

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA



**TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN
FRIO EN UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUAS
GASEOSAS EN GUATEMALA**



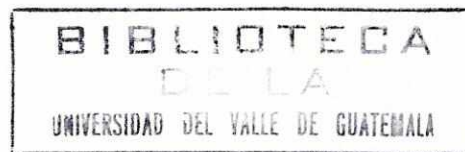
SANTIAGO DE JESUS SOLARES RIVERA

GUATEMALA

1995

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química**

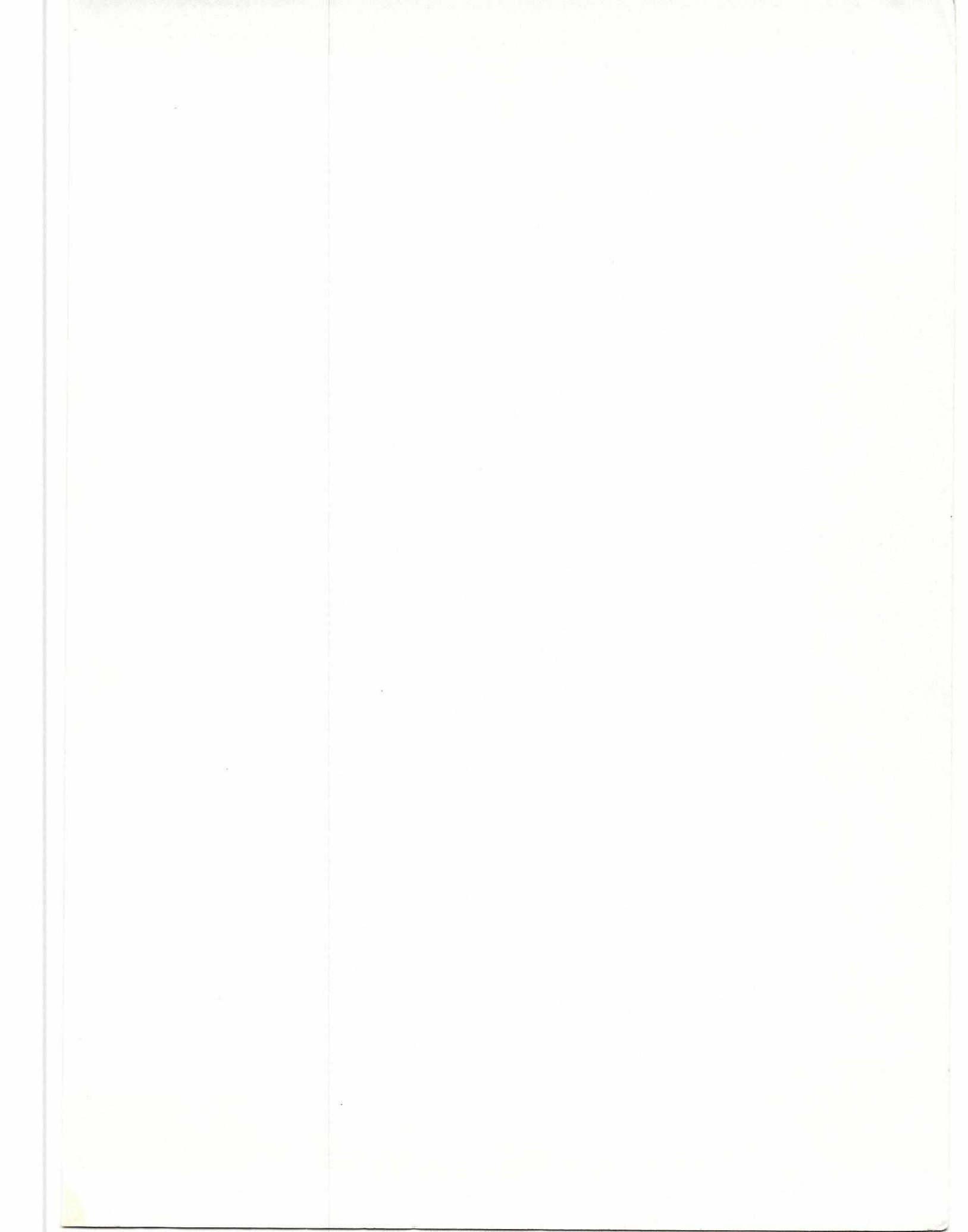


**TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN
FRIO EN UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUAS
GASEOSAS EN GUATEMALA**

Santiago de Jesús Solares Rivera

Guatemala

1995



**TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN FRIO
EN UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUAS
GASEOSAS EN GUATEMALA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química**

**TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN
FRIO EN UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUAS
GASEOSAS EN GUATEMALA**

Santiago de Jesús Solares Rivera

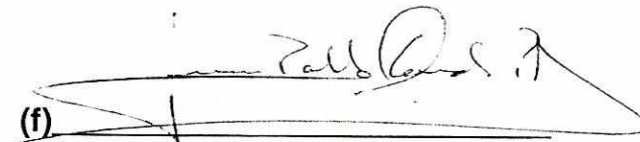
**Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de**

Licenciatura en Ingeniería Química

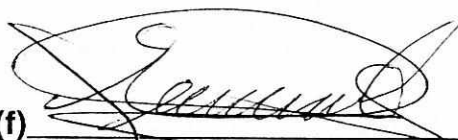
Guatemala

1995

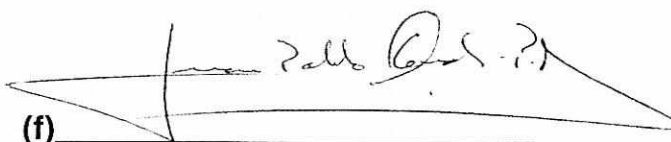
Vo. Bo. :

(f) 
Ing. Juan Pablo Cordón
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. Eduardo Calderón

(f) 
Ing. Federico Salazar

(f) 
Ing. Juan Pablo Cordón

Fecha de aprobación: 29 de septiembre de 1995.

A Dios,

A mis padres,

SANTIAGO DE JESUS SOLARES CASTILLO

CATALINA RIVERA DE SOLARES

a mis hermanos, Dora y Arturo

A mis familiares y amigos.

CONTENIDO

RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	5
III. JUSTIFICACION	19
IV. OBJETIVOS	21
V. METODOLOGIA	23
VI. RESULTADOS	25
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	29
VIII. CONCLUSIONES	33
IX. RECOMENDACIONES	35
X. BIBLIOGRAFIA	37
XI. ANEXO	39
A. Diagramas del equipo requerido	41
B. Reportes de calidad de azúcar	47
C. Cálculos	71

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objeto determinar si es factible la implementación del tratamiento de purificación de azúcar en frío en las plantas embotelladoras de bebidas carbonatadas de Guatemala, las cuales operan utilizando un proceso de tratamiento en caliente con carbón activado.

Para ello, se realizaron cotizaciones del equipo requerido en cada caso y de las materias primas utilizadas para determinar cuál tratamiento es más rentable. Simultáneamente se consideraron las ventajas y desventajas técnicas de cada tratamiento. El azúcar disponible en Guatemala se analizó físico-química y microbiológicamente a fin de determinar el tratamiento de purificación requerido.

El tratamiento en caliente resultó ser más rentable, a pesar de sus desventajas operacionales (necesidad de líneas de vapor y caldera y equipo de refrigeración). No se implementó el tratamiento en frío y se recomendó a las plantas centroamericanas que lo utilizan, considerar la implementación del tratamiento en caliente en un futuro cercano.

Se adjuntan análisis de costos y reportes de calidad de las muestras de azúcar de Guatemala analizadas en Puerto Rico por el laboratorio de Pepsi-Cola Internacional.

I. INTRODUCCION

En una industria como la producción de bebidas carbonatadas, donde los costos de equipo y operación son elevados, es muy importante evaluar la calidad de las materias primas utilizadas, así como el equipo requerido para procesarlas y/o purificarlas dentro de la planta. El azúcar es uno de los ingredientes más importantes en las aguas gaseosas y existen estrictas normas de calidad que no siempre son cumplidas por parte de los productores. Esto obliga a los embotelladores a realizar tratamientos de purificación de azúcar dentro de su proceso productivo, que implican mayor gasto de equipo y mayor costo operacional.

Se realizó un estudio de costos de equipo y costos de operación (materias primas, electricidad y personal, principalmente) para los tratamientos de azúcar existentes: el tratamiento en caliente con carbón activado y el tratamiento en frío en las embotelladoras de Pepsi-Cola en Centroamérica (12 en total), desde Belice hasta Panamá. Las plantas de Belice, Guatemala, El Salvador y Honduras operan utilizando el tratamiento en caliente. El resto utilizan el tratamiento en frío. Adicionalmente, se identificaron las principales ventajas técnicas y económicas de cada proceso.

Una de las principales ventajas del tratamiento de azúcar en frío es que no se requiere calentamiento en los tanques de disolución, eliminándose la necesidad de una línea de vapor y de tanques enchaquetados. La agitación es también más breve, pues no existe período de cocimiento agitado, dando como resultado un ahorro de energía eléctrica. Esta es una de las principales consideraciones en un país como Guatemala donde la energía eléctrica tiene, no solamente un costo elevado, sino que además tiende a ser cada vez más difícil de obtener.

En cuanto a las ventajas operacionales, se puede mencionar que el equipo a utilizar puede operar con menos supervisión y minimiza los peligros para los operadores (principalmente quemaduras).

El tratamiento de azúcar en frío presenta, sin embargo, algunas desventajas: La primera de ellas es que la disolución del azúcar es más lenta que en el proceso de purificación en caliente, y la alta viscosidad de las soluciones frías dificulta su filtrado. La segunda de ellas es que requiere la utilización de azúcar refinada que cumpla con las especificaciones de Pepsi-Cola, la cual tiene un costo más elevado que el azúcar corriente, lo que hace que el tratamiento en caliente resulte más rentable en Guatemala.

Se analizaron ambos tratamientos con base en cotizaciones, análisis fisicoquímicos del azúcar producida en Guatemala y a la mano de obra requerida en cada caso. Se llegó a la conclusión que no es conveniente la implementación del tratamiento de purificación de azúcar en frío en Guatemala debido al alto costo diferencial del azúcar refinada respecto al azúcar corriente. El tiempo de recuperación del capital invertido para implementar el tratamiento de azúcar en caliente, en una planta que opere con el tratamiento en frío, es de aproximadamente un año, lo cual es aplicable en las embotelladoras de Nicaragua, Costa Rica y Panamá, donde el azúcar refinada tiene un costo mucho mayor que en Guatemala.

II. ANTECEDENTES

Como en todo proceso industrial, en la producción de bebidas carbonatadas también se debe controlar la calidad de las materias primas. Siendo el azúcar el principal ingrediente de aquéllas (junto con el agua y los concentrados); es evidente que ésta deba cumplir ciertas especificaciones antes de ser utilizada.

Los principales parámetros a controlar son polarización, tamaño de cristal, color, porcentaje de humedad y contenido de bacterias.

La polarización es una medida que refleja el contenido de melazas. Se basa en la magnitud de rotación de la luz polarizada (que ha sido reducida a un plano en el espacio tridimensional) cuando ésta pasa a través de una solución de sacarosa de concentración conocida. Se mide en grados Pol. El contenido de melaza se puede variar controlando los tiempos y condiciones de temperatura, velocidad de lavado y velocidad de rotación en las centrífugas, durante el proceso de producción en los ingenios azucareros. El tamaño de cristal se controla en los evaporadores variando la temperatura y evitando una disolución excesiva en las centrífugas durante el proceso de lavado y cristalización.

El color se deriva de dos factores principales. Dos tercios se deben a la cantidad de melazas que recubren el cristal, mientras que el resto corresponde a impurezas ocluidas dentro del mismo. Estas impurezas son compuestos que provienen de los pigmentos vegetales que contiene la caña, así como de la basura que ingrese al proceso de producción (9).

La microbiología es un aspecto fundamental en la producción de azúcar, ya que de ella depende en gran parte el deterioro que pueda sufrir el producto mientras está almacenado. Los principales organismos patógenos a encontrar en el azúcar son bacterias termofílicas, mohos y levaduras. El contenido de humedad es también un factor primordial. Si es demasiado alto, entonces favorecerá el crecimiento de estos organismos (5).

Las especificaciones del azúcar a utilizar para productos Pepsi-Cola son las siguientes:

Características fisicoquímicas:

Polarización	99.5-100.5
Cenizas	0.035% máximo
Turbidez	45 Unidades Icumsa, máximo*
Color	60 Unidades Icumsa, máximo*

Humedad	0.06 %
Sedimentos	20 ppm, máximo

*Unidades Icumsa = Absorbancia*1000/bc

donde b es la longitud de la celda del espectrofotómetro, y c es la concentración de la solución es g/ml.

Características microbiológicas:

Mohos y Levaduras 10/10 gramos, máximo

Bacterias 200/10 gramos, máximo

Características generales:

El azúcar no debe tener olores ni sabores extraños, ni ningún tipo de contaminación o cuerpos extraños (6).

Sin embargo, a pesar que los productores nacionales de azúcar tienen sus programas de control de calidad, éstos no siempre cumplen las

especificaciones para que el azúcar pueda ser utilizada inmediatamente en el proceso de embotellado de bebidas carbonatadas.

Técnicamente, para el embotellador, sería mucho más sencillo y económico recibirla dentro de especificaciones, ya que no se requeriría purificación en planta. El proceso de refinamiento puede ser realizado más fácilmente por los ingenios azucareros, con menores costos de producción que los embotelladores, pues su equipo está diseñado específicamente a la producción y refinamiento del azúcar.

Proceso de refinamiento de azúcar (en un ingenio azucarero):

El proceso de refinamiento incluye los siguientes pasos: afinación, clarificación, decolorización, evaporación, cristalización, centrifugación y terminado (6).

El primer paso corresponde al lavado o remoción de la película de melaza que se encuentra en la superficie de los cristales. Es un proceso mecánico, donde los cristales se mezclan con un licor de sacarosa concentrado y las melazas son removidas por la acción abrasiva de unos cristales contra otros. Posteriormente se separan los cristales por acción centrífuga y son

lavados con agua. El agua utilizada debe ser de pH neutro, limpia y libre de sales inorgánicas que podrían aumentar el contenido de cenizas. El azúcar afinada es disuelta luego en agua a 50 grados Celsius para pasar al clarificador, donde, por medio de floculación, se remueve la mayoría de los sedimentos, bagacillo, coloides, pectinas y gomas (6).

Para ayudar a la floculación de las impurezas es necesaria la utilización de algunos compuestos químicos. Existen dos procesos principales para lograr este propósito. El primero de ellos consiste en agregar anhídrido fosfórico e hidróxido de calcio, agitando e introduciendo una corriente de aire que hace subir la espuma para ser separada por medio de agitadores de paletas de velocidad lenta. La espuma removida contiene gran parte de las impurezas, así como cierta cantidad de sacarosa que todavía puede recuperarse por disolución.

El otro proceso consiste en agregar hidróxido de calcio y crear burbujas de dióxido de carbono a través del licor (solución de azúcar) para obtener un precipitado de carbonato de calcio, que adsorbe la mayoría de las partículas suspendidas, así como sales inorgánicas.

El siguiente paso es una filtración.

En algunos casos se realiza un proceso combinado de floculación-remoción del color utilizando floculantes comerciales destinados principalmente a los colorantes. Generalmente son necesarias varias etapas.

La sulfitación del azúcar o proceso de blanqueado es también otro proceso de floculación-remoción del color, pero a diferencia de los floculantes comerciales, no siempre retira los colorantes, sino que los reduce sin eliminarlos. Este proceso es similar a la carbonatación o fosfatación antes mencionados, con la sustitución del dióxido de carbono (CO_2) o el anhídrido fosfórico (P_2O_5) por parte del anhídrido sulfuroso (SO_2).

En todos estos pasos es muy importante mantener el pH neutro o cercano a 7 para evitar la inversión de la sacarosa, principalmente porque se trabaja a altas temperaturas (80-95 grados Celsius) (8).

La clave del proceso de refinamiento es la remoción de los colorantes remanentes. A pesar de que la mayoría se ha removido, aún quedan cantidades pequeñas que pueden afectar no solamente la apariencia, sino también el sabor. Los colorantes son de tres tipos: a) sustancias melanoides producidas por reacción de los aminoácidos del azúcar con los ácidos reductores, b) sustancias tipo caramelo producidas por la degradación térmica de la sacarosa, y 3) pigmentos vegetales de la caña. Para su eliminación se

utilizan tres métodos principales: 1) carbón activado, 2) adsorbentes de huesos calcinados y 3) resinas de intercambio iónico.

El carbón activado remueve el color por adsorción en la superficie. Se agrega carbón activado entre 0.1 y 0.5% en peso de la cantidad de sólidos del licor (a 65 grados Brix * aproximadamente) y luego de agitación continua durante 15 a 20 minutos se filtra la mezcla. El carbón activado a utilizar puede ser tanto granular como en polvo. El polvo se descarta luego de usarlo una vez. El carbón granular se puede regenerar por medio de vapor de agua.

Los adsorbentes de hueso calcinado contienen también un 10% de carbón, que ayuda en la adsorción de los colorantes. El resto es fosfato de calcio (como hidroxiapatita). Debido a su naturaleza iónica, muchas de las sustancias contenidas en el licor son precipitadas químicamente.

Las resinas de intercambio iónico (basadas en el estireno o acrílicas) tienen la ventaja de reducir también parte del contenido de cenizas (sales inorgánicas).

* Grados Brix = porcentaje peso/volumen de sacarosa en una solución acuosa a 20 grados Celsius.

Dependiendo del tamaño del ingenio, las resinas podrían reemplazar completamente los demás métodos decolorizadores, o solamente suplementarlos. Independientemente del método utilizado para remover el color, es necesaria una nueva filtración para remover residuos sólidos o turbidez (6).

El jarabe obtenido del paso de remoción de colorantes posee un contenido de sacarosa entre 58 y 65 grados Brix. Es recomendable preevaporar el jarabe para concentrarlo y llevarlo a 72-78 grados Brix en equipos de múltiple efecto y luego pasarlo a los evaporadores. Es muy importante controlar el tamaño de los cristales para que no retengan impurezas o residuos de melazas (estos cristales ya no serán procesados). Como en la producción de azúcar corriente, los cristales se separan del jarabe por centrifugación. Es necesario utilizar agua caliente o vapor para lavar el azúcar refinada. Posteriormente se seca el azúcar en secadores de aire para prevenir el crecimiento bacteriano. El azúcar está finalmente lista para ser empacada, generalmente en sacos de material sintético (6).

**Diagrama de flujo para el refinamiento de azúcar
(en un ingenio azucarero)**



Tratamiento de purificación de azúcar en caliente (en la planta embotelladora):

Muchas de las impurezas encontradas en el azúcar no pueden ser removidas por simple filtración. Estas pueden, sin embargo, causar olores y sabores extraños que podrían alterar la calidad de las bebidas producidas. Una práctica común en las embotelladoras es el tratamiento en caliente con carbón activado.

Se agrega la cantidad adecuada de agua y se inicia el calentamiento en un tanque enchaquetado conectado a una línea de vapor de baja presión. El azúcar es añadida con agitación, mientras la solución es calentada a aproximadamente 80 grados Celsius (176 Fahrenheit).

Se agrega carbón activado en polvo (aproximadamente 0.25 a 0.5% del peso de azúcar) y se agita durante 15 minutos, manteniendo la temperatura. Mientras esto tiene lugar, se prepara la precapa del filtro con tierras de diatomeas. Al tanque de cocimiento se agrega también una cantidad de tierras de diatomeas (filtroayudas) en igual cantidad al carbón activado.

La solución es filtrada y se pasa a través de un intercambiador de calor que la enfría a temperatura por debajo de 32 grados Celsius. El filtro utilizado

debe tener suficiente espacio para acomodar la precapa, el carbón activado y la ayuda filtrante (tierra de diatomeas) adicionada al tanque de cocimiento.

El tratamiento con carbón activado removerá principalmente los colorantes y otras impurezas disueltas en la solución. Como efecto secundario, el calentamiento elimina bacterias, mohos y levaduras, reduciendo también la viscosidad de la solución y permite un proceso de filtrado más rápido (aproximadamente 0.3 litros/metro cuadrado/segundo) (6)

EQUIPO REQUERIDO (ver diagrama en la sección de anexos. Se consideró una planta embotelladora que produce 2 millones de cajas de 24 botellas de 355 ml):

Tanque de cocimiento de 15,100 litros (4,000 galones) de acero inoxidable enchaquetado con agitador de paletas, tolva de alimentación y medidor de nivel.*

Tanque de 250 litros (66 galones) de acero inoxidable para precapa con agitador de 5 kW.

Filtro prensa con capacidad de 0.3 litros/metro cuadrado/segundo.

Intercambiador de calor con capacidad de 4.5 litros/segundo, de 80 a 30 grados celsius.

Caldera y líneas de vapor para el tanque enchaquetado.

Torre de enfriamiento y equipo de refrigeración de amoníaco (compresores, tuberías, condensador)

Bomba centrífuga de 5 kW, para un flujo de 20 litros/segundo.

* En algunos casos se utilizan dos tanques de cocimiento para aumentar la capacidad del sistema.

Tratamiento de purificación de azúcar en frío (en la planta embotelladora):

Si el azúcar a utilizar proviene de un proveedor aprobado por Pepsi-Cola y además, se encuentra dentro de las especificaciones antes mencionadas, no es necesario realizar un tratamiento en caliente con carbón activado. El tratamiento en frío es el más común en la mayoría de los países, sin embargo no se usa en Guatemala.

El jarabe simple (solución concentrada de sacarosa) se prepara a partir de agua purificada y azúcar que cumpla las especificaciones de Pepsi-Cola. La solución se pasa a través de un filtro que actúa como pulidor, retirando residuos de bolsas (empaquete del azúcar), polvo o cualquier otro tipo de partículas ajenas e insolubles que pudieron estar en contacto con el azúcar. Las impurezas son retenidas en el filtro, mientras que la solución limpia pasa a través del mismo.

La filtración será suficiente para tratarla completamente dentro de normas. Sin embargo, en algunos casos se presentan partículas coloidales que pueden pasar a través del filtro o causar obstrucciones en el mismo. En estos casos es recomendable utilizar filtroayudas (tierras de diatomeas en proporciones de 0.1 a 0.25% en peso de azúcar).

Se usan generalmente dos tipos de filtros en el proceso: filtros de placas (con papel y/o filtroayudas) y filtros de candelas. El primero de ellos tiene la ventaja que los desechos se pueden descartar fácilmente como sólidos y es fácil de desmontar. El segundo de ellos es retrolavable y es simple de usar para operaciones prolongadas.

Tanto en el proceso de purificación en frío como en caliente, es necesario filtrar a presión constante para mantener la estabilidad de la precapa. Velocidades de filtrado típicas son de 0.3 a 0.6 litros por segundo por metro cuadrado. El aumento de la velocidad de filtración respecto al proceso en caliente se debe a la ausencia del carbón activado. Las tierras filtrantes facilitan la filtración formando un pre-filtro incompresible con aproximadamente 90% del espacio vacío.

Como no ha habido calentamiento, no se han eliminado las bacterias, mohos y levaduras que pudieran encontrarse en el azúcar. Por ello, se

recomienda utilizar lámparas ultravioleta en las líneas de jarabes. Estas son muy efectivas en la esterilización de los mismos.

El proceso de purificación en frío es mucho más rápido que en caliente, pues se elimina el tiempo de cocimiento, aunque la disolución del azúcar en frío es más lenta. La viscosidad de las soluciones frías es mayor, pero la ausencia del carbón activado y las filtroayudas permiten una filtración adecuada.

La principal desventaja de este tratamiento es que no remueve impurezas solubles, por lo que se hace necesario el uso de azúcar refinada dentro de las especificaciones antes indicadas, la cual tiene un costo más elevado. (6)

EQUIPO REQUERIDO (Ver diagrama en la sección de anexos. Se ha considerado una embotelladora que produce 2 millones de cajas de 24 botellas de 355 ml al año):

Tanque de disolución de 15,100 litros (4,000 galones) de acero inoxidable con agitador de paletas, tolva de alimentación y medidor de nivel.*

Tanque de 250 litros de acero inoxidable para precapa con agitador de 5 kW

Filtro prensa con capacidad de 0.3 a 0.6 litros/metro cuadrado/segundo

Bomba centrífuga de 2.5 kW, para un flujo de 20 litros/segundo

Lámparas ultravioleta esterilizadoras para flujos de 5 litros por segundo.

* En algunos casos se utilizan dos tanques de disolución.

III. JUSTIFICACION

El tratamiento de azúcar en frío presenta ventajas económicas sobre el tratamiento en caliente, las cuales son de suma importancia en países donde el azúcar cumple con las especificaciones de las compañías embotelladoras.

El tratamiento en frío requiere menos equipo, como se observa en los diagramas de ambos procesos. No requiere que el tanque de disolución sea enchaquetado (costo más elevado) debido a que no existe calentamiento y, consecuentemente, tampoco un intercambiador de calor. Esto reduce la capacidad de la caldera (también se utiliza vapor de agua en otras operaciones como lavado de envase) y elimina la necesidad de tuberías y accesorios adicionales, así como de una torre de enfriamiento y sistema de refrigeración de amoníaco adicional. El costo de las lámparas ultravioleta es menor que el ahorro en la capacidad de la caldera, enchaquetamiento del tanque y tuberías. Debido a que no existe período de cocimiento acompañado de agitación, existe un ahorro de energía eléctrica del agitador del tanque de disolución.

El tiempo de preparación de jarabes se reduce, pues ya no es necesario algún período de cocimiento. Esto implica también mayor seguridad para el

personal, puesto que no hay peligros de explosiones de caldera, quemaduras, etc.

La tecnología del equipo sugerido para el proceso en frío es ampliamente conocida, y existen proveedores en el país que ofrecen programas de mantenimiento y reparación (especialmente para las lámparas UV).

Debido a que son altos los volúmenes de producción en las plantas de embotellado (en promedio se manejan 10,000 Kg de azúcar por día en Centroamérica), es muy significativo el estudio económico de los distintos tratamientos de purificación, aunque los márgenes de ahorro sean bajos.

IV. OBJETIVOS

A. General:

Determinar si es posible la implementación del tratamiento de purificación de azúcar en frío en una planta embotelladora de bebidas carbonatadas en Guatemala, con base en un estudio económico y operativo.

B. Específicos:

1. Determinar los ahorros en equipo que se pueden lograr al implementar el tratamiento de azúcar en frío en una planta embotelladora de bebidas carbonatadas en Guatemala.
2. Cuantificar el ahorro de energía con este tratamiento, así como de los demás gastos de operación.
3. Mostrar las ventajas técnicas operacionales del tratamiento de purificación de azúcar en frío, respecto al tratamiento en caliente.

V. METODOLOGIA

La metodología del trabajo se basó en la realización de cotizaciones de equipo y materia prima con los proveedores adecuados, visitas a plantas embotelladoras de bebidas carbonatadas que operan con los tratamientos de purificación de azúcar en estudio y análisis de costos fijos y variables del proceso.

Cotizaciones

Se realizaron cotizaciones del equipo utilizado y de la materia prima requerida de acuerdo a los requerimientos de cada uno de los tratamientos de purificación de azúcar. Para ello se contactaron los proveedores usuales, tanto en Guatemala como en el extranjero.

Visitas a plantas embotelladoras de bebidas carbonatadas.

Se visitaron doce plantas embotelladoras de productos carbonatados Pepsi-Cola, localizadas en los siete países centroamericanos, con el propósito de estudiar las ventajas técnicas operativas de cada uno de los tratamientos de

purificación de azúcar (mantenimiento, reparación, seguridad, etc.). Cuatro de estas plantas (localizadas en Nicaragua, Costa Rica y Panamá) operan con el tratamiento de purificación de azúcar en frío.

Análisis de costos fijos y variables

Con base en las cotizaciones de equipo y materias primas y a los requerimientos de cada uno de los tratamientos de purificación de azúcar, se realizó un estudio económico de costos fijos (equipo) y variables (materia prima, mano de obra y gasto de energía), para determinar cuál de los tratamientos de purificación resulta más rentable en Guatemala.

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Se analizaron muestras de azúcar corriente, superior y refinada producidas en Guatemala para determinar si cumplen las especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas requeridas por Pepsi-Cola Internacional. Con base en los resultados se decidió el tratamiento que requiere cada tipo de azúcar. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Pepsi-Cola Internacional en Cidra, Puerto Rico.

VI. RESULTADOS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AZÚCAR:

Se analizaron 6 muestras de azúcar refinada, 3 de azúcar superior y 3 de azúcar corriente, con los siguientes porcentajes dentro de norma con base en las especificaciones de Pepsi-Cola Internacional (los reportes se muestran en la sección de anexos):

TABLA 1: Resultados físicoquímicos del azúcar refinada.

PARAMETROS EVALUADOS:	PORCENTAJE DE MUESTRAS DENTRO DE NORMAS
-----------------------	---

Físicoquímicos:

Conductividad, porcentaje de ceniza	100%
Color	100%
Turbidez	83.3%
Polarización	83.3%
Porcentaje de humedad	100%
Sedimento	0%
Sabor, olor y apariencia	100%
Test de floculación	100%

Microbiológicos:

Mohos y levaduras totales	100%
Conteo total aeróbico	100%

El azúcar refinada analizada no requiere el tratamiento de purificación en caliente con carbón activado, aunque sí es necesario el tratamiento (en frío) para remover la turbidez y los sedimentos.



TABLA 2: Resultados fisicoquímicos del azúcar superior

PARAMETROS EVALUADOS:	PORCENTAJE DE MUESTRAS DENTRO DE NORMAS
-----------------------	---

Fisicoquímicos:

Conductividad, porcentaje de ceniza	100%
Color	0%
Turbidez	0%
Sabor, olor y apariencia	100%

Microbiológicos:

Mohos y levaduras totales	100%
Conteo total aeróbico	100%

Debido a que el azúcar no cumple las normas de color y turbidez debe ser tratada en caliente con carbón activado. El resto de los análisis no se realizaron, por no ser necesarios.

TABLA 3: Resultados fisicoquímicos del azúcar corriente.

PARAMETROS EVALUADOS:	PORCENTAJE DE MUESTRAS DENTRO DE NORMAS
-----------------------	---

Fisicoquímicos:

Conductividad, porcentaje de ceniza	0%
Color	0%
Turbidez	0%
Sabor, olor y apariencia	100%

Microbiológicos:

Mohos y levaduras totales	100%
Conteo total aeróbico	100%

El azúcar corriente requiere tratamiento en caliente con carbón activado.

ANALISIS DE COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS DE PURIFICACION DE AZUCAR

Se analizó el tratamiento de purificación en frío contra el tratamiento de purificación en caliente considerando una planta que produce 2 millones de cajas de 24 botellas de bebidas carbonatadas (355 ml). El cálculo (mostrado en la sección de anexos) se basa en la realización de 32 preparaciones mensuales de 2000 galones de jarabe a 55 grados Brix.

TABLA 4: Costos del tratamiento en caliente.

Batches por mes	32
Costo operativo por batch	Q 13 556.37
Costo operativo mensual	Q 433 804.84
Costo del equipo	Q 816 337.00
Mayor costo de equipo, pero menor costo operativo.	

TABLA 5: Costos del tratamiento en frío.

Batches por mes	32
Costo operativo por batch	Q 14 106.34
Costo operativo mensual	Q 451 402.88
Costo del equipo	Q 672 600.00
Menor costo de equipo, pero mayor costo operativo.	

Diferencia de costo de equipo entre tratamiento en frío y tratamiento en caliente:
Q 143 737.00 (más caro para el tratamiento en caliente).

Diferencia de costo operativo mensual: Q 17 600.00 (mayor para el tratamiento en frío).

El tratamiento en caliente tiene un costo operativo menor, pero mayor costo de equipo (diferencia de 143 737.00). Si se considera que requiere un 20% más por gastos de mantenimiento respecto al tratamiento en frío, la diferencia asciende a Q 172 484.40. Si se considera la implementación del tratamiento en caliente en una planta que opere en frío, esta inversión tendría un tiempo de recuperación de aproximadamente 10 meses (cerca de un año).

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

Debido al alto margen entre el costo del azúcar refinada y el del azúcar corriente (Q 10.00 por quintal), no resulta rentable la implementación del tratamiento de purificación de azúcar en frío en Guatemala. Como se puede observar en la sección de anexos, el resto de materias primas (tierras filtrantes y carbón activado) son solamente un pequeño porcentaje del costo de operación total (2.5% aproximadamente). El azúcar superior tiene un costo intermedio entre el azúcar refinada y el azúcar corriente pero, como indican los análisis, requiere tratamiento en caliente, por lo que no es una alternativa favorable frente al azúcar corriente.

El tiempo de recuperación de la inversión en cambiar del tratamiento en frío al tratamiento en caliente, es de solamente un año. Este es un período corto, considerando la magnitud de las inversiones en las plantas embotelladoras (una sola llenadora de botellas puede costar más que el sistema de tratamiento de azúcar completo).

Trabajando con el sistema en caliente se tienen algunas desventajas que no han representado mayores problemas en los últimos años, ya que éste es ampliamente conocido. A pesar que requiere mayor mantenimiento por

incorporar la utilización de vapor y de refrigeración, esto no es un problema para la planta porque las líneas de producción utilizan también refrigeración y vapor en cantidades mucho mayores. Debido a esto, el personal de mantenimiento está familiarizado con los problemas más comunes de estas utilidades.

Las ventajas que el tratamiento en caliente ha mostrado son muy significativas en el ámbito guatemalteco, donde las condiciones económicas y la calidad de las materias primas producidas localmente son muy variables. Una de las principales es que la disolución del azúcar es más rápida, ya que su solubilidad crece con el aumento de temperatura. Esto reduce el tiempo de disolución y permite aumentar el tamaño del batch y reducir la agitación necesaria en el tanque de mezcla. Otra propiedad fisicoquímica a considerar es la viscosidad de las soluciones que se reduce con el aumento de temperatura. Los tiempos de filtración y las caídas de presión a través del filtro son menores. Esto ocasiona menor desgaste en las bombas. En algunas plantas del área centroamericana se hacen preparaciones con azúcar refinada en caliente, para aumentar la capacidad de producción (disolución y filtrado más rápidos).

El sistema de purificación de azúcar en caliente puede manejar los tres tipos de azúcar analizada para este trabajo (corriente, superior o refinada,

siempre que la calidad no varíe). El sistema de purificación en frío se encuentra limitado a la utilización de azúcar refinada. En Guatemala ha habido escasez de azúcar en más de una ocasión, haciéndose casi imposible la obtención de azúcar refinada. Con el tratamiento en caliente, a pesar que las dosificaciones de carbón activado y las condiciones del mismo varían con la calidad de azúcar, la baja calidad, aunque dificulta el tratamiento, no imposibilita que se realice.

En caso que se lograra algún adelanto técnico en el proceso de refinación del azúcar y que el precio del azúcar refinada bajara, el sistema de tratamiento en caliente es capaz de trabajar en frío, previa instalación de las lámparas esterilizadoras de luz ultravioleta.

En el caso de Guatemala, se seguirá trabajando con el sistema de tratamiento en caliente, pero las plantas de Nicaragua, Costa Rica y Panamá pueden beneficiarse con este estudio. En estos países se trabaja en frío y se utiliza azúcar de mejor calidad que la producida en Guatemala. Generalmente sólo se requiere un tanque de disolución y un filtro prensa de papel. El precio, sin embargo, es mucho más alto que en Guatemala (el quintal cuesta aproximadamente Q 170.00 en Panamá), lo que hace recomendable la implementación del tratamiento en caliente.

VIII. CONCLUSIONES

1. El sistema de purificación de azúcar en caliente es el más rentable en Guatemala, considerando costos operativos y de equipo.
2. Mediante el ajuste de las condiciones del proceso, el sistema de tratamiento en caliente es capaz de procesar las tres calidades de azúcar analizada.
3. Las plantas embotelladoras de bebidas carbonatadas en Centroamérica están familiarizadas con los sistemas de vapor y refrigeración y son capaces de dar el mantenimiento adecuado al sistema de tratamiento de azúcar en caliente.
4. Las plantas que actualmente utilizan el tratamiento de purificación de azúcar en frío, en Nicaragua, Costa Rica y Panamá, pueden reducir significativamente sus costos a través de la implementación del tratamiento en caliente.

IX. RECOMENDACIONES

1. A pesar que el sistema de purificación de azúcar en caliente es actualmente el más rentable en Guatemala, es recomendable controlar constantemente los costos y la calidad de las materias primas (azúcar, tierras filtrantes y carbón activado), pues podría darse el caso que en un futuro cercano el tratamiento en frío resulte rentable.
2. Es conveniente que las plantas embotelladoras de Centroamérica que poseen el equipo para purificar el azúcar en caliente lo conserven y le den el mantenimiento adecuado, inclusive en el caso que se decida cambiar al tratamiento de purificación en frío, ya que la calidad de las materias primas es variable y no siempre hay suficiente disponibilidad.
3. El tratamiento de purificación de azúcar en caliente presenta algunos riesgos para el personal debido a la utilización de vapor. Para evitar accidentes es necesario dar el mantenimiento adecuado al equipo e instruir al personal en cuanto a normas de seguridad industrial.
4. Las plantas embotelladoras de Centroamérica que utilicen el tratamiento de azúcar en frío deben considerar la oportunidad de reducir costos usando el

tratamiento en caliente. Como se muestra en el análisis económico, el tiempo de recuperación es muy corto. A pesar que se trate de plantas extranjeras, esto sí tiene impacto en la economía nacional, ya que algunas plantas de otros países son propiedad de corporaciones guatemaltecas. Es recomendable siempre supervisar las características fisicoquímicas del azúcar utilizada para que la calidad de los productos no se vea afectada.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Honig, P. 1953. **Principles of Sugar Technology**. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
2. Hugot, E. 1960. **Handbook of Cane Sugar Engineering**. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
3. Lyle, O. 1950. **Technology for Sugar Workers**. Chapman & Hall Ltd., 2a. edición, New York.
4. Meade, G., Chen, J. 1977. **Cane Sugar Handbook**. John Wiley & Sons., 10a. edición, New York.
5. Payne, J. 1982. **Unit Operations in Cane Sugar Production**. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
6. Pepsi-Cola International. 1993. **Production Manual, Vol I**. Documentation Dept. Pepsi-Cola. New York.
7. Pepsi-Cola International. 1993. **Production Manual, Vol II**. Documentation Dept. Pepsi-Cola. New York.
8. Pepsi-Cola International. 1992. **Sugar Technical Manual**. Documentation Dept. Pepsi-Cola. New York.
9. Schneider, F. 1979. **Sugar Analysis**. ICUMSA., Peterborough, Inglaterra.

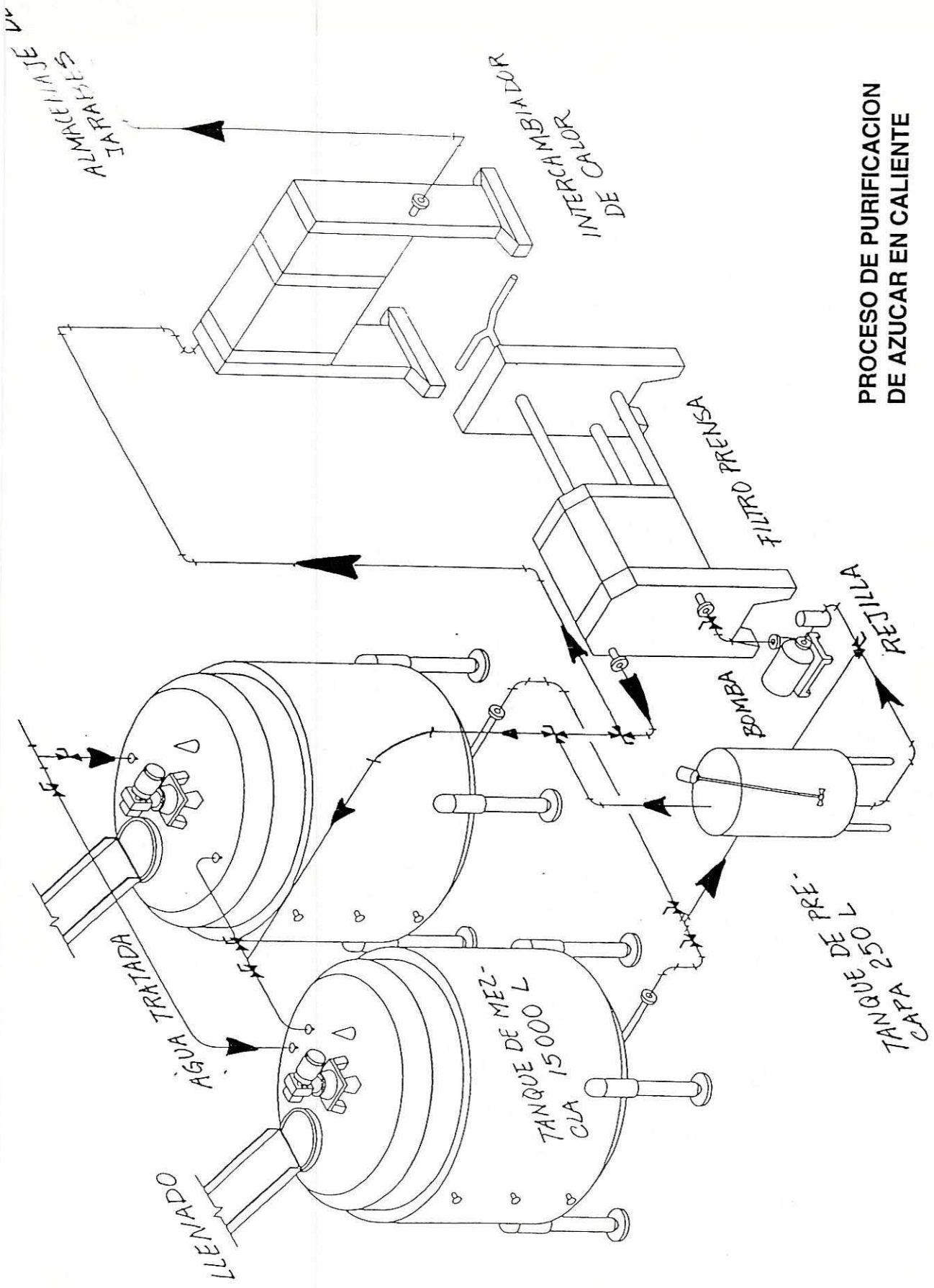
XI. ANEXO

- A. Diagramas del equipo requerido
- B. Reportes de calidad de azúcar
- C. Cálculos

A. DIAGRAMAS DEL EQUIPO REQUERIDO

a. Tratamiento de purificación de azúcar en caliente

b. Tratamiento de purificación de azúcar en frío



PROCESO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN CALIENTE

ALMACENAMIENTO DE AZÚCAR

INTERCAMBIADOR DE CALOR

FILTRO PRENSA

RETENIDA

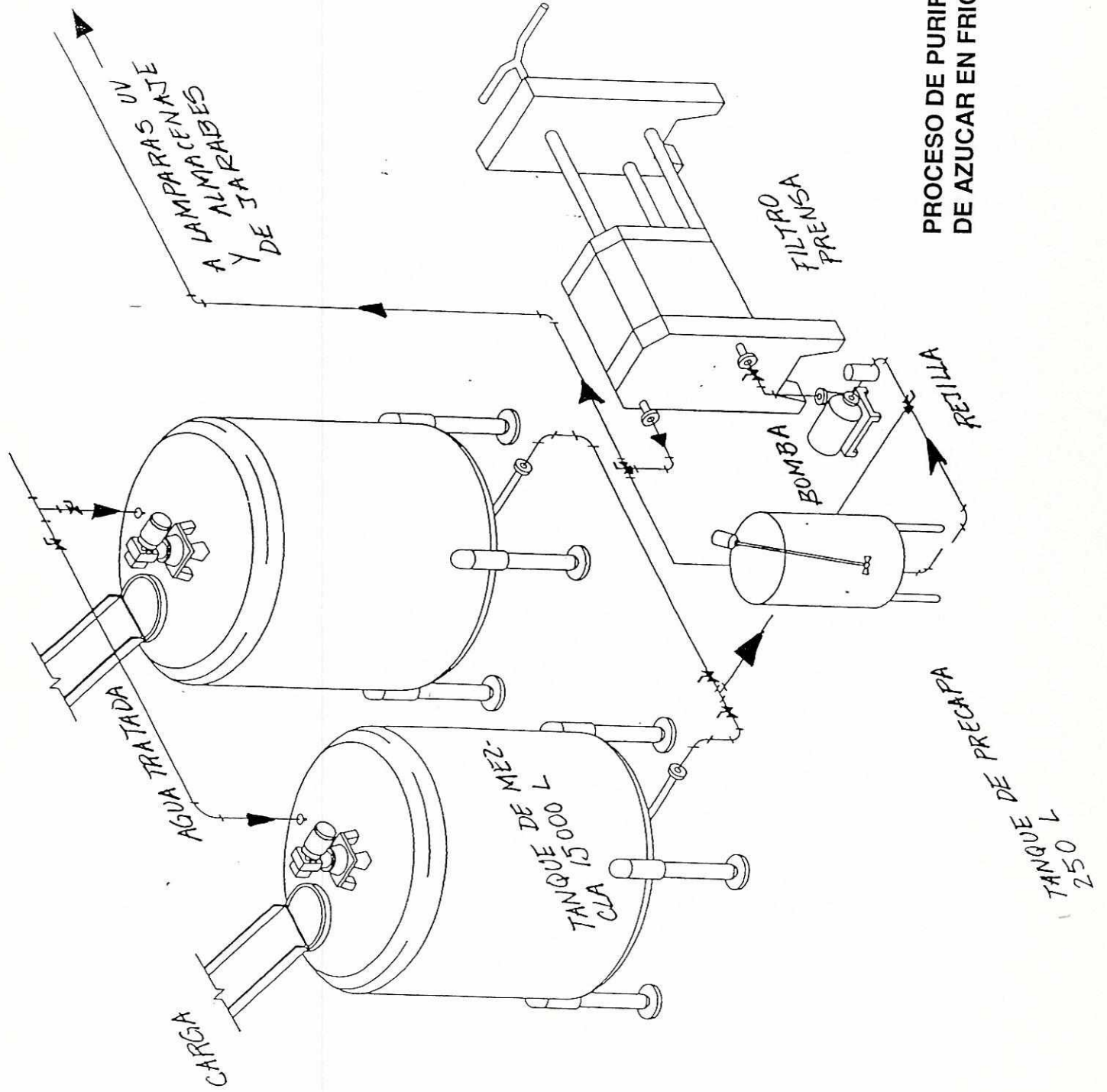
BOMBA

TANQUE DE PRE-CAPA 250 L

TANQUE DE MEZCLA 15000 L CIA

AGUA TRATADA

LLENADO



B. Reportes de calidad de muestras de azúcar analizadas en el Laboratorio de Pepsi-Cola Internacional en Cidra, Puerto Rico.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13071
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Refinada"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
No information was provide

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	-----PEPSI Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.010 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	57 (P)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	214 (F)	45 Max.
POLARIZATION	98.5 (F)	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	0.012 (P)	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	310 (F)	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	Pass	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 15,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.
2. Sugar solution has a cloudy appearance when is dissolved.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13069
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Refinada"
Purpose of Test: Sugar Tests

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
No information was provide

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	PEPSI -----Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.003 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	44 (P)	60 Max
TURBIDITY I.U.	26 (P)	45 Max.
POLARIZATION	99.5 (P)	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	0.027 (P)	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	60 (F)	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	Pass	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 15,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13076
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----

PCI Rep.

-----Company-----

-----Sample of-----

GRANULAR SUGAR (SUCROSE)

-----Plant Code-----

-----Material Type-----

"Azucar Refinada"

-----Lot/Batch No.-----

February 22, 1995

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----

-----Data/Result-----

PEPSI
-----Specifications-----

A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:

CONDUCTIVITY ASH (%)
COLOR I.U.
TURBIDITY I.U.
POLARIZATION
MOISTURE (%)
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)
TASTE, ODOR AND APPEARANCE
BEVERAGE FLOC TEST

0.004 (P)
46 (P)
14 (P)
100.1 (P)
0.036 (P)
80 (F)
Pass
Pass

0.035 Max.
60 Max.
45 Max.
99.5 to 100.5
0.060
20 Max.
Pass/Fail
Pass/Fail

B. MICROBIOLOGICAL TESTS:

TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT

0 cfu/ 10 ml
0 cfu/ 10 ml

10 Max.
200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Sugrez

Date: May 15,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13077
Date Recv'd: May 05, 1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Refinada"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
March 03, 95

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	PEPSI -----Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.006 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	37 (P)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	5 (P)	45 Max.
POLARIZATION	99.8 (P)	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	0.020 (P)	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	175 (F)	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	Pass	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 15, 1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13078
Date Recv'd: May 05, 1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.

-----Company-----

-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)

-----Plant Code-----

-----Material Type-----
"Azucar Refinada"

-----Lot/Batch No.-----
March 23, 95

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	-----PEPSI Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.003 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	48 (P)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	5 (P)	45 Max.
POLARIZATION	99.2 (P)	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	0.011 (P)	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	145 (F)	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	Pass	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 15, 1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13079
Date Recv'd: May 05, 1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Refinada"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
March 31, 95

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	-----PEPSI Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.005 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	43 (P)	60 Max
TURBIDITY I.U.	9 (P)	45 Max.
POLARIZATION	100.0 (P)	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	0.025 (P)	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	200 (F)	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	Pass	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 15, 1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is odorless with a white color and a freeflowing characteristic.
2. During sedimentation test the solution filtered very slow.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13072
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Superior"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
no label

Purpose of Test: Sugar Tests

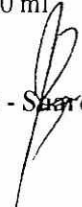
Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	PEPSI -----Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.030 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	137 (F)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	164 (F)	45 Max.
POLARIZATION	N/A	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	N/A	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	N/A	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	N/A	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - 

Date: May 16,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is freeflowing has a beige color and odorless.
- 2.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13070
Date Recv'd: May 05, 1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Superior"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
no label

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	PEPSI -----Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.034 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	119 (F)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	157 (F)	45 Max.
POLARIZATION	N/A	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	N/A	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	N/A	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	N/A	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 16, 1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is freeflowing has a beige color and odorless.
- 2.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13073
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Superior"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
no label

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	PEPSI -----Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.030 (P)	0.035 Max.
COLOR I.U.	124 (F)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	140 (F)	45 Max.
POLARIZATION	N/A	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	N/A	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	N/A	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	N/A	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 16,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is freeflowing has a beige color and odorless.
- 2.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13075
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Corriente"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
March 03,1995

Purpose of Test: Sugar Tests

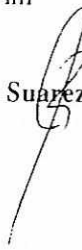
Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	-----PEPSI Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.062 (F)	0.035 Max.
COLOR I.U.	200 (F)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	238 (F)	45 Max.
POLARIZATION	N/A	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	N/A	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	N/A	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	N/A	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez 

Date: May 16,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is freeflowing has a beige color and has a burn odor.
- 2.



Faint text centered at the top, possibly a header or title.

Faint text centered below the header, possibly a subtitle or introductory sentence.

Faint text on the left side, possibly a date or reference number.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text centered in the middle of the page.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the left side, possibly a name or title.

Faint text on the right side, possibly a name or title.



CONCENTRATE MANUFACTURING OPERATIONS
PepsiCo Puerto Rico, Inc.

CONCENTRATE MANUFACTURING, OPERATIONS
PEPSICO PUERTO RICO, INC.
SUGAR REPORT

Sample No.: 13074
Date Recv'd: May 05,1995

-----Submitted By-----
PCI Rep.
-----Sample of-----
GRANULAR SUGAR (SUCROSE)
-----Material Type-----
"Azucar Corriente"

-----Company-----
-----Plant Code-----
-----Lot/Batch No.-----
February 22,1995

Purpose of Test: Sugar Tests

Explanation:

Submitters PEPSI (CMO)

-----Test Parameters-----	-----Data/Result-----	-----PEPSI Specifications-----
<u>A. PHYSIOCHEMICAL TESTS:</u>		
CONDUCTIVITY ASH (%)	0.057 (F)	0.035 Max.
COLOR I.U.	163 (F)	60 Max.
TURBIDITY I.U.	184 (F)	45 Max.
POLARIZATION	N/A	99.5 to 100.5
MOISTURE (%)	N/A	0.060
SEDIMENT (FOREIGN MATTER PPM)	N/A	20 Max.
TASTE, ODOR AND APPEARANCE	Pass	Pass/Fail
BEVERAGE FLOC TEST	N/A	Pass/Fail
<u>B. MICROBIOLOGICAL TESTS:</u>		
TOTAL AEROBIC YEAST AND MOLD	0 cfu/ 10 ml	10 Max.
TOTAL AEROBIC PLATE COUNT	0 cfu/ 10 ml	200 Max.

F = Failed P = Passes

Current Status: Complete

Signed: I. Perez - Suarez

Date: May 16,1995

Completion Comments/Observations:

1. Sugar is freeflowing has a beige color and has a burn odor.
- 2.

C. CALCULOS

TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN CALIENTE:

COSTOS FIJOS:

1 tanque de acero inoxidable de 15 140 litros (4000 galones) con agitador de paletas de 5 Kw (48 rpm), enchaquetado y con aislamiento térmico	\$ 37 417
1 tanque de 250 litros con agitador de 350 rpm de hélice. Acero inoxidable	\$ 1 500
Filtro prensa para jarabe de sacarosa a 65 grados Brix . Flujo máximo 15140 Litros por hora (4000 galones/hora). Superficie 24.2 metros cuadrados (262.2 pies cuadrados). 11 placas	\$ 82 000
Intercambiador de calor de placas Thermaflex. Flujo máximo 18925 litros/hora de jarabe a 60 grados Brix (5000 galones por hora)	\$ 19 800
Bomba centrífuga con motor de 5 Kw	\$ 2 500
	TOTAL U.S. \$ 143 217
	TOTAL Q 816 337

Además del equipo anterior se requieren líneas de vapor y refrigeración. Los costos no se consideran en este caso, ya que las plantas embotelladoras normalmente tienen mayor capacidad instalada de equipos de refrigeración y vapor que la requerida. Esto se debe a que siempre se consideran planes de expansión en el diseño.

COSTOS VARIABLES:

MANO DE OBRA:

No se considerará la mano de obra en este análisis económico, ya que se requiere aproximadamente la misma cantidad de personal en el tratamiento de azúcar en frío y en el tratamiento en caliente.

MATERIA PRIMA:

Se consideró una planta que produce 2 millones de cajas de 24 botellas de 355 ml (12 onzas fluídas). Durante el proceso de producción el jarabe a 55 grados Brix será diluido en proporción 1:5 con agua tratada para obtener la concentración adecuada de sacarosa en el producto terminado. Se considera que el volumen del concentrado es despreciable.

Tamaño del batch: 7570 litros (2 000 galones) de jarabe
 Contenido de azúcar: 55 grados Brix

AZUCAR:

De las tablas de Brix, el contenido de sacarosa es de 5231.55 Kg (11500 libras, 115 quintales).

Precio del azúcar corriente:	Q 119.99 por quintal
Total:	Q 12 889.00 por batch

CARBON ACTIVADO:

Utilizando 0.3% del peso de azúcar:	15.7 Kg por batch (34.6 libras).
Precio por libra:	Q 6.82
Total	Q 235.48

TIERRA DE DIATOMEAS:

Utilizando 0.6 % del peso de azúcar (50% adicionado al tanque de precapa y 50% al tanque de cocimiento): 31.4 Kg (69 libras)

Precio por libra:	Q 2.14
Total:	Q 147.83

ENERGIA:**CALENTAMIENTO DEL JARABE:**

7570 litros de jarabe a 55 grados Brix
 Densidad: 1.256 Kg/litro
 Capacidad calorífica: 0.662 Kcal/Kg/grado celsius (datos de las tablas de Brix)

Calor requerido:

$$Q = (\text{masa}) \cdot (\text{calor específico}) \cdot (\text{diferencia de temperatura})$$

suatituyendo valores,

$$Q = 377.65 \text{ E } 03 \text{ Kcal} = 1.580 \text{ E } 06 \text{ KJ}$$

Considerando una eficiencia total del combustible del 60%,

$$\text{Calor real: } Q_{\text{real}} = 2.634 \text{ E } 06 \text{ KJ}$$

Utilizando aceite diesel # 2 con poder calorífico de 38.463 KJ/litro se requieren 68.48 litros (18 galones). Considerando un precio de Q 4 por galón, se tiene un costo total de:

$$Q \text{ 273.93}$$

REFRIGERACION:

Considerando un refrigerador con el 85 % de la eficiencia de un refrigerador de Carnot que opere entre 5 y 20 grados centígrados.

El coeficiente de refrigeración está dado por:

$$w = QF/W = T_f / (T_c - T_f), \text{ donde } QF \text{ es el calor retirado por el refrigerador, } T_f \text{ es la temperatura inferior y } T_c \text{ la superior (alrededores).}$$

$$\text{Sustituyendo valores, } w = 18.53$$

El trabajo realizado por el compresor del sistema es entonces:

$$W = QF/w \cdot \text{eficiencia} = 100.314 \text{ E } 03 \text{ KJ (considerando eficiencia del 85\%)}$$

Suponiendo un 10% de pérdidas por la línea y 90% de eficiencia del motor del compresor eléctrico,

$$\text{Energía consumida} = 123.85 \text{ E } 03 \text{ KJ} = 34.4 \text{ Kwh}$$

$$\text{Precio de la electricidad: } Q \text{ 0.20 por Kwh}$$

$$\text{Total: } Q \text{ 6.88}$$

ELECTRICIDAD DE LOS MOTORES:

Bomba %Kw, 1.1 horas	5.50 Kwh
Agitador tanque preparación 5 KW 2 horas	10.00 Kwh
Agitación de la precapa, 5KW, 0.15 horas	0.75 Kwh

Total en quetzales: Q 3.25

COSTOS VARIABLES TOTALES: Q 13 556.37 por batch.

TRATAMIENTO DE PURIFICACION DE AZUCAR EN FRIO:

COSTOS FIJOS:

1 tanque de acero inoxidable para disolución, con agitador de paletas de 5 KW y 45 rpm, tolva de alimentación; capacidad 15140 litros (4000 galones); acero inoxidable	\$ 17 500
1 tanque de 250 litros con agitador de 5 KW de 350 rpm para precapa. Acero inoxidable	\$ 1 500
1 filtro prensa para jarabe de sacarosa, a 65 grados Brix. Flujo máximo 15140 litros por hora (4000 galones por hora), con 24.2 metros cuadrados de superficie, 11 placas espaciadas cuatro pulgadas	\$ 82 000
Bomba centrífuga con motor de 5 Kw	\$ 2 500
Lámpara esterilizada de luz ultravioleta Aquafine de 12 candelas para un flujo máximo de 5 litros por segundo de jarabe a 60 grados Brix (14 500 litros por hora)	\$ 14 500
	TOTAL US \$ 118 000
	TOTAL Q 672 600

COSTOS VARIABLES:

MATERIA PRIMA:

Azúcar refinada 5231.55 Kg (115 quintales a Q 121.98 el quintal)
 Total: Q 14 027.70

TIERRA FILTRANTE:

Considerando 0.3 % del peso de azúcar para la precapa, 15.7 Kg = 34.6 libras a Q 2.14 la libra,
 Total: Q 74.04

ENERGIA ELECTRICA:

Bomba 5 KW, 1.1 horas	5.50 Kwh
Agitador de precapa 5 Kw, 0.15 horas	0.75 Kwh
Agitador del tanque de disolución 5 KW, 1.15 hrs	5.75 Kwh
Lámpara UV 10 KW 1.1 horas	11.00 Kwh
Total	23.00 Kwh
Precio	Q 4.60

COSTOS OPERATIVOS TOTALES: Q 14 106.34

El rendimiento teórico de 7570 litros de jarabe con proporcionamiento 1:5 es de 5331 cajas de 24 botellas, cada una de 355 ml. Si la planta produce 2 millones de cajas al año (166,667 cajas por mes, promedio), se requieren 31.3 (32) batches por mes.

ANALISIS ECONOMICO:

TRATAMIENTO EN CALIENTE:

Batches por mes	32
Costo operativo por batch	Q 13 556.37
Costo operativo mensual	Q 433 804.84
Costo del equipo	Q 816 337.00
Mayor costo de equipo, pero menor costo operativo.	

TRATAMIENTO EN FRÍO:

Batches por mes	32
Costo operativo por batch	Q 14 106.34
Costo operativo mensual	Q 451 402.88
Costo del equipo	Q 672 600.00
Menor costo de equipo, pero mayor costo operativo.	

Diferencia de costo de equipo:	Q 143 737.00
Diferencia de costo operativo mensual	Q 17 600.00

El tratamiento en caliente tiene un costo operativo menor, pero mayor costo de equipo (diferencia de 143 737.00). Si se considera que requiere un 20% más por gastos de mantenimiento respecto al tratamiento en frío, la diferencia asciende a Q 172 484.40. Si se considera la implementación del tratamiento en caliente en una planta que opere en frío, esta diferencia tendría un tiempo de recuperación de aproximadamente 10 meses (cerca de un año).

El equipo de tratamiento en caliente puede en cualquier momento realizar tratamiento en frío, siempre que se instale la lámpara de luz ultravioleta.

NOTA: Los costos se obtuvieron de las siguientes compañías:

EQUIPO:

Aquafine Corporation, USA.

Beverage & Service Equipment Inc. Orlando, Florida, USA.

Tecnología de Ponta Apem, Bauru SP, Brasil.

Sandy Hark Boiler Sales Inc. Miami, Florida, USA.

Servicios Industriales y Agrícolas S.A., Guatemala

MATERIAS PRIMAS:

Gremial de azucareros de Guatemala

Comersa (Carbón activado y filtroayudas).

Finalmente, es importante notar que el presente estudio se basa en precios actuales que podrían variar en el futuro, por lo que el mismo sólo tiene validez si los precios de equipos y materias primas se mantienen en la misma proporción.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PH.D. THESIS

1960

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PH.D. THESIS
1960

1960

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PH.D. THESIS

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PH.D. THESIS
1960