo Toledo**, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **García Velásquez**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Inga Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.
COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante **GABRIEL YOCIMAR GARCÍA VELÁSQUEZ** titulado: "ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN COLORÍMETRO AUTOMÁTICO EN LÍNEA, PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR BLANCA". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.


Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejia; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, noviembre de 2010


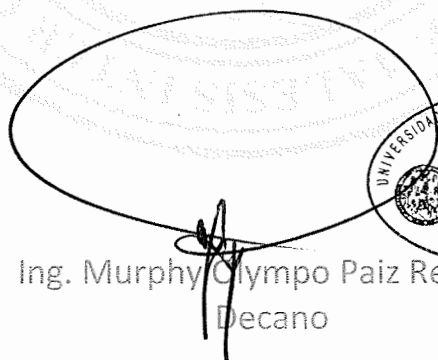
Cc: Archivo
WGAM/am





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN COLORÍMETRO AUTOMÁTICO EN LÍNEA, PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR BLANCA**, presentado por el estudiante universitario **Gabriel Yocimar García Velásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 9 de noviembre de 2010.

/gdech

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Todo poderoso por colocarme en el lugar que me encuentro, por iluminar siempre mi camino, por proveerme siempre de lo necesario para seguir adelante, por darme la fuerza necesaria para amar y luchar por lo que hoy se convierte en mi profesión.

A mis padres

Luis García y María Refugio de García, por brindarme todo su apoyo económico, moral y religioso.

A mis hermanos

Por todo el apoyo y los consejos que me han dado desde mi infancia, por todos los momentos en los que me motivaron a seguir por una profesión universitaria.

A mi hermana

Luz Maribel García, por enseñarme el valor del aprendizaje y la profesión, por inculcar valores morales y éticos en mi.

Amigos

William Fagiani, Perla Espinoza, Hugo Barrera, Darwin Morales, Lisando Hernández, Luisa García, Darwin Arredondo, Carlos Martínez, Ángel Isaias García, Andrea Lara, Raúl Chicas, Fernando Ramírez, Carlos Álvarez, a mis amigos del laboratorio de Bayer CropScience, y a todos con quienes compartí un salón de clases.

Catedráticos

Por sus enseñanzas, especialmente al Ing. Orlando Posadas, Ing. Otto Raúl de León, Manuel Tay, y a mi catedrática Marta Rivera (Q.E.P.D.) por haberme introducido al mundo del aprendizaje enseñándome a leer y a escribir.

Asesor

Ing. David Ricardo Cerezo, por ser más que un asesor y un catedrático un amigo, y por guiarme a lo largo de la elaboración de este trabajo de graduación

Revisores

Ing. Renato Ponciano, Inga. Lisely de León.

ACTO QUE DEDICO A

Maritza Marroquín

Con quien quiero compartir todos los días de mi vida.
Gracias mi amor por ayudarme en los momentos más difíciles de mi carrera, motivándome a seguir adelante y recordándome que hay un Dios que todo lo puede. Te amo.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXV
INTRUDUCCIÓN.....	XXVII
ANTECEDENTES.....	XXIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Caña de azúcar.....	1
1.1.1. Definición de la caña de azúcar.....	1
1.1.2. Composición de la caña de azúcar.....	1
1.2. Sacarosa.....	2
1.2.1. Definición de la sacarosa.....	2
1.3. Proceso para la elaboración de azúcar.....	3
1.3.1. Pesaje de la caña.....	3
1.3.2. Lavado de la caña.....	3
1.3.3. Extracción del jugo.....	3
1.3.3.1. Cuchillas giratorias.....	3
1.3.3.2. Desfibradora.....	4
1.3.3.3. Desmenuzadora.....	4
1.3.3.4. Molinos de caña.....	5
1.3.4. Tratamiento del jugo.....	6
1.3.4.1. Defecación.....	6
1.3.4.2. Sulfitación.....	6

1.3.4.3. Clarificación.....	7
1.3.4.4. Filtración al vacío.....	7
1.3.5. Evaporación y cocción.....	8
1.3.5.1. Evaporación del jugo de caña.....	8
1.3.5.2. Cristalización del azúcar.....	9
1.3.6. Centrifugación.....	10
1.3.7. Secado.....	10
1.3.8. Almacenamiento.....	11
1.4. Centrifugas.....	11
1.4.1. Funcionamiento.....	12
1.4.1.1. Centrifugas discontinuas suspendidas.....	12
1.4.1.2. Centrifugas automáticas discontinuas.....	14
1.4.1.3. Centrifugas continuas de filtración.....	16
1.4.2. Lavado en las centrifugas.....	17
1.4.3. Tiempos de operación de una centrifuga.....	18
1.5. Colorímetro colobserver CL150.....	19
1.5.1. Principios de funcionamiento.....	20
1.5.2. Composición del CL 150.....	20
1.5.2.1. Unidad de medición.....	20
1.5.2.2. Sistema de Supervisión.....	21
1.5.2.3. Pantallas de control.....	22
1.6. Icumsa.....	26
1.7. Rentabilidad y Retorno sobre la Inversión (ROI).....	28
2. METODOLOGÍA.....	29
2.1. Variables.....	29
2.2. Delimitación del campo de estudio.....	30
2.3. Recursos humanos disponibles.....	30
2.4. Recursos materiales disponibles.....	30
2.5. Técnica cuantitativa.....	31

2.6. Recolección y ordenamiento de la información.....	31
2.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	32
3. RESULTADOS.....	33
3.1. Ahorro en consumo de agua y energía.....	33
3.2. Aumento de capacidad de producción y reducción de costos.....	35
3.3. Azúcar perdido por refundición con el Colorímetro.....	39
3.4. Costo de implementar el equipo.....	40
3.5. Rentabilidad.....	40
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	43
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
REFERENCIAS ELECTRONICAS.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	57
Anexo 1. Requisitos académicos.....	57
Anexo 2. Árbol de problemas.....	58
Anexo 3. Datos recopilados.....	59
APÉNDICE.....	63
A1. Muestra de cálculo.....	63
A1.1. Consumo de agua de lavado.....	63
A1.2. Consumo de energía.....	64
A1.3. Azúcar refundida.....	65
A1.4. Costo.....	66

A1.5. Ahorro y aumento de producción.....	67
A1.6. Capacidad de producción con el tiempo de optimización de lavado.....	68
A1.7. Porcentaje de rentabilidad.....	69
A 2. Datos calculados.....	70
A2.1. Costos en la actualidad.....	70
A2.2. Datos con tiempo de optimización de lavado.....	71
A2.3. Consumos con tiempos de optimización de lavado.....	71
A2.4. Costos con tiempo de optimización de lavado.....	73
A2.5. Ahorro.....	74
A2.6. Aumento de producción.....	76
A2.7. Rentabilidad.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Desmenuzadora de caña de azúcar.....	4
2.	Molinos de caña de azúcar.....	5
3.	Filtro de vacío.....	8
4.	Evaporador de calandria de 5 efectos.....	9
5.	Secador de túnel rotatorio a contracorriente.....	10
6.	Centrífuga continua suspendida.....	13
7.	Centrífuga automática discontinua.....	15
8.	Centrífuga continua de filtración.....	17
9.	Colorímetro Colobserver CI 150.....	21
10.	Sistema de supervisión CI 150.....	22
11.	Pantalla de control principal.....	24
12.	Segunda pantalla de control.....	25
13.	Consumo de agua de lavado en las centrifugas durante la zafra.....	33
14.	Consumo de energía de las centrifugas durante la zafra.....	34
15.	Producción de azúcar de la zafra.....	35
16.	Costo de refundición de azúcar en la zafra.....	36
17.	Costo de agua de lavado en las centrifugas durante la zafra.....	37
18.	Costo de energía de las centrifugas durante la zafra.....	38
19.	Azúcar refundada durante la zafra.....	39
20.	Ahorro e inversión.....	40
21.	Árbol de problemas.....	58

TABLAS

I	Tiempo en segundos del lavado de una centrífuga por lote para azúcar blanco y crudo en el Ingenio Trinidad.....	18
II	Tiempo en segundos de las operaciones de una centrífuga por lote y ciclo total para azúcar blanco y crudo en el Ingenio Trinidad.....	19
III	Especificaciones para comercialización del Azúcar en Guatemala.....	27
IV	Definición operacional de las variables.....	29
V	Ahorro de agua de lavado.....	33
VI	Ahorro de energía.....	34
VII	Kg de azúcar que aumenta la producción con la implementación del colorímetro.....	35
VIII	Ganancia por disminución de refundición de azúcar.....	36
IX	Reducción de costos en el consumo de agua con la optimización con la implementación colorímetro.....	37
X	Ahorro en el consumo de energía de las centrífugas con la implementación del colorímetro.....	38
XI	Cantidad de azúcar refundida con la implementación del colorímetro.....	39
XII	Inversión para implementar el colorímetro.....	40
XIII	Rentabilidad del colorímetro.....	41
XIV	Requisitos Académicos.....	59
XV	Datos generales de producción actuales.....	59
XVI	Datos generales de operación actual de las centrífugas.....	59
XVII	Tiempos de operación actual de las centrífugas.....	59
XVIII	Cantidad de procesos batch por centrífuga.....	60

XIX	Consumo de agua por lavado actualmente.....	60
XX	Azúcar refundida en la actualidad.....	60
XXI	Consumo de energía actual de las centrífugas.....	61
XX	Producción de azúcar actual.....	61
XXIII	Datos generales de precios.....	61
XXIV	Tiempos de operación de las centrífugas, con el colorímetro.....	62
XXV	Cotización del colorímetro.....	62
XXVI	Costo actual de agua de lavado.....	70
XXVII	Costo actual de energía de las centrífugas.....	70
XXVIII	Costo actual de azúcar refundida por lavado.....	70
XXIX	Datos generales de producción.....	71
XXX	Consumo de agua por lavado.....	71
XXXI	Consumo de energía de las centrífugas.....	72
XXXII	Azúcar refundida.....	72
XXXIII	Producción de azúcar.....	72
XXXIV	Costo de agua de lavado.....	73
XXXV	Costo de azúcar refundida por lavado.....	73
XXXVI	Costo de energía de las centrífugas.....	73
XXXVII	Ahorro de azúcar refundida.....	74
XXXVIII	Ahorro en consumo de agua por lavado.....	74
XXXIX	Ahorro en consumo de energía de las centrífugas.....	74
XL	Aumento de producción de azúcar.....	75
XLI	Ahorro en costo de agua de lavado.....	75
XLII	Ahorro de costo de azúcar refundida por lavado.....	75
XLIII	Ahorro de costo de energía de las centrífugas.....	76
XLIV	Capacidad de producción por disminución de azúcar refundida.....	76

XLV	Ingresos económicos por producción por disminución de azúcar refundía.....	77
XLVI	Rentabilidad.....	77

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
Ah	Ahorro (en el consumo de un servicio o ahorro económico; para el caso de refundición de azúcar el ahorro es considerado como un aumento de producción).
Ahr	Ahorro de azúcar refundido en el lavado. [kg o U\$]
Zr	Azúcar refundida [kg]
HP	Caballos de fuerza
Cpsc	Capacidad de producción actual [kg o U\$]
Cpo	Capacidad de producción con el tiempo de optimización de lavado [kg o U\$]
Cal	Consumo de agua de lavado [m ³]
Ec	Consumo de energía de la centrífuga [HP/h]
Cs	Consumo del servicio
C	Costo de un servicio [agua, energía, refundición de azúcar]
λ	Densidad del agua [kg/m ³]
U\$	Dólares de los Estados Unidos
€	Euro
h	Hora
ROI	Índice de retorno sobre la inversión económica
KW	Kilowatt
lb	Libras
m	Metro
m ³	Metro cúbico
%	Porcentaje
P	Potencia de la centrífuga [HP]
Pcc	Precio del consumo (económico o de servicio) con optimización por el colorímetro

Psc	Precio del consumo (económico o de servicio) en la actualidad
Ps	Precio del servicio [U\$] (para la refundición de azúcar se toma el precio de venta del azúcar)
Q	Quetzales
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundos
Tr	Tasa de refundición de azúcar [kg agua / kg de azúcar]
t c	Tiempo de operación de la centrífuga[s]
t l	Tiempo real de lavado[s]
q	Velocidad volumétrica de flujo [m ³ /s]

GLOSARIO

Albúmina	Es una proteína que se encuentra en gran proporción en el plasma sanguíneo, siendo la principal proteína de la sangre y a su vez la más abundante en el ser humano.
Agotamiento	Se conoce como agotamiento a la extracción de azúcar de la miel madre.
Agua	Es una sustancia cuya molécula está formada por 2 moléculas de hidrógeno y una de oxígeno.
Azúcar	Es el producto cristalizado de la caña de azúcar, después de haber atravesado varios procesos industriales para su comercialización.
Azúcar blanca	Es el producto cristalizado obtenido del conocimiento del jugo de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa. Es azúcar que ha pasado por el proceso de sulfitación y que no ha sido sometida a procesos de refinación

Azúcar moreno	También llamado azúcar crudo. Es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa cubiertos por una película de su miel madre original. Este es sometido únicamente a cristalizado y centrifugado
Azúcares reductores	Son aquellos azúcares que presentan un carbono libre en su estructura y pueden reducir, en determinadas condiciones, a las sales cúpricas.
Azúcar refinado	Es el producto cristalizado constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos a partir de la fundición de azúcar crudo o blanco y mediante los procedimientos industriales apropiados
Grado brix	Se utiliza para medir el total de sacarosa disuelta en un líquido.
Cal	Óxido de calcio, cal o cal viva, es un compuesto químico de fórmula CaO
Control	Tiene por objetivo determinar el comportamiento de un fenómeno.

Control de procesos Conjunto de acciones que persiguen que la transformación de un producto en otro sea predecible y que se logre obtener el resultado de las características deseadas.

Controlador Estudia la variable medida y luego determina la acción que el dispositivo de control debe realizar a fin de que la variable medida y por lo tanto la variable controlada, resulte igual a la referencia.

Controladores Los controladores reciben las señales procedentes de los transmisores las indica y/o registra. Los controladores envían otra señal de salida, normalmente de 3-15 psi en señal neumática, o 4-20 mA en señal eléctrica de corriente. Esta señal de salida actúa sobre el elemento final de control.

Decantación Es un método físico de separación de mezclas heterogéneas.

Densidad Es una medida intensiva referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.

Disacárido También llamados carbohidratos, formados por la condensación (unión) de dos monosacáridos iguales o distintos mediante enlace O-glucosídico (con pérdida de una molécula de agua), mono o dicarbonílico, que además puede ser α o β en función del -OH hemiacetal o hemicetal.

Elementos primarios Están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio. Esta energía se convierte para dar al sistema de medición una indicación de la variación de la variable.

Elemento final de control Recibe la señal del controlador y modifica la variable que está bajo el control, puede ser una válvula, un servomotor, un cilindro, etc.

Fluido Es una sustancia que no resiste en forma permanente la distorsión

I/O Se refiere a las entradas y salidas de un PLC.

Grados Icumsa Es una unidad internacional para expresar la pureza del azúcar en la solución, y se relaciona directamente con el color de azúcar

Icumsa Comisión internacional para los métodos uniformes de análisis de azúcar

Ingenio Azucarero Es una fábrica con instalaciones para procesar caña de azúcar con el objeto de obtener azúcar, ron, alcohol y otros productos.

Imbibición Se define como el desplazamiento de un fluido viscoso por otro fluido inmisible con este. En el proceso de molienda de fabricación de azúcar, la imbibición es la extracción máxima de la sacarosa

	contenida en el bagazo a través del lavado con jugo caliente de caña diluido.
Instrumentos ciegos	Son los que no tienen indicación visible de la medida, tales como, interruptores de presión y temperatura.
Instrumentos indicadores	Disponen de una aguja y una escala para leer el valor de la variable.
Instrumentos registradores	Registran a través de trazos continuos los valores de la variable, suelen ser circulares ó alargados.
Inversión de la sacarosa	Es la descomposición de la sacarosa en sus dos moléculas constituyentes: Glucosa y Fructuosa
Maceración	Es el lavado con agua caliente que se le realiza al bagazo en el proceso de molienda para obtener la máxima extracción de la sacarosa
PLC	Controlador lógico programable. Se utilizan para controlar y programar un sistema automatizado.
Precipitado	Es el sólido que se produce de una disolución por efecto de una reacción química o bioquímica
Presión	Es una magnitud física que mide la fuerza ejercida por unidad de área de una superficie.

Presión atmosférica Es la presión ejercida por las partículas de la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro. Al nivel del mar, esta presión es próxima a 760 mm (29.9 pulgadas) de mercurio absoluto ó 14.7 psia (libras por pulgada cuadrada absoluta), estos valores definen la presión atmosférica estándar.

Presión de vapor Es una medida de cómo el fluido es volátil. Presión de vapor corresponde a la presión desarrollada por el fluido cuando este fluye en una tubería a una temperatura dada y el fluido en equilibrio. Está dada en kilo pascal, absoluto (kPa, absoluto) en el S.I. y libras por pulgada cuadrada absolutas (psia) en el U.S.

Presión diferencial Es la diferencia entre dos presiones, presión 1 (P1) menos presión 2 (P2).

Presión manométrica Es la determinada por la diferencia entre la presión absoluta menos la presión atmosférica del lugar donde se efectúa la medición, hay que notar que cuando aumenta la presión atmosférica también aumenta la presión leída por el instrumento, sin embargo esto es despreciable al medir altas presiones.

Proceso Conjunto de acciones que persiguen la transformación de un producto en otro, cambiándole una o varias características físicas o químicas, generalmente usando energía en cualquiera de sus formas.

Proceso de fabricación También denominado proceso industrial, producción o *manufactura*. Es el conjunto de operaciones necesarias para transformar las materias primas en productos.

Rango Son los valores comprendidos entre los límites superior e inferior del instrumento, se expresa por los dos valores extremos. Ejemplo: 30 – 300 grados Fahrenheit, 0 – 1000 PSI.

Set point También llamado Valor de Referencia y corresponde al valor que esperamos mantener en la variable de proceso por medio de la acción del controlador.

Sensibilidad Es la relación entre el cambio de la lectura y el cambio real de la variable después que ésta ha alcanzado el reposo. No debe confundirse la sensibilidad con la banda muerta. Se da en tanto por ciento del alcance del instrumento.

Sistema	Es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objeto determinado. Un sistema no necesariamente es físico. Por tanto, la palabra sistema debe interpretarse como una implicación de sistemas físicos, biológicos, económicos y similares.
Solubilidad	Es una medida de la capacidad que tiene una sustancia para disolverse en otra
Temperatura	Es una propiedad intensiva que mide el equilibrio térmico entre dos o más sistemas.
Temperatura de servicio	Rango de temperatura en el cual el instrumento funciona con los límites y errores especificados.
Temporizadores	Es un dispositivo mediante el cual, podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico en un determinado tiempo.
Utilidad	Es la medida del excedente entre los ingresos y los costos expresados en alguna unidad monetaria.
Vacío	Es la diferencia entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, el vacío es la presión medida por debajo de la presión atmosférica, viene expresado en milímetros columna de mercurio (mmHg), milímetros columna de agua (mm"H2O).

Válvulas de control	La válvula de control realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida. Para esto se comporta como un orificio que varía continuamente su área.
Válvula solenoide	Es un tipo de válvula que es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal.
Variable	Característica física de un proceso que puede tomar diferentes valores. Ejemplo: presión, temperatura, etc.
Variable controlada	Conocida como variable de proceso, es la cantidad o condición que se mide y controla. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema.
Variable manipulada	Es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Viscosidad dinámica Es definida como el grueso de un fluido y como este fácilmente fluye. Está dada en pascal – segundo (Pa-s) en el S.I. y el U.S. en libras-fuerza por piessegundo (lbf/pies-s).

Vapor de agua Es un gas que se obtiene por ebullición de agua líquida o por sublimación del hielo.

Zona muerta o banda muerta Pequeño campo de valores donde el instrumento no cambia su indicación o no cambia su señal de salida. Se da en tanto por ciento del alcance del instrumento.

Zafra Es el periodo de tiempo en el que un ingenio azucarero se encuentra produciendo azúcar

RESUMEN

El lavado de azúcar en las centrífugas conlleva a pérdidas inevitables de azúcar debido a la refundición de la misma en el agua de lavado. El lavado en exceso de azúcar conlleva a pérdidas innecesarias de azúcar, por lo que es necesario controlar el lavado del azúcar, el cual puede realizarse a través de un colorímetro.

Con el objetivo de demostrar que en el proceso de fabricación de azúcar blanca, la implementación de un colorímetro en línea en la salida de las centrífugas es un proyecto rentable, se han realizado estimaciones para las centrífugas, tales como: ahorros en consumo de agua de lavado, ahorro en consumo energía, aumento de producción, reducción de costos de producción y pérdidas de azúcar por refundición en los lavados; las estimaciones se han realizado de acuerdo con especificaciones del fabricante del colorímetro.

Los resultados del análisis indican un aumento de la producción, lo cual generando un aumento en los ingresos económicos, disminución en el consumo de agua de lavado y consumo de energía de las centrífugas. Considerando la inversión y los resultados de los análisis, la rentabilidad obtenida asume un valor de 18,93%, por lo que el equipo es rentable.

Para realizar el análisis los datos los han proporcionado la empresa CODIMERCA'S PC.

Table 15

Table 15. Estimated parameters for the 375501-1000000 data set for the 15th iteration

TABLE 15. Estimated parameters for the 375501-1000000 data set for the 15th iteration. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type.

TABLE 15. Estimated parameters for the 375501-1000000 data set for the 15th iteration. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type.

TABLE 15. Estimated parameters for the 375501-1000000 data set for the 15th iteration. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type.

TABLE 15. Estimated parameters for the 375501-1000000 data set for the 15th iteration. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type. The parameters are given in the order that they appear in the model, with the parameter estimates in boldface type.

ABSTRACT

Washing the centrifugal sugar leads to inevitable loss of sugar due to recast it in the wash water. The excess sugar washing leads to unnecessary loss of sugar, so it is necessary to control the washing of sugar, which can be done through a colorimeter.

In order to demonstrate that in the manufacturing process of white sugar, the implementation of a colorimeter in line in the output of the centrifuges is a profitable project, estimates have been made for centrifuges such as savings in water consumption washing , savings in energy consumption, increased production, reduced production costs and loss of sugar by recasting washings, the estimates have been done according to manufacturer's specifications colorimeter.

The test results indicate an increase in production, which generated an increase in income, decrease in the consumption of wash water and energy consumption of the centrifuges. Considering the investment and the results of the analysis, the profitability assumes a value of 18.93%, so the team is profitable.

To make the data analysis have provided the company's CODIMERCA'S PC

CHAPTER IV

The first of the two main parts of the book is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group. The second part is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group of finite rank.

The first part of the book is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group. The second part is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group of finite rank.

The first part of the book is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group. The second part is devoted to the study of the structure of the group of automorphisms of a free group of finite rank.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

OBJETIVOS

- **General**

Demostrar que la implementación de un colorímetro automático en línea en la salida de las centrífugas en el proceso de fabricación de azúcar, es un proyecto rentable.

- **Específicos**

1. Estimar el ahorro en consumo de agua y energía de lavado en las centrífugas.
2. Determinar en cuanto aumenta la capacidad de producción y cuanto se reducen los costos de producción.
3. Estimar a cuánto descendería la pérdida de azúcar en el lavado en la centrífuga.
4. Establecer el costo de implementar el colorímetro en la salida de la centrífuga.
5. Determinar la rentabilidad del equipo.

CONTENTS

PREFACE

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

The author wishes to express his appreciation to the many individuals and organizations that have assisted him in the preparation of this book. Special thanks are due to the following:

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, destinado a presentarse como una propuesta de la empresa de servicios industriales de automatización "Codimerca's PC", para implementar el Colobserver CI 50 en un ingenio azucarero, acoge en su contenido una descripción del proceso de fabricación de azúcar, una descripción del colorímetro a implementar y conceptos de rentabilidad con el fin de guiar a la comprensión de los propósitos de dicho trabajo.

Se consideran valores de producción, proporcionados por la empresa Codimerca's PC, para la realización de dicho estudio, así como datos de reducción de tiempo de lavado y la cotización del equipo por parte del fabricante.

CONTENTS

1. Introduction 1
2. The first part of the book 1
3. The second part of the book 1
4. The third part of the book 1
5. The fourth part of the book 1
6. The fifth part of the book 1
7. The sixth part of the book 1
8. The seventh part of the book 1
9. The eighth part of the book 1
10. The ninth part of the book 1
11. The tenth part of the book 1
12. The eleventh part of the book 1
13. The twelfth part of the book 1
14. The thirteenth part of the book 1
15. The fourteenth part of the book 1
16. The fifteenth part of the book 1
17. The sixteenth part of the book 1
18. The seventeenth part of the book 1
19. The eighteenth part of the book 1
20. The nineteenth part of the book 1
21. The twentieth part of the book 1
22. The twenty-first part of the book 1
23. The twenty-second part of the book 1
24. The twenty-third part of the book 1
25. The twenty-fourth part of the book 1
26. The twenty-fifth part of the book 1
27. The twenty-sixth part of the book 1
28. The twenty-seventh part of the book 1
29. The twenty-eighth part of the book 1
30. The twenty-ninth part of the book 1
31. The thirtieth part of the book 1
32. The thirty-first part of the book 1
33. The thirty-second part of the book 1
34. The thirty-third part of the book 1
35. The thirty-fourth part of the book 1
36. The thirty-fifth part of the book 1
37. The thirty-sixth part of the book 1
38. The thirty-seventh part of the book 1
39. The thirty-eighth part of the book 1
40. The thirty-ninth part of the book 1
41. The fortieth part of the book 1
42. The forty-first part of the book 1
43. The forty-second part of the book 1
44. The forty-third part of the book 1
45. The forty-fourth part of the book 1
46. The forty-fifth part of the book 1
47. The forty-sixth part of the book 1
48. The forty-seventh part of the book 1
49. The forty-eighth part of the book 1
50. The forty-ninth part of the book 1
51. The fiftieth part of the book 1
52. The fifty-first part of the book 1
53. The fifty-second part of the book 1
54. The fifty-third part of the book 1
55. The fifty-fourth part of the book 1
56. The fifty-fifth part of the book 1
57. The fifty-sixth part of the book 1
58. The fifty-seventh part of the book 1
59. The fifty-eighth part of the book 1
60. The fifty-ninth part of the book 1
61. The sixtieth part of the book 1
62. The sixty-first part of the book 1
63. The sixty-second part of the book 1
64. The sixty-third part of the book 1
65. The sixty-fourth part of the book 1
66. The sixty-fifth part of the book 1
67. The sixty-sixth part of the book 1
68. The sixty-seventh part of the book 1
69. The sixty-eighth part of the book 1
70. The sixty-ninth part of the book 1
71. The seventieth part of the book 1
72. The seventy-first part of the book 1
73. The seventy-second part of the book 1
74. The seventy-third part of the book 1
75. The seventy-fourth part of the book 1
76. The seventy-fifth part of the book 1
77. The seventy-sixth part of the book 1
78. The seventy-seventh part of the book 1
79. The seventy-eighth part of the book 1
80. The seventy-ninth part of the book 1
81. The eightieth part of the book 1
82. The eighty-first part of the book 1
83. The eighty-second part of the book 1
84. The eighty-third part of the book 1
85. The eighty-fourth part of the book 1
86. The eighty-fifth part of the book 1
87. The eighty-sixth part of the book 1
88. The eighty-seventh part of the book 1
89. The eighty-eighth part of the book 1
90. The eighty-ninth part of the book 1
91. The ninetieth part of the book 1
92. The ninety-first part of the book 1
93. The ninety-second part of the book 1
94. The ninety-third part of the book 1
95. The ninety-fourth part of the book 1
96. The ninety-fifth part of the book 1
97. The ninety-sixth part of the book 1
98. The ninety-seventh part of the book 1
99. The ninety-eighth part of the book 1
100. The ninety-ninth part of the book 1
101. The hundredth part of the book 1

102. The hundred and first part of the book 1
103. The hundred and second part of the book 1
104. The hundred and third part of the book 1
105. The hundred and fourth part of the book 1
106. The hundred and fifth part of the book 1
107. The hundred and sixth part of the book 1
108. The hundred and seventh part of the book 1
109. The hundred and eighth part of the book 1
110. The hundred and ninth part of the book 1
111. The hundred and tenth part of the book 1
112. The hundred and eleventh part of the book 1
113. The hundred and twelfth part of the book 1
114. The hundred and thirteenth part of the book 1
115. The hundred and fourteenth part of the book 1
116. The hundred and fifteenth part of the book 1
117. The hundred and sixteenth part of the book 1
118. The hundred and seventeenth part of the book 1
119. The hundred and eighteenth part of the book 1
120. The hundred and nineteenth part of the book 1
121. The hundred and twentieth part of the book 1
122. The hundred and twenty-first part of the book 1
123. The hundred and twenty-second part of the book 1
124. The hundred and twenty-third part of the book 1
125. The hundred and twenty-fourth part of the book 1
126. The hundred and twenty-fifth part of the book 1
127. The hundred and twenty-sixth part of the book 1
128. The hundred and twenty-seventh part of the book 1
129. The hundred and twenty-eighth part of the book 1
130. The hundred and twenty-ninth part of the book 1
131. The hundred and thirtieth part of the book 1
132. The hundred and thirty-first part of the book 1
133. The hundred and thirty-second part of the book 1
134. The hundred and thirty-third part of the book 1
135. The hundred and thirty-fourth part of the book 1
136. The hundred and thirty-fifth part of the book 1
137. The hundred and thirty-sixth part of the book 1
138. The hundred and thirty-seventh part of the book 1
139. The hundred and thirty-eighth part of the book 1
140. The hundred and thirty-ninth part of the book 1
141. The hundred and fortieth part of the book 1
142. The hundred and forty-first part of the book 1
143. The hundred and forty-second part of the book 1
144. The hundred and forty-third part of the book 1
145. The hundred and forty-fourth part of the book 1
146. The hundred and forty-fifth part of the book 1
147. The hundred and forty-sixth part of the book 1
148. The hundred and forty-seventh part of the book 1
149. The hundred and forty-eighth part of the book 1
150. The hundred and forty-ninth part of the book 1
151. The hundred and fiftieth part of the book 1
152. The hundred and fifty-first part of the book 1
153. The hundred and fifty-second part of the book 1
154. The hundred and fifty-third part of the book 1
155. The hundred and fifty-fourth part of the book 1
156. The hundred and fifty-fifth part of the book 1
157. The hundred and fifty-sixth part of the book 1
158. The hundred and fifty-seventh part of the book 1
159. The hundred and fifty-eighth part of the book 1
160. The hundred and fifty-ninth part of the book 1
161. The hundred and sixtieth part of the book 1
162. The hundred and sixty-first part of the book 1
163. The hundred and sixty-second part of the book 1
164. The hundred and sixty-third part of the book 1
165. The hundred and sixty-fourth part of the book 1
166. The hundred and sixty-fifth part of the book 1
167. The hundred and sixty-sixth part of the book 1
168. The hundred and sixty-seventh part of the book 1
169. The hundred and sixty-eighth part of the book 1
170. The hundred and sixty-ninth part of the book 1
171. The hundred and seventieth part of the book 1
172. The hundred and seventy-first part of the book 1
173. The hundred and seventy-second part of the book 1
174. The hundred and seventy-third part of the book 1
175. The hundred and seventy-fourth part of the book 1
176. The hundred and seventy-fifth part of the book 1
177. The hundred and seventy-sixth part of the book 1
178. The hundred and seventy-seventh part of the book 1
179. The hundred and seventy-eighth part of the book 1
180. The hundred and seventy-ninth part of the book 1
181. The hundred and eightieth part of the book 1
182. The hundred and eighty-first part of the book 1
183. The hundred and eighty-second part of the book 1
184. The hundred and eighty-third part of the book 1
185. The hundred and eighty-fourth part of the book 1
186. The hundred and eighty-fifth part of the book 1
187. The hundred and eighty-sixth part of the book 1
188. The hundred and eighty-seventh part of the book 1
189. The hundred and eighty-eighth part of the book 1
190. The hundred and eighty-ninth part of the book 1
191. The hundred and ninetieth part of the book 1
192. The hundred and ninety-first part of the book 1
193. The hundred and ninety-second part of the book 1
194. The hundred and ninety-third part of the book 1
195. The hundred and ninety-fourth part of the book 1
196. The hundred and ninety-fifth part of the book 1
197. The hundred and ninety-sixth part of the book 1
198. The hundred and ninety-seventh part of the book 1
199. The hundred and ninety-eighth part of the book 1
200. The hundred and ninety-ninth part of the book 1
201. The two hundredth part of the book 1

ANTECEDENTES

- Autor:** Maldonado Velásquez, Erik Javier
AÑO: 1996.
Título: Mejoramiento del color del azúcar, por medio de la clarificación de la meladura
Universidad: San Carlos de Guatemala
Resumen: Se hizo un análisis de los parámetros de abatimiento de la meladura y del color icumsa 4 del azúcar, además de otros, por ejemplo, turbidez de la meladura.
- Autor:** Cutz Saquimux, Luis Leonardo
AÑO: 2004.
Título: Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga semiautomática 1.22m x 0.76m ingenio Trinidad. Escuintla, Guatemala
Universidad: San Carlos de Guatemala
Resumen: se determina la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga discontinua, demostrándose la mayor parte de pérdida de azúcar, aumento de azúcar disuelta de cada lote; al incrementar los tiempos de lavado se aumenta el porcentaje de recirculación de agua, lo que redundo en requerimiento de mayor equipo e insumos, reflejando el impacto económico en el peso y costo del azúcar por lote que no se envasa.

Autor: Fuentes Navarro, Sherly Elizabeth
AÑO: 2006.
Título: Optimización del proceso de fabricación de azúcar blanca para mejorar la calidad, en el Ingenio Santa Teresa, S. A.
Universidad: San Carlos de Guatemala
Resumen: La finalidad del informe final de E.P.S. es contribuir a mejorar la calidad del producto final obtenido durante el proceso de producción, esto a través de controles de calidad antes de la llegada de la materia prima a producción, material en proceso y producto final almacenado en bodega.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Caña de azúcar

1.1.1. Definición de la caña de azúcar

Es una planta perenne de gran tamaño, correspondiente a la familia de las gramíneas, género *saccharum*, y asignada, según la mayoría de los autores, a la especie *Sacharum officinarum*; se presenta en forma de una caña de altura que varía de 1.5 a 5 metros, de coloraciones diversas (verde, amarillo, violáceo, rojizo), de tinte unido unas veces y estirado otras.

1.1.2. Composición de la caña de azúcar

La caña tiene una riqueza muy variable en azúcar en los distintos países que la cultivan; en algunos, como Cuba, varía del 13% al 14%; en otros, esta riqueza no pasa del 12%, mientras que los hay donde llega, a veces, al 17% y aún más.

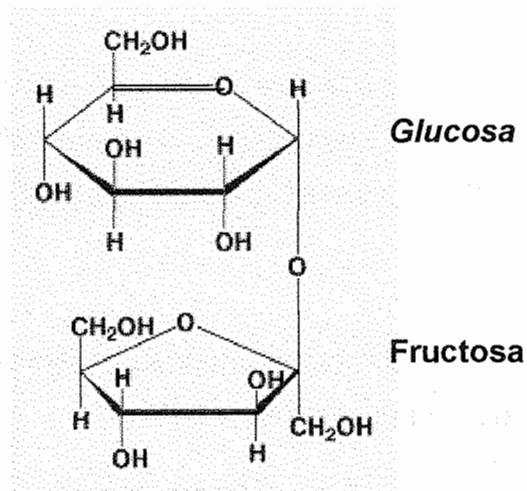
La proporción de fibra o materia leñosa es aproximadamente del 10% al 17% correspondiendo al jugo del 90% al 83%.

1.2. Sacarosa

1.2.1. Definición de la sacarosa

Es un disacárido formado por alfa-glucopiranososa y beta-fructofuranosa, es de excepcional importancia económica como alimento y endulzante, se encuentra en el reino vegetal en numerosas plantas, aunque en pequeña cantidad; en mayor cuantía, que permita su extracción industrial, la contienen la caña de azúcar, y la remolacha azucarera, la caña de sorgo, y menos abundantemente el árbol de maple y algunas palmas.

La sacarosa químicamente pura, empleada en la determinación de sus constantes físicas, se obtiene precipitando por tres veces con alcohol un azúcar refinado de la mejor calidad. Su fórmula de constitución es:



1.3. Proceso para la elaboración de azúcar

1.3.1. Pesaje de la caña

Para pesar la caña, se sigue el siguiente procedimiento: el camión o remolque es pesado en una báscula de plataforma junto con la caña, se procede a descargar la caña en bandas que transportan la caña al lavado; finalmente el camión o remolque es pesado nuevamente pero ahora sin la caña, y por diferencia de pesos se obtiene el peso de la caña.

1.3.2. Lavado de la caña

La caña se hace pasar por un campo magnético para evitar que se filtren metales que dañen físicamente a los equipos encargados de la extracción del jugo. Posteriormente se procede a lavar la caña, esto con el fin de limpiar la caña de todo tipo de impurezas que posea, como arena o tierra, las cuales son provenientes del corte de la caña en los campos.

1.3.3. Extracción del jugo

1.3.3.1. Cuchillas giratorias

Ejercen principalmente una acción niveladora y ordenadora de la masa de caña descargada, que cae siempre revuelta y entremezclada y que es preciso encuadrar, para regular su entrada a la desfibradora o al primer molino.

1.3.3.2. Desfibradora

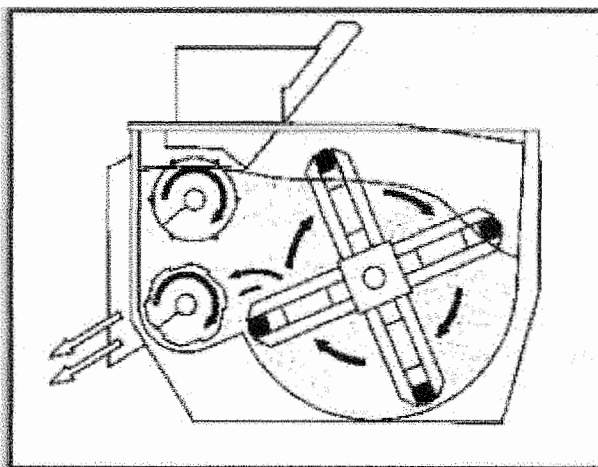
Prepara la caña en las debidas condiciones para su molienda. El objetivo de la desfibradora es doble: asegurar la alimentación del tren de molinos y preparar la caña, aplastándola para facilitar su toma y extracción.

1.3.3.3. Desmenuzadora

Son aparatos cuyo objeto, como su nombre indica, es el de desmenuzar la primera materia y prepararla para perfeccionar el trabajo posterior de los molinos, facilitando la maceración y la imbibición.

Figura 1

Desmenuzadora de caña de azúcar



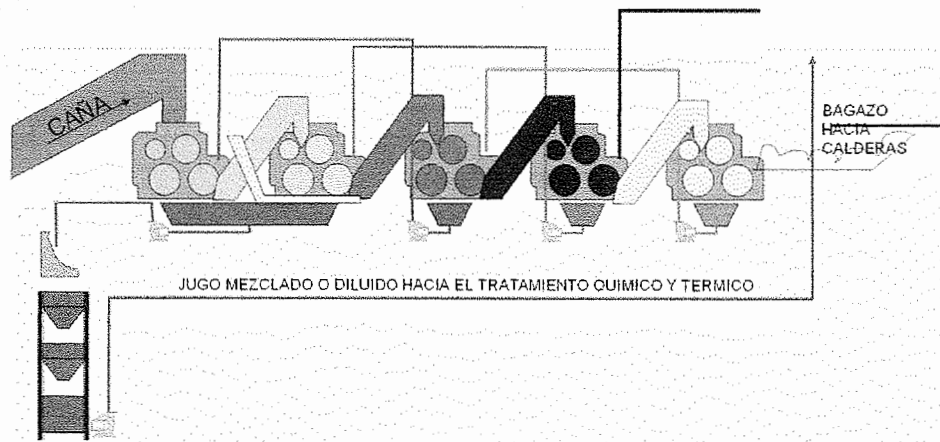
Fuente: Referencia electrónica No. 10

1.3.3.4. Molinos de caña

Su finalidad principal es la de conseguir la mejor separación posible de los dos elementos de la caña, fibra y jugo. El procedimiento más antiguo de extracción del jugo de la caña ha sido el del molino; primitivamente se emplearon molinos de dos cilindros de madera o de piedra; las instalaciones modernas, con sus máquinas de vapor, motores eléctricos o turbomotores, bancadas, conductores, molinos y accesorios, constituyen hoy un conjunto de los más impresionantes entre los instalados en numerosas industrias.

Los molinos empleados en la actualidad (Figura 2) están compuestos de tres mazas o cilindros horizontales, cuyos centros, unidos forman un triángulo isósceles. De estas tres mazas cilíndricas, dos se hallan situadas a la misma altura, girando en la misma dirección, y reciben los nombres de maza cañera (por donde entra la caña) y maza bagacera (por donde sale) o maza de descarga; la tercera maza llamada mayor o superior, está colocada entre las otras dos y gira en dirección contraria.

Figura 2
Molinos de caña de azúcar



Fuente: CODIMERCA'S PC

1.3.4. Tratamiento del jugo

1.3.4.1. Defecación

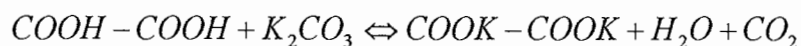
La adición de cal al jugo, neutraliza los ácidos libres, impidiendo la inversión de la sacarosa; su acción sobre los azúcares reductores depende de la concentración y de la temperatura. La cal se combina con la albúmina, que precipita en coágulos; con muchas sales inorgánicas, como los fosfatos, formando compuestos insolubles; los iones de hierro, aluminio, y silicatos presentes en los jugos precipitan con la cal, formando un precipitado gelatinoso, con gran cantidad de materia orgánica; muchas materias difíciles de eliminar como pectinas, y materias colorantes son arrastradas por los precipitados de cal.

1.3.4.2. Sulfitación

Desde un principio se tuvo la prevención, contra el empleo del sulfuroso, de los peligros de inversión de la sacarosa; y si el jugo fuese una disolución químicamente pura, la inversión se produciría desde el momento de su introducción; pero el jugo contiene sales inorgánicas y orgánicas sobre las cuales actúa primero el sulfuroso para formar sulfitos insolubles. Al principio, reaccionando con las sales de cal, se forma el sulfito de calcio, mientras los ácidos orgánicos se combinan con los álcalis.



y



Las materias colorantes se reducen en parte por el anhídrido sulfuroso.

1.3.4.3. Clarificación

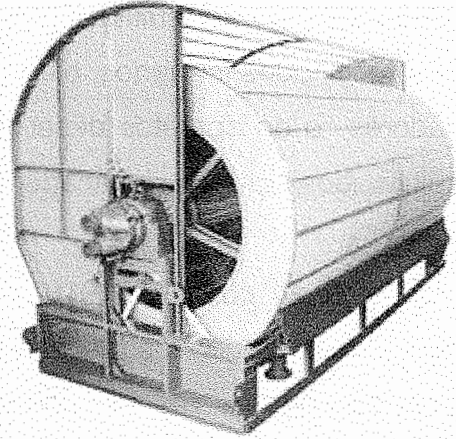
Después del tratamiento del jugo por sulfitación, hay que dejarlo decantar para separar el jugo de los precipitados formados; esta decantación se opera en aparatos llamados defecadores o en aparatos decantadores, que pueden ser intermitentes o continuos, llamados también clarificadores.

La clarificación, introducida en Cuba en 1918, es un procedimiento de decantación continua muy generalizado; los decantadores continuos deben poder recibir el jugo por decantar y regular continuamente, y tener las dimensiones suficientes para que la velocidad de circulación y salida del jugo se reduzcan a un valor tan bajo, que no impida la decantación; el jugo claro se separa por la parte superior, y los precipitados, por la parte inferior.

1.3.4.4. Filtración al vacío

El filtro de vacío consta de un tambor móvil alrededor de un eje horizontal parcialmente sumergido en el jugo que se filtra, cuya periferia, que constituye la superficie filtrante, está dividida en veinticuatro secciones, que se extienden a lo largo del tambor; cada sección se comunica independientemente con una tubería de vacío, colocado en un extremo del eje, que comprende tres sectores, de los cuales uno comunica con la atmósfera, sin tener comunicación con el vacío; otro comunica con un espacio con un vacío de 10 a 25 centímetros de mercurio, y el tercero comunica con un espacio en el que el vacío asciende a 20 ó 50 centímetros de mercurio. La pared exterior está constituida por una chapa de cobre o latón o de acero inoxidable, de 100 perforaciones, que se guarnecen pronto de trozos de bagazo y materias en suspensión. En la figura 3 se ilustra un filtro de vacío.

Figura 3
Filtro de vacío.



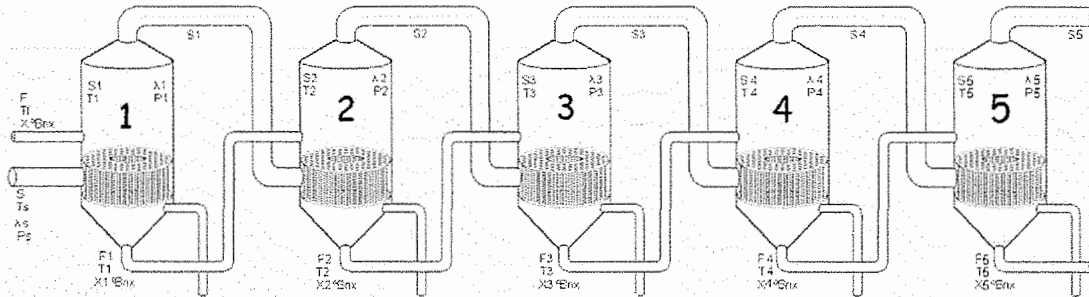
Fuente: Referencia electrónica No. 6

1.3.5. Evaporación y cocción

1.3.5.1. Evaporación del jugo de caña

El jugo que se obtiene a la salida de la filtración mecánica tiene aproximadamente un Brix de 12° a 15°; en esta operación se concentra el jugo hasta la obtención de un jarabe de 60 a 65° Brix aproximadamente. En la figura 4, se ilustra un evaporador de calandria de 5 efectos, utilizado para la evaporación del jugo de caña.

Figura 4
Evaporador de calandria de 5 efectos.



Fuente: CODIMERCA'S PC

1.3.5.2. Cristalización del azúcar

La concentración posterior del jarabe modifica profundamente su naturaleza, así como su estado físico; la viscosidad aumenta y, a medida que se produce la cristalización, el jarabe líquido se transforma en un producto semilíquido, semisólido, mucho menos fluido, cuya consistencia no permite su concentración en haces de tubos de poco diámetro, como los de los evaporadores.

Por esta razón, la cocción se realiza en aparatos individuales, trabajando en simple efecto, independientemente de los evaporadores, y que se denominan con el nombre de Tachos.

El resultado de esta concentración del jarabe es la obtención de un producto llamado masa cocida, de un Brix aproximadamente de 92°.

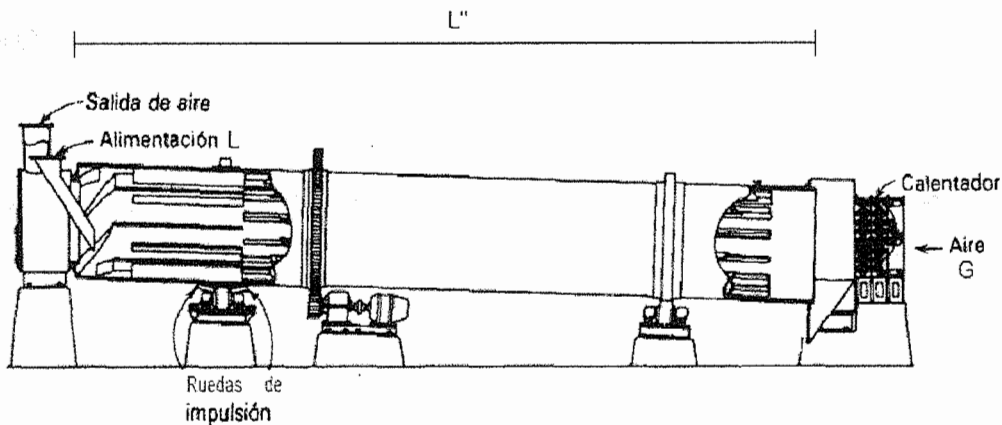
1.3.6. Centrifugación

Las masas cocidas salen de los tachos a una temperatura aproximada de de 70° a 75°; la separación de los cristales de azúcar de la miel madre se realiza en aparatos denominados centrífugas o turbinas. En esta etapa del proceso ocurre una recristalización para conseguir el máximo agotamiento y lograr así la recuperación del azúcar. Para la fabricación de azúcar blanca, es muy importante lavar con agua el azúcar dentro de la centrífuga, esto implica pérdidas de azúcar serias si se realiza un lavado en exceso.

1.3.7. Secado

El azúcar debe secarse para poder almacenarse y para que conserve sus características de calidad. Al salir de las centrífugas el azúcar sale con una humedad de 1% y al pasar por el proceso de secado, debe disminuir a 0.1%. El proceso de secado se lleva a cabo en un secador de túnel rotatorio a contracorriente (figura 5).

Figura 5
Secador de túnel rotatorio a contracorriente.



Fuente: Robert Treybal. **Operaciones de Transferencia de Masa.** Página 762

1.3.8. Almacenamiento.

El azúcar blanco, se almacena en sacos de polipropileno para su correcta conservación, y los sacos llenos se trasladan a una bodega.

1.4. Centrífugas

Los sólidos que forman una torta porosa se pueden separar de líquidos en una centrífuga de filtración. La suspensión se introduce como alimentación en una cesta rotatoria que tiene una pared perforada recubierta con un medio filtrante tal como una lona o una tela metálica. La presión que resulta de la acción centrífuga obliga al líquido a pasar a través del medio filtrante dejando los sólidos retenidos. Si se corta la alimentación y se sigue centrifugando, la torta queda libre de la mayor parte de líquido residual en un corto período de tiempo, quedando los sólidos mucho más secos que en el caso de un filtro prensa o un filtro de vacío. Por ello, cuando el material filtrado ha de secarse posteriormente por medios térmicos, el uso de una centrífuga puede dar lugar a una importante reducción de los costos.

Los principales tipos de centrífugas de filtración son: máquinas de recipiente suspendido que operan en discontinuo, máquinas automáticas de ciclo corto, y centrífugas continuas transportadoras. En las centrífugas de recipiente suspendido los medios filtrantes son lonas o telas metálicas. En las máquinas automáticas se utilizan finos tamices metálicos, y en las centrífugas transportadoras el medio filtrante es la pared ranurada de la misma cesta.

1.4.1. Funcionamiento

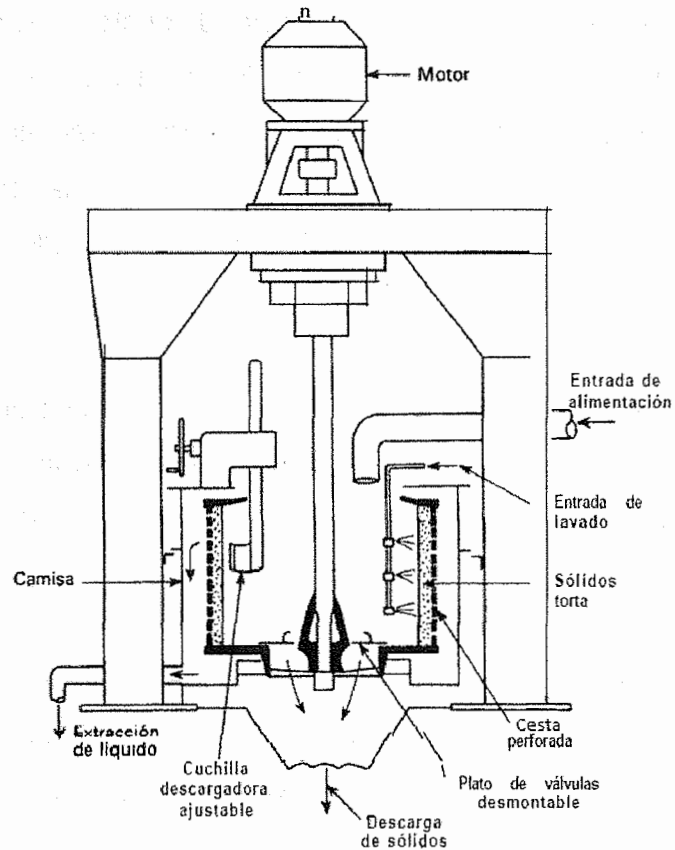
1.4.1.1. Centrífugas discontinuas suspendidas.

Un tipo frecuente de centrífuga discontinua en las operaciones industriales es la centrífuga de recipiente suspendido (figura 6). El tamaño de las cestas perforadas oscila entre 30 a 48 pulg de diámetro y entre 18 a 30 pulg de altura, y giran a velocidades comprendidas entre 600 y 1800 rpm. La cesta está suspendida en la parte inferior de un eje vertical giratorio que es accionado desde la parte superior. Un medio filtrante recubre la pared perforada de la cesta. La suspensión de alimentación entra en la cesta giratoria a través de un tubo o vertedero. El líquido escurre a través del medio filtrante hasta la carcasa y sale por una tubería de descarga, y los sólidos forman una torta de 2 a 6 pulg de espesor en el interior de la cesta. A través de los sólidos se puede rociar líquido de lavado con el fin de separar el material soluble y después se centrifuga la torta para secarla lo más posible, utilizando a veces una velocidad de giro mayor que durante las etapas de filtración y lavado. Se desconecta el motor, y la cesta casi se para por medio de un freno. Cuando la cesta está girando lentamente (30 o 50 rpm), se descargan los sólidos por medio de una cuchilla rascadora que desprende la torta del medio filtrante y cae a través de una abertura situada en el fondo de la cesta. Se lava el medio filtrante para limpiarlo, se conecta el motor y se repite el ciclo.

Este tipo de centrífugas son utilizadas ampliamente en el refinado de azúcar, donde operan con ciclos cortos de 2 a 3 minutos por carga y producen hasta 5 toneladas/hora de cristales por máquina. Con frecuencia poseen controles automáticos para alguna o todas las etapas del ciclo.

Sin embargo, en la mayor parte de los procesos se utilizan otras centrífugas automáticas o centrífugas continuas de transportador, debido a que es preciso separar grandes tonelajes de cristales.

Figura 6
Centrífuga continua suspendida.



Fuente: McCabe, Warren L.; Smith. **Operaciones unitarias en ingeniería química**. 6ta edición.

Página 1081

Otro tipo de centrífuga discontinua se acciona desde el fondo, estando el motor, la cesta y la carcasa, suspendidas desde vástagos verticales montadas sobre una placa base. Los sólidos se descargan a mano a través de la parte superior de la carcasa o bien a través de aberturas situadas en el fondo de la cesta como en el caso de las máquinas de recipiente suspendido.

Excepto en el refinado de azúcar, las centrifugas suspendidas generalmente operan con ciclos de 10 a 30 minutos por carga, descargando los sólidos a razón de 700 a 4000 lb/h.

1.4.1.2. Centrifugas automáticas discontinuas

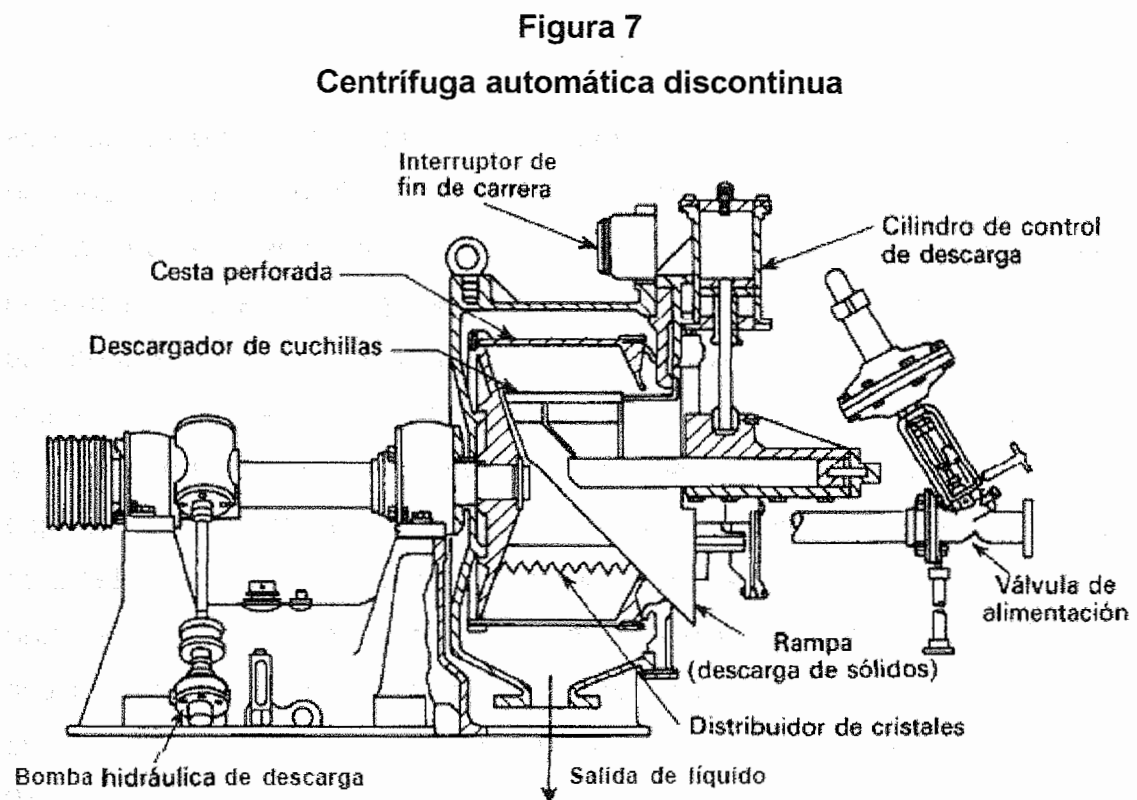
En esta máquina la cesta gira con velocidad constante alrededor de un eje horizontal. La suspensión alimento, el líquido de lavado de la torta y el medio filtrante se rocían sucesivamente en la cesta a intervalos controlados de tiempo. La cesta se descarga mientras gira a toda velocidad por medio de una cuchilla que asciende periódicamente y desprende los sólidos llevándolos a la conducción de descarga.

Temporizadores del ciclo y válvulas de solenoide controlan las diferentes partes de la operación: alimentación, lavado, cortado de la torta, limpieza del tamiz y descarga. Cualquier parte del ciclo se puede alargar o acortar a voluntad.

En estas máquinas el diámetro de la cesta está comprendido entre 20 y 24 pulg. Las centrifugas automáticas tienen una elevada capacidad de producción cuando operan con cristales que descargan libremente, y normalmente no se utilizan cuando la alimentación contiene muchas partículas más finas que 150 mallas. Con cristales gruesos el ciclo total de operación varía entre 35 y 90 s, de forma que la capacidad horaria es elevada.

Debido a la corta duración del ciclo y la pequeña retención de la suspensión alimento, filtrado y sólidos descargados, las centrifugas automáticas se incorporan fácilmente en procesos continuos de fabricación. Las pequeñas cargas de sólidos se pueden lavar eficazmente con pequeñas cantidades de líquido y, como ocurre en cualquier máquina discontinua, si es necesario el lavado puede aumentarse temporalmente para mejorar la calidad del material.

Las centrifugas automáticas no pueden tratar sólidos que escurren con dificultad, debido a que requerirían ciclos antieconómicos por su larga duración, o sólidos que no descargan fácilmente. Además se produce una considerable rotura o degradación de los cristales por la cuchilla cortadora. En la figura 7 se esquematiza este tipo de centrifuga.



Fuente: McCabe, Warren L.; Smith. **Operaciones unitarias en ingeniería química**. 6ta edición.

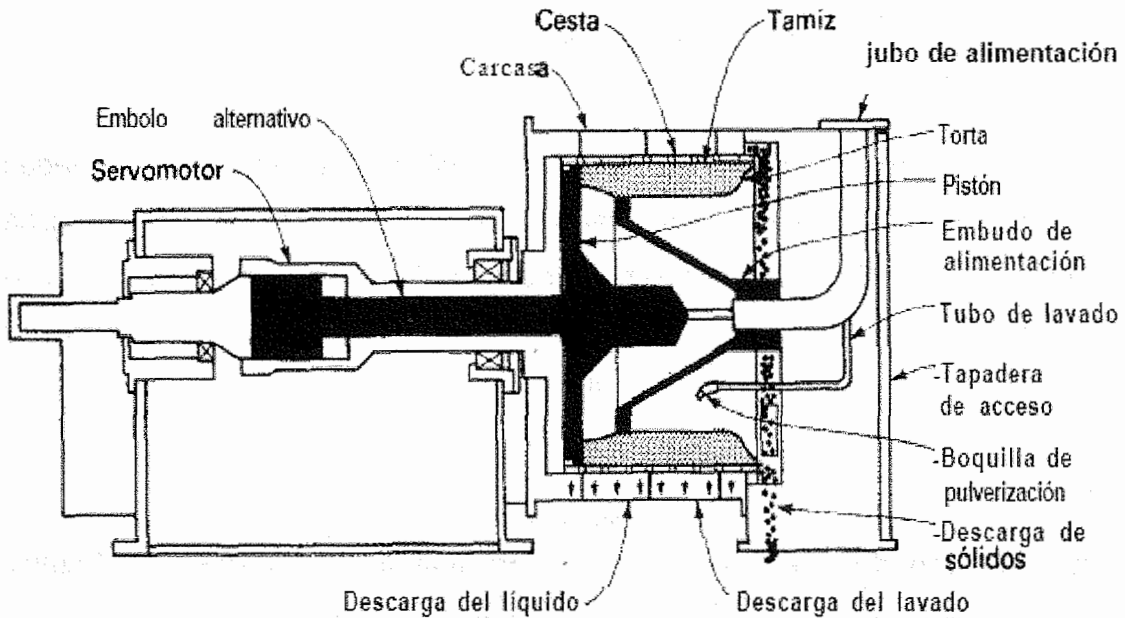
1.4.1.3. Centrifugas continuas de filtración

Una cesta rotatoria con la pared ranurada, se alimenta por medio de un embudo giratorio. El objeto del embudo es acelerar suave y progresivamente la suspensión de alimentación. La alimentación entra por el extremo estrecho del embudo desde una tubería estacionaria situada en el eje de rotación de la cesta. Se desplaza hacia la parte ancha del embudo, ganando velocidad al desplazarse, y cuando abandona éste hacia la pared de la cesta gira en el mismo sentido y con una velocidad aproximadamente igual que la pared.

El líquido fluye a través de la pared de la cesta, que puede estar recubierta con una tela metálica o con una lona. Se forma una capa de cristales de 1 a 3 pulg. Esta capa se mueve sobre la superficie filtrante por medio de un impulsor alternativo.

Cada carrera del impulsor mueve los cristales unos pocos centímetros hacia la parte exterior de la cesta y durante el recorrido de vuelta se abre un espacio sobre la superficie filtrante en la que se deposita más torta. Cuando los cristales alcanzan el borde de la cesta caen en una gran carcasa y pasan a un colector de descarga. El filtrado y el líquido de lavado que se rocía sobre los cristales durante su movimiento abandonan la carcasa por salidas separadas. La lenta aceleración de la suspensión alimento y la desaceleración de la descarga de sólidos minimiza la rotura de cristales. Las unidades de múltiple etapa, que minimizan la distancia recorrida por los cristales en cada etapa, se utilizan con tortas de sólidos que no se transportan adecuadamente en una máquina de una sola etapa. Las centrifugas alternativas se construyen con cestas cuyo diámetro varía entre 12 y 48 pulg. Escurren y lavan de 0,3 a 25 toneladas por hora de sólidos que contienen no más de aproximadamente 10 por 100 de material más fino que 100 mallas. Véase la figura 8.

Figura 8
Centrífuga continua de filtración



Fuente: McCabe, Warren L.; Smith. **Operaciones unitarias en ingeniería química**. 6ta edición.

Página 1083

1.4.2. Lavado en las centrífugas

Con el objeto de eliminar la película de miel que recubren a los cristales de azúcar, en una centrífuga se llevan a cabo dos lavados, en los cuales es inevitable la pérdida de una parte del azúcar ya cristalizado por refundición.

En el primer lavado entra a 900 rpm y es el encargado de separar la miel más alejada del cristal o miel pobre.

El segundo lavado se realiza cuando la centrífuga se encuentra a una velocidad aproximada de 1300 rpm y es el encargado de separar la miel más cercana al cristal o miel rica. Esta miel rica por tener una pureza aproximada a la de la meladura se recircula para la misma.

El flujo de agua es controlado a través de válvulas solenoides controladas por temporizadores digitales, y el lavado agua se aplica a través de boquillas de bronce con orificios de aproximadamente 0.00158 m de diámetro y con capacidades de aproximadamente 0.00028 m³/s. En la tabla I se muestra el tiempo de lavado en las centrífugas del ingenio Trinidad

Tabla I
Tiempo en segundos del lavado de una centrífuga por lote para azúcar blanco y crudo en el Ingenio Trinidad

Operación	Tiempo (s)	
	Azúcar Crudo	Azúcar Blanco
Primer lavado	1	7
Entre lavado	5	15
Segunda lavado	1	8

Fuente: Luis Cutz. **Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga semiautomática de 1.22m x 0.76m Ingenio Trinidad. Escuintla, Guatemala;**
Página 26

1.4.3. Tiempos de operación de una centrífuga.

Esta operación varía su tiempo (2 a 4 minutos) el azúcar atrapada en las mallas se lava con vapor y agua caliente creando así el cristal o cristales de azúcar limpios.

Los tiempos de duración del ciclo de trabajo para una centrífuga por lote varían de acuerdo a la calidad de azúcar que se está produciendo, los tiempos experimentales para el azúcar crudo y blanco se muestra en la tabla II.

Tabla II
Tiempo en segundos de las operaciones de una centrífuga por lote y ciclo total para azúcar blanco y crudo en el Ingenio Trinidad

Operación	Tiempo (s)	
	Azúcar Crudo	Azúcar Blanco
Limpieza tela	5	5
Carga	10	10
Romper purga	5	10
Primer lavado	1	7
Entre lavado	5	15
Segunda lavado	1	8
Secado	60	70
Parar	15	15
Descarga	50	50
Ciclo total	152	190

Fuente: Luis Cutz. **Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga semiautomática de 1.22m x 0.76m Ingenio Trinidad, Escuintla, Guatemala.**

Página 26

1.5. Colorímetro colobserver CL150

El Colobserver CL150 fue especialmente diseñado para las aplicaciones relacionadas a la producción de azúcar. Compacto, deja libre acceso al transportador para cualquier tipo de intervención.

El objetivo es de ajustar los parámetros de cada turbina en función de la medida del color obtenida gracia al colorímetro: una instrucción de color correspondiendo a un tiempo de limpieza esta calculado en continuo para que la medida del colorímetro sea igual à la instrucción. Podemos así optimizar el seguimiento personalizado de cada turbina, realizar economías de energía, y del consumo de agua.

1.5.1. Principios de funcionamiento

Las variaciones de los valores colorimétricos del azúcar son medidas por el uso de una fuente luminosa y un detector de color numérico. Un procesador de datos incluyendo un software específico a la aplicación calcula los parámetros de color y controla los resultados. Un sistema de supervisión a distancia permite fijar los resultados y las manchas de azúcar moreno.

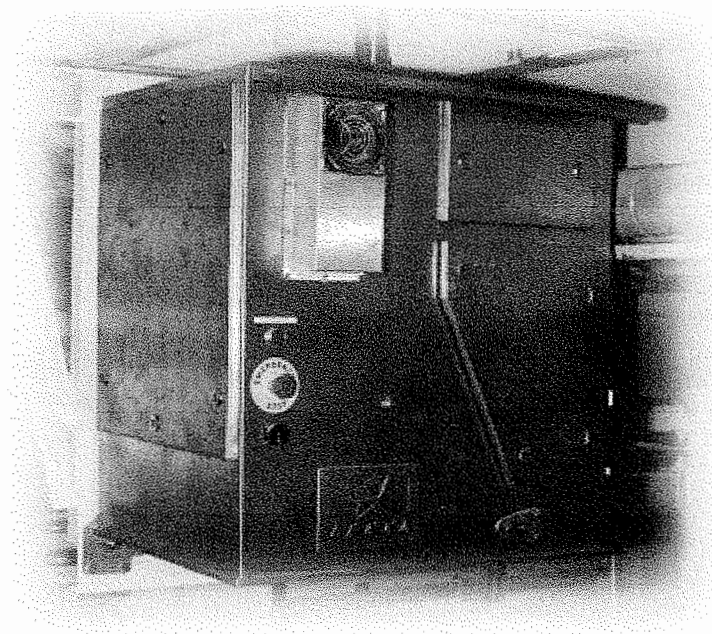
Una consigna de color correspondiente a un tiempo de lavado esta dado para cada centrifuga y el tiempo de lavado está calibrado siempre para que la medida del colorímetro sea igual a la consigna.

1.5.2. Composición del CL 150

1.5.2.1. Unidad de medición

La unidad de medición (figura 9) instalada arriba del azúcar húmedo pasando en el transportador después de las centrifugas o arriba del azúcar seco, compuesta de un sensor digital de alta resolución en color, de una iluminación estroboscopia, de un doblo de calibración, de un PLC y de los elementos electrónicos están ubicados arriba del transportador.

Figura 9
Colorímetro Colobserver CI 150



Fuente: Manual CL 150; ITECA

1.5.2.2. Sistema de supervisión

Ubicado en la sala de control, compuesto de dos pantallas que incluye el conjunto PC, pantallas de control y software específico (figura 10) está ubicado en la sala de control.

Figura 10
Sistema de supervisión CI 150



Fuente: Manual CL 50; ITECA

1.5.2.3. Pantallas de control

La pantalla principal dedicada a los parámetros colorimétricos presenta bastantes informaciones:

- Muestra los perfiles de cada turbina: con efecto, cada turbina tiene un perfil propio que se repite para cada descarga. Una variación de este mismo informa automáticamente sobre una falla de la turbina (defecto debido a la flauta de limpieza, uso del cesto, etc...) o una falla debida a la masa cocida.

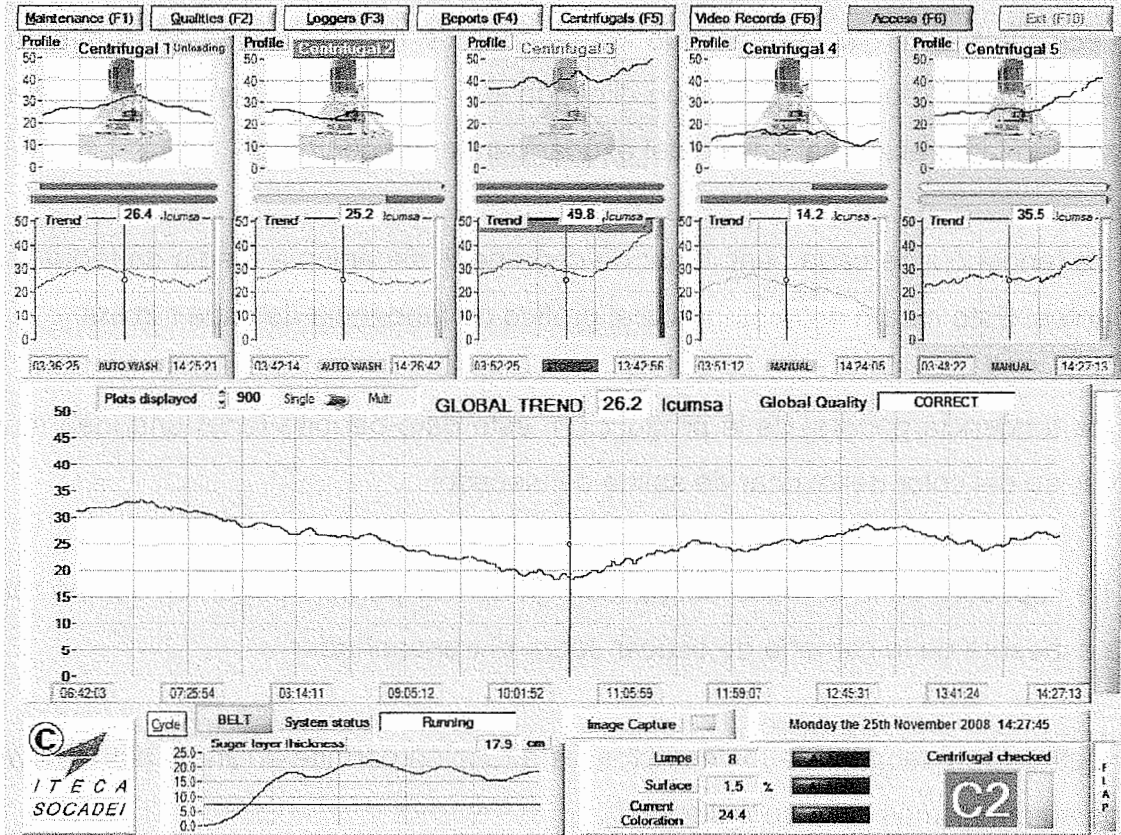
- Tiempos de pasaje y de llegada para cada turbina: con el fin de conocer exactamente de cual turbina el CL150 esta midiendo el color del azúcar, precisamos controlar en continuo los tiempos de llegada dados en la mayoría de los casos por la información "llevada del cono de la centrifuga" , como también la duración del pasaje del azúcar para cada centrifuga.
- La tendencia de cada centrifuga: de cada perfil sacamos a media de todos los puntos. Esta media esta integrada al gráfico de tendencia de cada turbina.
- La tendencia general de la producción: este dato permite tener una idea muy precisa del color del azúcar de salida del secador.
- La espesura de la camada del azúcar: un sensor permite seguir en tiempo real la espesura de la camada de azúcar sobre el transportador
- Detección y registro de los defectos: esta función permite arrancar alarmas y/o los automatismos correspondientes.

En la figura 11 se muestra la pantalla de control principal

Figura 11: Pantalla de control principal del sistema de control de la planta de procesamiento de azúcar. La pantalla muestra una interfaz de usuario con múltiples paneles de control y visualización de datos, incluyendo gráficos de tendencia y lecturas de sensores.

Figura 11

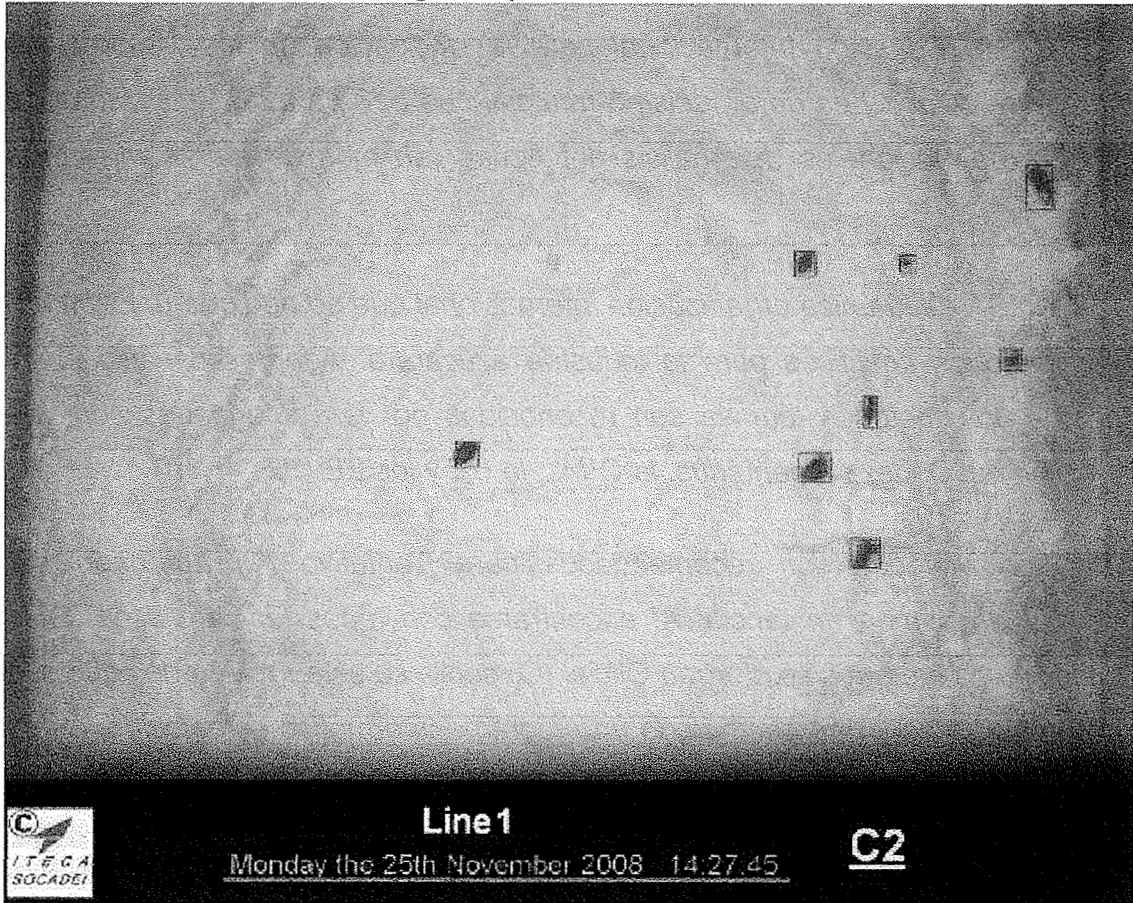
Pantalla de control principal



Fuente: Fuente: Manual CL 50; ITECA

En la segunda pantalla (Figura 12) muestra en tiempo real la imagen del azúcar indicando de cual turbina es el azúcar, la fecha y la hora de la imagen como también las no conformidades detectadas (presencia de manchas de azúcar, de masa cocida, etc.)

Figura 12
Segunda pantalla de control



Fuente: Fuente: Manual CL 50; ITECA

1.6. ICUMSA

ICUMSA (Comisión Internacional para la Unificación de los Métodos de Análisis del Azúcar) es un organismo mundial que agrupa a las actividades de los Comités Nacionales de Análisis del Azúcar en más de treinta miembros países.

ICUMSA es la única organización internacional que se dedique únicamente a los métodos analíticos para la industria azucarera. Además del uso en la industria, los métodos Icumsa son reconocidos por las autoridades como la Comisión del Codex Alimentarius, la OIML, la UE y los EE.UU.

Los métodos son recomendados para Tentativo (T) aprobado por ICUMSA en primera instancia. Al encontrarse con todos los requisitos de la Comisión, los métodos se otorgan Oficial (O) sobre su estado. Métodos que son claramente útiles y han encontrado un programa informático establecido, o que no se prestan a pruebas de detección colectivas, se dan una Aceptado (A) de estado. Los detalles de cómo la situación de los métodos se ha establecido se puede obtener mediante la lectura de las correspondientes actas.

El encargado del mercadeo del azúcar en Guatemala es MAQXSA (Máquinas Exactas, S.A.), la cual elabora un plan de logística para cada ingenio, en donde se especifican cantidades y cualidades del azúcar (tabla III)

Tabla III

Especificaciones para comercialización del Azúcar en Guatemala

Calidad de Azúcar	Humedad Max	Color	Polarización	Cenizas Max	Vitamina A
	(%)	(ICUMSA)	(%)	(%)	(PPM)
Refino Industrial	0.04	Max 60	Min. 99.80	0.04	5.1-20
Refino Premium (empacado)	0.04	Max 40	Min. 99.80	0.04	5.1-20
Superior	0.04	61-200	Min 99.60	Max 0.08	5.1-20
Estándar	0.08	201-350	Min 99.40	0.10	5.1-20
Morena	0.12	1000-2000	Min. 98.00	0.15	5.1-20

Fuente: Cristy Marlene Zetino Vargas. **Diseño de un sistema de calidad, para el departamento de clarificación de meladura, de un ingenio azucarero según ISO 9001:200.**

Página 13.

1.7. Rentabilidad y retorno sobre la inversión (ROI)

En economía, la rentabilidad relaciona el beneficio económico con los recursos necesarios para obtener ese lucro. A nivel empresa, muestra el retorno para los accionistas de la misma, que son los únicos proveedores de capital que no tienen ingresos fijos.

La rentabilidad puede verse como una medida de cómo una compañía invierte fondos para generar ingresos. Se suele expresar como porcentaje.

El índice de retorno sobre la inversión (ROI por sus siglas en inglés) es un indicador financiero que mide la rentabilidad de una inversión, es decir, la tasa de variación que sufre el monto de una inversión (o capital) al convertirse en utilidades (o beneficios). La fórmula del índice de retorno sobre la inversión es:

$$\text{ROI} = ((\text{Utilidades} - \text{Inversión}) / \text{Inversión}) \times 100 \quad [\text{Ecuación No.1}]$$

El ROI se usa al momento de evaluar un proyecto de inversión: si el ROI es menor o igual que cero, significa que el proyecto o futuro negocio no es rentable (factible); y mientras mayor sea el ROI, significa que un mayor porcentaje del capital se va a recuperar al ser invertido en el proyecto. Asimismo, el ROI permite comparar diferentes proyectos de inversión, aquel que tenga un mayor ROI será el más rentable y, por tanto, el más atractivo.

Finalmente, se debe señalar que el ROI, debido sobre todo a su simplicidad, es uno de los principales indicadores utilizados en la evaluación de un proyecto de inversión; sin embargo, debemos tener en cuenta que este indicador no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Variables

Tabla IV

Definición operacional de las variables

Variables	Dimensional	Tipo de variable		Manipulación de variable	
		Constantes	Variables	De control	De Respuesta
Nivel de colchón de azúcar			X	X	
Velocidad de la banda transportadora de azúcar	rpm	X		X	
Color de azúcar	ICUMSA		X		X
Tiempo de lavado de centrifugas	s		X	X	
Azúcar refundido	kg		X		X
Capacidad de producción	kg		X		X

Fuente: CODIMERCA'S PC.

2.2. Delimitación del campo de estudio

Para llevar a cabo el presente trabajo de graduación, se toma como universo a un ingenio azucarero; debido a que la producción de azúcar es continua y real, los datos a tomar, serán los datos reales de producción o los datos de la última zafra en caso de que el ingenio no se encuentre en zafra; el estudio se centra en la refundición del azúcar durante el lavado de azúcar en las centrífugas

2.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Gabriel Yocimar García Velásquez.
- Asesor: Ing. Qco. David Cerezo.
- Director de la escuela de Ingeniería química: Ing. Químico Williams Álvarez
- Coordinadora del área de calidad, investigación y vinculación: Inga. Química Lisely de León Arana
- Gerente comercial CODIMERCA'S PC: Pablo Cerezo Toledo.

2.4. Recursos materiales disponibles

- Computadora personal
- Impresora
- Material de investigación: Libros, documentos relacionados al tema e historiales del ingenio, datos proporcionados por Codimerca's pc, asesoría técnica por parte de Iteca Socadei

2.5. Técnica cuantitativa

Para realizar el análisis de optimización, se llevan a cabo diversos cálculos relacionados con el lavado de azúcar en las centrifugas, estos con el fin de realizar una comparación entre el proceso sin la instalación del colorímetro y el proceso con la optimización del colorímetro. Se cuantifica el consumo de agua, energía y la cantidad de azúcar refundida, así como los costos relacionados con los consumos, con el fin de alcanzar los objetivos establecidos para este estudio.

2.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los datos necesarios para fines de este trabajo, se obtienen directamente de la empresa CODIMERCA'S PC. La información obtenida se tabula en tablas en el apéndice en el siguiente orden:

- Datos generales de producción
 - Datos generales de producción actuales.
 - Datos generales de operación actual de las centrifugas.
 - Tiempos de operación actual de las centrifugas.
 - Cantidad de procesos batch por centrifuga
 - Consumo de agua por lavado actualmente
 - Azúcar refundida en la actualidad
 - Consumo de energía actual de las centrifugas
 - Producción de azúcar actual
 - Datos generales de precios
 - Tiempos de operación de las centrifugas, con el colorímetro.
 - Cotización del colorímetro.
- Costo del colorímetro

2.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Con la información obtenida según el inciso 2.6 de esta sección, se procede a realizar los siguientes cálculos en el siguiente orden,:

- Consumo de agua de lavado.
- Consumo de energía
- Azúcar refundida.
- Costo
- Ahorro y aumento de producción
- Capacidad de producción con el tiempo de optimización de lavado.
- Rentabilidad

La forma de realizar cada cálculo y las ecuaciones se detallan en el apéndice 1.

Los cálculos se realizan para un el proceso de lavado de azúcar por batch de centrífuga, por día y por zafra. Los cálculos se tabulan en el apéndice 2.

3. RESULTADOS

3.1. Ahorro en consumo de agua y energía

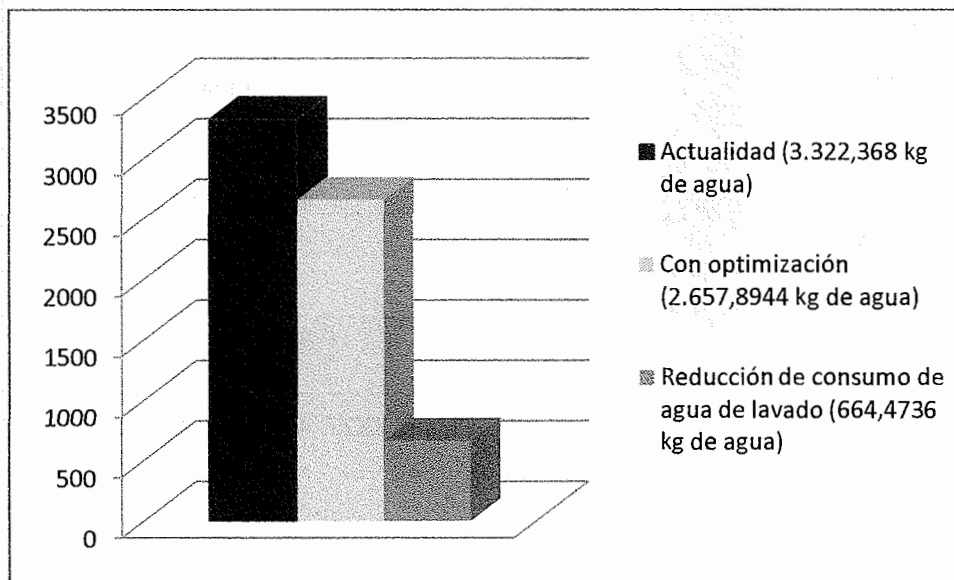
Tabla V
Ahorro de agua de lavado

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Consumo de agua por batch (m ³)	0,001666	0,001666	0,003192	0,003024	0,009548
Consumo de agua por día (m ³)	0,79968	0,79968	1,378944	1,45152	4,429824
Consumo de agua por Zafra (m ³)	119,952	119,952	206,8416	217,728	664,4736

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XXXVIII

Figura 13

Consumo de agua de lavado en las centrifugas durante la zafra



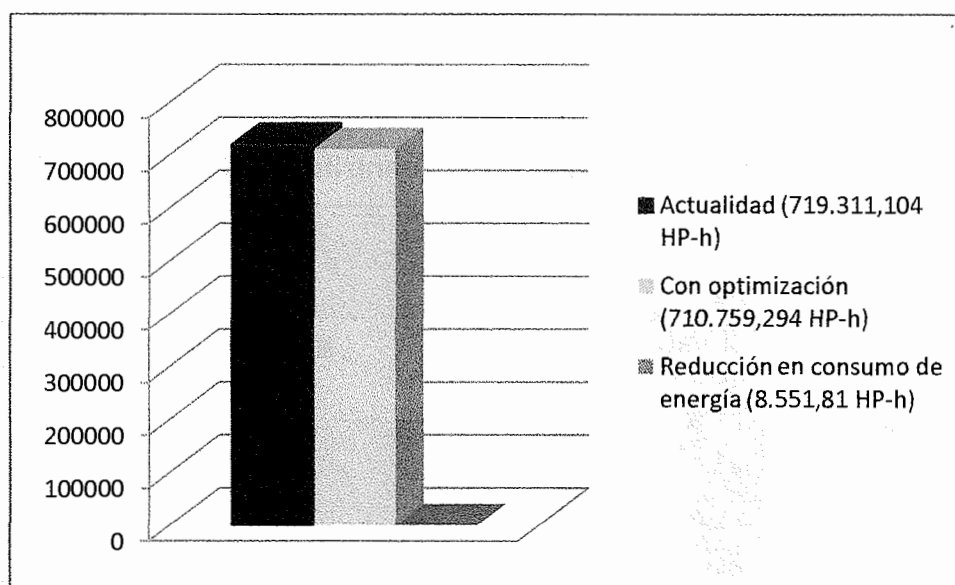
Fuente: Anexo 1; Tabla XIX Apéndice 2.3; Tabla XXX. Apéndice 2.5; Tabla XXXVIII

Tabla VI
Ahorro de energía

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Consumo de Energía por Batch (HP-h)	0,0277512	0,0277512	0,03330144	0,03330144	0,12210528
Consumo de energía por hora (HP-h)	0,555024	0,555024	0,59942592	0,6660288	2,37550272
Consumo de energía por día (HP-h)	13,320576	13,320576	14,38622208	15,9846912	57,0120653
Consumo de energía por zafra (HP-h)	1.998,0864	1.998,0864	2.157,933312	2.397,70368	8.551,80979

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XXXIX

Figura 14
Consumo de energía de las centrífugas durante la zafra



Fuente: Anexo 1; Tabla XXI. Apéndice 2.3; Tabla XXXI. Apéndice 2.5; Tabla XXXIX

3.2. Aumento de capacidad de producción y reducción de costos

Tabla VII

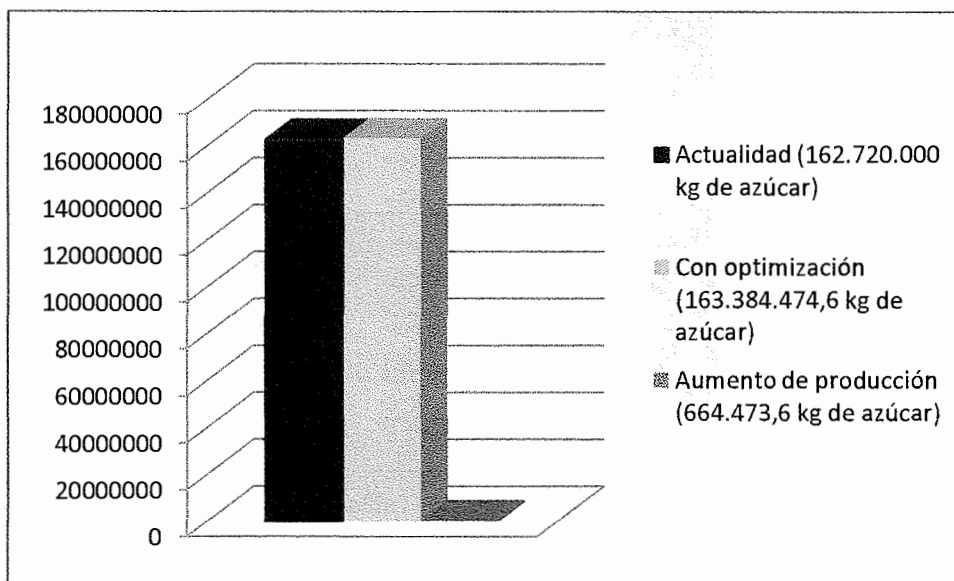
Kg de azúcar que aumenta la producción con la implementación del colorímetro

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrífugas por batch (kg)	1,666	1,666	3,192	3,024	9,548
Capacidad diaria de producción de azúcar (kg)	799,68	799,68	1.378,944	1.451,52	4.429,824
Capacidad de producción por zafra (kg)	119.952	119.952	206.841,6	217.728	664.473,6

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XXXX

Figura 15

Producción de azúcar de la zafra



Fuente: Anexo 1; Tabla XXI. Apéndice 2.3; Tabla XXII. Apéndice 2.5; Tabla XXXX

Tabla VIII

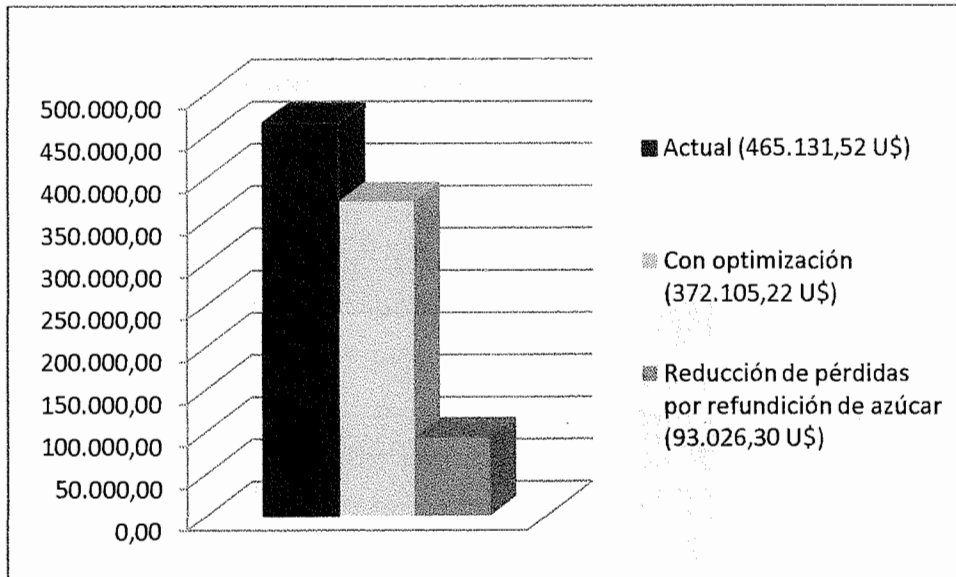
Ganancia por disminución de refundición de azúcar

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrifugas por batch (U\$)	0,23	0,23	0,45	0,42	1,34
Capacidad diaria de producción de azúcar (U\$)	111,96	111,96	193,05	203,21	620,18
Capacidad de producción por zafra (U\$)	16.793,28	16.793,28	28.957,82	30.481,92	93.026,30

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XXXX

Figura 16

Pérdidas por refundición de azúcar en la zafra



Fuente: Apéndice 2.1; Tabla XXVIII. Apéndice 2.4; Tabla XXXV. Apéndice 2.5; Tabla XLII

Tabla IX

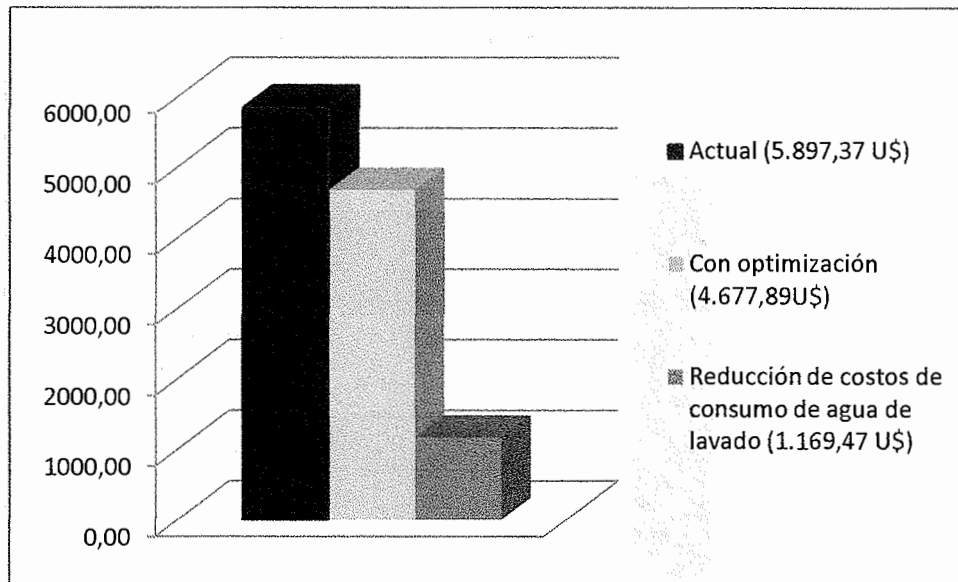
Reducción de costos en el consumo de agua con la optimización con la implementación colorímetro

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Precio de lavado por Batch (U\$)	0,0029	0,0029	0,01	0,01	0,02
Precio de lavado por día (U\$)	1,41	1,41	2,43	2,55	7,80
Precio de lavado por zafra (U\$)	211,12	211,12	364,04	383,20	1.169,47

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XLI

Figura 17

Costo de agua lavado en las centrifugas durante la zafra



Fuente: Apéndice 2.1; Tabla XXVI. Apéndice 2.4; Tabla XXXIV. Apéndice 2.5; Tabla XLI

Tabla X

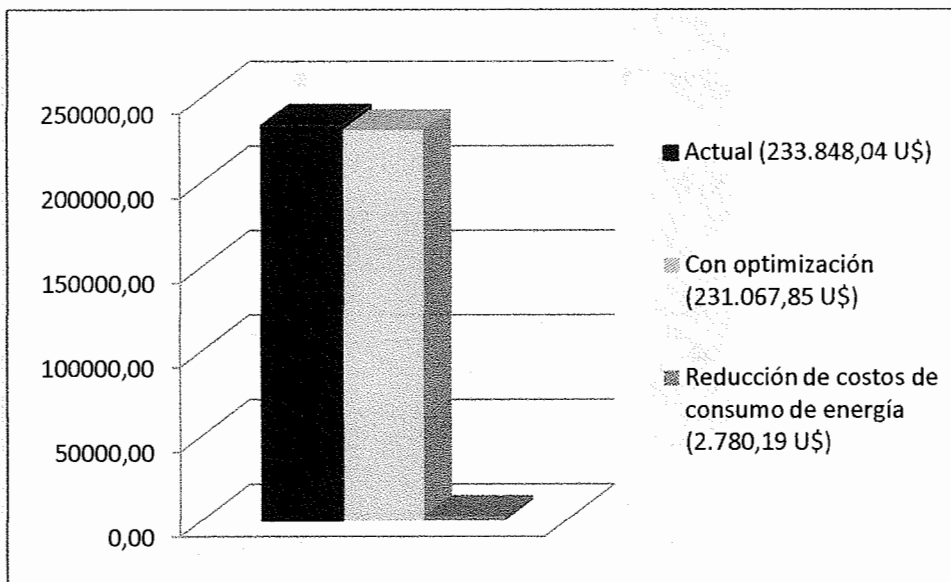
Ahorro en el consumo de energía de las centrífugas con la implementación del colorímetro

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio de energía por batch (U\$)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Precio de energía por Hora (U\$)	0,18	0,18	0,19	0,22	0,77
Precio de energía por día (U\$)	4,33	4,33	4,68	5,20	18,53
Precio de energía por zafra (U\$)	649,58	649,58	701,54	779,49	2.780,19

Fuente: Apéndice 2.5; Tabla XLIII

Figura 18

Costo de energía de las centrífugas durante la zafra



Fuente: Apéndice 2.1; Tabla XXVII. Apéndice 2.4; Tabla XXXVI. Apéndice 2.5; Tabla XLIII

3.3. Azúcar perdido por refundición con el Colorímetro

Tabla XI

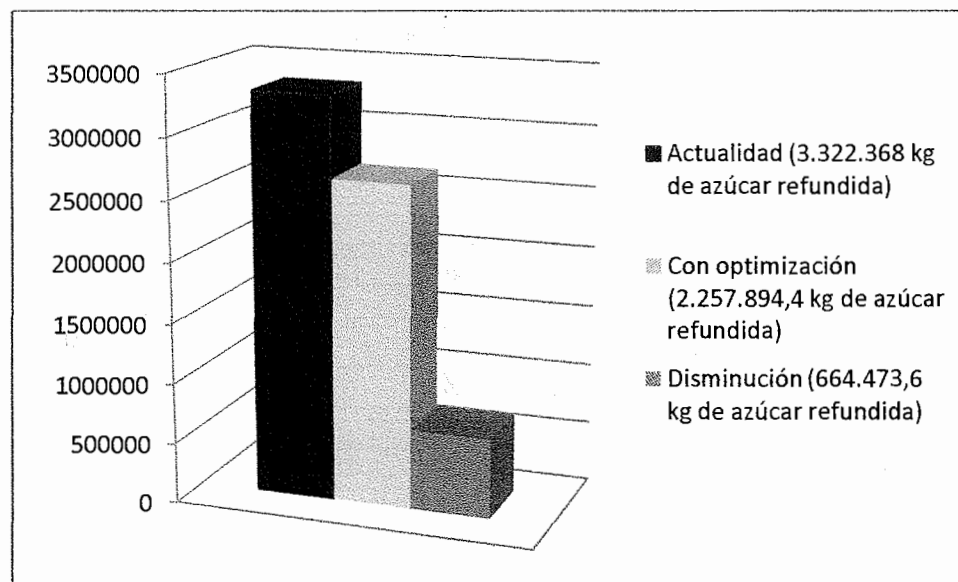
Cantidad de azúcar refundida con la implementación del colorímetro

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Azúcar refundida por lavado (kg)	6,664	6,664	12,768	12,096	38,192
Azúcar refundida por día (kg)	3.198,72	3.198,72	5.515,776	5.806,08	17.719,296
Azúcar refundida por zafra (kg)	479.808	479.808	827.366,4	870.912	2.657.894,4

Fuente: Apéndice 2.3; Tabla XXXII

Figura 19

Azúcar refundida durante la zafra



Fuente: Anexo 1; Tabla XX. Apéndice 2.3; Tabla XXXII. Apéndice 2.5; Tabla XXXVII

3.4. Costo de implementar el equipo

Tabla XII

Inversión para implementar el colorímetro

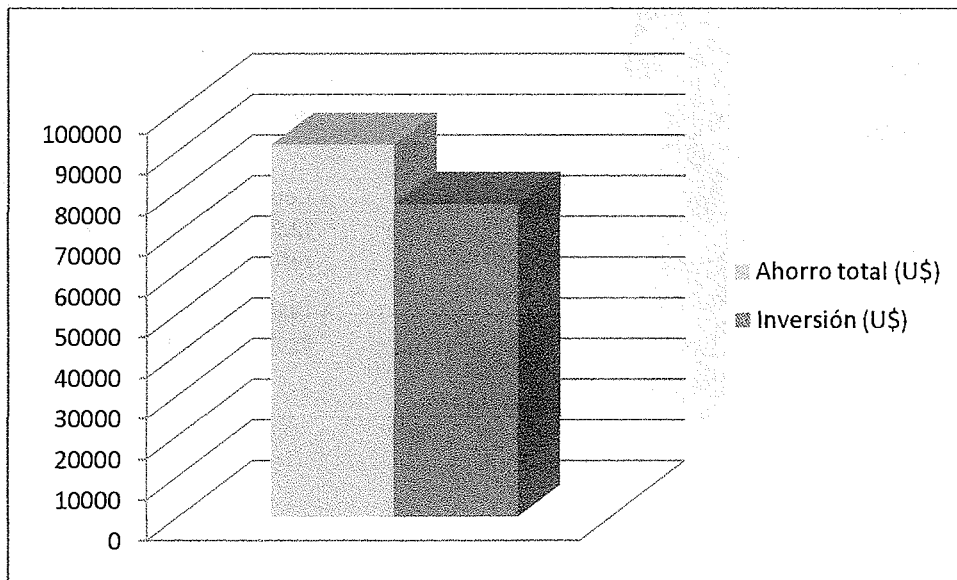
Item	Descripción	Costo (U\$)
1	Sistema de análisis de color Colobserver CL 150	66.823,41
2	15% (del valor del equipo) impuesto y flete hasta las bodegas del Ingenio	10.023,51
	TOTAL	76.846,92

Fuente: Anexo 2, tabla XXV.

3.5. Rentabilidad

Figura 20

Ahorro e inversión



Fuente: Anexo 2; Tabla XXV; Datos calculados, Apéndice 2.7; Tabla XLVI

Tabla XIII
Rentabilidad del colorímetro

Utilidades	Inversión	TOTAL (U\$)	ROI%
Ahorro en agua de lavado		1.169,47	
Ahorro en energía		2.780,19	
Ganancia por aumento de producción, considerando 6% de tiempo perdido		87.444,73	
	Equipo e instalación	76.846,92	
			18,93

Fuente: Apéndice 2.7; Tabla XLVI

1918

1918

1918

1918

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Como parte del beneficio de la instalación del colorímetro, la tabla V muestra la cantidad de agua ahorrada en m^3 por batch, día y zafra. El ahorro de agua por batch aparenta ser despreciable, esto debido a la pequeña disminución de tiempo de lavado; sin embargo al considerar el ahorro diario, al final de la zafra se obtendrá un ahorro significativo de agua. La figura No. 13, muestra lo significativo que resulta el ahorro en la zafra con respecto al agua consumida normalmente.

El ahorro en el consumo de energía por cada centrífuga, contribuye en una pequeña cantidad a la optimización del proceso de fabricación de azúcar, esto se debe al igual que en el consumo de agua, a la pequeña cantidad de tiempo que se reduce el tiempo de un batch por centrífuga. En la figura No. 14 se aprecia el poco aporte del ahorro de energía con respecto al consumo total durante la zafra. El tiempo de reducción de lavado afecta al aporte de la energía en cuanto a ahorro, debido a que los costos de la misma se ven vinculados con tiempos en horas, y la reducción de 3 segundos en el lavado, no es significativo comparado con los 3600 segundos que componen una hora.

La disminución de agua de lavado, conlleva a una disminución de azúcar refundida, está azúcar sin refundir pasa a formar parte del azúcar producido, por lo que la capacidad de producción aumenta en la misma cantidad que disminuye la cantidad de azúcar refundida.

Actualmente la capacidad diaria de producción es de 1,084,000.00 kg de azúcar y la cantidad de azúcar que aumenta el colorímetro en cuanto a producción es de 1,089,229.82 kg de azúcar, aumentando en 5,229.82 kg, aumento que es poco apreciable comparado con la producción total, tal como lo muestra la gráfica 15.

A diferencia del ahorro de agua y energía, la disminución de azúcar refundida aun en una pequeña cantidad comparada con la producción total, tiene un gran representante en el perfil económico debido a su precio de venta. En la tabla VIII se tabula un valor de U\$ 93,026.30 equivalentes a esa pequeña cantidad de aumento de producción marcada en la gráfica No. 16; la figura 16 muestra de qué manera se hace importante el impedimento de refundición de azúcar para obtener un buen ahorro económico.

De la figura 17, puede analizarse lo significativo del ahorro en dólares de agua de lavado en cuanto a lo que normalmente se paga por este fluido; sin embargo los U\$1,169.47 que se ahorran por zafra comparados con el ahorro en dólares del azúcar refundido, se determina que es despreciable el aporte económico del ahorro de agua.

El ahorro de energía mostrado en la figura 18 de U\$ 2,780.19, es aún mayor que el ahorro de agua, aún así es pequeño comparado con el ahorro en la refundición de azúcar.

La disminución de la pérdida de azúcar de 3,322,368.0 kg a 2,657,894.4 kg, conforma el mayor ingreso para obtener un ahorro significativo durante toda la zafra.

El ahorro total al ser comparado con la inversión necesaria para obtener el equipo (ver tabla XIII) a través del índice de retorno sobre la inversión, devuelve un valor positivo el cual indica que nuestro equipo generará alguna cantidad de ingresos económicos. El valor del ROI de equivalente a 18.93% nos da una referencia de poder obtener una ganancia de 0.1893 veces el valor de la inversión, por lo que el equipo es considerado rentable.

La reducción de los costos, demuestra que la reducción del costo de consumo de agua de lavado es la mayor, sin embargo la reducción de los costos de agua de lavado es la que tiene la representación lucrativa más baja, pero es la que beneficia a la no refundición de azúcar; la reducción de azúcar refundida, aumenta la capacidad de producción en una pequeña cantidad en masa, pero lucrativamente es el mayor aporte a la rentabilidad del colorímetro, por lo tanto existe una vinculación entre el consumo de agua de lavado y el aumento de producción, a través de la refundición de azúcar; al disminuir la cantidad de agua de lavado disminuye la cantidad de azúcar refundida y aumenta la producción.

Cabe analizar que el tiempo de lavado es el parámetro responsable de la cantidad de agua que se utiliza en el proceso, por lo tanto existe también una vinculación entre el tiempo de lavado y la producción total de azúcar.

Los resultados indican que la instalación del colorímetro CI 50 colobserver en la salida de las centrifugas, optimiza la fabricación de azúcar a través de la reducción del consumo de agua, energía y principalmente en el ahorro de azúcar refundida para lo cual se ha construido el equipo.

... the

... ..

... ..

... ..

CONCLUSIONES

1. El ahorro en energía es despreciable, debido a la corta disminución del tiempo de lavado.
2. La mayor reducción de costos se presenta al disminuir costos de agua de lavado en las centrífugas.
3. Un aumento de 664.473,6 kg de azúcar en la producción conlleva a un aumento de U\$ 87.444,73 con 6% de tiempo perdido.
4. Para aumentar la producción, a partir del manejo de las centrífugas, el tiempo de lavado debe disminuir
5. La inversión del colorímetro se recupera en menos de un período (zafra), por lo que, la implementación del mismo es rentable.
6. Las ganancias por disminución de azúcar refundida son las principales entradas lucrativas que hacen que el equipo sea rentable.
7. El colorímetro aumenta la capacidad de producción y genera ingresos económicos considerables, a través de la disminución del tiempo de lavado y elimina el riesgo de rechazo de azúcar por color fuera de parámetro.

CONCLUSIONS

It is concluded that the proposed method is a simple and effective way of determining the concentration of a mixture of two or more components.

The method is applicable to a wide range of mixtures and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

The method is also applicable to the analysis of mixtures of components which are not easily separated and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

The method is also applicable to the analysis of mixtures of components which are not easily separated and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

The method is also applicable to the analysis of mixtures of components which are not easily separated and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

The method is also applicable to the analysis of mixtures of components which are not easily separated and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

The method is also applicable to the analysis of mixtures of components which are not easily separated and is particularly suitable for the analysis of mixtures of components which are not easily separated.

RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración las variables externas (humedad, polvillo de azúcar, velocidad de la banda transportadora, ancho de la banda transportadora) del proceso al momento de realizar la instalación para que el funcionamiento del equipo no se vea afectado.
2. Al momento de implementar el colorímetro, realizar modelos matemáticos experimentales, considerando las variables indicadas en el inciso 1 de esta sección y las incertezas de los instrumentos de medición vinculados con el funcionamiento del colorímetro.
3. Realizar análisis estadísticos con la implementación del colorímetro.
4. Al implementar el colorímetro, se debe determinar a través de cálculos matemáticos y estadísticos, como afecta la implementación del equipo en todo el proceso de fabricación de azúcar en cuanto a consumos de recursos y producción.

2019-2020 Budget

The Board of Directors has approved the 2019-2020 Budget for the City of... The budget is based on the current fiscal year's performance and the anticipated revenue for the next fiscal year. The budget includes provisions for the City's various departments and programs, including public safety, public works, and community development. The budget also includes provisions for the City's debt service and capital expenditures.

The budget is subject to the approval of the City Council. The City Council will review the budget and make any necessary adjustments before it is adopted. The budget is also subject to the approval of the State Auditor. The State Auditor will review the budget to ensure that it complies with the State's budgetary requirements.

The budget is a key document for the City's financial management. It provides a clear picture of the City's financial resources and how they will be used over the next fiscal year. The budget is also a tool for transparency and accountability. It allows the public to see how the City's money is being spent and to hold the City's leaders accountable for their actions.

Mayor [Name]

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cutz, Luis. Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga semiautomática 1.22m x 0.76m Ingenio Trinidad. Escuintla, Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2004.
2. E. Hugot. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Publishing Company. 1960.
3. Resnick, Robert. Y otros. **Física**. México Continental 2004. Capítulo 11; Apéndice G.
4. Shweyer, Herbert. *Process Engineering Economics*. Editorial MCGRAWHILL; New York. Páginas: 82 – 136
5. Zetino Vargas, Cristy Marlene. Diseño de un sistema de calidad, para el departamento de clarificación de meladura, de un ingenio azucarero según ISO 9001:2000. Trabajo de graduación de ingeniería química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. Páginas: 10, 11

THE POLITICAL ECONOMY OF THE 1970S

The 1970s were a decade of economic stagnation and political turmoil. The oil crisis, stagflation, and the Vietnam War were major factors in the economic and political landscape of the decade. The political economy of the 1970s was characterized by a shift in power from the traditional political elite to a new generation of leaders who were more responsive to the needs of the working class.

The political economy of the 1970s was characterized by a shift in power from the traditional political elite to a new generation of leaders who were more responsive to the needs of the working class.

The political economy of the 1970s was characterized by a shift in power from the traditional political elite to a new generation of leaders who were more responsive to the needs of the working class.

The political economy of the 1970s was characterized by a shift in power from the traditional political elite to a new generation of leaders who were more responsive to the needs of the working class.

The political economy of the 1970s was characterized by a shift in power from the traditional political elite to a new generation of leaders who were more responsive to the needs of the working class.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. http://es.wikipedia.org/wiki/Retorno_de_la_inversi%C3%B3n
2. <http://translate.google.com.gt/translate?hl=es&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/DeltaV&ei=WvNVTLDzD9S7jAfSIsHDBA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=4&ved=0CCgQ7gEwAw&prev=/search%3Fq%3Ddcs-delta%2BV%26hl%3Des>
3. http://www.alzado.org/articulo.php?id_art=30
4. http://www.catsa.net/catsa_procesos_fabrica_azucar.html
5. <http://www.icumsa.org/>
6. <http://imagenes.acambiode.com/empresas/6/7/8/5/67851050093068655156505552514557/productos/filtro-rotatorio-de-vacio%20BAS.jpg>
7. <http://www.perafan.com/azucar/ea02cali.html>
8. http://www.sancarlos.com.ec/pdf/proceso_azucar.pdf
9. <http://www.sugarindia.com/spanish/icuma.htm>
10. <http://www.todoagro.com.ar/Image/mix4.jpg>

SARAJEVO UNIVERZITET

Ustavno pravo, predmet iz oblasti prava

Ustavno pravo, predmet iz oblasti prava
Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava
Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava
Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava
Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava
Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

Iz oblasti prava, predmet iz oblasti prava

BIBLIOGRAFÍA

1. Iteka Socadei. Propuesta comercial CL CT-2 009-6-22[1]. Editado: 30 julio de 2009. Páginas: Anexos.
2. McCabe, Warren L. Y otros. Operaciones unitarias en ingeniería química. 7ª edición México. McGraw-Hill. 2007; Páginas: 51, 1081-184.
3. Porta Arqued, Antonio. Fabricación del azúcar. España Salvat 1955.
4. Treybal, Robert Ewald. Operaciones de transferencia de masa. México; McGraw-Hill 1980. Páginas 761 - 768

CHAPTER 1

The first part of the book is devoted to a general introduction to the subject of the book. It is divided into two main sections: the first section deals with the general principles of the subject, and the second section deals with the specific details of the subject.

The second part of the book is devoted to a detailed study of the subject. It is divided into two main sections: the first section deals with the general principles of the subject, and the second section deals with the specific details of the subject.

The third part of the book is devoted to a detailed study of the subject. It is divided into two main sections: the first section deals with the general principles of the subject, and the second section deals with the specific details of the subject.

The fourth part of the book is devoted to a detailed study of the subject. It is divided into two main sections: the first section deals with the general principles of the subject, and the second section deals with the specific details of the subject.

ANEXOS

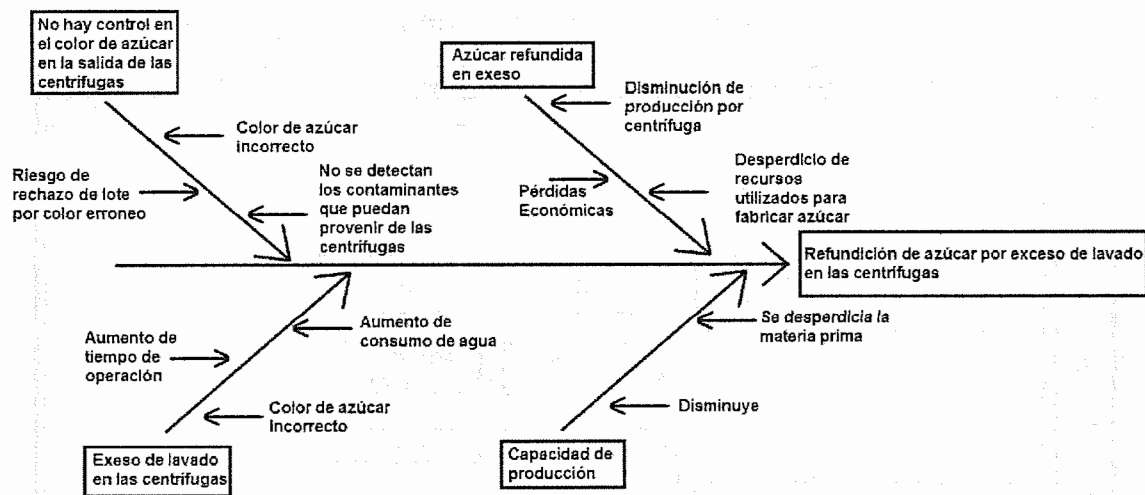
Anexo 1. Requisitos académicos

Tabla XIV
Requisitos Académicos

	Área	Tema Genérico	Tema Específico	Especificación	Problema a resolver	
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA	QUÍMICA	Análisis Cuantitativo	Solubilidad	Solubilidad de azúcar	Realizar el estudio de optimización del proceso de fabricación de azúcar blanca para un ingenio azucarero, através de un colorímetro en línea.	
		Química Orgánica	Disacáridos	Azúcar		
	Área de Físicoquímica	Dinámica de Procesos Químicos	Protocolos de comunicación	Lazos de control		HART, PROFIBUS, FIELDBUS
			Control automático de procesos	Lógica de control		Control PID
			Transmisores	Sensores y transductores		
			Operaciones Unitarias	Flujo de Fluidos		Traslado de fluidos
	Área de Especialización	Ingeniería Económica 3	Rentabilidad	Rentabilidad de equipos		
		Diseño de Equipo	Proceso de fabricación de azúcar	Centrifugación		
	Ciencias Básicas Complementarias	Física 1	Dinámica	Trabajo, Energía y Potencia		

Anexo 2. Árbol de problemas

Figura 21
Árbol de problemas



Anexo 3. Datos recopilados

Tabla XV

Datos generales de producción actuales

Promedio de la producción diaria (kg)	1.084.800,00
Duración de la zafra (días)	150
Tiempo perdido (%)	6,00
Densidad del agua (kg/m ³)	1.000
kg agua / kg azúcar refundido	1,00

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XVI

Datos generales de operación actual de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Marca de centrifuga (fabricante)	BMA	BMA	MAUSA	Western States	
Capacidad del batch en masa cocida (kg)	650	1.000	1.750	2.425	5825
Flujo de Agua (m ³ /s)	0,000833	0,000833	0,00133	0,00126	0,004256
Potencia de la centrifuga (hP)	50	50	50	50	50

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XVII

Tiempos de operación actual de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Tiempo de un Batch (s)	180	180	200	180	740
Tiempo real de lavado (s)	10	10	12	12	44

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XVIII

Cantidad de procesos batch por centrifuga

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Cantidad de Batch por hora	20	20	18	20	78
Cantidad de Batch por día	480	480	432	480	1.872
Cantidad de Batch por zafra	72.000	72.000	64.800	72.000	280.800

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XIX

Consumo de agua por lavado actualmente

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de agua por batch (m ³)	0,00833	0,00833	0,01596	0,01512	0,04774
Consumo de agua por día (m ³)	3,9984	3,9984	6,89472	7,2576	22,14912
Consumo de agua por Zafra (m ³)	599,76	599,76	1.034,208	1.088,64	3.322,368

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XX

Azúcar refundida en la actualidad

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Azúcar refundida por lavado (kg)	8,33	8,33	15,96	15,12	47,74
Azúcar refundida por día (kg)	3.998,4	3.998,4	6.894,72	7.257,6	22.149,12
Azúcar refundida por zafra (kg)	599.760	599.760	1.034.208	1.088.640	3.322.368

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XXI

Consumo de energía actual de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de Energía por Batch (HP-h)	2,497608	2,497608	2,77512	2,497608	10,267944
Consumo de energía por hora (HP-h)	49,95216	49,95216	49,95216	49,95216	199,80864
Consumo de energía por día (HP-h)	1.198,85184	1.198,85184	1.198,85184	1.198,85184	4.795,40736
Consumo de energía por zafra (HP-h)	179.827,776	179.827,776	179.827,776	179.827,776	719.311,104

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XXII

Producción de azúcar actual

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrifugas por batch (kg)	260	400	700	970	2330
Capacidad diaria de producción de azúcar (kg)	124.800	192.000	302.400	465.600	1.084.800
Capacidad de producción por zafra (kg)	18.720.000	28.800.000	45.360.000	69.840.000	162.720.000

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XXIII

Datos generales de precios

Precio de agua (U\$/m ³)	1,76
Precio de fabricación de 1kg de azúcar (U\$)	0,14
Relación de cambio U\$/€	0,8081
Precio de la energía eléctrica (Q/KW-h)	1,94
Precio de la energía eléctrica (U\$/HP-h)	0,3251

Fuente: CODIMERCA'S PC

Tabla XXIV

Tiempos de operación de las centrifugas, con el colorímetro

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Tiempo ahorrado en el lavado (s)	2	2	2,4	2,4	8,8
Tiempo de un Batch (s)	178	178	197,6	177,6	731,2
Tiempo real de lavado (s)	8	8	9,6	9,6	35,2

Fuente: ITECA SOCADEI

2. Costo del colorímetro

Tabla XXV

Cotización del colorímetro

Item	Descripción	Costo (€)	Costo (U\$)
1	Sistema de análisis de color en línea modelo Colobserver® CL150 Arranque y formación incluso 5 días conforme ítem 1.4.1.	54.000,00	66.823,41
2	Supervisión de instalación	4.480,00	5.543,87
3	"Pantalla plana 17" con protección IP 66 para instalación al lado del sistema de medición	2.726,00	3.373,34
	Tipos de comunicación		
4	Profibus DP	1.998,00	2.472,47
5	Modbus Ethernet TCP IP	1.998,00	2.472,47
6	Modbus/Jbus (Link RS485 ó RS422)	1.513,00	1.872,29
7	Modbus +	5.419,00	6.705,85
8	15% impuesto y flete hasta la bodega (ítem 1)	8.100,00	10.023,51
	TOTAL (ítem 1, ítem 8)	62.100,00	76.846,92

Fuente: Propuesta técnica comercial CT-2 009-6-22 ITECA SOCADEI

APÉNDICE

A1. Muestra de cálculo

A1.1. Consumo de agua de lavado.

$$Cal = q * tl \quad \text{[Ecuación No.2]}$$

Donde:

Cal = consumo de agua de lavado [m³]

q= velocidad volumétrica de flujo [m³/s]

tl= tiempo real de lavado[s]

Ejemplo No. 1

Cálculo del consumo de agua de lavado por batch para la centrífuga No. 1 con el tiempo de optimización del colorímetro.

Solución:

De la tabla XVI se obtiene q= 0,000833 m³/s para la primera centrífuga. De la tabla XXI se obtiene tl= 8s por batch para la primera centrífuga. Entonces al aplicar la ecuación No. 2, se obtiene:

$$Cal = 0.000833 \frac{m^3}{s} * 8s = 0,006664m^3$$

Respuesta:

El consumo de agua de lavado por batch para la primera centrífuga con el tiempo de optimización de lavado es de 0,006664m³

Nota:

El cálculo de agua de lavado por día y zafra, se calculan de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso. Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A1.2. Consumo de energía

$$E_c = P_c * t_c * 2,77512 \times 10^{-4} \quad \text{[Ecuación No.3]}$$

Donde:

E_c = consumo de energía de la centrífuga [HP/h]

P_c = Potencia de la centrífuga [HP]

t_c = tiempo de operación de la centrífuga [s]

$2,77512 \times 10^{-4}$ = Factor de conversión

Ejemplo No. 2

Cálculo del consumo de energía por batch para la centrífuga No. 1 con el tiempo de optimización del colorímetro.

Solución:

De la tabla XII se obtiene $P_c = 50$ HP para la primera centrífuga. De la tabla XXI se obtiene $t_c = 178$ s por batch para la primera centrífuga. Entonces al aplicar la ecuación No. 3, se obtiene:

$$E_c = 50 \text{HP} * 178 \text{s} * 2,77512 \times 10^{-4} = 2,4698 \text{HP/h}$$

Respuesta:

El consumo de energía por batch para la primera centrífuga con el tiempo de optimización de lavado es de 2,4698HP/h

Nota:

El cálculo de energía por día y zafra, se calculan de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso. Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A1.3. Azúcar refundida

$$Zr = Cal * Tr * \lambda \quad \text{[Ecuación No. 4]}$$

Donde:

Zr= azúcar refundida [kg]

Cal = consumo de agua de lavado [m³]

Tr = tasa de refundición de azúcar [kg agua / kg de azúcar]

λ = Densidad del agua [kg/m³]

Ejemplo No. 3

Cálculo de azúcar refundida en un batch para la primera centrífuga con el tiempo de optimización de lavado dado por el colorímetro.

Solución:

Del ejemplo No. 1 se obtiene que Cal = 0,006664m³ con el tiempo de optimización de lavado dado por el colorímetro. De la tabla XV se obtiene que la Tr = 1 y λ = 1.000kg/m³. Al aplicar la ecuación 4 se obtiene:

$$ZR = 0,006664 * 1 * 1.000 = 6,664kg$$

Respuesta:

La cantidad de azúcar refundida por batch para la primera centrífuga con el tiempo de optimización de lavado es de 6,664kg

Nota:

El cálculo de agua de lavado por día y zafra, se calculan de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso. Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A1.4. Costo

$$C = P_s * C_s$$

[Ecuación No. 5]

Donde:

C=Costo de un servicio [agua, energía, refundición de azúcar].

P_s= Precio del servicio [U\$] (para la refundición de azúcar se toma el precio de fabricación de azúcar)

C_s= Consumo del servicio

Ejemplo No. 4

Cálculo del costo de agua de lavado para un batch de la primera centrífuga con el tiempo de optimización de lavado dado por el colorímetro.

Solución:

De la tabla XXIII se obtiene P_s=1,76 [U\$/m³]. Del ejemplo No.1 se obtiene que

C_s= 0,006664 [m³]. Aplicando la ecuación No. 5 se obtiene:

$$C_s = 1,76 \frac{U\$}{m^3} * 0,006664 m^3 = 0,01 U\$$$

Respuesta:

El costo de agua de lavado para un batch de la primera centrífuga en la situación actual es de U\$ 0,01

Nota:

El cálculo de los costos con el tiempo de optimización del colorímetro se realiza de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso.

Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A1.5. Ahorro y aumento de producción

$$Ah = Psc - Pcc$$

[Ecuación No. 6]

Donde:

Ah= Ahorro (en el consumo de un servicio o ahorro económico; para el caso de refundición de azúcar el ahorro es considerado como un aumento de producción).

Psc= Precio del consumo (económico o de servicio) en la actualidad

Pcc= Precio del consumo económico o de servicio) con optimización por el colorímetro

Ejemplo No. 5

▲ Cálculo del ahorro de agua de lavado para un batch de la primera centrífuga

Solución:

De la tabla XVI se obtiene $Psc=0,00833 \text{ [m}^3\text{]}$. Del ejemplo No.1 se obtiene que $Pcc= 0,006664 \text{ [m}^3\text{]}$. Aplicando la ecuación No. 6 se obtiene:

$$Ah = 0,00833 - 0,006664 = 0,001666 \text{ m}^3$$

Respuesta:

El ahorro de agua de lavado para un batch de la primera centrífuga es de $0,001666 \text{ m}^3$

Nota:

Todos los cálculos de ahorro se realizan de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso. Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2. Para calcular el ahorro económico (ganancia) por el aumento en producción para el cálculo de la rentabilidad, el valor obtenido en la ecuación No. 6 debe multiplicarse por el tiempo efectivo de trabajo (1-porcentaje de tiempo perdido) ver tabla XV

A1.6. Capacidad de producción con el tiempo de optimización de lavado.

$$C_{po} = Ahr + C_{psc} \quad \text{[Ecuación No. 7]}$$

Donde:

C_{po} = Capacidad de producción con el tiempo de optimización de lavado [kg o U\$]

C_{psc} = Capacidad de producción actual [kg o U\$]

Ahr = Ahorro de azúcar refundido en el lavado. [kg o U\$]

Ejemplo No. 6

Cálculo de la capacidad de producción total (toda la zafra) de azúcar en kg

Solución:

De la tabla XXXX se obtiene Ahr= 664.473,6 [kg]. De la tabla XXII se obtiene que C_{psc} = 162.720.000 [kg]. Aplicando la ecuación No. 7 se obtiene:

$$C_{po} = 664.473,6 + 162.720.000 = 163.384.473,6 \text{ kg}$$

Respuesta:

La capacidad de producción total (toda la zafra) es de 163.384.473,6 kg

Nota:

Los cálculos monetarios por producción de azúcar se realizan de forma homóloga, utilizando los datos correspondientes según sea el caso. Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A1.7. Porcentaje de rentabilidad

Véase la ecuación No.1 de la página No.

Ejemplo No. 7

Cálculo de la rentabilidad del colorímetro.

Solución:

De la tabla XXV se obtiene la inversión equivalente a U\$ 76.846,92. De las tablas XIL, XLIII y XLVI se obtienen las siguientes utilidades:

Ahorro en consumo de agua de lavado de toda la zafra: U\$. 1.169,47

Ahorro en consumo de energía de toda la zafra: U\$ 2.780,19

Ganancia por aumento de producción (ahorro de azúcar refundida): U\$ 87.444,20

Aplicando la ecuación No. 1 se obtiene:

$$\%ROI = \frac{(1.169,47 + 2.780,19 + 87.444,20) - 76846.92}{76846.92} * 100 = 18,93\%$$

Respuesta:

La rentabilidad del equipo es de 18,93%

Nota:

Los datos obtenidos se tabulan en el apéndice 2.

A 2. Datos calculados

A2.1. Costos en la actualidad.

Tabla XXVI
Costo actual de agua de lavado

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio de lavado por Batch (U\$)	0,01	0,01	0,03	0,03	0,08
Precio de lavado por día (U\$)	7,04	7,04	12,13	12,77	38,98
Precio de lavado por zafra (U\$)	1.055,58	1.055,58	1.820,21	1.916,01	5.847,37

Fuente: Muestra de cálculo; inciso A1.4

Tabla XXVII
Costo actual de energía de las centrífugas

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio de energía por batch (U\$)	0,81	0,81	0,90	0,81	3,34
Precio de energía por Hora (U\$)	16,24	16,24	16,24	16,24	64,96
Precio de energía por día (U\$)	389,75	389,75	389,75	389,75	1.558,99
Precio de energía por zafra (U\$)	58.462,01	58.462,01	58.462,01	58.462,01	233.848,04

Fuente: Muestra de cálculo; inciso A1.4

Tabla XXVIII
Costo actual de azúcar refundida por lavado

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio por lavado (U\$)	1,17	1,17	2,23	2,12	6,68
Precio por día (U\$)	559,78	559,78	965,26	1.016,06	3.100,88
Precio por zafra (U\$)	83.966,40	83.966,40	144789,12	152.409,60	465.131,52

Fuente: Muestra de cálculo; inciso A1.4

A2.2. Datos con tiempo de optimización de lavado

Tabla XXIX

Datos generales de producción

Producción diaria (kg)	1.089.229,82
Duración de la zafra (días)	150
Tiempo perdido (%)	6%
kg agua / kg azúcar refundido	1

Fuente: Anexo 1; Tabla XIV; Muestra de cálculo, inciso No. A1.6

A2.3. Consumos con tiempos de optimización de lavado

Tabla XXX

Consumo de agua por lavado

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de agua por batch (m ³)	0,006664	0,006664	0,012768	0,012096	0,038192
Consumo de agua por día (m ³)	3,19872	3,19872	5,515776	5,80608	17,719296
Consumo de agua por Zafra (m ³)	479,808	479,808	827,3664	870,912	2.657,8944

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.1

Tabla XXXI

Consumo de energía de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de Energía por Batch (hP-h)	2,4698568	2,4698568	2,74181856	2,46430656	10,1458387
Consumo de energía por hora (hp-h)	49,397136	49,397136	49,35273408	49,2861312	197,433137
Consumo de energía por día (hp-h)	1.185,53126	1.185,53126	1.184,465618	1.182,867149	4.738,39529
Consumo de energía por zafra (hp-h)	177.829,69	177.829,69	177.669,8427	177.430,0723	710.759,294

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.2

Tabla XXXII

Azúcar refundida

Número de centrifuga	1	2	3	4	TOTAL
Azucar refundida por lavado (kg)	6,664	6,664	12,768	12,096	38,192
Azúcar refundida por día (kg)	3.198,72	3.198,72	5.515,776	5.806,08	17.719,296
Azúcar refundida por zafra (kg)	479.808	479.808	827.366,4	870.912	2.657.894,4

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.3

Tabla XXXIII

Producción de azúcar

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrifugas por batch (kg)	261,666	401,666	703,192	973,024	2339,548
Capacidad diaria de producción de azúcar (kg)	125.599,68	192.799,68	303.778,944	467.051,52	1.089.229,82
Capacidad de producción por zafra (kg)	18.839.952	28.919.952	45.566.841,6	70.057.728	163.384.473,6

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.6

A2.4. Costos con tiempo de optimización de lavado

Tabla XXXIV

Costo de agua de lavado

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio de lavado por Batch (U\$)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,07
Precio de lavado por día (U\$)	5,63	5,63	9,71	10,22	31,19
Precio de lavado por zafra (U\$)	844,46	844,46	1.456,16	1.532,81	4.677,89

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.4

Tabla XXXV

Costo de azúcar refundida por lavado

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio por lavado (U\$)	0,93	0,93	1,79	1,69	5,35
Precio por día (U\$)	447,82	447,82	772,21	812,85	2480,70
Precio por zafra (U\$)	67.173,12	67.173,12	115.831,30	121.927,68	372.105,22

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.4

Tabla XXXVI

Costo de energía de las centrífugas

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Precio de energía por batch (U\$)	0,80	0,80	0,89	0,80	3,30
Precio de energía por Hora (U\$)	16,06	16,06	16,04	16,02	64,19
Precio de energía por día (U\$)	385,42	385,42	385,07	384,55	1.540,45
Precio de energía por zafra (U\$)	57.812,43	57.812,43	57.760,47	57.682,52	231.067,85

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.4

A2.5. Ahorro

Tabla XXXVII

Ahorro de azúcar refundida

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Azucar refundida por lavado (kg)	1,666	1,666	3,192	3,024	9,548
Azúcar refundida por día (kg)	799,68	799,68	1378,944	1451,52	4429,824
Azúcar refundida por zafra (kg)	119.952	119.952	206.841,6	217.728	664.473,6

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XXXVIII

Ahorro en consumo de agua por lavado

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de agua por batch (m3)	0,001666	0,001666	0,003192	0,003024	0,009548
Consumo de agua por día (m3)	0,79968	0,79968	1,378944	1,45152	4,429824
Consumo de agua por Zafra (m3)	119,952	119,952	206,8416	217,728	664,4736

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XXXIX

Ahorro en consumo de energía de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Consumo de Energía por Batch (hP-h)	0,0277512	0,0277512	0,03330144	0,03330144	0,12210528
Consumo de energía por hora (hp-h)	0,555024	0,555024	0,59942592	0,6660288	2,37550272
Consumo de energía por día (hp-h)	13,320576	13,320576	14,38622208	15,9846912	57,0120653
Consumo de energía por zafra (hp-h)	1.998,0864	1.998,0864	2.157,933312	2.397,70368	8.551,80979

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XL

Aumento de producción de azúcar

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrifugas por batch (kg)	1,666	1,666	3,192	3,024	9,548
Capacidad diaria de producción de azúcar (kg)	799,68	799,68	1.378,944	1.451,52	4.429,824
Capacidad de producción por zafra (kg)	119.952	119.952	206.841,6	217.728	664.473,6

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XLI

Ahorro en costo de agua de lavado

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Precio de lavado por Batch (U\$)	0,0029	0,0029	0,01	0,01	0,02
Precio de lavado por día (U\$)	1,41	1,41	2,43	2,55	7,80
Precio de lavado por zafra (U\$)	211,12	211,12	364,04	383,20	1.169,47

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XLII

Ahorro de costo de azúcar refundida por lavado

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Precio por lavado (U\$)	0,23	0,23	0,45	0,42	1,34
Precio por día (U\$)	111,96	111,96	193,05	203,21	620,18
Precio por zafra (U\$)	16.793,28	16.793,28	28.957,82	30.481,92	93.026,30

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

Tabla XLIII

Ahorro de costo de energía de las centrifugas

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Precio de energía por batch (U\$)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Precio de energía por Hora (U\$)	0,18	0,18	0,19	0,22	0,77
Precio de energía por día (U\$)	4,33	4,33	4,68	5,20	18,53
Precio de energía por zafra (U\$)	649,58	649,58	701,54	779,49	2.780,19

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.5

A2.6. Aumento de producción

Tabla XLIV

Capacidad de producción por disminución de azúcar refundía

Número de centrifuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrifugas por batch (kg)	1,666	1,666	3,192	3,024	9.548
Capacidad diaria de producción de azúcar (kg)	799,68	799,68	1378,944	1451,52	4429.824
Capacidad de producción por zafra (kg)	119.952	119.952	206.841,6	217.728	664.473,6

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.6

Tabla XLV

Ingresos económicos por producción por disminución de azúcar refundía

Número de centrífuga	1	2	3	4	Total
Producción de azúcar de centrífugas por batch (U\$)	0,23	0,23	0,45	0,42	1,34
Capacidad diaria de producción de azúcar (U\$)	111,96	111,96	193,05	203,21	620,18
Capacidad de producción por zafra (U\$)	16.793,28	16.793,28	28.957,82	30.481,92	93.026,30

Fuente: Muestra de cálculo, inciso No. A1.6

A2.7. Rentabilidad

Tabla XLVI

Rentabilidad

Utilidades	Inversión	TOTAL (U\$)	ROI%
Ahorro en agua de lavado		1.169,47	
Ahorro en energía		2.780,19	
Ganancia por aumento de producción		87.444,73	
	Equipo e instalación	76.846,92	
			18,93

Fuente: Apéndice 1; Incisos No. A1.5 y A1.7