

**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN  
OSCAR LUCERO MOYA  
FILIAL URBANO NORIS CRUZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
INGENIERIA DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**TÍTULO:** Modificación del sistema de extracción del condensado de la UEB Central Urbano Noris.

**Autor:** Juan Carlos Ricardo Batista



**UNIVERSIDAD  
DE  
HOLGUÍN**

**Tutor:** MSc. Adalis Aleida Hernández Rosas

OSCAR LUCERO MOYA

**Urbano Noris, 2013**



*“Los hombres, aun cuando se sientan cansados, los hombres y las mujeres, después de su trabajo, deben hacer un esfuerzo para dedicar, aunque sea una hora diaria, al estudio, hacer de esto un hábito”.*

CHE

## DEDICATORIA

A la Revolución Cubana, por inspirarme a luchar por un mundo mejor.

A mis hijas para que sigan el camino de la sabiduría.

A mi esposa por su ayuda incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mí cuñada por su ayuda y las consultas realizadas.

A mi consultante y asesor Osvaldo Bauzá Zaldívar.

A mi tutora Adalis Aleida Hernández Rosas, por la confianza que depositó en mí.

A los compañeros que colaboraron en la información solicitada Oscar y Eliécer.

A mis compañeros de estudios que me apoyaron durante toda la carrera.

## **RESUMEN**

El presente Trabajo de Diploma aborda un problema complejo y necesario que se presenta en el sistema de extracción del condensado de la UEB Central Urbano Noris, que se asocia a las pérdidas de calor, combustible, vapor y agua en las calderas, lo que tuvo como causa la baja calidad del agua de alimentación a las mismas, acelerando la velocidad de corrosión de las superficies metálicas, el excesivo uso de agua tratada y el alto nivel de incrustaciones en la superficie de transferencia de los generadores de vapor, entre otros. Se consideró apropiado modificar esta situación para hacer más eficiente el sistema de extracción de condensados y de este modo, simplificar la operación del área y aumentar su seguridad, resolviéndose de esta manera el problema identificado. Se aplicaron métodos del nivel teórico, empírico y matemáticos que probaron la efectividad del proceso investigativo y del resultado final.

## **SUMMARY**

The present Work from Diploma approaches a complex and necessary problem that comes Central Urban Noris, that associates to the losses of heat, fuel, vapor and water in the caldrons, you had in the system of extraction of the condensed of the UEB how cause the you lower quality of the water of feeding to the same, accelerating the speed of corrosion of the metallic surfaces, the excessive use of tried water and the high level of incrustaciones in the surface of transfer of the generators of vapor, between another. You was considered appropriate modify this situation in order to make more efficient the system of extraction of condensing and in this way, simplify the operation of the area and increase their security, being solved this way the identified problem. Methods of the theoretical level were applied, empiric and mathematicians that proved the effectiveness of the process investigative and of the final result.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Capitulo I: Fundamentos teóricos que existen con relación al tema, así como los antecedentes del mismo.....</b>	<b>6</b>
1.1 Breve caracterización de la UEB Central Urbano Noris.....	6
1.2 Generación de vapor y agua de alimentar las calderas.....	7
1.3 Control de las aguas condensadas.....	13
1.4 Con relación al tratamiento externo e interno del agua de alimentar.....	17
1.5 Esquema de evaporación.....	21
<b>Capitulo II: Modificaciones realizadas al sistema de extracción de condensados para solucionar el déficit de agua de retorno para la alimentación a las calderas y los diferentes usos tecnológicos.....</b>	<b>26</b>
2.1 Estado del sistema de extracción de condensados antes de realizar las modificaciones. ....	26
2.2 Modificación realizada al sistema de extracción de condensados para mejorar los indicadores de eficiencia energética e industrial y disminuir las pérdidas fundamentales en los generadores de vapor.....	30
2.3 Valoración de la efectividad de las Modificaciones realizadas.....	31
2.4 Análisis económico.....	34
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Se dice con frecuencia que el agua es el elemento esencial de nuestro planeta, pero si bien es cierto que esto se dice corrientemente, también, lo es que la humanidad ha tardado mucho tiempo en darse cuenta del verdadero alcance de esta expresión, fundamentalmente cuando carecemos de este preciado líquido, no sólo para el uso social; cada día somos más exigentes en lo que se refiere a la calidad del agua para el uso industrial, para las calderas modernas y para el proceso tecnológico azucarero. Se parte por tanto, con frecuencia, de agua más compleja y debe obtenerse un agua mucho mejor acondicionada que antaño. Sabiendo que el condensado puede y debe ser un agua químicamente pura, no lo atendemos para su perfecta recolección, no evitamos la contaminación y los arrastres con métodos eficientes desde el punto de vista tecnológico, cambiamos entonces nuestra agua; la que nos da la caña, por agua de fuentes externas, quitándosela a veces al pueblo, malgastando dinero y energía, para maltratarla, y sus resultados irán a las calderas para incrustarlas, hacerlas ineficientes, con sus costos de eficiencia, mantenimiento, reposición y consumo de combustible adicional. ¿Dónde está el secreto?; en la técnica para el uso eficiente del agua, la misma que nos ofrece la caña.

El presente trabajo se realizó en la UEB Central Azucarero Urbano Noris, en el sistema de extracción del condensado del área de Fabricación (Casa de Calderas), cuya función es de extraer los condensados de todos los vasos evaporadores, los calentadores y los tachos, para disponerlo en el punto adecuado según su procedencia y temperatura, contaminación. Entre los problemas apremiantes que la industria azucarera debe enfrentar se encuentra las pérdidas (calor, combustible, vapor y agua) en las calderas atribuidas a la calidad del agua de alimentación a las mismas: baja temperatura y presencia de contaminantes lo que se traduce en altos consumos de combustibles. Los contaminantes que con mayor frecuencia están presentes en esta agua son: azúcar y aceites.

La necesidad de agua de alimentación a la caldera es superior en muchos ingenios a la producción de condensados puros. Es práctica común suplir este déficit con las aguas de los



segundos vasos de los cuádruples ó quíntuples lo que ocasionalmente arrastra azúcar atentando contra la calidad del agua de alimentación a calderas. A través de la observación científica, entrevistas, encuestas e intercambio con los especialistas, técnicos y operadores de las áreas del sistema de extracción del condensado e investigaciones realizadas como estudios de la norma Técnica 37, estadísticas de las hojas de análisis, balances de masa y energía, consumo de productos químicos, nos han permitido detectar las siguientes insuficiencias:

1. Mala calidad del agua de alimentar calderas acelerando la velocidad de corrosión de las superficies metálicas
2. Déficit de agua de alimentar calderas, excesivo uso de agua tratada.
3. Alto consumo de producto químico en el tratamiento del agua, provocando formación de espumas.
4. Alto contenido de sólidos en el agua.
5. Alto nivel de incrustaciones en la superficie de transferencia de los generadores de vapor.
6. Incrustaciones en válvulas y turbinas de los turbos generadores.
7. El incremento del tiempo perdido desplaza el equilibrio entre la demanda y sobrante de agua, más hacia el primero, resultando dominante.

Se considera que se trabaja en el aprovechamiento y el logro de la eficiencia energética del ingenio pero aun así es insuficiente, existiendo conflicto entre lo que está ocurriendo y lo deseado por lo que declaramos el siguiente:

**Problema Científico:** ¿Cómo solucionar el déficit de agua de retorno para la alimentación a las calderas y los diferentes usos tecnológicos en la UEB Central Azucarero “Urbano Noris Cruz”?  
El problema está contenido en el: **Objeto:** El proceso de condensación y recuperación de las aguas de retorno en la UEB Central Azucarero Urbano Noris Cruz.

Para resolver el problema planteado, localizado en el objeto se formula como: **Objetivo**  
Modificar el sistema de extracción del condensado para la alimentación de agua de retorno a calderas y los diferentes usos tecnológicos en la UEB Central Azucarero “Urbano Noris Cruz.

La descomposición del objeto con la finalidad de garantizar una transformación en una parte del mismo y cumplir con el objetivo se consideró como **Campo**: El sistema de extracción del condensado en la UEB Central Urbano Noris.

Para cumplir el proceso investigativo, resolver el problema y darle cumplimiento satisfactorio al objetivo, se planteó la siguiente:

**Hipótesis**: Si se realizan modificaciones en el sistema de extracción de condensados de la UEB Central Azucarera Urbano Noris, se podrá solucionar el déficit de agua de retorno para la alimentación a las calderas y diferentes usos tecnológicos.

Para dar solución a la problemática se trazaron las siguientes tareas investigativas:

**Tareas**:

1. Fundamentar los referentes teóricos que existen con relación al tema, así como los antecedentes del mismo.
2. Determinar el estado del sistema de extracción de condensados antes de realizar las modificaciones.
3. Explicar las modificaciones realizadas para lograr la cantidad de agua necesaria para la alimentación de las calderas.

Los principales métodos y técnicas empleadas fueron las siguientes:

**Métodos teóricos**:

**Histórico-lógico**: Se utilizó para estudiar las diferentes concepciones y criterios de los investigadores acerca del nivel de preparación que poseen los operadores acerca del funcionamiento de los equipos y bombas en el sistema de extracción de condensados, su efectividad, así como las manifestaciones de las principales regularidades.

**Análisis-Síntesis:** Este método se utilizó en la explicación de conceptos, interpretación de resultados, en la elaboración de conclusiones lógicas referidas con el tema, así como en la confección del Informe Final de la investigación. La utilización del mismo nos permitió resumir y valorar una gran cantidad de información obtenida a través de los métodos empíricos sobre las fuentes consultadas.

**Inductivo-Deductivo:** sobre la base de la descripción de los datos empíricos obtenidos, permitió establecer generalizaciones sobre la base del estudio realizado del fenómeno objeto de estudio.

#### **Métodos del nivel empírico.**

1. **Observación:** permitió constatar la existencia del problema y su diagnóstico. así como las principales limitaciones de la operación en el sistema de extracción de condensados para disminuir el consumo de productos químicos, déficit de agua para alimentar calderas y Incrustaciones en válvulas y turbinas de los turbos generadores.
2. **Entrevista:** para conocer el nivel de preparación que poseen los operadores acerca del funcionamiento de los equipos y bombas en el sistema de extracción de condensados, su efectividad, así como las manifestaciones de las principales regularidades.
3. **Encuesta:** conocer criterios acerca de la organización, orientación, ejecución y control del proceso de la modificación en el sistema de extracción de condensados.

#### **Métodos del nivel matemático:**

1. **Estadística descriptiva:** (media) para obtener los indicadores de medición de de la eficiencia en la utilización del sistema de extracción de condensados.

#### **Procedimiento**

2. **El cálculo porcentual:** para cuantificar los datos obtenidos y poder hacer una valoración de los resultados de las técnicas aplicadas en el transcurso de la investigación.

El **aporte** de este trabajo de diploma se dirige a modificar el sistema de extracción del condensado de la UEB Central Urbano Noris, que resulta una necesidad de orden económico,

en función de alcanzar mayor eficiencia, humanizar el proceso productivo, disminuir riesgos de contaminación y ahorrar recursos al país.

El desarrollo del trabajo se estructura en dos capítulos, con varios epígrafes cada uno: En el primero se realiza una caracterización de los fundamentos teóricos y los antecedentes que existen con relación al tema, abordándose aspectos como la generación de vapor, el agua de alimentación de las calderas, su control entre otros aspectos, mientras que en el segundo capítulo contiene el proceso mediante el cual se realizaron las modificaciones al sistema de extracción de condensados para solucionar el déficit de agua de retorno para la alimentación a las calderas y los diferentes usos tecnológicos, además del resultado final, que puso de manifiesto la efectividad de lo realizado. También consta de conclusiones y recomendaciones, así como de una amplia y actualizada bibliografía e importantes anexos que enriquecen el informe escrito.

## **CAPITULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE EXISTEN CON RELACIÓN AL TEMA, ASÍ COMO LOS ANTECEDENTES DEL MISMO.**

En el presente capítulo realiza una caracterización en torno a las concepciones teóricas y los antecedentes investigativos y prácticos que hicieron comprensible el abordaje del tema, además de aportar importantes consideraciones acerca de los diversos procesos tecnológicos que intervienen en la generación de agua para las calderas.

### **1.1 Breve caracterización de la UEB Central Urbano Noris.**

La UEB Central Azucarero “Urbano Noris” tiene como objeto social la producción de azúcar crudo de alta calidad para la exportación y consumo nacional, mieles que se comercializan para la alimentación animal y la fabricación de alcoholes, energía eléctrica para el sistema del país. Este ingenio reanudó sus operaciones después de haber estado paralizadas sus maquinarias durante la zafra 2011 por carencia de materia prima, aunque todos los años se realizan nuevas modificaciones en la tecnología para lograr mejores resultados y que sean explotadas al máximo sus capacidades.

La organización y control del proceso productivo sobre la base de un uso racional de los recursos y eficiencia industrial, que permita disminuir los costos y calidad en la producción, que garantice competitividad en el mercado se encuentra entre las premisas fundamentales de los trabajadores y directivos de esta entidad. La industria insertada en el centro del municipio posee una ubicación favorable para que los organismos políticos puedan brindar una atención inmediata a determinadas necesidades de la misma.

Laboran en esta unidad un total de 650 trabajadores, de ellos, mujeres 105 que representa el 16.5 %, la calificación del personal se desglosa en, 27 dirigentes, 6 Master, 488 operarios (53 mujeres), Técnicos 62 (26 mujeres), Servicios 71 (mujeres 22) y 2 administrativos.

El producto debe cumplir con las normas establecidas para su certificación, el resto de los subproductos obtenidos durante el proceso tales como ceniza, cachaza, bagazo, residuos agrícolas de la cosecha y otros provenientes de la agroindustria además de energía eléctrica para el Sistema Electro energético Nacional (SEN) están destinados según los planes de producción a la economía interna.

**Misión:** Producir Azúcar crudo de caña con alta calidad para satisfacer las necesidades crecientes de los clientes con un uso eficiente de la materia prima y el ahorro de los portadores energéticos y cumpliendo con la preservación del medio ambiente.

**Visión:** Somos una empresa líder en la producción de azúcar crudo en el mundo. La diversificación industrial alcanza el más alto nivel de su historia. Contamos con una contabilidad certificada. Poseemos un colectivo de trabajadores, técnicos y dirigentes muy competentes capaces de garantizar las tareas que se le asignen. La satisfacción de los clientes de nuestras producciones ha aumentado. Tenemos un nivel de automatización muy desarrollado y la innovación forma parte de nuestra cultura empresarial ayudando así a la conservación y protección del medio ambiente.

La infraestructura de que dispone la industria para ejecutar el proceso productivo está compuesta fundamentalmente por las áreas o departamentos siguientes: Basculador y Molinos, Purificación, Concentración, Cristalización, Centrífugas, Generación de Vapor y Energía Eléctrica. Se abordará con mayor profundidad el área de Generación de Vapor que es donde principalmente van los condensados.

## **1.2 Generación de vapor y agua de alimentar las calderas.**

La función del área de generación de vapor es generar vapor con los parámetros de temperatura y presión que requiere el proceso para la fabricación de azúcar. Parte de la energía de este vapor se utiliza en mover las turbinas que a su vez transforma la energía del vapor en trabajo mecánico este a su vez entregan vapor de escape a altas presiones al proceso de fabricación de azúcar.

Cualquier caldera de tubos de agua puede evaporar  $18 \text{ kg/m}^2/\text{h}$  en una operación normal, pero las calderas con dos circulaciones del tipo Naeyer, por ejemplo no pueden forzarse a las mismas evaporaciones que las calderas con tres circulaciones, este tipo de calderas pasa difícilmente de  $200$  a  $22 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ , si la superficie de calentamiento están limpias, se cuenta con calentador de aire y sopladores bajo las parrillas, las calderas modernas con varias circulaciones pueden llegar a pasar de  $30 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ , con un economizador y un calentador de aire de dimensiones generosas puede llegarse hasta  $40 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ . cuando se modifica el tiro puede estimarse aproximadamente que la relación de evaporación variará proporcionalmente a la raíz cuadrada del tiro, expresada en milímetros de agua

Esta área debe trabajar coordinadamente con el resto de las áreas sin interrupciones durante toda la zafra ya que sí la demanda de vapor es mayor que la generación de las calderas, se produce la caída de presión que repercute negativamente en toda la fábrica. Esta es un área de apoyo que contribuye al buen funcionamiento de las demás.

Una caldera no puede considerarse como un recipiente simple productor de vapor, pues en realidad es una cámara de presión altamente complicada donde distintas sustancias disueltas en el agua de alimentación están sujetas a cambios químicos de extraordinaria importancia.

Muy complejo es el tema de la calidad del agua cruda que tratamos en las plantas, con tecnologías convencionales encaminadas a eliminar del agua el tipo de impurezas (disueltas o en suspensión) que pueden reaccionar causando incrustaciones o depósitos en las superficies de calentamiento. Otras pueden promover corrosiones muy activas, incrustaciones, espumeo, arrastres e incluso fragilidad cáustica.

Las incrustaciones son depósitos absolutamente estables y son muy pobres conductores de calor, reducen la eficiencia del generador, aumentan el consumo de combustible y son además, las causas mas frecuentes de las roturas de los tubos. La corrosión es la pérdida del material de las superficies metálicas en las calderas y la misma puede progresar tanto que provoque el completo deterioro del equipo. La corrosión en las calderas, economizadores, calentadores de

agua de alimentación, tuberías de distribución, etc., es provocada por un PH bajo, en adición de la presencia de oxígeno disuelto en el agua de alimentación.

El agua que alimenta las calderas no puede contener sales, gases disueltos en suspensión y el mínimo posible de impurezas que pueda causar espuma, corrosión o formar incrustaciones y es inyectada a la misma a través de bombas de alta presión después de un proceso de desaireación, para evitar incrustaciones es una naturaleza mas bien física que química y se realiza mediante el uso de materias coloidales de origen orgánico, siendo preferible su utilización para obtener los mejores resultados en combinación con la sosa ash o los fosfatos.

Las características físicas del fango precipitado en el agua de calderas varían considerablemente. En algunas ocasiones el fango tiene características tan especiales que las extracciones o purgas no pueden rendir plenamente la función de extraerlos adecuadamente. La extracción continua en los generadores de vapor se estima en un 3 % del agua total de alimentación a las calderas.

Se puede aceptar 14.50 ft<sup>3</sup> de calefacción en los generadores de vapor por 100 @ de caña a moler (1.188 m<sup>3</sup> por tonelada de caña a moler). En una refinería es mucho mayor el consumo de vapor.

Una libra de agua necesita, para convertirse en vapor, 970.4 Btu (1 kg de agua necesita para convertirse en vapor, 538.63 kcal).

La economía, en término general, que puede introducir un economizador de agua para la elevación de la temperatura del agua de alimentación al generador de vapor es de un 1 % por cada 10 EF de aumento de la temperatura del agua.

La temperatura del agua de alimentación a las calderas debe ser mayor de 95 °C.

El PH del agua de las calderas nunca debe ser menor de 10.



Los términos de espuma, arrastres de agua y arrastres de sales están muy íntimamente asociados.

El espumeo puede ocurrir sobre la superficie del agua y puede también ocurrir y ocupar todo el espacio o cámara de vapor. En cualquier caso puede contaminarse el vapor con apreciable cantidad de agua de calderas.

El arrastre de agua propiamente dicho es cuando la descarga del agua con el vapor se produce en una forma violenta y sucede principalmente cuando el nivel de agua en la caldera tiene fluctuaciones muy rápidas.

Por arrastres de sales se entiende cuando los sólidos en el agua de calderas se mezclan con el vapor aun cuando no hay indicación de que exista espumeo o arrastres de agua, aunque generalmente son provocados por esas causas. Los sólidos en suspensión se acumulan en la película de la superficie rodeando la burbuja de vapor y haciéndola más resistente.

Todas estas dificultades son muy perjudiciales pues afectan la operación de los equipos que se ponen en contacto con el vapor producido, presentándose frecuentemente incrustaciones y erosión en esos equipos, fundamentalmente en los alabes de las turbinas.

### **Usos de las aguas.**

De acuerdo a su ubicación en el proceso de generación del vapor, el agua se clasifica en:

- a) Agua cruda
- b) Agua tratada o de retorno.
- c) Agua de alimentación.
- d) Agua de calderas.

a) Agua Cruda: Es aquella que no ha sido sometida a tratamiento alguno. La misma puede ser de: río, pozo, presa y manantial. No debe usarse en la alimentación a calderas.

b) Agua Tratada: Es la que ha sufrido algún tipo de tratamiento para evitar la formación de incrustaciones y generalmente proviene de algún suavizador tales como:

1. Planta de tratamiento de agua
2. Por vaporización en la industria azucarera (condensados, retornos)
3. Colección de agua lluvia, menos utilizada.

c) Agua de alimentación: Es aquella que va hacia la caldera y puede ser una mezcla de agua tratada y condensado de retorno, incluso agua de lluvia.

d) Agua de Caldera: Es aquella que se toma directamente del interior de la caldera, cuando está en operación o trabajando.

e) Agua vegetal. El agua que entra a un central azucarero formando parte de la caña alcanza proporciones del 70% del peso de esta. Cierta proporción de dicha agua es recuperada en el múltiple efecto y con los calentadores primarios en forma de condensado vegetal, esta denominación se debe precisamente de que procede del agua contenida en la caña original que es la más usada y barata.

En la industria azucarera el agua que se utiliza para producir vapor en las calderas proceden del jugo de la caña que es un agua químicamente pura o como se le suele llamar agua vegetal. El 75 % en peso de la caña lo constituye el agua que acompaña la fibra, potencialmente es posible recuperar una parte importante de ésta en forma de condensados mediante el empleo de esquemas eficientes de recuperación y con ello se logra abastecer totalmente las necesidades de agua pura y caliente del proceso, esta potencialidad determina el ahorro de gigantescos volúmenes de agua de fuentes externas en una zafra, en términos de la recuperación de los mejores condensados para el uso particular de las calderas es posible afirmar que una insuficiente recuperación implica una pérdida significativa de la eficiencia global que, en casos críticos, puede arruinar las bondades del mejor esquema de utilización del vapor. Una disminución de 5 °C en el agua de alimentación de calderas, significa una disminución de un 1 % en la eficiencia de la caldera.

El destino de las aguas condensadas o de retorno de cada vaso dependerá del grado de contaminación de cada una de esas corrientes atendiendo a lo que se especifica a continuación:

- 1.- Aguas condensadas puras hacia el tanque de alimentar calderas; integradas por:
  - Condensados directos, de los equipos primarios de evaporación, de los primeros vasos de cuádruple o quíntuples efectos.
  - Condensados de los segundos vasos de cuádruples efectos, de segundos y terceros de los quíntuples efectos.
  - Condensados de calentadores de jugo clarificado protegidos por sistemas adecuados de detección de azúcar.
  
- 2.- Aguas condensadas que pudiesen ser enviadas a las calderas si el resultado del análisis arroja valores de azúcar permisibles. Si no existe déficit de agua de alimentar calderas destínese este grupo para usos tecnológicos. Está integrado este grupo por:
  - Condensados del tercer vaso de los cuádruples efectos.
  - Condensados del cuarto vaso de los quíntuples efectos.
  
- 3.- Aguas condensadas para usos tecnológicos. Son aguas que por su procedencia pueden estar contaminadas y que constituyen los condensados de menor temperatura por lo que se recomiendan exclusivamente para usos tecnológicos. Este grupo está conformado por:
  - Condensados del cuarto vaso de los cuádruples efectos.
  - Condensados del quinto vaso de los quíntuples efectos.

### **Requerimientos de agua**

- Se requieren 500 kg de agua para producir 1 kg de azúcar.
- Una cuestión importante en la ubicación del ingenio es la disponibilidad de agua en abundancia.
- La cantidad de agua de enfriamiento que necesita el condensador es grande. Ascende aproximadamente a 50 lb de agua por lb de condensado de evaporación (50 kg de agua por

kg de condensado). Un consumo de 200 000 gal/hora (756 m<sup>3</sup>/h) es cosa corriente en un central de tamaño moderado.

- La capacidad de la bomba de agua de inyección en el condensador de los evaporadores es de 1.75 galones de agua por minuto por 100 @ de caña por día (8.382 m<sup>3</sup> de agua por hora por cada tonelada de caña por hora).
- El agua requerida para el condensador de los tachos es de 1.55 galones de agua por minuto por 100 @ de caña por día (7.424 m<sup>3</sup> por hora por tonelada de caña por hora).

### **1.3 Control de las aguas condensadas.**

La fábrica de azúcar tiene gran número de condensados, de los varios cambiadores de calor: múltiples efectos, calentadores de jugos, tachos al vacío, estos condensados son generalmente puros porque han sido evaporados y condensados como agua destilada, es necesario clasificarlos de acuerdo con su origen.

- Las aguas derivadas de la condensación del vapor que viene directamente o indirectamente de las calderas.
- Las aguas originadas de los vapores de jugo, condensados del segundo cuerpo y subsecuentes en un múltiple efecto, de calentadores de jugos o de otros cambiadores de calor calentados con vapor de múltiples efectos.

Es difícil que los primeros condensados se contaminen, como se originan de vapor a presión, aun cuando algún tubo del primer efecto esté perforado, pueden contaminarse en los calentadores de jugo, cuando un tubo roto admite el jugo a presión al espacio del vapor. Los condensados del segundo grupo son más peligrosos primeramente tienen los mismos riesgos de contaminación directa por el jugo, además como los vapores del jugo están frecuentemente al vacío es más fácil que el jugo a presión los contamine a través de cualquier perforación. La contaminación principal se debe al azúcar de los arrastres en los evaporadores aun cuando el azúcar esté presente solo en cantidades imperceptibles, esta se retorna a las calderas y

terminan por acumularse en sus tubos, formando depósitos de carbones dañinos y peligrosos ". ([HUG68] Hugot, E.).

El autor asume este criterio ya que los condensados de los pre-evaporadores solo pueden contaminarse cuando la presión de jugo es mayor que la del vapor. Los condensados del segundo grupo están más comprometidos con una contaminación directa por el jugo debido a que estos equipos trabajan a bajas presiones cercanas a la presión de flujo de jugo y al existir cualquier avería el jugo pasa a la cámara de vapor. El mayor riesgo lo constituyen los calentadores donde la presión de jugo excede los 100 psig. y la del vapor solo es de hasta 10 psig.

Solo los condensados del primer jugo deben mandarse al tanque del agua de alimentación de las calderas, los condensados del segundo grupo pueden utilizarse en la imbibición, el lavado de las tortas de los filtros, la dilución de las mieles, si hay un exceso de ellos es mejor desecharlos y no mandarlos a las calderas.

Cuando la cantidad de jugo en las aguas de retornos es considerable, se hace notar por un olor característico, pudiendo causar un perjuicio, las aguas condensadas deben controlarse con frecuencia con la reacción que presentan con el Alfa-naphthol, en el momento en que se encuentre una traza del anillo violeta característico de esta reacción, debe identificarse y separarse inmediatamente el aparato que la produce y si es posible interrumpir su trabajo.

Algunas veces se producen fugas en unos de los tubos del calentador o del múltiple efecto, o en una de las juntas de las placas de la calandria, es el jugo que está a una presión inferior, si la fuga se produce en la parte superior de la calandria el vapor de ésta pasará directamente al espacio del vapor de cuerpo, el caso no es muy grave, puede considerarse que esta fuga se convierte en una toma de gases inconfensables suplementaria, si la fuga se produce en la parte inferior de la calandria, el agua condensada pasará al jugo, aumentando el trabajo de evaporación o diluyendo la meladura para evitar estas fugas, difíciles de encontrar, es conveniente revisar frecuentemente las calandrias, si es el vapor el que está a una presión

inferior, el jugo penetrará a las calandrias y se mezclará con las aguas condensadas, de la misma manera, ciertos arrastres anormales pueden llevar jugos a las aguas condensadas, estos dos últimos casos son muy graves porque las aguas contaminadas alimentan a veces las calderas.

Temperatura de las aguas condensadas: se admite generalmente que las aguas condensadas que salen de una calandria se encuentran a la temperatura de vapor del calentamiento de éstas, estas se enfrían un poco al fluir a lo largo de los tubos.

Utilización de las aguas condensadas: cuando las aguas condensadas de los diversos cuerpos se separan se utilizan generalmente como siguen:

Aguas del primer cuerpo van a la alimentación de las calderas.

Aguas del segundo, complemento de alimentación de las calderas.

Aguas de los últimos cuerpos, imbibición, lavado de las tortas de los filtros y dilución de mieles.

Las aguas condensadas del vapor directo o de escape, es decir, las que vienen de los defecadores, tachos y de los calentadores con vapor de escape, se envían junto con las aguas del primer cuerpo a un tanque a presión, del que se alimenta la bomba de alimentación de las calderas, las aguas del segundo cuerpo se envían a un compartimiento vecino de este tanque, que se comunica con él por medio de una válvula de flotador, de esta manera a las calderas sólo se envía la proporción de aguas del segundo cuerpo estrictamente indispensable, el excedente se envía al tanque de agua de los últimos cuerpos, estas precauciones evitan en lo posible la introducción de azúcar a las calderas, por las aguas contaminadas, teniendo como base las observaciones siguientes:

1. El agua de las calderas describe un ciclo cerrado: tanque de alimentación a calderas a vapor, a motores, a tanque de escape, a calandrias, a tanque de alimentación, esta ciclo no debería ser necesario un complemento, sin embargo en el circuito se presentan algunas

pérdidas, vapor de lavados, vapor de las grúa, fugas, estas pérdidas se compensan con agua tomadas fuera de él.

2. Es por esto que deben recurrirse a las aguas del segundo cuerpo, las que se forman por la condensación del vapor del jugo del primero y vienen por consecuencia de la misma caña y no de las tuberías de agua fresca que alimentan a la fábrica.
3. Se elige el segundo cuerpo de preferencia a los siguientes porque este es el que produce las aguas más calientes y sobre todo porque los riesgos de arrastres son mayores en los últimos cuerpos.
4. Por otro lado, el segundo cuerpo debe ser de tal tamaño que produzca todo el faltante necesario. Si hay instalado un termocompresor en el primer cuerpo, éste es suficiente para producirlo y las aguas del segundo cuerpo pueden emplearse en otra forma.

En el caso general, la mejor disposición de las aguas condensadas del múltiple efecto, es la siguiente:

1. Emplear la autoevaporación instalando tanques de expansión.
2. Tomar del primer tanque las aguas condensadas del primer cuerpo para enviarlas al tanque de alimentación de las calderas, su temperatura es igual a la indicada por el termomanómetro del segundo cuerpo, este tanque no está unido al segundo.
3. Tomar del segundo tanque si es necesario, el complemento necesario para el tanque de alimentación de las calderas.
4. Hacer circular todas las otras aguas de tanques en tanques.
5. Extraer las aguas del último por un monta jugos, para enviarlas al tanque de agua caliente.

Pueden también enviarse todas las aguas a un tanque único de varios compartimientos, comunicado con el último cuerpo, la tubería es más simple y el incremento de calorías permanece constante pero el último cuerpo debería poder absorber por sí solo un excedente de vapor de alguna importancia.

#### **1.4 Con relación al tratamiento externo e interno del agua de alimentar.**

Esta es una cuestión de gran importancia, donde se tienen en cuenta las siguientes características:

La planta de tratamiento entrega de forma bastante estable 40 t / h de agua con un contenido de sólidos totales disueltos de 1848 ppm, como promedio y dureza total cero. Aunque tiene los tres intercambiadores iónicos de alta, sólo se mantiene uno en operaciones y los otros dos en espera. Esto se asocia a otros cuellos de botella existentes, a la competencia por el agua cruda, que ha provocado varias paradas en la misma y limitaciones en la estación de bombeo.

Los condensados del pailón, los mejores de la fábrica registran valores de 390 ppm. En el gráfico que se anexa al final, se obtiene el % de extracciones de acuerdo al contenido de sólidos que se desea tener y en él se observa que este valor es el límite del gráfico. O sea, no se acepta comúnmente que en una caldera que opere a 250 psig, la cantidad de sólidos en el agua de alimentar exceda 350 ppm, pues los % de extracciones a realizar para lograr los 3000 ppm que requiere este tipo de recipientes a presión serían prohibidos.

Lo anterior confirma el hecho de que si usáramos solamente condensados puros en la alimentación de las calderas, estaríamos operando en los niveles límites admisibles, para con un 3 - 4% de extracciones (unas 4-5 t de agua por hora) mantener la concentración de SDT en el domo que exigen las normas.

El agua cruda de la EA Urbano Noris tiene un nivel de sólidos disueltos totales de 1775 ppm con una dureza de 500 ppm. Se evidencia que la planta de tratamiento sólo permuta el tipo de sólidos (Ca, Mg) por Na y elimina los sólidos en suspensión que pudiera trae el agua cruda. Pero no resuelve el hecho de que se incorporen al proceso de evaporación dentro de la caldera un nivel de SDT muy alto. Aun cuando ya se recomendó disminuir en un 25 % la cantidad de sal para la regeneración, esos niveles de salida del intercambiador, que son comprobados después en el tanque de reserva, siguen resultando muy altos.



Esto no incluye el incremento por el tratamiento interno posterior ( fosfato ) que incorpora un nuevo nivel de SDT al proceso. En los niveles de consumo y formas de aplicación actuales, o sea, 100 kg diario, con molidas que no superan las 15 horas de tiempo efectivo de demanda de agua de la caldera, las dosis actuales son de 55ppm, muy por debajo de las 91ppm recomendadas para mantener en exceso 50 ppm de fosfatos en el agua de calderas.

Las normas exigen que el nivel de alcalinidad en el agua de las calderas de presiones entre 250 y 400 psig se mueva en valores entre 160 y 600 ppm. En Urbano se logra cumplir con este Standard, pues el nivel de alcalinidad total (M) en las calderas es de 302 y 320 para una caldera y otra, pero con variaciones en esos valores de un 30 %.

Los valores extremos (472 y 410 ppm) pueden conducir a elevación de sólidos totales disueltos y arrastres de los mismos en el vapor, por lo que se recomienda ser prudentes en ambos sentidos. Tener bien presente que para calderas por encima de las 150 psig, ya no se puede usar el soda ash con el objetivo de elevar la alcalinidad y hay que recurrir al fosfato.

La dosis actual representa un incremento en la alcalinidad de las calderas de sólo 46 ppm. Si tenemos en cuenta que los niveles de alcalinidad M en las fuentes de suministro (térmico, planta de tratamiento o tanque de reserva) no sobrepasa como promedio 125 ppm vemos que nos movemos en los valores más bajos permisibles de alcalinidad en las calderas.

Elevar en un 25 % el consumo de fosfato pudiera bastar, pero debemos tener en cuenta además cómo muele el central y cómo debemos dosificar el producto. Es preciso marcar el inicio del momento del consumo de agua en la caldera, que a veces puede representar una hora o algo más antes de comenzar a moler y el momento en que detiene su consumo de agua, que también puede exceder en el mismo tiempo el momento en que se detiene la molidas. Con estos datos, estimar las dosis de fosfato teniendo en cuenta la fórmula:

La reducción en la cantidad de sal usada para la regeneración que se recomendó, también se asocia a la presencia confirmada de deposiciones de hierro en colectores de vapor de la caldera

y de incrustaciones de sales de sodio, muy solubles en agua, en válvulas a la entrada de la planta eléctrica. Hay también evidencias de pitting y en una muestra de tubo del economizador se observan incrustaciones de aproximadamente 0,5 mm de origen no cálcico, suficientes para una reducción de la transferencia térmica de hasta un 5 %.

Queda pendiente evaluar el poder de intercambio iónico de los filtros catiónicos, a fin de determinar la constante de intercambio de la resina, que no es nueva.

Relación a la proporción agua tratada/condensados puros a partir del balance de sólidos totales disueltos.

Donde:

T c: toneladas de agua de condensados puros

Sc: Sólidos Totales disueltos en el condensado puro (pailón)

Ta: toneladas de agua para alimentar (térmico)

Sa: sólidos totales disueltos en el agua para alimentar

Tp: toneladas de agua tratada ( salida de intercambiadores iónicos )

Sp: sólidos totales disueltos en el agua tratada

Tu: toneladas de agua cruda

Su: sólidos disueltos en el agua cruda

El balance general de sólidos disueltos en el sistema se expresa de la siguiente forma:

$$(Tc * Sc) + (Tp * Sp) + (Tu * Su) = Ta * Sa \quad (1)$$

Si asumimos que  $Tu = 0$ , o sea, no se añade agua cruda al sistema

Entonces :

$$(Tc * Sc) + (Tp * Sp) = Ta * Sa \quad (2)$$

Para  $Ta = 120$  y  $Tp = 40$

Si buscamos mantener un mínimo de sólidos disueltos en las calderas de alrededor de 3500 ppm , según la norma para una presión de trabajo de 250 psig. Para ello se debe alimentar un agua con un nivel de sólidos disueltos no superior a los 400 ppm.

Ante el incremento de sólidos disueltos que significa con relación a los Condensados puros, deben hacerse un uso mínimo de agua tratada.

El valor mínimo obtenido en el contenido de sólidos disueltos hasta el momento en el agua de alimentar es  $S_a = 728$ . Considerando que la planta de tratamiento tiene una capacidad de entrega de 40 t / h de producción y como se obtuvo por determinaciones experimentales que los sólidos disueltos en los condensados puros es  $S_c = 391$ , (algo que se mantiene bastante estable siempre que usemos los condensados de los mismos equipos).

Sustituyendo en (2)

$$(T_c * 391) + T_p * 1848 = T_a * 728$$

Dividiendo por  $T_p$  toda la expresión:

$$T_c/T_p = (T_a/T_p * 728) - (1848) / 391$$

$$T_c/T_p = 1.86 T_a/T_p - 4.73$$

Para alimentar 120 t a la caldera,

$$T_c/ T_p = 223.2/T_p - 4.73$$

$$T_c/T_p = 223.2 - 4.73 T_p / T_p$$

$T_c = 223,2 - 4,73 T_p$
--------------------------

Esto significa que:

Si usamos 10 t de agua tratada, entonces logramos usar 175,9 de condensados puros.

Si usamos 20 t de agua tratada, entonces logramos usar 128,6 t de condensados puros

Si usamos 25 t de agua tratada, entonces logramos usar 105 t de condensados puros

Si usamos 30 t de agua tratada, entonces logramos usar 81,3 t de condensados puros, pero ya la cantidad total de agua no coincide con la demanda horaria de la caldera.

### 1.5 Esquema de evaporación.

Los ingenios productores de azúcar de caña, se balancean energéticamente a partir de esquemas de evaporación y calentamiento adecuados a los esquemas de producción establecidos, con consumos de vapor del orden del 38 al 49 % en peso de la caña, ello se debe a que ella es la responsable de evaporar entre el 70 y el 75 % de todo el agua presente en el jugo clarificado.

Para alcanzar estos objetivos es necesario que se materialicen los aspectos técnicos siguientes:

- Mantener un estricto control sobre la operación, estado de limpieza de las superficies de transferencia de calor y el mantenimiento de la estación evaporadora.
- Explotar al máximo las extracciones instaladas.
- Recuperar las aguas condensadas en su mayoría como puras y a la mayor temperatura posible.
- Que el aislamiento térmico de los vasos esté en óptimas condiciones.
- Que todo el vapor de uso del proceso esté atemperado.

El objetivo es evaporar la mayor cantidad de agua con la menor cantidad de vapor así como producir excedentes de bagazo que den la posibilidad de mantener en operación la casa de calderas en paradas cortas. De acuerdo a la función que juegan dentro del esquema de uso del vapor del proceso se definen fundamentalmente los componentes del área como sigue:

**Vapor Cells:** son aquellos equipos de evaporación primaria a simple o doble efecto que entregan sus vapores vegetales para uso exclusivo del área de calentamiento del jugo alcalizado. Operan a presiones relativamente bajas de 6 a 12 psig y generan vapores vegetales de hasta 3 psig.

**Pre - evaporadores:** son equipos de evaporación primaria, que trabajan a simple o doble efecto que entregan sus vapores vegetales para la línea general de suministro (evaporadores,

tachos, calentamiento rectificador y refinería anexa). Se operan a presiones relativamente altas, hasta 30 psig para generar vapores del orden de 8 a 15 psig.

**Evaporadores a múltiple efecto:** son equipos de evaporación secundaria que trabajan siempre a múltiple efecto (desde 3 y hasta 6 vasos). Consumen vapor de escape o vegetal de los evaporadores primarios hasta 15 psig y pueden entregar vapores de extracción a calentadores, cuya presión dependerá del o de los efectos donde se practique(n) la(s) extracción(es).

**Calentadores de jugo clarificado:** son calentadores que se emplean para elevar la temperatura del jugo clarificado hasta la de ebullición correspondiente a la presión de operación del vaso y hacer más eficiente el esquema de evaporación.

Atendiendo al balance de agua de cada ingenio existe la alternativa de unir los condensados de los dos últimos vasos, con flasheo intermedio y destinarlos exclusivamente a usos tecnológicos.

Los condensados de los calentadores rectificador y de jugo mezclado pueden oscilar entre una y otra calidad, su clasificación se realiza previo análisis del contenido de azúcar; en el caso de los tachos, de las 10 t/h de vapor que consumen, se asume que es de buena calidad 8.5 t/h, ya que existe gran riesgo de contaminación en el comienzo de la operación, antes de producirse el vacío en el cuerpo del equipo.

Mantener una evacuación de todos los condensados producidos y supervisar la operación para evitar violaciones de la disciplina tecnológica que propicien la contaminación de las aguas condensadas. En este sentido es de riguroso cumplimiento el que se operen los vasos al nivel adecuado.

El calor transmitido del vapor al jugo a través de la calandria corresponde al calor latente de vaporización del vapor. Por lo tanto, todo el vapor que se usa para calentar se transforma en condensados dentro de la calandria, es entonces necesario evacuarlos o remover un peso de este condensado igual al peso del vapor que se recibió, esta evacuación se efectúa por medios

de drenajes colocados en la parte inferior de la calandria, los drenajes deben distribuirse en la placa inferior a razón de uno cada 3 m cuadrado aproximadamente de sección transversal del aparato.

**La extracción del condensado de la calandria puede hacerse de diversas maneras, de acuerdo con la presión dentro de éstas pueden distinguirse:**

- a) Calandrias a presión. Trampa de vapor.
- b) Calandrias al vacío. Bomba de aire húmedo, marais.
- c) Calandrias a presión o al vacío. Bombas monta jugos, sifón, tanques de expansión

Trampa de vapor. Cuando la calandria está a una presión de superior a la atmosférica que es caso general en el primer cuerpo, el condensado puede fluir por gravedad, es necesario que el tubo no se vacíe y permita que escape el vapor, deba colocarse un aparato de separación y control llamado Trampa de Vapor. Esta es un pequeño recipiente a través del cual pasa el condensado con un flotador que manda una válvula de descarga, la que no abre hasta que el agua llega hasta cierto nivel en el recipiente, cuando el agua fluye continuamente, el flotador abre progresivamente la válvula en la proporción en que ésta sube de nivel y llega a una posición de equilibrio correspondiente a un escurrimiento continuo, recibiendo el nombre de Caja de las Angustias por los problemas que originan a los trabajadores, pero raramente causa ningún problema si se le conserva con cuidado y si la pequeña válvula de la parte superior se deja ligeramente abierta para permitir que escape un filete de vapor, especialmente si se provee para manejar un flujo igual a la mitad del que indican los fabricantes

Bomba de aire húmedo. En las instalaciones antiguas el vacío se produce en el último cuerpo inyectando agua al vapor que lo abandona, esta se condensa y una bomba, conocida como bomba de aire húmedo, extrae simultáneamente el vapor condensado, el agua que sirvió para condensarlos y los gases incondensables arrastrados con el agua, pueden entonces enviarse los condensados a la bomba de aire húmedo que los extrae junto con el agua que sirve para la condensación, este sistema está casi abandonado, las bombas de aire húmedo de muy baja

velocidad porque tienen que manejar agua, se hace rápidamente excesivas a medida que la instalación aumenta.

Marais. La principal dificultad que debe vencerse cuando los condensados se extraen de calandrias al vacío es la diferencia de presión entre el cuerpo y la atmósfera, cuando los cuerpos están a un nivel suficientemente alto esta dificultad se resuelve evacuando los condensados a un tanque colocado bajo los evaporadores, a un nivel tal que el flujo pueda ser por gravedad, a este dispositivo se le conoce en los países franceses con el nombre de Marais y el sistema puede describirse como un vaso con un tubo sellado.

Precauciones: asegurar que el condensado fluya del compartimiento que recibe el condensado más al que recibe el condensado del cuerpo precedente y así sucesivamente, de manera que el condensado de más alta temperatura fluya al último compartimiento, esta precaución es para evitar las variaciones de vacío en un vaso que provoquen que el agua caliente del Marais a su drenaje de condensado produciéndose una autoevaporación que podría ocasionar que la calandria se llene de agua.

Bomba de condensados: con ayuda de una los condensados pueden extraerse de una calandria a cualquier vacío, siempre y cuando se lleven las siguientes condiciones:

1. Es necesario que la bomba sea capaz de descargar a una altura igual a la altura geométrica de descarga aumentada por la diferencia de presión entre la atmósfera y la calandria respectiva
2. Como puede ocurrir alguna fuga en la bomba, es necesario proveerla con un pequeño tubo igualador de presión que una la válvula de admisión o el cuerpo de la bomba con la parte superior de la calandria. De otra manera, el aire entrado a través de las fugas de la bomba, será arrastrado por el agua al tubo de succión y obstaculizará el flujo del agua; el vapor que se forma en la bomba por el agua caliente se acumulará y formará una bolsa.
3. Como en las trampas de vapor, es necesario proveer una bomba tres o cuatro veces mayor en capacidad, que la teóricamente necesaria.

Monta jugos automáticos: se emplea para la extracción de agua o de mieles, especialmente al vacío, se llama Michaelis, también se le llama trampa de alimentación automática, Trampas de vapor en cuya parte superior está localizada una válvula de admisión y una válvula para escape de vapor vivo, cuando el recipiente se llena con líquido, se levanta un flotador a cierto nivel que actúa un mecanismo muy simple, el cual abre la válvula de entrada de vapor y cierra la válvula de escape, de esta manera la superficie del líquido dentro del recipiente queda sujeta a la presión del vapor vivo que expulsa al líquido a través de la válvula de descarga, en estos momentos el flotador nuevamente cerrando la admisión del vapor y abriendo la válvula de escape, el condensado empieza otra vez a abrir la válvula de entrada que previamente se había cerrado contra su asiento por la presión del vapor y el recipiente vuelve a llenarse con agua.

Sifones: la dificultad principal que se presenta al pasar los condensados de una calandria a otra es la diferencia de presiones entre estos dos recipientes, esto se resuelve comunicando las calandrias por medio de un tubo en U o sifón invertido, así la diferencia que existe entre las presiones de las calandrias se equilibra automáticamente por la diferencia de nivel  $H$  que se establece entre las dos columnas del líquido en el tubo en U. Cuando el sifón es corto, aun por una pequeña fracción, la diferencia de presión existente en un momento dado, produce una presión ascendente, que puede hacer insuficiente la columna del líquido y desintegrar el sifón.

El agua que sube por el segundo brazo del sifón, encuentra, después de pasar el nivel, una presión inferior a la de la calandria precedente, en este momento viene de condensarse y se encuentra, por este motivo, muy cerca de la temperatura de ebullición que corresponde a esta presión, entrando el agua en ebullición cada vez más violentamente, a medida que sube por el tubo, en consecuencia la diferencia de presión no queda equilibrada por una columna formada por una mezcla de vapor y de agua de densidad muy inferior a uno, esta afirmación parece poco científica y contraria a la ley hidrostática de los vasos comunicantes, esta ley no se aplica cuando las burbujas predominan, en cierto momento éstas terminan por cortar la columna del líquido, se pueden comparar los niveles de jugo en el interior de un cuerpo de evaporación y dentro de los tubos de observación. No debe perderse de vista que los sifones sucesivos deben ser capaces de manejar las cantidades de agua que se acumulan de cuerpo a cuerpo.



## **CAPITULO II: MODIFICACIONES REALIZADAS AL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADOS PARA SOLUCIONAR EL DÉFICIT DE AGUA DE RETORNO PARA LA ALIMENTACIÓN A LAS CALDERAS Y LOS DIFERENTES USOS TECNOLÓGICOS.**

Este capítulo consta de los elementos esenciales de las modificaciones realizadas al sistema de extracción de condensados para mejorar el déficit de agua de retorno para la alimentación a las calderas y los diferentes usos tecnológicos, contiene los materiales utilizados, el uso de ellos en el proceso, las normas establecidas, las etapas y fases que se aplicaron que determinan el contenido esencial de la misma, además de la comprobación y evaluación de sus resultados, utilizando como escenario la estación de concentración del área de Fabricación.

Las modificaciones que se proponen conllevan a mejorar la calidad y el déficit del agua de alimentar calderas, disminuir el excesivo uso de agua tratada, producto químico en el tratamiento del agua y sólidos disueltos en el agua, reducir las Incrustaciones en válvulas y turbinas de los turbos generadores y tiempo perdido.

### **2.1 Estado del sistema de extracción de condensados antes de realizar las modificaciones.**

La modificación realizada se llevó a cabo en el sistema de extracción de condensados el cual está diseñada teniendo como referencia el principio de Rillieux el mismo consta de 2 Duplex, 2 vasos Pre Evaporadores, 2 cuádruples. Cada uno de estos equipos cuenta con 8 bombas acopladas a sus motores (16 en total) de tipo 4 CRVL de 22 Kw. c/u para un total de 352 Kw., cada estación de bombeo tiene un tanque trampa de vapor.

La actividad fundamental del sistema de extracción de condensados está dado en: extraer los condensados de todos los vasos evaporadores, los calentadores y los tachos, para disponerlo en el punto adecuado según su procedencia y temperatura, por lo general en la alimentación de las calderas, como agua de imbibición de los molinos, en el lavado de centrifugas y filtros, en la estación de tachos para el lavado de templas, licuación de mieles y disolución de semillas.

En la extracción de los Duplex vasos 1 y 2 de la línea de 25 psig, (1.76 Kgs/cm<sup>2</sup>), la recolección de condensado se realiza mediante bombas 4 CRVL con motores de 22 Kw. de potencia donde cada equipo tiene 4 bombas con un motor eléctrico cada uno para su acoplamiento, más un total de 80 metros aproximadamente de tuberías, esto dificulta la recolección del condensado por deficiencias en las tuberías por deterioro y excesos de estas.

En los condensados de los pre- evaporadores la recolección de estos se realiza por 4 bombas 4 CRVL con 88 Kw. de potencia instalada, Cada equipo tiene retorno independiente, la recolección del condensado no es eficiente por falta de repuestos para las bombas y motores, así como las tuberías que están en mal estado.

Los condensado de los cuádruples 1 y 3 estos se extraen con bombas de 4 CRVL con sus respectivos motores eléctricos de 22 kw de potencia, los primeros vasos 1 y 2 independiente de los vasos 3 y 4 y cada cuádruple independiente uno del otro, como los equipos mencionados presentan deficiencias para la extracción por falta de repuesto para las bombas y motores, así como el deterioro de las tuberías por falta de reposición para las mismas, en total 8 bombas con un motor eléctrico cada una. **(Anexo 1)**

El objetivo fundamental de esta investigación consiste en: modificar el sistema de extracción de condensado para lograr la cantidad de agua de retorno necesaria para la alimentación de calderas y los diferentes usos tecnológicos, disminuyendo los sólidos disueltos totales, las durezas totales de calcio y magnesio presentes en el agua tratada, reducir la demanda de productos químicos para el tratamiento de las calderas, aprovechando las temperaturas de los retornos para un buen funcionamiento de los Generadores de vapor.

Se realizó un diagnóstico inicial teniendo en cuenta estos índices de eficiencia, partiendo de la revisión de los documentos normativos, observación del proceso, además se aplicaron otros métodos como: encuestas, entrevistas a técnicos del área y operadores para confirmar la preparación que poseen acerca del aprovechamiento de las aguas de condensados.

En la entrevista realizada a los Jefes de turnos del área de fabricación, de generación de vapor, jefe de turno integral y técnico de agua, declararon que el 100% de los operadores se encuentran preparados para asumir la labor que realizan, recibiendo capacitación antes del periodo de zafra, que el 60% del uso de las aguas que se emplea es de la planta tratamiento químico de agua y el 40% del agua de retorno, lo que incide en los altos contenidos de sólidos disueltos en el agua acelerando la velocidad de corrosión de las superficies metálicas y bajas temperaturas en el agua de alimentar, por el déficit de agua de condensados, provocado por el exceso de estación de bombeo y la complejidad en la operación, la difícil o casi imposible la automatización del área y el deterioro de las tuberías y la falta de recursos para sus reposiciones, el 100% de los jefes de áreas desearían que la operación de la estación de bomba no sea tan extenuante y poder contar con los recursos y materiales a la hora de las roturas y simplificar o modificar el sistema de extracción de los condensados, el 100% de los jefes de turno, responsable de las áreas y técnicos conocen del SIMAPRO donde se evalúa la efectividad de los trabajadores en el cumplimiento de los objetivos y metas que se acuerdan en el área y la empresa. **(Anexo 2).**

En entrevistas realizadas a los operadores como parte del diagnóstico inicial permitieron comprobar la preparación que poseen acerca del funcionamiento y efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción de condensados, el 100% se encuentran calificado para operar los equipos de condensados, cada turno cuenta con 2 operadores de condensados que serían seis en total, 9 operadores que laboran en la Estación de Concentración (3 por turno), 4 de ellos tienen más de 8 años de experiencias y 5 poseen 4 años de práctica laboral, por lo que el 100% de estos trabajadores poseen experiencia laboral, planteando que existe dificultad para la recolección de los condensados por el deterioro de las tuberías, el alto tiempo perdido por las roturas de las bombas, o motores eléctricos quemados, la falta de repuestos para estos y la complejidad de la operación dificultando el funcionamiento y la eficiencia de los generadores de vapor, por las altas concentraciones de sólidos y las bajas temperaturas en el agua de alimentar, producto del uso del agua tratada, la recolección de los condensados deben cumplir con las características que poseen las aguas vegetales

provenientes del proceso, se les hace difícil la operación de la estación de bombeo por el exceso de bombas y distancias entre ellas . **(Anexo 3)**.

En la observación del sistema de extracción del condensado con el propósito de conocer la eficiencia en el funcionamiento del área y la efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción condensado se detectaron las siguientes dificultades: no se aprovechan los condensados por el exceso de bombas y de capacidad de las mismas, existe deterioro en las tuberías, falta de recursos, ineficiencia en los índices de los resultados de los generadores de vapor, de manera normal se confirmó que existe organización, pero se dificulta la coordinación entre los operadores debido a la distancia en que se encuentran los equipos, bajas temperaturas en el agua de alimentar causada por el uso del agua tratada, consumo de productos químicos en el tratamiento del agua, provocando formación de espumas que falsean el nivel dentro del domo de las calderas dificultando el control automático de los mismos e incrustaciones en la superficie de transferencia de los generadores de vapor, en válvulas y turbinas de los turbos generadores, con los riesgos de averías y accidentes que pueden ocasionarse. **(Anexo 4)**

En la revisión de la documentación como las estadísticas de las hojas de análisis diarios se demostró que existe evidencia de zafras anteriores, el cual se lleva correctamente, observándose la alteración en los indicadores de eficiencias y normas establecidas **(Anexo 5)**.

Al realizar la valoración de los resultados en función de comprobar la efectividad del funcionamiento del sistema de extracción del condensado en el 2012, los sólidos disueltos totales, en los generadores de vapor se comportaron en un rango no adecuado a la norma establecida (Sdt = 9724 ppm ), norma (800 ppm – 3500 ppm), para un 36 % de su cumplimiento, la dureza total se comportó en un nivel de 12 ppm, para un 66 % del cumplimiento de la norma. Las aguas de alimentar en la planta tratamiento térmico los sólidos disueltos totales se encontraron en un nivel de 1895 ppm para un 63 % del cumplimiento de la norma, la dureza total en 8 ppm par un 25 % de la norma y la temperatura algo muy importante para los generadores

de vapor se comportó en 77° C para un 67 % de la norma todo esto provocado por el excesivo uso del agua tratada y la ineficiencia en la recuperación de los condensados.

Las informaciones resumidas, revelaron las ineficiencias existentes en la recuperación de los condensados, por lo que no se logra los indicadores de eficiencia industrial y energética, provocando pérdidas fundamentales en los generadores de vapor, como las bajas temperaturas en el agua de alimentar, incrustaciones internas en los fluses, alto consumo de combustible (bagazo).

Para el desarrollo de la investigación dentro del primer momento se trazaron acciones para posibilitar el curso de la misma donde participaran agentes implicados en el trabajo:

### **Cronograma para la ejecución de la modificación con la participación del grupo AZCUBA.**

- Estudio de los balances de agua para la modificación.
- Presentación de la propuesta al consejo técnico asesor.
- Elaboración del plan para la ejecución del trabajo.
- Preparación de las condiciones previas.
- Adiestramiento a los recursos humanos.
- Definición de roles fundamentales en los participantes.
- Ejecución del trabajo.
- Evaluación de los resultados

### **2.2 Modificación realizada al sistema de extracción de condensados para mejorar los indicadores de eficiencia energética e industrial y disminuir las pérdidas fundamentales en los generadores de vapor.**

Con la nueva modificación al sistema de extracción del condensado para la línea de 1.76 Kgs/cm<sup>2</sup> (25 psig), que comprende dos preevaporadores y un duple, ahora primer efecto del gran quádruple que descargan sus retornos de forma centralizada a un solo tanque con solo dos

bombas con motores eléctricos de 22 kw de potencia cada una para su bombeo al tanque de condensado, disminuyendo así el 67 % de las bombas con sus motores, válvulas y tuberías, facilitando el trabajo del operador responsable.

El retorno de los anteriores vasos uno y dos del cuádruple ahora segundo efecto del gran cuádruple se centralizan a un tanque para ambos cuádruples con dos bombas y sus respectivos motores eléctricos de 22 kw de potencia disminuyendo así el 50 % de las bombas, motores, válvulas y tuberías haciendo menos compleja la operación. **(Anexo 6)**

La extracción de los retornos de los vasos tres y cuatro del gran cuádruple no se modifica en cuanto a número de bombas y motares pero se reduce a una sola tubería que representa el 50 % de la instalación anterior con sus válvulas.

Los vapores de escape de alta presión de la línea de 25 psig (1.76 Kgs/cm<sup>2</sup>) alimentarían a los primeros efectos del gran cuádruple cuya evaporación pasa a la línea de 10 psig (0.7 Kgs/cm<sup>2</sup>) como vapores vegetales alimentando los segundos efectos, tachos, calentadores rectificadores y de jugos clarificados. El escape de los segundos efectos se incorporan a los calentadores primarios y al tercer efecto y este a su vez al cuarto y último efecto que está conectado a un condensador barométrico que forma parte del sistema general de vacío de la fábrica.

Como se observa en el gráfico las corrientes de vapor que entran a los primeros vasos producen condensados de más calidad en cuanto a temperatura y cantidad 107.93 ton. En el segundo consumen 47.99 y en el tercer y cuarto efecto 39,4 ton, lo que representa una corriente total de condensado 195.32 que restándole las pérdidas de un 8% nos daría 179,69 ton **(Anexo 7)**.

### **2.3 Valoración de la efectividad de las Modificaciones realizadas.**

En esta parte del trabajo se presenta el resultado obtenido en el proceso de valoración de la factibilidad de las modificaciones realizadas y sus efectos en el proceso productivo. Para alcanzar estas evidencias se tomaron en consideración los resultados alcanzados en el

diagnóstico, estableciendo una comparación con los resultados experimentados luego de aplicado el sistema modificado.

La valoración realizada en las entrevistas por los jefes de turnos del área de fabricación, de generación de vapor, jefes de turno integral y técnico de agua, plantean que este nuevo sistema implementado es más práctico, el 100% del agua que se emplea es agua de retorno, lo que permite una disminución de los sólidos disueltos totales, se logró tener reserva del agua de condensado, se elevó la temperatura del agua de alimentar, disminuyendo la velocidad de corrosión de las superficies metálicas, se redujo la estación de bombeo, se redujo el presupuesto de gastos a utilizar en la instalación y reparación del nuevo sistema.

Entre otros aspectos se ahorró la utilización de combustible debido a las altas temperaturas logradas con las modificaciones realizadas, se mejoró la eficiencia de los parámetros de los generadores de vapor, estabilidad en la molido, se realiza el ciclo de limpieza establecido.

Por otra parte tienen como ventajas disminución y recuperación de recursos como el aprovechamiento de los cuerpos y calandrias de los primeros vasos recuperando el cuádruple 2 para el aumento de la norma potencial, reordenamiento de la fuerza laboral, se controlando el nivel de jugos, eliminando la contaminación de las aguas, se prescindió del 50% de las bombas y tuberías, ahorrando 176 Kw, facilitando el trabajo del operador responsable.

En la entrevista realizada a los operadores el 100% afirman que con la modificación realizada es de mayor aprovechamiento y se mejora el funcionamiento del mismo ya que no existe dificultad en la recolección de los condensados al no preexistir deterioro de las tuberías, se disminuyó el tiempo perdido, las concentraciones de sólidos se mantienen dentro de los parámetros de la norma establecida, aumentas las temperaturas en el agua de alimentar, no se usa agua tratada, se reduce la estación de bombeo.

En gran medida se elevó sustancialmente el nivel de eficiencia de los generadores de vapor evidenciándose en la calidad alcanzada en la producción de la zafra azucarera, además de

constituir una alternativa para otras UEB Centrales Azucareros, este fue un criterio esgrimido por la totalidad de los operadores del área.

En la observación realizada tomando como referencia los resultados de la prueba de entrada y la de salida se apreció, que los avances obtenidos después de realizada la modificación del sistema de extracción del condensado son elevados si tomamos en cuenta que en el diagnóstico inicial los 2 indicadores a evaluar en los generadores de vapor y los 3 de térmico se encontraban bajos. **(Anexo 8)**

Luego de realizada la modificación del sistema de extracción del condensado se pudo verificar que el nivel de logros fue superior, en los Generadores de vapor, los sólidos disueltos totales, se comportaron en el rango de la norma establecida (1550 ppm), para un 100 % de su cumplimiento, la dureza total se comportó en (2 ppm), por encima de la norma establecida debido a las características del agua de la región para un 20 %.

Las aguas de alimentar en la planta tratamiento térmico los sólidos disueltos totales se encontraron en un nivel de (672 ppm) para un 178 % del cumplimiento de la norma, la dureza total prevaleció dentro de la norma establecida (0 ppm) logrando el 100% de efectividad, la temperatura algo muy importante para los generadores de vapor se comportó en 112° C para un 101 % de la norma, todo esto estimulado por el aprovechamiento de las aguas de retorno. **(Anexo 9).**

Al aplicarle la prueba de los signos de Wilcoxon para muestras relacionadas con un nivel de significación de  $\alpha/2=0,025$ , se confirmó, que todos los resultados son menores que  $H_0$ , por lo que podemos afirmar con rigor científico que las diferencias encontradas entre el diagnóstico y la segunda medición son significativas.



## **2.4 Análisis económico.**

La modificación en el sistema de extracción de los condensados con la nueva concepción en el esquema de evaporación con la introducción del Gran Cuádruple, trae como primer ventaja la compactación y racionalización de las estaciones de bombeo de los retornos dado a que antes cada pre evaporador (dos en total) y cada duple (dos en total) poseía una estación con dos bombas de 4 CRVL con motores de 22 Kw para esta función (ocho bombas en total y 176 Kw instalados) y ahora solo existe una centralizada para ambos pre y un duple con solo dos bombas y 44 Kw instalados, ahorrando seis equipos y 132 Kw. Las instalaciones de tuberías también se disminuyen considerablemente así como el número de válvulas.

En el caso de los cuádruples también hay mejoras energéticas ya que antes había dos estaciones de agua de retorno en cada uno, una para extracción de los vasos 1 y 2 y otra para los 3ros y 4tos vasos de cada uno, en total cuatro estaciones con ocho bombas y 176 Kw instalados. El nuevo diseño permite eliminar una estación, al dejar los vasos 1 y 2 de ambos cuádruples conectados a un solo sistema centralizado de retorno, por tanto se eliminan dos bombas y 44 Kw.

Otra instalación que recibió beneficios energéticos fue la que envía los retornos del tanque receptor de la línea de 25 a los tanques de térmico ya que antes había tres bombas peerles con motores de 110 Kw cada una (en total 330 Kw instalados) y ahora solo se necesitan dos bombas y las nuevas instaladas son de 6 CRVL con motores de 55 y 75 Kw respectivamente (130 en total) ahorrando 200 Kw en la instalación.

Todas las modificaciones en las conexiones de agua para los condensados (Tuberías, válvulas) fue utilizando recursos propios, es decir con lo mismo que estaba instalado, por tanto solo se gastó en fuerza de trabajo y elementos de montaje como oxígeno, acetileno, etc.

A continuación se puede apreciar el desglose de estos gastos:

**Fuerza de trabajo:**

Operarios	Salario	9.09	Salario	25%	12.5%	Salario	H/t	Salario
Mec-	1.7187	0.1562	1.8749	0.4687	0.2343	2.5779	431	1111.0749
Soldador	1.6300	0.1482	1.7782	0.4445	0.2222	2.4449	431	1053.7519
Cortador	1.5400	0.1399	1.6799	0.4199	0.2099	2.0397	431	879.1107
Ayudante	1.5100	0.1372	1.6472	0.4118	0.2059	2.2649	431	976.1719
Auxiliar	1.4175	0.1403	1.5578	0.3894	0.1947	2.1419	431	932.1589
Aparejador	1.6600	0.1508	1.8108	0.4527	0.2262	2.4897	431	1073.0607
Ayudante	1.5100	0.1372	1.6472	0.4118	0.2059	2.2649	431	976.1719
<b>Total</b>	-	-	<b>11.996</b>	<b>2.7288</b>	<b>1.4991</b>	<b>16.2239</b>	<b>3017</b>	<b>7001.5009</b>

**Gastos de materiales:**

#	Denominación	Cant	U/M	Precio MN	Importe
1	Electrodo UTP-6013	125	Kgs	2.8079	350.9875
2	Electrodo UTP-7018	362	Kgs	1.4488	46.3616
3	Oxigeno	140	U	1.176	164.64
4	Acetileno	48	U	48.62	2313.6
5	Energía eléctrica maquina soldar	5250	Kw	0.14	735.00
				<b>TOTAL</b>	<b>3610.5891</b>

**A continuación una comparación del equipamiento antes y después de la modificación:**

	Pre		Duples		Cuad 1		Cuad 3		Condens. 25	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Bomba Retorno	4	2	4	0	4	4	4	2	0	0
Bomba Trasiego	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
<b>Sub Total</b>	4	2	4	0	4	4	4	2	3	2
Pot. Instalada	88	44	88	0	88	88	88	44	330	130
Pot. Trabajo	44	22	44	0	44	44	44	22	110	55

En resumen con estas compactaciones y racionalizaciones en las estaciones de retorno se ahorran 143 Kw /hora, 3432 Kw/ día ó 411.8 Mw en una zafra.

Para la realización de las modificaciones se gastó en fuerza de trabajo y materiales \$ 10 612.17, teniendo en cuenta que en energía eléctrica se ahorran 3432 Kw por día, los cuales se venden al SEN a 0.14 centavos, significa que se ahorran cada día \$ 480.48, lo que quiere decir que solo en 22.5 días de la primer zafra y solo por energía se recupera el gasto incurrido.

Uno de los aportes fundamentales al proceso se logra cuando tenemos suficientes condensados a temperaturas adecuadas, primero por el aumento en la eficiencia de los generadores de vapor, motivando disminuciones considerables en el consumo de bagazo. Tal es así que solo haciendo una comparación debemos señalar que en la zafra 2013 se obtiene una temperatura del agua de alimentar calderas de 112 ° C y un 10 % de reposición con agua tratada, mientras en la zafra 2012 la temperatura del agua de alimentar calderas solo promedió 77 ° C y fue necesario un 47 % de reposición de agua tratada, todo motivado por problemas mecánicos de los equipos y la complejidad en el manejo de los condensados.

El consumo de bagazo de una caldera de 80 ton del central es de 34 ton/h, por lo que el índice de generación óptimo es de 2,35 ton vapor/ton bagazo. Cuando la temperatura del agua de alimentar disminuye, el consumo de bagazo aumenta gradualmente. La diferencia en la temperatura promedio del agua de alimentar entre la zafra pasada y esta es de 35 °C, teniendo en cuenta que cada 6 °C de aumento de esta se ahorra aproximadamente un 1 % de combustible podemos decir que el consumo de bagazo varió de 36.08 ton bagazo/ton vapor en 2012 a 34 ton bagazo/ton vapor en 2013 para lograr la misma generación de 80 ton vapor.

Esta disminución de 2.08 ton bagazo/ton vapor de consumo en una hora para una caldera se traduce a 99.84 toneladas menos de bagazo por día ó 11980 toneladas menos en una zafra. Con este bagazo se podría generar en inactivo con las dos caldera durante 176.17 horas ó 7.34 días, con 3 turbos y aproximadamente 8 Mw /h que significarían 1409.36 Mw de aporte con el precio de venta de \$ 0.14 / Kw ascendiendo a un monto de \$ 197 310.4.

La segunda ventaja que trajo aplicar condensados de calidad fue la eliminación casi total del agua tratada y cruda con parámetros de muy mala calidad y que son veneno para las fluserias. Las calderas tienen 20 años como mínimo para reposición de fluserias de las pantallas, haz de calderas y economizadores y entre 12 y 15 años los sobrecalentadores, en el caso del central Urbano Noris en solo 7 años ya se han cambiado tres juegos de super heater y dos veces se han repuesto los tubos de la primer hilera del haz de cada generador. Mientras para estas reparaciones se aprobó por la dirección del país cambiar los dos economizadores, todas las pantallas laterales y frontales y la primera hilera del haz de ambas calderas.

Teniendo en cuenta los altos precios de los tubos de acero que se utilizan para estas reposiciones además de brigadas especializadas unido a los desarmes casi totales que ameritan reparaciones de esta envergadura puede concluirse que eliminando la causa raíz del problema, que es la utilización de agua de baja calidad, se estaría ahorrando grandes cantidades de dinero.

Todas las reposiciones que se han hecho en estos siete años, teniendo en cuenta los gastos de materiales y fuerza de trabajo se valoran en alrededor de 550.0 MP.

Si se une a esto que lo aprobado para este año asciende a 700.0 MP, se estaría hablando de 1250.0MP en total. Dinero mal gastado solo por no utilizar los condensados con la calidad y cantidad adecuadas.

Otra arista del problema es la incrustación producida por la mala calidad del agua y se refleja en una capa de sólidos en el interior de las fluserías de alrededor 1.27 mm que disminuye la eficiencia de la caldera provocando un aumento en un 10 % en la cantidad de combustible a aplicar por disminuir la transferencia de calor.

Comparando la generación de las calderas durante la zafra 2012 con un 10 % menos de eficiencia provocado por las incrustaciones, traducido en mayor consumo de bagazo, por la mala calidad del agua de alimentar, con los resultados de la presente donde el uso de agua

tratada es casi nulo, se puede concluir que se ahorran 3.4 ton de bagazo para generar las 80 toneladas de vapor por hora de una caldera.

Por este concepto se dejan de consumir 163.2 toneladas de bagazo por día, que son 19584 toneladas en una zafra. Este combustible ahorrado y almacenado en la casa de bagazo sería para generar en periodo inactivo durante 288 horas, que son 12 días con ambas calderas generando 8 Mw/h en la termo para un total de 2304 Mw, que es lo mismo que 2 304 000 Kw a \$ 0.14 / Kw para un monto de \$ 322 560.0.

**Los logros obtenidos con la investigación desde el punto de vista de la observación y el procesamiento de los datos en cada momento aportados por los elementos seleccionados en la UEB Central Azucarero Urbano Noris donde incluye como protagonistas el sistema de extracción de los condensados:**

- Con la modificación del sistema de extracción de condensado se incrementa la temperatura, calidad y cantidad del agua de alimentar caldera.
- Se modificó el sistema de extracción de condensado que favoreció la eficiencia energética e industrial.
- Con la recuperación del agua vegetal se incrementa la eficiencia de los generadores de vapor, así como la generación de los turbos generadores.
- Se logró la optimización de la fuerza de trabajo.
- Se facilita la operación disminuyendo el número de válvula a operar en el sistema de condensado.
- Nos permite explorar aun más la operación del sistema de condensado, disminuyendo el número de equipos en operación.
- El sistema conllevó a un ahorro de tuberías juntas y tornillos.
- Se reduce las interrupciones y el tiempo perdido.
- Ahorro de productos químicos y combustible para la generación de las calderas.
- Se realizaron talleres y seminarios de capacitación de operación del sistema de extracción de los condensados.

## **CONCLUSIONES**

Como resultado de la investigación realizada, se concluye que:

1. Todo lo analizado en cuanto a los referentes teóricos y a los antecedentes del problema objeto de estudio demostró que en el sistema de extracción de condensado del área de Fabricación de la UEB es necesaria la realización de la modificación propuesta en este trabajo.
2. La extracción de condensados presentaba una serie de limitaciones que afectaban la eficiencia de los generadores de vapor y la alteración de las aguas de alimentar, consumiendo mayor cantidad de agua tratada con mayor consumo de producto químico provocando formación de espumas e incrustaciones en las superficies de transferencia de calor.
3. Luego de modificada el sistema de extracción de condensados, se logra la cantidad de agua de retorno necesaria para la alimentación de calderas y los diferentes usos tecnológicos, disminuyendo los sólidos disueltos totales, las durezas totales de calcio y magnesio presentes en el agua tratada, reducir la demanda de productos químicos para el tratamiento de las calderas, aprovechando las temperaturas de los retornos para un buen funcionamiento de los Generadores de vapor y eficiencia energética.

## **RECOMENDACIONES**

1. Extender la aplicación de esta modificación a otras UEB centrales azucarero, donde existan extracciones múltiples, haciendo más eficientes los sistemas de extracción de condensados, simplificando aún la operación del área y aumentando su seguridad.
2. Incorporar el área de cristalización en cuanto a la extracción de condensado del sistema, uniéndolo con los del área de evaporación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Arthur W. Westerberg, Ph.D., Swearingen University Professor of Chemical Engineer- Ing, Carnegie Mellon University: Member, National Academy of Engineering (Optimization).
2. Australian Cane Farmers Association (AUS); Australian Sugar Milling Council (ASMC), et all; “Sugar Industry Terminology”, <http://www.sri.org.au/terminology1.html>
3. Bennett, R. C.; et all; “Crystallization from Solution ” , Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
4. Booker Morey; “Expression”, Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
5. Brown, G.E. y otros; “Operaciones Básicas de la Ingeniería Química”, Editorial Marin, S.A., Barcelona, España, 1963.
6. Bruce A. Finlayson, Ph. D., Rehnberg Professor and Chair, Department of Chemical.
7. Conte Grand, A. H y C. A. Rodríguez (1999): Cobertura de los riesgos del trabajo: Manual con experiencias actuales y alternativas, OIT, Ginebra. 1.<sup>a</sup> ed.
8. Cuesta, A. (2005): Tecnología de la Gestión de los Recursos Humanos, Editorial Academia, La Habana, Cuba, 2da. Edición.
9. Chen, James C.P.y otros; Manual del Azúcar de Caña: Para Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Especializados; Lim usa – Noriega Editores, México, 1999.
- 10.Emmeett, C. R.; et all; “Filtration”; Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
- 11.Engineering, University of Washington: Member, National Academy of Engineering (Numerical methods and all general material; section editor).
- 12.Flavin, C. The “Tipping Point”: Why a Transformation of the Global Energy Economy May be Imminent, Renewable Energy World, May – June 2004.
- 13.Fletcher Smith; “FS Technology for Efficiency”; International Sugar Journal, Vol XCVIII, Issue No. 1165, 1996.



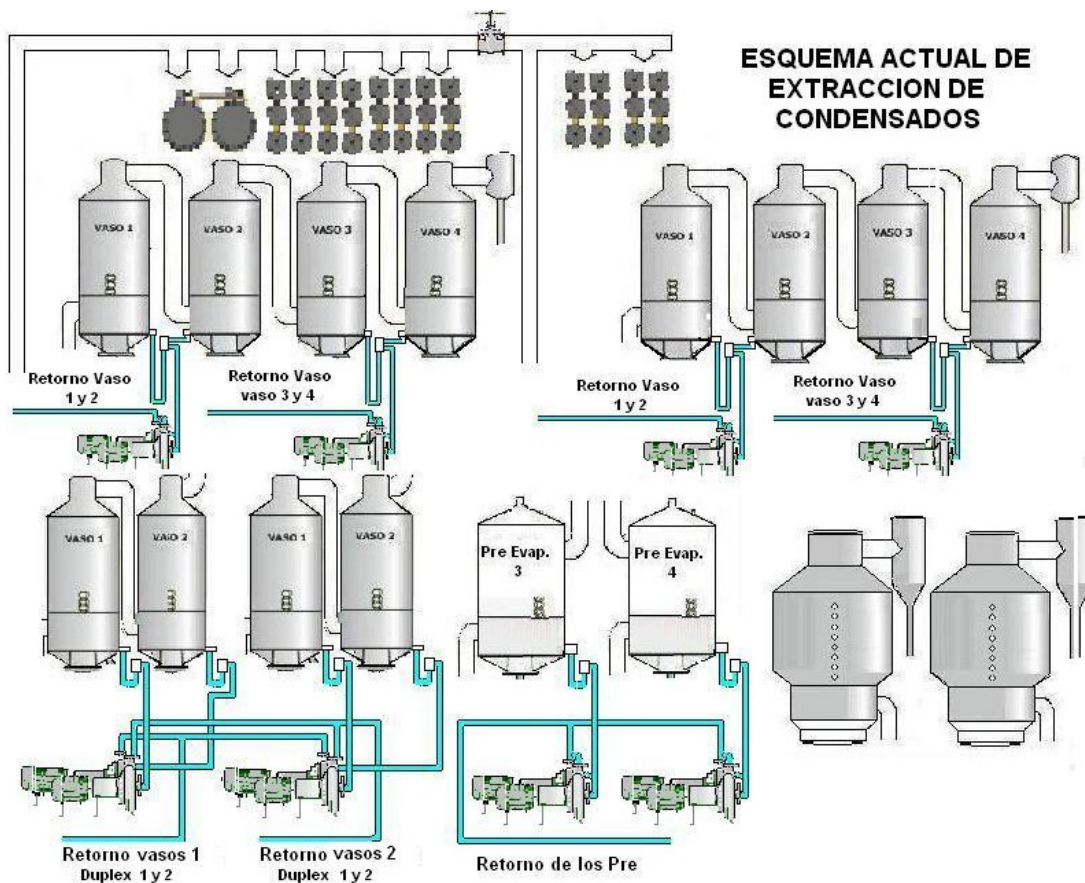
14. Foust, A.; et al; "Principles of Unit Operations", Corrected Second Edition, University of Bethlehem , Pennsylvania, USA; Editorial Revolucionaria, Instituto del Libro, Cuba, 1971.
15. Guerra D., J; "Estudios sobre la Precipitación de Sales Cálcicas del Ácido Fosfórico en Jugos de Caña: El Doble Papel de la Cal como Agente Calcificante y Alcalizante. Concepto de Jugo "Balanceado para la Precipitación", Editorial del Centro de Información Científica y Técnica, Universidad de la Habana, 1974.
16. Gurnham , F.; "Expression", Perry's Chemical Engineer's Handbook, Sixth Edition, 1984 , (Edición Revolucionaria, Habana, 1989).
17. Hugot, E. y otros; "Handbook of Cane Sugar Engineering", 3rd Edition, Elsevier, Amsterdam, 1986
18. Hugot, E. y otros; "Manual para Ingenieros Azucareros", Compañía Editorial Continental, México, 1963 (Quinta Impresión 1978)
19. Instituto de Seguridad del Trabajo (1996): Las causas y consecuencias de los accidentes, Chile.
20. James F. Davis, Ph.D., Professor of Chemical Engineering, Ohio State University (Intelligent Systems).
21. Jenkins, G.H.; Introducción a la Tecnología del Azúcar de Caña; Editorial Ciencia y Técnica / Instituto del Libro; 1971.
22. Knudsen, J.; et al; "Heat Transfer by Convection", Perry's Chemical Engineer's Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
23. LennTech; "Parabolic Screens", Delft, The Netherlands;  
<http://www.lenntech.com/feedback2.htm>.
24. Leung, W.; et al; "Centrifuges", Perry's Chemical Engineer's Handbook, Electronic Edition, M c Graw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
25. López Figueredo, E.; "Azúcar de Alta Calidad y Eficiencia" (Presentación en Power Point sobre el Ingenio "Carlos Baliño"), Grupo Empresarial MINAZ Villa Clara, 2004.
26. Madsen, R.F. y Otros, "Juice Purification"; Sugar Technology: Beet and Cane Sugar Manufacture; Verlag Dr. Albert Bartens KG, Chapter 9, Berlin 1998.

27. Mause S.A; "Equipamentos Industriais"; International Sugar Journal, Vol XCVIII, Issue No. 1173, 1996, (Propaganda Comercial).
28. Miller, A.S.; "Leaching", "Perry's Chemical Engineer's Handbook", Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
29. MINAZ: Colectivo de Autores, "Índices de Capacidades para Ingenios de Crudos en Cuba", Editorial Ciencia y Técnica, Instituto del Libro, Habana, 1971.
30. MINAZ: Dirección de Refino y Blanco Directo, "Para la Fabricación de Azúcar Blanco Directo" (Manuales de la Industria Azucarera No. 9). Ediciones MINAZ.
31. Mondui González., R. y Bango Betharte, J.; "Tiempos de Residencia en los Clarificadores: Un Enfoque Económico", Cuba Azúcar, Vol XXVII, No. 2 Abril – Junio 1998.
32. Morey, B.; "Expression", Perry's Chemical Engineer's Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
33. Moyers, G.; et al; "Solid - Drying Fundamentals", Perry's Chemical Engineer's Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999
34. MTSS (2000): Gestión de seguridad y salud en el trabajo, La Habana, Cuba. Instituto de Investigaciones en el trabajo.
35. MTSS (2001): Indicaciones de trabajo para la evaluación de riesgos y elaboración de programas de prevención en empresas y entidades económicas dirección de Seguridad en el trabajo, La Habana, Cuba.
36. Notas sobre la producción de Azúcar Crudo.
37. Payne, J.H.; "Sugar Cane Factory Analytical Control: The Official Methods of the Hawaiian Sugar Technologists", Factory Methods Committee, Honolulu, Hawaii; Elsevier Publishing Co., N.Y., 1968
38. Peláez, M; Esturo, C; Falcón F. y otros; "Manual de Operaciones para la Producción de Azúcar de Caña"; MINAZ; Dirección Tecnología, MINAZ, 1996.
39. Pérez, M. del C. y Monterde, J.; "Clarificador de Bajo Tiempo de Retención", Cuba Azúcar XXVII, No.1; Enero – Marzo 1998.
40. Polledo, Francisco; Comunicación Personal: "Fotos Ingenio Héctor Molina Riaño", 2004.
41. Priday, G.; et al; "Gravity Sedimentation Operations"; Perry's Chemical Engineer's Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.

42. Quesada, G.R.; “Normalización de Equipos de Calentamiento de Jugo en la Industria Azucarera Cubana”, Cuba Azúcar, Oct – Dic., 1973.
43. Romero, R. O.; “Metodología para Incrementar el Aporte de Electricidad con Bagazo y Alternativa de Combustible para Generar Fuera de Zafra”, Tesis de Doctorado, Tutores: Rolando Alfredo Hernández. y Héctor Pérez de Alejo V, Centro Universitario de Sancti Spíritus, 2005.
44. Santana, R. “Clarificación de jugos de caña por métodos químicos”; Tesis Doctoral, Tutor: Jorge Guerra Deben, ISPJAE, Cuba, 1983
45. Shilling, R.; et all; “Heat Transfer Equipment”, Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, Mc Graw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999,
46. Snow, H.R.; “Roll Crushers”, Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
47. South African Sugar Technologists Association Laboratory Manual, “Sugar Factory Definitions as Applied to the Official Methods for the Determination and Distribution of Sucrose in Cane”, South Africa, 21 April / 2004
48. Sresty, G. C; “Crushing and Grinding Equipment”, Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Sixth Edition, 1984, (Edición Revolucionaria, Habana, 1989).
49. Standford, F.C.; “Evaporators”; Perry’s Chemical Engineer’s Handbook, Electronic Edition, McGraw – Hill Companies Incorporated, NY, 1999.
50. Steindi, M. et all; “New Generation SRI Clarifiers: The Brazilian Experience”, International Sugar Journal Vol 107, No. 1273, 2005
51. Toledo, L; Pérez de Alejo, H; Riera, G y otros; “Método para Organizar las Operaciones y Alisar el Consumo de Vapor en la Estación de Tachos considerando la Tasa de Molida y el Balance Termo Energético”, Cuba – Azúcar, Abril – Junio, 1985.
52. Torrens, O (2003): La gestión de seguridad y salud en el trabajo en el marco de la gestión de los recursos humanos en la empresa. (MTSS), La Habana, Cuba.
53. TSK “Juice Heater”, Tsukishima Kikai Company Limited, Tokyo, 1995, (Propaganda Comercial).
54. Ugarte, M.; Santana, R. y Delgado, Isnel; “Estudio del efecto de impurezas sobre la solubilidad de la sacarosa”; Cuba - Azúcar, abril - junio, 1999.

## ANEXO # 1

Esquema de Evaporación existente en la UEB antes de la modificación.



## ANEXO # 2

### **Entrevista realizada a los Jefes de Turnos del área de Generación de Vapor, Jefes de Turno Integral y Técnico de Agua.**

Objetivo: Comprobar las causas que afectan el aprovechamiento de las aguas de los condensados

Compañeros: En nuestra empresa se está realizando una investigación con el objetivo de potenciar la calidad del agua y solucionar el déficit de agua de alimentar los generadores de vapor, por lo que solicitamos su colaboración respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo usted considera el nivel de preparación de los operadores en el funcionamiento y la efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción de condensados puros?
2. ¿Cuáles son las causas que inciden en el déficit de agua de alimentar los generadores de vapor y el excesivo uso de agua tratada?
3. ¿Cree que el sistema de extracción de condensados puros es factible para el desarrollo de la labor de los trabajadores? a) ¿Por qué?
4. ¿Conoce usted las consecuencias del exceso de uso de agua tratada en los generadores de vapor? ¿Cómo mejorar esto?

Gracias.

## **ANEXO # 3**

### **Entrevista a los operadores.**

Objetivo: Verificar la preparación que tienen los operadores acerca del funcionamiento y efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción de condensados puros.

Compañeros se está realizando una investigación sobre los conocimientos que poseen acerca del funcionamiento y efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción de condensados puros, por lo que necesitamos de su ayuda respondiendo a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué tiempo lleva de experiencia como operador del sistema de condensado?
2. ¿Qué requisitos o parámetros deben cumplir para lograr una correcta recolección de los condensados?
3. ¿Considera que es suficiente la recolección de los condensados?
  - a) Mencione las causas.
4. ¿Está usted preparado para asumir la labor que realiza?
5. ¿Cree que el sistema de extracción de condensados puestos a su disposición es factible para el desarrollo de su labor?
  - a) ¿Por qué?

Gracias.

## ANEXO # 4

### **Observación del proceso del funcionamiento del Sistema de Extracción de Condensado.**

Objetivo: Conocer la eficiencia en el funcionamiento del área y la efectividad del aprovechamiento de las aguas de retorno del sistema de extracción condensado.

1. Organización.
2. Coordinación.
3. Conciliación en el sistema de operación.
4. Total de roturas en el turno y/o zafra.
5. Información a tiempo de los problemas detectados.
6. Tiempo de reparación.
7. Cumplimiento de los Indicadores.
8. Otros

## **ANEXO # 5**

### **Revisión de documentos**

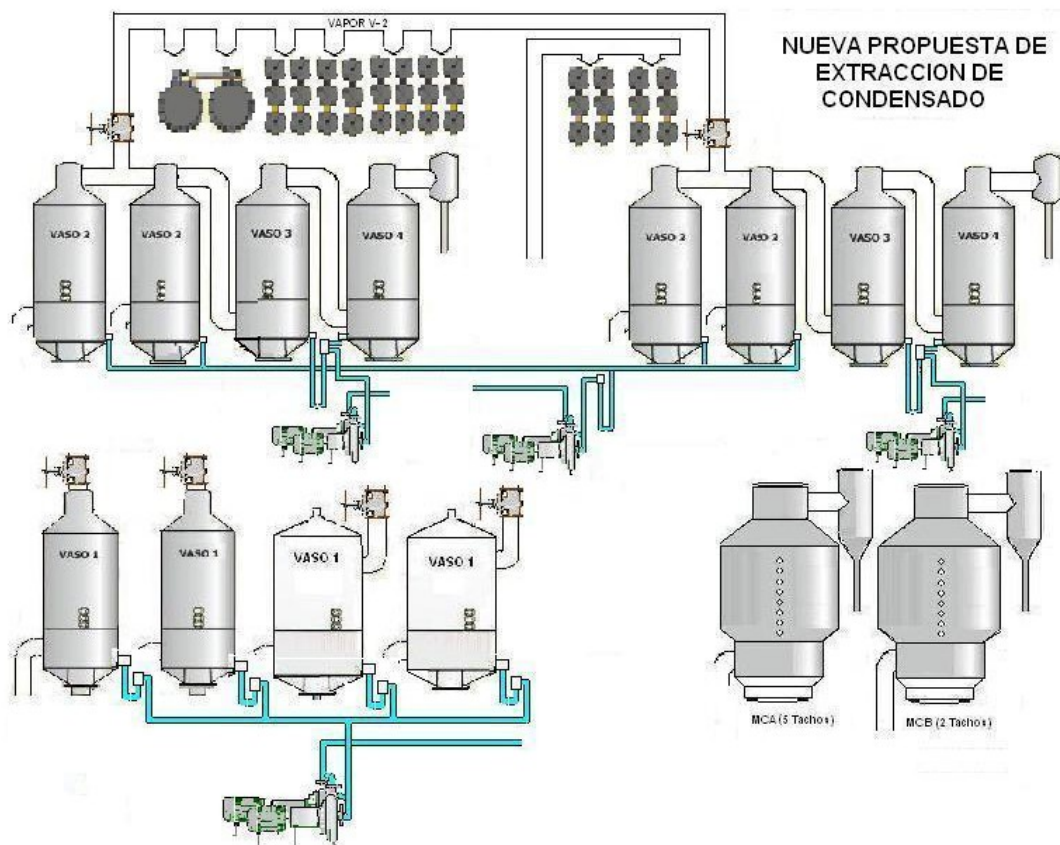
Objetivo: Comparar mediante la revisión de documentos los resultados alcanzado durante la zafra azucarera.

1. Hojas de análisis diario.
2. Norma técnica # 37.
3. Partes diarios de zafra.
4. Partes semanales de insumos.
5. Manual 10 de operaciones.
6. Registro histórico en el cliente ligero de la fábrica.



## ANEXO # 6

### Esquemas de Evaporación después de la modificación



## ANEXO # 7

### Balance de Agua

Indicadores	U/M	5750 ton / día				6500 ton / día			
		Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
F.Entrada Jugo	t/h	252.00	154.93	104.81	84.03	284.00	174.44	117.94	94.61
F.Salida Jugo	t/h	154,93	104,81	84,03	60,62	174,44	117,94	94,61	68,32
Consumo Vapor	t/h	107,93	47,99	18,62	20,78	121,03	54,10	21,12	23,33
Evaporación	t/h	97,07	50,12	20,78	23,41	109,56	56,50	23,33	26,29
Extracción	t/h	49,08	31,30	0,00	0,00	55,46	35,38	0,00	0,00
Flasheo	t/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temp. Ent. Jugo	°C	95,00	115,34	104,12	89,28	95,00	115,34	104,13	89,28
Temp. Sal. Jugo	°C	115,34	104,12	89,28	59,73	115,34	104,13	89,28	59,72
T. Vap. Cuerpo	°C	114,67	102,98	87,56	55,95	114,67	102,98	87,56	55,95
Presión Calandria	Kg/cm <sup>2</sup>	1,26	0,67(p)	0,11(p)	11.16(v)	1,26	0,67(p)	0,11(p)	11,16(v)
Presión Cuerpo	Kg/cm <sup>2</sup>	0,67	0,11(p)	11,16(v)	25,00(v)	0,67	0,11(p)	11,16(v)	25,00(v)
Tasa Evaporación	Kg/hm <sup>2</sup>	25,19	25,69	28,39	31,98	28,43	28,96	31,87	35,91
Superficie	mcsc	3854	1951	732	732	3854	1951	732	732
Brix Entrada	°b	14,43	23,47	34,69	43,28	14,43	23,49	34,75	43,32
Brix Salida	°b	23,47	34,69	43,13	59,99	23,49	34,75	43,32	59,98
Tasa Evaporación Total	Kg/hm <sup>2</sup>	<b>26,32</b>				<b>29,67</b>			

## ANEXO # 8

Tabla para comparar los Indicadores de Eficiencia de la Zafra 2012 y de la Zafra 2013

### Generadores de vapor

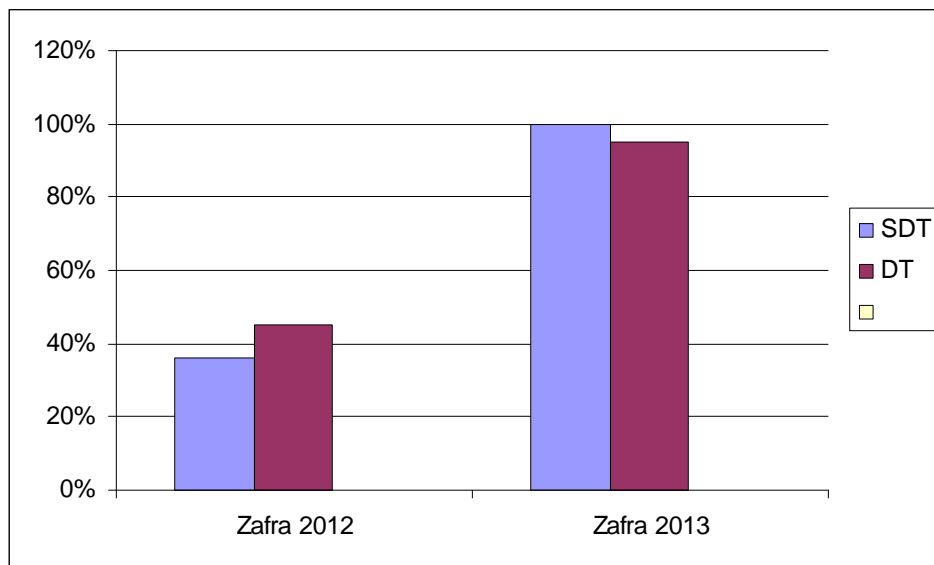
Indicadores	ZAFRA 2012	%	ZAFRA 2013	%
Sólidos disueltos	9724	36	1550	100
Dureza total	12	66	2	20

### Térmico

Indicadores	ZAFRA 2012	%	ZAFRA 2013	%
Sólidos disueltos	1895	63	672	178
Dureza total	8	8	0	92
Temperatura de agua de alimentar caldera	77	70	105	101

## ANEXO # 9

### Generadores de Vapor.



### Agua de alimentar

