



**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Ingeniería Industrial**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**TÍTULO: PROPUESTA DE GESTIÓN, PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA  
INDUSTRIAL, EN LA EMPRESA AZUCARERA CIUDADAD CARACAS**

**AUTOR: ERDWIN GARCIA ÁLVAREZ**

**TUTOR: DR. C. JOSÉ P. MONTEAGUDO YÁNES  
DR. C. RAFAEL GÓMEZ DORTA**

**CURSO 2008-2009**

## **Resumen**

En la Empresa Azucarera Ciudad Caracas se realizó un estudio profundo de los motivos y las causas que provocan altos niveles de consumo de agua cruda y de condensado vegetal contaminado, todos estos conllevan a paradas por falta de agua para el proceso, afectaciones en la molienda estable de este ingenio, generando tiempo perdido por este concepto, elevando los costos de la operación y de labores de rebombeo de otras presas. Para el mismo se utilizaron diferentes métodos de cálculo por bloques de consumo, análisis estadístico de datos, tomados de diferentes periodos de zafra anteriores, cálculo de pérdidas de agua diaria, se aplicaron técnicas de ingeniería industrial para la determinación de las causas que provocaban problemas, revisión de métodos del personal técnico y el administrativo sobre la utilización y el aprovechamiento correcto del recurso agua en general y sobre la disciplina tecnológica.

Del análisis del estudio se deriva que uno de los problemas fundamentales de este ingenio para balancear el agua de retorno, es el derivado de los arrastres de azúcar en evaporadores (PRE). Si unido a esto no se tiene una disciplina y una conciencia correcta en evitar salideros, en no despilfarrar, si no se controla el flujo de agua de calidad en la extracción continua de las calderas y es mayor que el 10% se puede paralizar la molienda por falta de agua. Todas estas pérdidas unidas a la mayor, que es sin dudas la del enfriadero, conducen a que prácticamente no pueda realizarse la zafra, aun con el consumo de grandes volúmenes de agua cruda de fuentes externas.

De otra forma, resolviendo los problemas de los arrastres en PRE-evaporadores, con el control de la extracción continua de las calderas y con la sustitución del vapor directo por agua, en la limpieza de los tachos, instalando todos los equipos necesarios para el ahorro de este indicador y adoptando todas las medidas propuestas en este trabajo existirán sobrantes de agua vegetal, incluso para uso social cuando se muele sobre el 80% de la capacidad potencial.

Aunque de lograrse el gran propósito de ahorrar agua de retorno de buena calidad y contaminada, si no se prepara su almacenaje y su uso diferenciado y automático, no se habrá cumplido el objetivo. Por esta razón se recomienda el empleo de un tanque elevado para agua de proceso e imbibición y el pailón de agua para el almacenamiento de condensados contaminados del proceso almacenes centrales de agua vegetal con lo cual se garantizan menos problemas operativos y de control del uso de agua en los ingenios.

## *Pensamiento:*

*“ Conocer un problema es ya más de la mitad de su solución: La mente humana por esencial virtud, acude con súbita revelación al remedio de un mal, tan pronto como lo conoce ”.*

*José Martí*

## *Dedicatoria:*

*La vida es una oportunidad única, en la que encontramos dificultades, retos, desafíos muy difíciles de vencer incluso hasta para mantener la existencia, pero el ser humano se debe imponer a todas y trazarse metas para lograrlas aunque parezcan inalcanzables.*

*Quiero dedicar este, que representa la culminación de una etapa muy importante y anhelada desde hace muchos años, a varias personas muy importantes en mi vida:*

*A mis Queridos Padres: Por haberme dado la oportunidad de vivir, por su preocupación en mi superación como ser humano y por educarme correctamente.*

*A mí querido hermano: Por ser único como persona, por su forma de ser, su cariño y su preocupación.*

*A mi Esposa y mis Queridos hijos: Por Compartir cada momento de existencia unidos, por su comprensión, paciencia y ayuda en cada instante en que los he necesitado, por representar para mí la razón de vivir y de seguir luchando ante la vida.*

## *Agradecimientos:*

*El agradecimiento es una forma de reconocer cuando alguien ha ejecutado alguna acción o ha influido en que algo a t  favor florezca como lo desear.*

*Quiero reconocer entonces el esfuerzo realizado por muchas personas para poder materializar este sueño de muchos años.*

- ◆ *Al Dr. C. Julio Gómez Sarduy.*
- ◆ *A mis tutores:*
  - Dr. C. José P Monteagudo Y nez.*
  - Dr. C. Rafael Gómez Dorta.*
- ◆ *Al Ingeniero Mecánico Fidel Román.*
- ◆ *Al Master SC Evelio Navarro Aladro.*
- ◆ *A todos los profesores que a lo largo de estos años nos han transmitidos sus conocimientos.*
- ◆ *A todos los compañeros de aula y personas tan especiales que han compartido los buenos y malos momentos en todos estos años.*

*A todos...*

*Gracias.*

## INTRODUCCION

Dentro de la industria alimenticia, la azucarera, es considerada altamente consumidora de agua (0.1-1.65 m<sup>3</sup>/t de caña). El valor del agua puede superar al del petróleo por lo que algunos lo denominan el "oro azul". Expertos analistas en la materia aseguran que en los países desarrollados su restricción aumentará en un 18% y en los pobres un 50% para agudizar la crisis que ya padecen 51 de estas naciones. Se estima que para el año 2 025, la cotización del agua crecerá significativamente teniendo en cuenta que es la lluvia la única fuente renovable y su volumen es cada vez menor comparado con el crecimiento de los habitantes del planeta.

Nuestro Comandante señala:

... y hasta sería bueno que nuestra población tuviera una mayor conciencia de la importancia de la agricultura, de la agricultura científica, de la agricultura productiva, de la agricultura que preserve el suelo, de la importancia del agua, el cuidado del agua, la preservación del agua, sería bueno que nuestra población tuviera una mayor conciencia de estos problemas a los que me estoy refiriendo y de la necesidad del trabajo...

Fidel

Granma, 28 de julio de 1993

El agua es uno de los elementos más importantes de la naturaleza, además no siempre se usa de la forma más racional posible. Debido a la creciente demanda de agua por la población, es necesario tomar medidas de inmediato por el problema del abastecimiento de agua. La mayoría de las opciones resultan muy costosas, por lo que más bien es necesario reducir el desperdicio mediante la implantación de medidas legales y hacer más eficientes, en general, todos los procesos donde se requiere agua (uso industrial, domestico, agrícola, etc.).

En la actualidad, el costo real del agua es mayor de lo que cuesta el servicio ya que implica un conjunto de factores que normalmente no se consideran. El desarrollo sostenible, según se ha definido, implica pagar los costos reales de los servicios y del recurso.

En este trabajo se toma la Empresa Azucarera Ciudad Caracas situada en la carretera al municipio de Lajas, la misma tiene como objetivo fundamental la producción de Azúcar tanto crudo como blanco directo, además de otras producciones que se generan del proceso productivo y que resultan de ganancia para la misma .

Para la elaboración de este proyecto, tomamos el proceso de utilización y aprovechamiento del agua en la industria azucarera en específico, el mismo parte desde la fuente de abasto, una micro presa ubicada a una distancia de aproximadamente 5kms, continua cuando llega este líquido a la fábrica, a las diferentes áreas del proceso productivo y también su aprovechamiento final.

Además, como tema de interés importante planteo en este, la reutilización y el almacenamiento del agua contenida en la caña, que entra también al proceso y que significa el 70% del peso de la caña que procesamos, demostrando las modificaciones, cambios, métodos, instalaciones y recipientes necesarios para eliminar al máximo y reducir el índice de consumo de agua cruda por tonelada de caña molida en la industria azucarera.

Este líquido es un elemento importante, es una necesidad vital para la operación de una fábrica.

#### Problema Científico:

La falta de agua para el proceso de producción, provocada por el mal aprovechamiento de las potencialidades de ese recurso en la industria de esta empresa, viene ocasionando afectaciones y paradas, que generan inestabilidad y pérdidas al Sistema.

#### Hipótesis:

La aplicación de un plan de medidas, para la eliminación de la falta de agua, unido a un sistema de monitoreo y control, lograrían una buena gestión del agua, alcanzando auto suficiencia para la fábrica, en este recurso tan importante para los procesos y para la vida.

#### Objetivo General:

Elaboración de un procedimiento, para la aplicación de un sistema de monitoreo y control, además de un plan de instalación de equipos que garanticen la reducción del índice de consumo de agua de esta industria controlando los puntos críticos y las operaciones.

#### Objetivos específicos:

1. Demostrar los puntos críticos en el consumo de agua de la fábrica.
2. Presentar y dar a conocer, cuales son las áreas con mayores perdidas de agua en esta industria
3. Eliminar el uso de agua de fuentes externas y el ahorro económico por cada m<sup>3</sup> consumido, además evitar el tiempo perdido por afectaciones de agua a la empresa.
4. Lograr que toda el agua para uso del proceso sea proveniente de la caña.
5. Lograr una mayor eficiencia en todos y cada uno de los circuitos de enfriamiento cerrados del ingenio.

Además otro de los objetivos de este trabajo es ofrecer una herramienta sobre como controlar los consumos y la producción de agua en cada área de trabajo, el equipamiento necesario a instalar para lograr ahorrar la mayor cantidad de este preciado líquido en la industria azucarera y la gerencia o administración eficiente y disciplinada de este recurso natural dentro de la fábrica.

Para la elaboración de este estudio, se utilizaron métodos de cálculos básicos para los consumos de las diferentes áreas de trabajo, análisis estadísticos basados en periodos de lluvia para la zona que es objeto de interés, además de análisis de datos, cálculos de pérdidas diarias de agua en el ingenio, balances por bloques tecnológicos y sobre la disciplina y el control tecnológico, en el uso correcto del agua industrial.

## CAPITULO 1.

### Estado Actual del Uso del Agua en el Mundo Marco Teórico y Referencial.

#### **1.1 Situación Mundial del Agua.**

El agua es el recurso que dio origen a la vida, es una sustancia tan valiosa como el oro y el petróleo. Solo el 2,5 por ciento de los recursos hídricos mundiales son agua dulce y la mayor parte del líquido que nos rodea, el mar y los océanos, son salados. Según un informe del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los seres humanos solo contamos con menos del uno por ciento del agua dulce para nuestro consumo. El uso del agua de mar para en los sectores de servicios e industriales y regadíos es casi nulo y los procesos de eliminación del contenido de impurezas del agua de mar son muy costosos.

El agua es uno de los elementos estratégicos del mundo, ya que según informes de la ONU, se plantea que uno de cada cinco habitantes del planeta no tiene acceso al agua potable, demanda que aumentará para la mitad del siglo, considerando que para el 2030 las dos terceras partes del planeta vivirá en ciudades y metrópolis con el aumento de la demanda de agua en las zonas urbanas.

Conocer el ciclo hídrico permite valorar las acciones para aprovechar las oportunidades para el control y uso del agua, así como tomar las medidas preventivas para mantener este equilibrio natural de la Biosfera, de forma que los impactos que el hombre produce sobre los recursos hídricos puedan ser minimizados o evitados con la correcta gestión de los procesos donde interviene este recurso.

La gestión del agua implica conocer sus propiedades y sus impurezas para evaluar los tratamientos y usos a que se destina en los procesos tanto productivos, como de servicio y de abasto a la población, pero también establecer las regulaciones, normativas de control y el tratamiento de los efluentes producidos.

El planeta, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del Siglo XXI con una grave situación, la crisis del agua.

Todas las señales indican que la crisis se está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva en la gestión de los recursos hídricos, esencialmente inadecuados actualmente.

La verdadera tragedia de esta , sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, luchando por conseguir una educación para sus hijos, por ganarse la vida y por solventar sus necesidades básicas de alimentación.

La crisis pesa asimismo sobre el entorno natural, que cruje bajo la montaña de desechos que se vierten a diario y con aparente desinterés por las consecuencias y para las generaciones venideras.

En realidad, se trata fundamentalmente de un problema de actitud y de comportamiento, problemas en su mayoría identificables y localizables. Actualmente se poseen los conocimientos y la pericia necesaria para abordarlos y se han elaborado excelentes herramientas conceptuales, tales como la equidad y la noción de sustentabilidad. Sin embargo, la inercia de los líderes y la ausencia de una conciencia clara sobre la magnitud del problema por parte de la población mundial, resultan en un vacío de medidas correctivas oportunas y necesarias y en una incapacidad para infundir a los conceptos de trabajo una resonancia más concreta.

Al mismo tiempo, una mejor gestión permitirá hacer frente a la creciente escasez de agua per cápita en muchas partes del mundo en desarrollo. Resolver la crisis del agua es, sin embargo, sólo uno de los diversos desafíos con los que la humanidad se enfrenta en este tercer milenio. Aún así, de todas las crisis, ya sean de orden social o relativo a los recursos naturales con las que se enfrentan los seres humanos, la crisis del agua es la que se encuentra en el corazón mismo de la supervivencia del planeta.

El ser humano extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles. El control que la humanidad ejerce sobre las aguas de escorrentía es ahora global y el hombre desempeña actualmente un papel importante en el ciclo hidrológico.

El efecto preciso que el cambio climático produce sobre los recursos hídricos es incierto. La precipitación aumentará probablemente desde las latitudes 30Nº y 30ºS, pero muchas regiones tropicales y subtropicales recibirán posiblemente una cantidad de lluvia inferior y más irregular.

Con una tendencia perceptible hacia condiciones meteorológicas extremas más frecuentes, es probable que las inundaciones, sequías, avalanchas de lodo, tifones y ciclones aumenten. Es posible que disminuyan los caudales de los ríos en períodos de flujo escaso y la calidad del agua empeorará, sin duda, debido al aumento de las cargas contaminantes y de la temperatura del agua.

El Segundo Informe sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo del 2006 alerta que la carencia de este servicio básico está vinculado a la mala gestión del agua, a la corrupción, a la poca creación de capacidades humanas y la escasez de las infraestructuras físicas.

En los últimos años el consumo de agua ha aumentado a razón de 1 a 1,5% por año, fundamentalmente, en los países desarrollados. A pesar de que el 71 por ciento de la superficie del planeta está cubierto por mares y océanos, la cantidad de agua dulce disponible para usos industriales, agrícolas, domésticos y de algún otro tipo es limitada, ya que tan sólo alcanza al 0,003 por ciento.

En los países subdesarrollados el consumo de agua puede alcanzar cifras muy inferiores, un estudio realizado por el Banco Mundial para las áreas rurales de los países en vías de desarrollo y distribuidos por zonas geográficas muestra las siguientes cifras:

**Tabla No. 1** Distribución del consumo mundial de agua por persona.

<b>REGION</b>	<b>Consumo mínimo por persona l/d</b>	<b>Consumo máximo por persona l/d</b>
África	15	35
Sudeste asiático	30	70
Pacífico Occidente.	30	95
Mediterráneo	40	85
Latinoamérica	70	190
Intervalo normal	35	90

Los pueblos antiguos no necesitaban obras de ingeniería para el aprovisionamiento de agua. Cazadores y nómadas acampaban cerca de las fuentes naturales de agua fresca,

las poblaciones estaban tan dispersas que la contaminación del agua no constituía un serio problema. Cuando se desarrolló la vida en comunidad y las aldeas agrícolas se transformaron en centros urbanos, el suministro de agua se convirtió en un problema para los habitantes de las ciudades y para el riego de los campos circundantes. El primer pueblo en tener en cuenta la sanidad del suministro de agua fue el pueblo romano, que construyó una extensa red de acueductos para traer las aguas limpias de los montes Apeninos hasta la ciudad, intercalando estanques y filtros a lo largo del recorrido del agua para asegurar su claridad. La construcción de estos sistemas de suministro de agua decayó con la desintegración del Imperio romano, y durante varios siglos, las fuentes de suministro de agua para fines domésticos e industriales fueron las fuentes y manantiales locales.

En los últimos años ha aumentado el interés en la conversión de agua de mar en agua potable en regiones muy secas como en Oriente Próximo. Diversos procesos como destilación, electro diálisis, ósmosis inversa y evaporación por congelación directa se han desarrollado para este fin. A pesar de sus buenos resultados, estos procesos de tratamiento de agua de mar son mucho más costosos que el tratamiento del agua dulce.

## **1.2 Situación de Cuba con respecto al Agua**

“La tragedia de tener los labios quebrados por el Sol, la garganta seca, la piel enrojecida, el Sol quemando nuestros cuerpos, mientras andamos con un cubo sobre los hombros para darle de beber a nuestros hijos no esta ubicado en el paisaje cubano; no por la geografía y el clima, ni nuestros cuidados y costumbres, sino por la estrategia hidráulica de un país que diseña todo proyecto a partir del ser humano. Dejar de contribuir con el ahorro es un acto de insensatez que nuestros hijos y nuestro país pudieran pagar con creces”.

Desde los años sesenta del siglo pasado se inició en Cuba el desarrollo de las estrategias para la gestión del agua, con la creación del Instituto de Recursos Hidráulicos, el fortalecimiento de la infraestructura hidráulica, la formación de recursos humanos capacitados y la creación de las bases legales y normativas para la administración de las aguas terrestres, con la participación de otros organismos del estado cubano.

Los Recursos Hídricos Potenciales en Cuba alcanzan los 38.1 mil hm<sup>3</sup>, de los cuales 31.7 mil hm<sup>3</sup> corresponden a las aguas superficiales, para un 83% y 6.4 mil hm<sup>3</sup> (17%) a las aguas subterráneas, de este potencial total se ha evaluado al nivel de esquema como Recursos Hídricos Aprovechable 23.9 mil hm<sup>3</sup>, 17.9 mil hm<sup>3</sup> superficiales y 6.0 mil hm<sup>3</sup> subterráneas.

De acuerdo a las obras hidráulicas construidas y a las condiciones creadas para la explotación, los Recursos Hidráulicos Disponibles anualmente ascienden a 13533.1 hm<sup>3</sup>, siendo las aguas superficiales el 67% con un volumen de 9038.0 hm<sup>3</sup> y a las aguas subterráneas el 33%, con un volumen de 4495.1 hm<sup>3</sup>.

Dentro de las regulaciones del Estado Cubano se destaca el Decreto -Ley 138/1993 De las aguas Terrestres y las normas cubanas de la calidad del agua, donde se explicita la voluntad de la protección de los recursos hídricos

El Decreto-Ley No. 138 de las Aguas Terrestres establece la obligación de contar con instalaciones destinadas al tratamiento de agua y la disposición final de sustancias residuales, a fin de usar y proteger la calidad de las aguas terrestres.

El agua es un elemento común en todas las actividades de la vida diaria, puede constituir un factor limitante en el desenvolvimiento económico en el ordenamiento nacional y territorial, así como puede ser fuente de transmisión de enfermedades al hombre y a los animales.

El agua según el uso se clasifica en tres grandes grupos: aguas de población, aguas industriales y aguas de regadíos. Las aguas de población son destinadas a los servicios comunes de las localidades, tales como: uso residencial, hoteles, hospitales, comercios, etc. y en general son desinfectadas y clarificadas. Las aguas destinadas a los procesos industriales reciben diferentes tratamientos, en dependencia a su uso. Las aguas de regadíos generalmente no llevan tratamientos. Las aguas de servicios e industriales después de ser usadas se convierten en aguas residuales, las cuales llevan su tratamiento para que entren nuevamente en el ciclo del agua o ser reutilizadas en cualquiera de los usos mencionados en cada proceso.

Cada año se planifica utilizar más de 7000 hm<sup>3</sup> en nuestro país, lo que equivale a más del 50% de los recursos disponibles para la explotación. De este volumen utilizado (año 2007) el 51,7% corresponde al riego; el 3,1% a la industria; el 23,1 al abasto a la población y servicios; el 8,4% a otros consumos; el 5,6% a los requerimientos ecológicos (gasto sanitario), y el 7,9% a las pérdidas en la explotación.

La política del estado cubano en este sentido se manifiesta en la aprobación del decreto de las aguas terrestres y se detalla en el capítulo ii del aprovechamiento y el uso racional de las aguas terrestres, por lo que es recomendable este documento, dada la importancia que tiene en la gestión del agua en Cuba.

Entre las acciones que se realizan para el aprovechamiento y el uso racional del agua en Cuba se encuentran:

- Establecer los regímenes de explotación de las fuentes de las aguas terrestres para garantizar la explotación racional de este recurso, mediante las regulaciones adoptadas por el Estado Cubano y ejecutadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).
- Adoptar las medidas que se requieren para la preservación y el saneamiento de las aguas terrestres cuando se realice cualquier actividad como vertimientos que puedan constituir peligro de contaminación de las fuentes, así como evitar la acumulación de escombros, residuos o sustancias de cualquier naturaleza que pueda degradar el entorno y afectar las fuentes.

- Las organizaciones y comunidades deben realizar una gestión eficiente del agua a partir de los volúmenes aprobado para el consumo, evitando el desperdicio por salideros, filtraciones, uso indiscriminado en los procesos y servicios, por lo que es necesario controlar los indicadores de consumo para cada actividad a partir de las normas de consumo de agua para cada proceso, así como de los requisitos de uso.
- Promover el uso de tecnologías que sean bajas consumidoras del agua tanto en las nuevas inversiones como en los proyectos de mejora, teniendo en cuenta la reutilización de los residuales en el proceso o por otras organizaciones, o su tratamiento para el vertimiento en el lugar autorizado por el INRH.
- Organizar los sistemas de regadío sobre bases científicas y capacitar a las organizaciones vinculadas a la agricultura y a los pequeños agricultores sobre las técnicas para el control y aprovechamiento del agua, si se considera que el riego agrícola es una de las actividades de mayor consumo de agua en Cuba.
- Mantener mecanismos económicos para estimular y promover el uso eficiente del agua mediante las tarifas de cobro del agua por la prestación del servicio, con tasas de recargo por el exceso de consumo de agua para usuarios, territorios y cuencas.
- Promover la cultura de la gestión eficiente y eficaz del agua en la sociedad, fundamentalmente en la población que representa el mayor consumidor de agua de las fuentes de abasto en Cuba, mediante la sensibilización y capacitación a través de los proyectos institucionales para crear valores regulatorios que permitan preservar uno de los recursos naturales más importante para la vida humana.
- Promover el estricto cumplimiento de las regulaciones dictadas por el Estado Cubano para la protección de las aguas terrestres, fundamentalmente el Decreto-Ley de las aguas terrestres, y que se complementa con la regulación de las contravenciones en el Decreto No. 199/1995 Contravenciones de las regulaciones para la protección y el uso racional de los recursos hidráulicos.

### **1.3 Situación del agua en la Industria Azucarera Internacional**

En la actualidad se han realizado numerosos estudios de varios investigadores, llegando todos a conclusiones con resultados bastante similares, el punto de coincidencia radica en que actualmente se consume mucha agua en la industria azucarera, lo que constituye un serio problema para algunos países, debido a lo limitado de este recurso natural. La disponibilidad

de agua potable para consumo doméstico se va tornando en un problema muy serio para las generaciones actuales y futuras, y en esta competencia entra a formar parte, también, el agua que se consume en los procesos industriales. La industria azucarera puede alcanzar altos volúmenes de consumo de agua que incluyen más de 1m cúbico por tonelada de caña molida. Existiendo causas fundamentales que inciden en estos consumos, es necesario analizar sugerencias para el análisis científico de los mismos. La combinación de dichas sugerencias con la atención a las causas que se detallan, puede ayudar decisivamente a mejorar el balance de aguas de esa industria. (La problemática en el consumo de agua en la industria azucarera). La industria depende en alto grado de un abastecimiento adecuado de agua que se utiliza como componente de productos, ó de manera indirecta en el control del proceso de producción, como en el enfriamiento de máquinas que generan calor ó en la higienización de determinadas operaciones y partes del proceso productivo.

Sin embargo, el agua es un recurso medio ambiental de importancia capital para el hombre en sus diferentes actividades tanto domésticas, como comercial, industrial y otras. Según (Steel y McGhee) los niveles de uso del agua en los países desarrollados pueden caracterizarse por la tabla siguiente:

**Tabla No. 2** Niveles de uso del agua.

Concepto de uso	Consumo medio diario por persona en litros/día
Doméstico	300
Comercial	100
Industrial	160
Otros	100
<b>Total</b>	<b>660</b>

Según un (informe de la Comisión Nacional de Ecología de México), publicó el Informe de la situación general en Materia de Equilibrio ecológico y protección al ambiente donde ofrece los porcentajes en materia de extracción y consumos de agua potable así como de descargas de aguas residuales de los nueve principales giros Industriales de México. Por la importancia que tienen estos datos para las consideraciones de este trabajo, se muestran a continuación:

**Tabla No. 3** Extracción, Consumo y Descarga de Agua por industrias

<b>Industria</b>	<b>Extracción (%)</b>	<b>Consumo (%)</b>	<b>Descarga (%)</b>
Azucarera	35,20	22,3	38,8
Química	21,70	24,4	21,0
Papelera	8,20	16,1	6,0
Petróleo	7,20	3,7	8,2
Bebidas	3,30	6,4	2,4
Textil	2,60	2,4	2,7
Siderurgia	2,50	5,5	1,7
Eléctrica	1,50	4,7	0,7
Alimentos	0,20	0,3	0,2

Como puede verse en la tabla anterior es precisamente la industria azucarera la que tiene un mayor consumo de agua vinculada al proceso productivo en general, al mismo tiempo que elevadas pérdidas al medio ambiente. Si se toma en cuenta que con la masa de caña que llega al ingenio, el 70 por ciento de la misma es agua, es completamente irracional que dicha industria obtenga esas cifras, siendo explicable solamente por una falta de control total sobre este recurso energético y medio ambiental en este tipo de industria.

#### 1.4 Situación del Agua en la industria Azucarera Cubana

Nuestra industria azucarera en general, también está caracterizada por tener elevados niveles de consumo de fuentes externas de este valioso recurso natural, además del consumo de portadores energéticos que conlleva esto.

Nuestro país ha venido introduciendo sistemáticamente en el transcurso de estos años, una política adecuada y un conjunto de medidas tanto de carácter subjetivo como objetivo, que han podido reducir estos valores de consumo elevados.

Para que se tenga una idea de los valores logrados, mostramos a continuación una relación de los centrales activos en el año 2008, el índice de consumo y el lugar que ocupan en el país. (Taller nacional de agua, Caibarien 2008).

**Tabla No.4** Relación de consumo de agua y lugares a nivel nacional.

#### Lugares ocupados por los Centrales en el consumo de Agua

CENTRALES	M3/TN molida	caña Lugar
Panchito G.	0,05	1
Efraín Alfonso	0,12	2
Carlos Baliño	0,15	3
H. Duquesne	0,16	4
Manuel Tames	0,20	5
Panamá	0,20	5
Abel Santamaría	0,22	6
Héctor Rdguez	0,25	7
Chile	0,27	8
Urbano Noris	0,28	8
Cristino Naranjo	0,30	10
Antonio Sánchez	0,32	11
Catorce de Julio	0,34	12
Roberto Ramírez	0,34	12

Antonio Guiteras	0,35	13
Majibacoa	0,36	14
Siboney	0,37	15
Colombia	0,37	15
Fernando de Dios	0,38	16
Amancio Rdguez	0,39	17
B. Guasimas	0,40	18
5 de Septiembre	0,40	19
Paquito Rosales	0,40	19
Perucho Figueredo	0,41	20
Ciudad Caracas	0,43	21
Argentina	0,45	22
C M. Céspedes	0,48	23
América Libre	0,49	24
Jesús Rabí	0,50	25
Elpidio Gómez	0,50	25
López Peña	0,50	25
Brasil	0,50	25
Loynaz Echevarria	0,53	26
Uruguay	0,57	27
Harlem	0,60	28
Manuel Fajardo	0,63	28
Bartolomé Masó	0,65	30
30 de Noviembre	0,66	31
Boris Luís.	0,66	31
Enrique Varona	0,70	32
Ciro Redondo	0,70	32
Arquímedes Colina	0,71	33
Ecuador	0,75	34
Héctor Molina	0,76	35
Mario Muñoz	0,76	35
Dos Ríos	0,77	36
M. Hernández	0,79	37

<b>A. Lincoln</b>	<b>0,80</b>	<b>38</b>
<b>Enidio Díaz</b>	<b>0,80</b>	<b>38</b>
<b>Rene Fraga</b>	<b>0,85</b>	<b>39</b>
<b>Julio A. Mella</b>	<b>0,85</b>	<b>39</b>
<b>Argeo Martínez</b>	<b>0,90</b>	<b>40</b>

+

Como puede apreciarse, la Empresa Ciudad Caracas ocupó el lugar 21 de 40 centrales en el año 2008, pero la misma posee grandes potencialidades para seguir reduciendo el índice actual que presenta.

A nivel nacional se trabaja, con el objetivo de disminuir los índices de consumo de agua en la industria, hasta valores de 0.1 m<sup>3</sup> de agua/ tcaña molida. Aunque se han logrado avances positivos, todavía existen en nuestro país ingenios azucareros, con situaciones adversas que implican altos consumos de fuentes externas, Debiendo tener excedentes y además autoabastecerse.

## **1.5 Marco Teórico y Referencial**

### **1.51 Generalidades**

Basado en la situación general crítica que existe actualmente en el mundo, con respecto al consumo de agua y en particular en la industria azucarera, el autor ha querido orientar este marco teórico, hacia el interior del proceso azucarero, desde la óptica del mejoramiento en el aprovechamiento de las potencialidades que tiene esta industria, para la optimización y el autoabastecimiento del recurso agua.

En este capítulo pretendo abarcar, mediante un enfoque teórico la evolución de los sistemas socio – técnicos y lo necesario que resulta en la actualidad, lograr enfocar la organización hacia la gestión por procesos, al mejoramiento y a la reingeniería de procesos. Para lograr esto, es necesaria la utilización de técnicas, que dependen del tipo de proceso y de las características particulares de la industria que tomamos como objeto de estudio en este trabajo.

La naturaleza humana es tal, que una actitud correcta hacia el trabajo de análisis no se desarrolla naturalmente. En cambio, la gente tiende a presumir de sus conocimientos de una determinada actividad. Cree que ha alcanzado su objetivo y que no necesita esforzarse más. Esta aptitud puede ser aceptable como una forma de asegurarse el sosiego para atender los trabajos cotidianos, pero hace imposible una labor de análisis. Si el analista cree que lo conoce todo sobre un cierto asunto y que no necesita considerar nada más allá, sólo asegura que no realizará ninguna mejora sobre el tema. Para mejorar cualquier proceso u operación, el analista debe enfocarlo con el firme convencimiento de que puede mejorarse.

Como resultado de muchas experiencias en la continua mejora de trabajos, los ingenieros industriales nunca hablan del “mejor método ideado hasta ahora”. Siguiendo con este razonamiento, podríamos decir: “Cada vez que un hombre utiliza sus manos, hay una permanente oportunidad de mejora de métodos. Esta oportunidad existe hasta que la operación es mecanizada en un grado tal que la atención humana queda totalmente eliminada y los dispositivos mecánicos utilizados son de máxima simplicidad”.

Esta sentencia hace claro y simple que la operación automática es el objetivo final de cualquier programa de mejora de métodos. El mejor método para hacer una operación, desde el punto de vista económico, es alcanzado cuando la atención humana exigida ha sido reducida a cero y todo el complicado equipo de producción ha sido eliminado o simplificado. Hasta que se alcanza este punto, ulteriores mejoras son siempre posibles.

Este principio suministra la base para un enfoque del análisis operacional con vistas a la mejora de métodos y a la automatización. Si el analista valora su lógica, tendrá una mente

Abierta. Si lo acepta, no será cegado por obstáculos mentales como el “no funcionará” o el “lo intentamos antes y no pudimos”. Fracasos en mejoras o en la automatización de cualquier tarea no han de interpretarse como que significan que la tarea no puede ser mejorada. Tal suceso es sólo una indicación de que el analista no conoce el desarrollo que mejoraría la tarea o que el equipo disponible es todavía demasiado caro para ser económico. La aceptación del principio de continua oportunidad para la mejora combatirá cualquier tendencia a quedarse satisfecho con las cosas como son, e inspirará ataques renovados desde nuevos ángulos. Conduce al progreso.

Una mente abierta allana el camino para un trabajo analítico feliz, pero no es suficiente por sí sola. Uno puede ser de mente abierta en el sentido pasivo de ser receptivo a las sugerencias, pero este tipo de mentalidad no conducirá a ninguna realización. Para obtener resultados, el analista debe tomar la iniciativa provocando sugerencias.

En un mundo donde se dice que nada es nuevo, la mayor cantidad de originalidad (o de lo que pasa por original) viene de las personas que tienen una postura de mente interrogatoria. El hombre que constantemente pregunta y no hace concesiones, molesta a los miembros complacientes de la organización, pero origina nuevos y mejores caminos para hacer las cosas. El progreso comienza con la duda. La mejora comienza con el análisis de lo que se está haciendo y preguntando entonces qué nuevas técnicas están disponibles para que se pueda hacer mejor.

Una vez que este punto es comprendido, el ingeniero industrial desarrollará conscientemente lo que se conoce como “actitud interrogativa”. Esta actitud es un estado de la mente que previene contra cualquier actitud laxa al investigar una tarea. Pregunta y provoca respuestas en base a los hechos. Previene contra la influencia de emociones, gustos, antipatías o prejuicios.

El hombre que tiene éxito en inducir mejoras tiene, solamente, una profunda convicción: que el método puede ser mejorado. No acepta que nada sea correcto sólo porque existe. En su lugar, pregunta y clasifica respuestas. Valora las posibles respuestas a la luz de su conocimiento y experiencia. Lo cuestiona todo. Investiga todas las fases de la tarea en la extensión que el tiempo se lo permite. Pregunta aunque las respuestas puedan parecer obvias, porque las cosas obvias frecuentemente señalan valiosas oportunidades de mejora.

Las preguntas que hace el ingeniero industrial toman la forma general de qué, por qué, cómo, quién, dónde y cuándo. ¿Qué o cuál es la operación? ¿Por qué se realiza? ¿Cómo se está haciendo? ¿Quién la hace? ¿Dónde se hace? ¿Cuándo se hace en relación con otras operaciones? Estas cuestiones, en una forma u otra, serán formuladas acerca de cada factor relacionado con la tarea o clase de trabajo que se esté analizando.

Cuando una tarea es examinada en detalle sistemáticamente y todos los factores relacionados con ella son investigados, las posibilidades de mejora son ciertamente descubiertas. La acción que se ejerza a partir de estas posibilidades dependerá de la posición de la persona que las descubre. Si tiene autoridad para emprender la acción y aprobar los gastos, indudablemente irá adelante y hará la mejora sin esperas. Si no tiene tal autoridad, debe presentar sus ideas en forma de sugerencias a la persona o personas que tienen tal autoridad.

Para el mejoramiento del presente trabajo en la Industria de la Empresa Azucarera Ciudad Caracas, quisimos tener también presente por supuesto la parte del recurso humano, sus opiniones, puntos de vistas, como realizan sus operaciones, sus insatisfacciones, necesidad de equipamiento que ellos entienden son necesarios.

La revisión bibliográfica es el proceso analítico que se sigue para el ordenamiento de las ideas básicas sobre temas específicos y la literatura con fines investigativos, incluyendo todos aquellos aspectos que están relacionados con el tema a tratar y que inciden decisivamente en el ahorro de tiempo y recursos en la investigación, ya que en ella se reflejan las experiencias anteriores tanto positivas como negativas, que permiten una mejor proyección hacia sus objetivos finales.

En el presente capítulo se reflejan los criterios de diferentes autores y se realiza un análisis de la bibliografía nacional e internacional actualizada en el tema objeto de estudio, se valoran todos los aspectos relacionados con el concepto de proceso, la Gestión de Proceso, técnicas y herramientas que fueron utilizadas.

Proceso: Un proceso es una secuencia de actividades que permite obtener un resultado ya sea para el cliente interno o para el cliente final. En la ejecución de un proceso se realizan tanto actividades materiales como informativas y financieras.

Todo proceso debe estar dotado de un conjunto de recursos (entradas ) que deben ser transformadas en determinados resultados (salidas ), estando los recursos en general asociados a materiales, dinero, mano de obra, información, equipos, energía. Los resultados fundamentales están dados por la obtención de un producto o la prestación de un servicio en determinada cantidad, variedad, plazo

De manera tradicional, las organizaciones se han estructurado sobre la base de áreas funcionales, que de marchar estas de manera aislada dificultan con ello, el cumplimiento de las estrategias y la orientación hacia el cliente. Se va hacia una sociedad donde el conocimiento va a jugar un papel de competitividad de primer orden y es el enfoque de proceso y no el funcional el capaz de responder a las exigencias de hoy en un mundo cada vez más competitivo, donde se requiere con ello constar con la capacidad de adaptación ante los cambios que se suceden.

Objetivo del análisis de proceso (documentos de ingeniería industrial, guía del profesor)

El enfoque de proceso en el mejoramiento de la empresa reviste enorme importancia para la misma debido a que con ello se logra enfocar la organización y gestión al cliente, racionalizando toda aquella actividad que no agrega valor al cliente final. Con ello se logra un incremento significativo de la competitividad de la organización.

Para comprender la gestión de procesos es necesario conocer que es, un conjunto de actividades empresariales que garantizan la satisfacción de las necesidades de un cliente en términos de tiempo, costo y calidad (Shroder Roger, tercera edición), ¿por qué la gestión por proceso? Porque las organizaciones son tan eficientes como lo son sus procesos. La mayoría de las empresas y las organizaciones que han tomado conciencia de esto han reaccionado ante la ineficiencia que representan las

Organizaciones departamentales, con su nicho de poder y su inercia excesiva ante los cambios potenciando el concepto del proceso, con un foco común y trabajando con una visión de objetivo en el cliente.

La Gestión de o por proceso es la forma de gestionar toda la organización basándose en los procesos, no existe producto o servicio sin un proceso. Del mismo modo, no existe proceso sin un producto o servicio.

El entorno dinámico en el que se mueve actualmente cualquier organización se encuentra caracterizado fundamentalmente por lo que ha sido llamado las "Seis Ces" (6C): cambio, complejidad, clientes (peticiones de estos, aspecto prioritario a tener en cuenta por la organización), competencia (presión que esta ejerce), costes (impacto de estos e incidencias sobre la salud financiera de la organización) y condicionantes. Todas tienen un gran impacto sobre la capacidad de la organización para cumplir con sus metas y objetivos declarados.

Una organización cualquiera puede ser considerada como un sistema de procesos más o menos relacionados entre sí en los que buena parte de las entradas (Inputs) serán generadas por proveedores internos y cuyos resultados irán frecuentemente dirigidos hacia clientes también internos.

Se habla realmente de proceso si cumple las siguientes condiciones:

- Se pueden describir las ENTRADAS y las SALIDAS.
- El Proceso cruza uno o varios límites organizativos funcionales.
- Una de las características significativas de los procesos es que son capaces de cruzar verticalmente y horizontalmente la organización.
- Se requiere hablar de metas y fines en vez de acciones y medios. Un proceso responde a la pregunta "QUE", no al "COMO".

- El proceso tiene que ser fácilmente comprendido por cualquier persona de la organización.
- El nombre asignado a cada proceso debe ser sugerente de los conceptos y actividades incluidos en el mismo.
- Todos los procesos tienen que tener un Responsable designado que asegure su cumplimiento y eficacia continuados.
- Todos los procesos tienen que ser capaces de satisfacer el ciclo Gerencial de Deming PHVA.
- Todos los procesos tienen que tener indicadores que permitan visualizar de forma gráfica la evolución de los mismos. Tienen que ser planificados en la fase P, tienen que asegurarse su cumplimiento en la fase D, tienen que servir para realizar el seguimiento en la fase C y tiene que utilizarse en la fase A para ajustar y/o establecer objetivos.

Están presentes en la gestión de procesos, otras características que le confieren una personalidad bien diferenciada de otras estrategias y que suponen, en algunos casos, puntos de vista radicalmente novedosos en relación con los tradicionales.

Objetivos fundamentales de la gestión de o por Proceso según Alfonso Raso 200?:

- Incrementar la eficacia.
- Reducir costos.
- Mejorar la calidad del proceso y con ello la calidad de sus salidas.
- Acortar los tiempos y reducir, así, los plazos de producción y entrega del ser.

### 1.5.2 Clasificación de los Procesos.

Harrington [1993] clasifica los procesos en dos formas:

- Proceso de producción
- Proceso de la empresa

En el primero él incluye todos los procesos que entren en contacto físico con el producto que se entregará al cliente externo, sin incluir los procesos de embarque y distribución. Y en el segundo aborda todos los procesos de servicio y los que respaldan a los de producción, es decir, un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definitivos en apoyo de los objetivos de la compañía.

Los procesos de la empresa según Manganeli [1994] se componen de tres tipos principales de actividades:

- Las que agregan valor (actividades importantes para los clientes).

- Actividades de traspaso (las que mueven el flujo de trabajo a través de fronteras que son principalmente funcionales, departamentales u organizacionales).
- Actividades de control (las que se crean en su mayor parte para controlar los trasposos a través de las fronteras mencionadas).

Existen diferentes TIPOS DE PROCESOS a identificar dentro de sus organizaciones. Una posible clasificación de los mismos es la que les detallamos a continuación [Alfonso Raso 200?]:

Procesos estratégicos: tienen como fin el desarrollo de la misión y visión del servicio. Establece, revisan y actualizan la política y estrategia.

Procesos operativos o clave: son los que están orientados al cliente y los que involucran un alto porcentaje de los recursos de la organización. Son la razón de ser del Servicio y definen su actividad: diseño de nuevos tratamientos, la prestación de los propios tratamientos médicos, altas y bajas, etc.

Procesos de soporte: Dan apoyo a los procesos clave. Son los relacionados con RR.HH., sistemas de información, financieros, limpieza, mantenimiento etc.

Dentro de todos ellos, periódicamente se establecen los denominados Procesos Críticos que son los que suponen un alto riesgo técnico o tecnológico, o los que pueden presentar de forma continua o esporádica, situaciones o riesgos de operar “fuera de control” o presentar resultados que no cumplen con los requerimientos del cliente. Varían en el tiempo y requieren un seguimiento exhaustivo.

Para visualizar la interrelación entre los procesos se construyen los mapas de procesos.

El problema que les puede plantear la Gestión por Procesos es la propia identificación de los procesos. Ante esto, ¿qué criterios pueden seguir para identificar los procesos adecuadamente? Los criterios que nosotros les proponemos para asignar prioridades a efectos de selección son [Alfonso Raso 200?]:

- Escuchar la voz del cliente.
- Factores críticos de éxito.
- Razones de competencia.
- Cambios en el entorno que afectan al proceso.
- Bechmarking.
- Evaluación negativa del proceso.
- Nuevas tecnologías.
- Innovación.
- Impacto en las personas.

Los procesos se pueden dividir en varios subprocessos según sea el caso. Al igual que un proceso, un subprocesso tiene varios insumos y rendimientos, la única diferencia es que los

rendimientos de este son los insumos del siguiente. Es posible dividir aún más un subproceso en actividades y estas a su vez en una serie de pasos [Harbour 1994].

Para gestionar y mejorar un proceso es necesario en primer lugar describirlo adecuadamente.

Los elementos que van a describir adecuadamente el proceso según [Alfonso Raso] son:

- Salida: Resultado del proceso
- Destinatario: Persona o conjunto de personas que reciben y valoran la salida del proceso
- Los intervinientes: Personas o grupos de personas que desarrollan la secuencia de actividades del proceso
- Secuencia de actividades: Es la descripción de las acciones que tienen que realizar los intervinientes
- Recursos: Elementos materiales o de información que el proceso consume o necesita para poder generar la salida
- Indicadores: Son mediciones del funcionamiento de un proceso. Pueden ser de dos tipos:
  - De eficacia: Miden lo bien o mal que la salida cumple con las expectativas de los clientes.
  - De eficiencia. Miden el consumo de los recursos.

Estos indicadores se pueden aplicar al funcionamiento global del proceso o a una parte

### 1.5.3 Algunos términos relacionados con la Gestión de Proceso.

Proceso clave: Son aquellos procesos que inciden de manera significativa en los objetivos estratégicos, volcados directamente al alcance de la misión de la empresa y son críticos para el éxito del negocio.

Sistema: Estructura organizativa, procedimientos, procesos y recursos necesarios para implantar una gestión determinada, como por ejemplo la gestión de la calidad. Normalmente están basados en una norma de reconocimiento internacional que tiene como finalidad servir de herramienta de gestión en el aseguramiento de los procesos. [Alfonso Raso]

Procedimiento: forma específica de llevar a cabo una actividad. En muchos casos los procedimientos se expresan en documentos que contienen el objeto y el campo de aplicación de una actividad; qué debe hacerse y quien debe hacerlo; cuando, dónde y cómo se debe llevar a cabo; qué materiales, equipos y documentos deben utilizarse; y cómo debe controlarse y registrarse.[Alfonso Raso]

Indicador: es un dato o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. [Alfonso Raso]

Los macro procesos: son todas las actividades que abarcan operaciones ejecutadas por más de un departamento o área funcional dentro de la organización. Estos también son llamados procesos inter funcionales [Alfonso Raso].

Los micro procesos: son todas las actividades de exclusiva competencia de un determinado departamento ejecutadas apenas dentro de una única unidad organizacional-funcional. Estos también son llamados procesos funcionales.

Los clientes: son personas, instituciones u órganos que determinan la calidad de un proceso que pretenden servirlo determinando las medidas en que este con su salida a logrado satisfacer sus necesidades y expectativas.

Los proveedores: son personas, instituciones u órganos que proveen, observando las exigencias del cliente, información, equipamiento, materiales, etc.

El ejecutor: es cualquier persona, institución, departamento o grupo que realiza determinada actividad en función de producir un producto o servicio.

El diagnóstico: de los procesos de producción puede hacerse atendiendo a diversos criterios. Lo primero sería buscar la existencia en la empresa de algún diagnóstico previamente realizado.

#### 1.5.4 Otras características de la Gestión de Proceso.

Identificación y documentación: Lo habitual en las organizaciones es que los procesos no estén identificados y, por consiguiente, no se documenten ni se delimiten. Los procesos fluyen a

Través de distintos departamentos y puestos de la organización funcional, que no suele percibirlos en su totalidad y como conjuntos diferenciados y en muchos casos interrelacionados.

Definición de objetivos: La descripción y definición operativa de los objetivos es una actividad propia de la Gestión. La característica del enfoque que nos ocupa es definir explícitamente esos

objetivos en términos del cliente. Esto permitirá orientar los procesos hacia la satisfacción de necesidades y expectativas.

Especificación de responsables de los procesos: Al estar por lo común distribuidas las actividades de un proceso entre diferentes áreas funcionales, lo habitual es que nadie se responsabilice del mismo, ni de sus resultados finales.

La gestión de proceso introduce la figura esencial de propietario del proceso. El dueño del proceso es una persona que participa en sus actividades. Será esta persona la responsable última, teniendo control sobre el mismo desde el principio hasta el final.

Generalmente este papel es asignado a un mando o directivo.

Reducción de etapas y tiempos: Generalmente existe una sustancial diferencia entre los tiempos de proceso y ciclo. La gestión de procesos incide en los tiempos de ciclo, y en la reducción de las etapas, de manera que el tiempo total del proceso disminuya.

Simplificación: Intenta reducir el número de personas y departamentos implicados en un ejercicio de simplificación característico de esta estrategia de gestión.

Reducción y eliminación de actividades sin valor añadido: Es frecuente encontrar que buena parte de las actividades de un proceso no aportan nada al resultado final. Puede tratarse de actividades de control duplicadas o, simplemente, que se llevan acabo porque surgieron, por alguna razón más o menos operativa en principio, pero que no han justificado su presencia en la actualidad. La gestión de proceso cuestiona estas actividades dejando perdurar las estrictamente necesarias.

## Capítulo 2

### Caracterización de la Gestión del Agua en la Empresa Azucarera Ciudad Caracas. Análisis para la determinación de los puntos críticos en el consumo de agua.

Para comenzar este capítulo, quisiera hacer una breve caracterización de esta empresa, con el objetivo de mostrar el objeto social y algunas de sus características fundamentales antes de entrar a su análisis.

La Empresa Azucarera Ciudad Caracas, esta situada en el batey de la carretera que conduce al municipio Santa Isabel de Las Lajas, perteneciente a la provincia de Cienfuegos. Su industria cuenta con una capacidad de molienda de 350000 arrobas diarias, dentro de la misma tenemos como áreas fundamentales, el basculador, los molinos, generación de vapor, planta eléctrica, fabricación de azúcar y otras que conforman el proceso de este ingenio, que tiene la posibilidad de generar otras producciones secundarias derivadas, que le reportan grandes ganancias, por ejemplo: miel, bagazo a granel, bagazo desmedulado empacado, cachaza y la generación de energía eléctrica, muy importante para el ahorro de combustible fósil en nuestro país. También está compuesta por una extensa área cañera integrada por diez unidades productoras y una C. P.A que son las encargadas de cultivar y suministrar todo el volumen de caña necesario para garantizar la zafra sin afectaciones en la cantidad ni en la calidad del producto final.

#### Misión:

Producir Azúcares de alta calidad, alimentos con competitividad y sostenibilidad que satisfaga las necesidades del cliente y la elevación del nivel de vida de los trabajadores.

#### Visión:

La producción de azúcar, mieles, derivados, energía y alimentos a pesar de haber disminuido su peso relativo en la economía cubana continua siendo importante para el desarrollo económico social del país y la satisfacción de la demanda interna de todas estas producciones que también generan empleo para nuestros trabajadores.

Las producciones tradicionales de nuestra empresa mantienen su importancia como garantía para la conexión de créditos y financiamientos.

Las producciones agropecuarias en los suelos liberados de caña sumados a los que desde antes se utilizaban con otro fin alcanzan volúmenes superiores y contribuyen junto con las que realiza el MINAGRI , a satisfacer la demanda interna de alimentos alcanzando niveles de eficiencia superiores .

A partir de un uso adecuado de la ciencia y la técnica habremos aprendido a convivir y producir con eficiencia, a pesar de los diferentes fenómenos climáticos que nos afectan todos los años como sequías, huracanes, etc., cuyas consecuencias son imprevisibles.

La empresa ha incrementado los niveles de producción de caña, producciones no cañeras y azúcar, así como la productividad del trabajo ejecutado eficientemente en las actividades de reparación y mantenimiento de todos los elementos de la misma lo que permite trabajar con eficiencia.

La eficiente gestión de los recursos humanos y un adecuado sistema de retribución y estimulación del trabajo favorece la motivación, participación y responsabilidad de los trabajadores en el proceso productivo.

El desarrollo del capital humano como consecuencia del programa de superación que tiene lugar alcanza niveles superiores en todos los ámbitos de la organización.

#### PROVEEDOR

El proveedor del recurso agua a nuestra empresa es una micro presa del municipio Lajas llamada "Mesino".

Productores de caña, ya que la materia prima que compramos aporta el 70% de agua de su peso a la industria.

#### CLIENTE.

Todos las Áreas y procesos que intervienen en la producción en nuestra empresa, incluyendo a las unidades productoras que reciben el servicio de fertirriego para sus áreas cañeras con el agua contaminada del proceso.

#### CANTERA

Azúcar crudo, blanco directo, miel, bagazo desmedulado, bagazo a granel, cachaza y energía eléctrica.

## 2.1 Situación Actual.

Después de ofrecer estos datos importantes, pasaremos a analizar la situación que presenta esta empresa, con respecto a la utilización y al aprovechamiento del recurso agua, apoyados en datos estadísticos recopilados de varios años.

Basándonos en los siguientes datos obtenidos, reflejaremos el comportamiento del índice de consumo de agua en esta fábrica, en diferentes zafas.

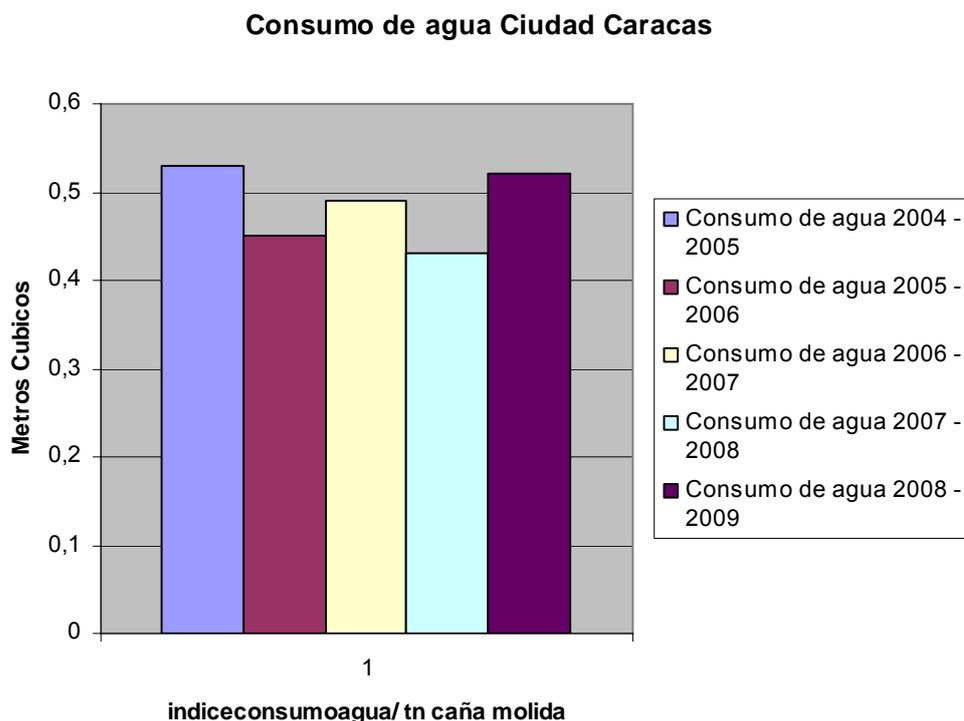
**Tabla N° 2.1**

Relación índice de consumo/años zafra (m<sup>3</sup> de agua/TN caña molida)

Año 04 -05	Año 05 -06	Año 06 -07	Año 07 -08	Año 08 -09
0.53	0.45	0.49	0.43	0.52

Como podemos apreciar el índice de esta empresa se mantiene en el rango de 0.43 a 0.53 m<sup>3</sup> de agua/TN caña molida por lo que la sitúa como una fábrica de azúcar con un consumo medio a nivel nacional. De hecho, ocupa el lugar 21 entre 40 empresas analizadas, teniendo grandes posibilidades de reducirlo, apoyándose en el estudio realizado en todas las áreas del proceso, en las medidas de ahorro y en los trabajos que se proponen.

En el siguiente diagrama, podemos apreciar la evolución de este indicador en un corte de las últimas 5 zafas de este ingenio.



Analizando esta gráfica, podemos comprobar que el consumo de este importante indicador en los últimos años, no logra reducirse por debajo de 0.43m<sup>3</sup>/ TN caña molida, por lo que se hace necesario un estudio profundo y pormenorizado de la situación existente

## 2.2 Caracterización del uso del agua en la Empresa

Levantamiento de la red de abasto y distribución de agua cruda, con consumidores asociados al sistema de bombeo.

La red de abasto de agua a la empresa Ciudad Caracas, comienza desde el Municipio Santa Isabel de las Lajas, debido a que la micro presa o fuente de abasto se encuentra ubicada en este.

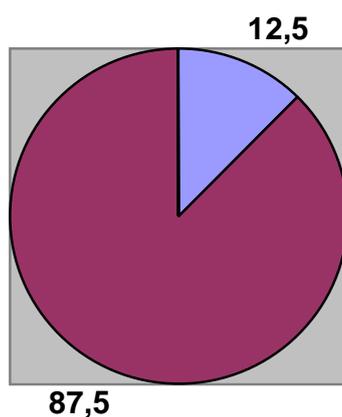
La fuente tiene una capacidad de +/- 400000 m<sup>3</sup> y un sistema de bombeo formado por dos bombas K-90-85 en mal estado técnico, además se encuentra ubicada a 5 Km. de la industria con una conductora de hierro fundido de diámetro 8".

### Consumidores que toman del sistema:

Comenzamos explicando que el agua bombeada va directamente a la industria, pero presenta derivaciones antes de su entrada por conexiones que distribuyen a otros consumidores, afectando la entrada al principal objetivo que es la industria:

Consumidores que toman del sistema:

1. Parte del batey
2. Taller de locomotoras
3. Taller de maquinado agrícola
4. Auto consumo (San Alejo)
5. Industria (incluyendo Planta de tratamiento de Agua)



Este diagrama de pastel, nos muestra una idea de que por ciento de agua se deriva hacia otros usos (el 12.5 %) antes de entrar al proceso y solo el 87.5 % llega a su destino.

### Antecedentes:

Nuestra industria como casi la totalidad de la industria azucarera, ha presentado serios problemas con el aprovechamiento de las aguas y el manejo de los residuales, que han provocado afectaciones al desarrollo del proceso industrial y a la preservación del entorno, a continuación se relacionan algunos

- Se producen frecuentes interrupciones, originadas por la falta de agua para el proceso fabril.
- Mal aprovechamiento del agua en el proceso y poca reutilización del agua vegetal.
- Despilfarro y poca atención a los salideros existentes.

En la tabla comparativa que se muestra a continuación, se puede apreciar el tiempo perdido por afectaciones de agua en las últimas zafras, incurriendo también en grandes pérdidas económicas, para la empresa y para el país.

Tabla N° - 2.2 **Tiempo perdido y costo debido a la falta de agua.**

Zafra	Numero de Paradas	Tiempo Perdido en Horas	Costo
95-96	3	28.17	<b>39973 \$</b>
97-98	8	54.35	<b>77128 \$</b>
98-99	10	62.36	<b>88488 \$</b>
99-2000	7	49.53	<b>70283 \$</b>
2001	10	54.2	<b>76909 \$</b>
2002	9	42.9	<b>60875 \$</b>
2003	7	48	<b>68112 \$</b>
2004	5	32.5	<b>46117 \$</b>
2005	8	46.3	<b>65699 \$</b>
2006	6	37.3	<b>52928 \$</b>
2007	8	43.2	<b>61300 \$</b>
2008	7	32.4	<b>45975 \$</b>
2009	10	49.2	<b>69814 \$</b>
Total	98	580,41	<b>823601\$</b>

- Agotamiento de la fuente de abasto de agua, por el bajo régimen de precipitaciones
- Manejo de grandes volúmenes de residuales que en ocasiones no son asimilados por la estación de bombeo y se originan derrames que se incorporan a nuestra cuenca, con los conocidos daños que esto provoca.

Por las características propias de esta industria y la peculiaridad de su proceso de producción, el tiempo perdido es un indicador muy importante que determina la estabilidad, la eficiencia y la continuidad, para obtener niveles de calidad satisfactorios con los requerimientos actuales del producto en el mercado.

### **2.3 Determinación de los puntos críticos en el consumo de agua.**

Asumiendo lo anteriormente expuesto y haciendo un análisis de la cantidad de horas de tiempo perdido, por concepto de interrupciones originadas por la falta de agua, podemos afirmar que esta empresa presenta elevadas pérdidas debido a este indicador, teniendo en cuenta que por cada hora que la fábrica este detenida por cualquier motivo, el valor en moneda nacional asciende a **-1419.00-** pesos.

A continuación, pasamos a examinar la situación existente, apoyándonos en una herramienta ó modelo muy importante para el planteamiento de un problema en una empresa, esta es un diagrama causa - efecto, el mismo tiene la ventaja de mencionar todas las causas (primarias y secundarias), y al considerar la relación entre la causa y el efecto, se hace muy completo.

Para la construcción de este diagrama, también se utilizó la Tormenta de ideas, la misma es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La también llamada, lluvias de ideas es una técnica de grupo, para generar ideas originales en un ambiente relajado.

Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

Se utiliza cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos
- Generar un número extenso de ideas
- Involucrar oportunidades para mejorar

Posibilidades de aplicación:

- Plantear y resolver los problemas existentes
- Plantear posibles causas
- Plantear soluciones alternativas
- Desarrollar la creatividad
- Discutir conceptos nuevos
- Superar el conformismo y la monotonía

En el caso del análisis en esta empresa, la tormenta de ideas sobre este tema en específico que se trata, se produjo convocando para la misma al consejo técnico asesor, el mismo esta compuesto por personal calificado, de alto nivel en conocimientos, experiencia y disciplina. En la ejecución de esta se utilizó el método de rueda libre, tiende el mismo a ser, creativo, muy espontáneo, fácil para contribuir a las ideas de otros integrantes.

Consejo técnico Asesor de la Empresa Ciudad Caracas:

Integrantes: Director General.

Director de producción.

Director de Mantenimiento.

Director de Fábrica.

Director de negocios.

Técnico Especialista en Tratamiento de Aguas y Residuales.

J de Área de Generación de vapor.

J de Dpto. de fabricación

J de Recursos Humanos.

J de Planta Eléctrica.

J de Molinos.

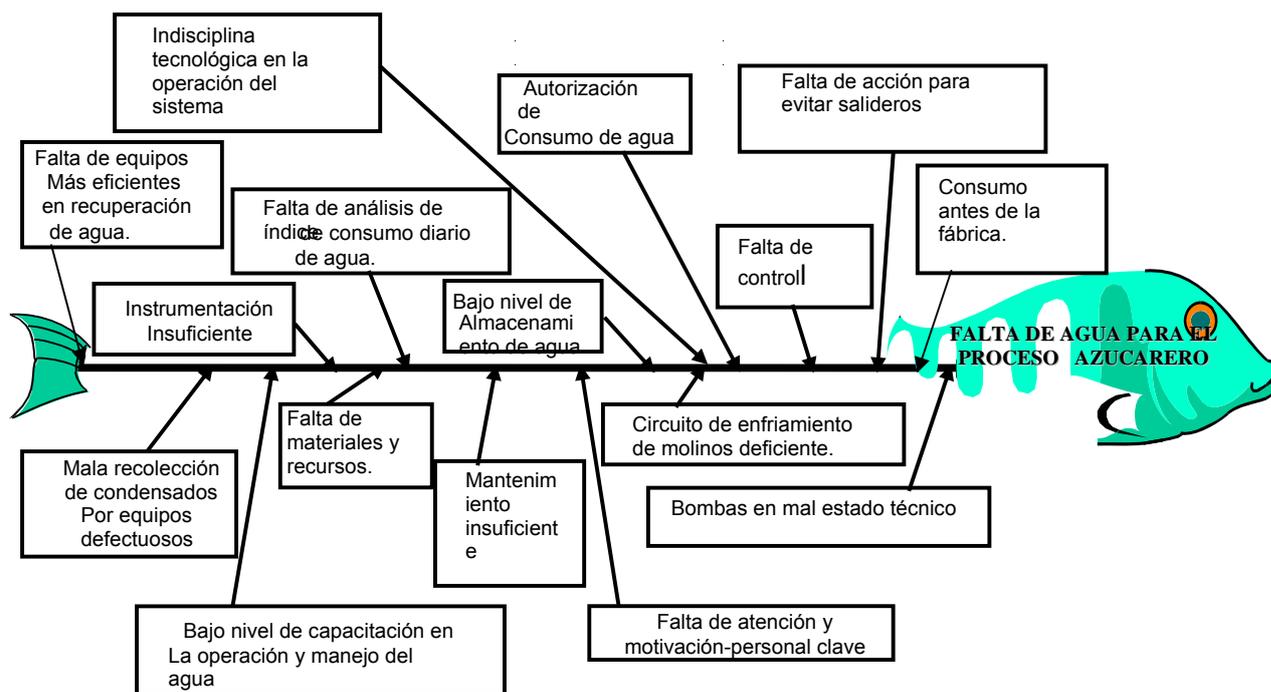
Técnicos en maquinaria y mantenimiento.

Técnico en Calderas.

Obreros con experiencia y calificación.

Después de aplicada la misma, se llega a varias conclusiones y se procede a la construcción del diagrama causa – efecto.

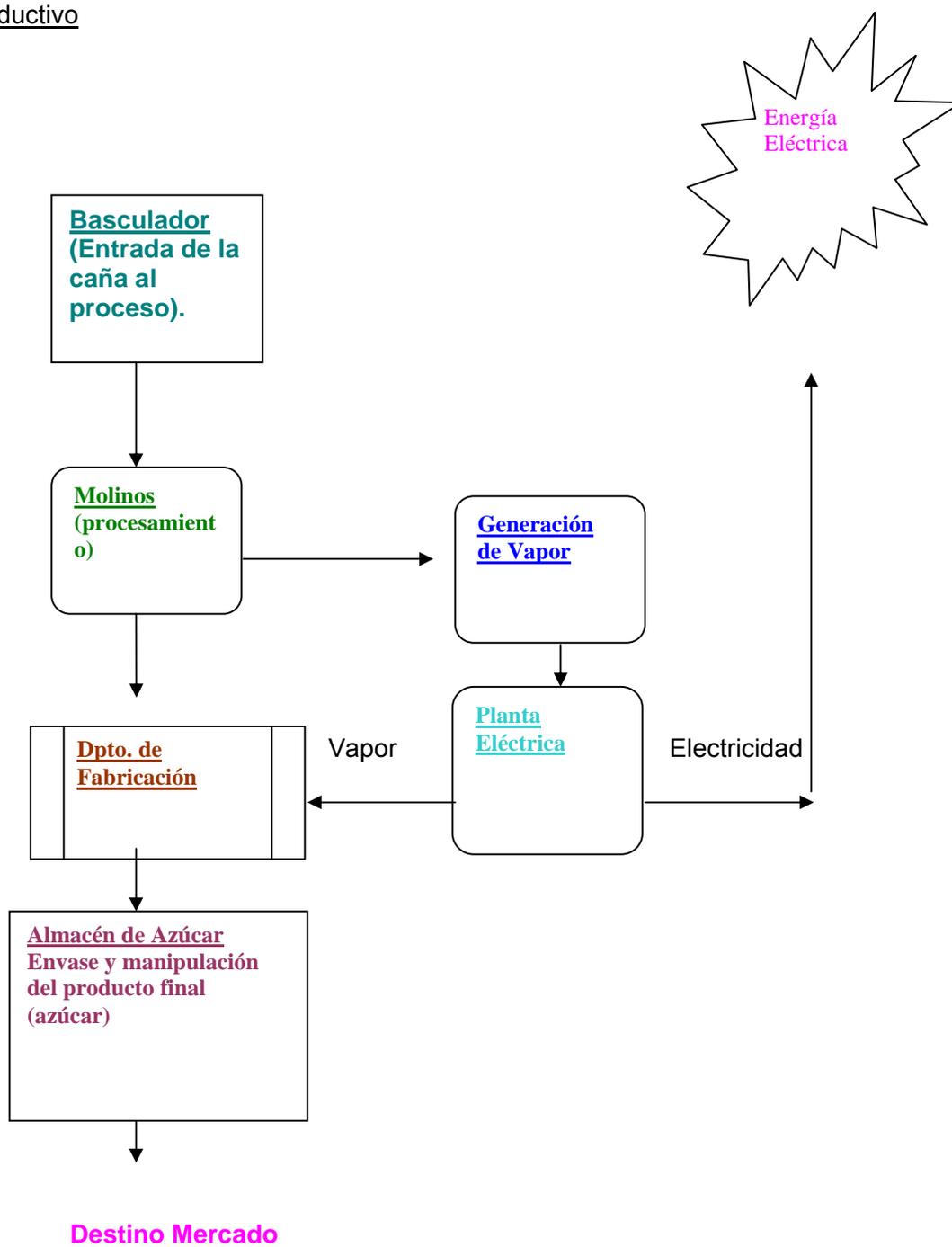
### Diagrama Causa – Efecto, para la problemática de la falta de agua en la Empresa Ciudad



Comenzaremos realizando un diagrama de flujo o productivo de la industria para mejor conocimiento de su proceso.

El diagrama de circulación o de flujo es un esquema de distribución en planta de pisos y edificios, que muestra la ubicación de todas las actividades que aparecen en un diagrama de proceso. El trazado de movimientos de materiales y hombres que se ha representado en el diagrama de proceso, se señala sobre el diagrama de circulación por medio de líneas o hilos. Cada actividad es identificada y localizada en el diagrama de circulación por el símbolo y número correspondiente que aparece en el diagrama de proceso. La dirección del movimiento se indica colocando flechas de forma que apunten en la dirección del flujo.

Si un movimiento retrocede sobre el mismo trazado o es repetido en la misma dirección, se dibujan líneas separadas para cada movimiento para dar énfasis a este retroceso. Si se emplean hilos, pueden sujetarse alrededor de alfileres y extenderlos en varias capas para indicar los movimientos repetitivos.

Diagrama productivo

Utilizando la gráfica de control, en este caso compararemos como se comporta el indicador de entrada de agua a la Fábrica, según lecturas tomadas en muestreos efectuados en las dos últimas zafas realizadas por este ingenio.

La gráfica de control es un método gráfico que ayuda a evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico. Es decir, ver su comportamiento dentro de límites de especificación. Es muy parecida a las gráficas de línea o de tendencias, la diferencia esencial estriba en que las gráficas de control tienen los denominados "límites de control", que determinan el rango de variabilidad estadística aceptable para la variable que se esté monitoreando, en este caso la variable es la cantidad de metros cúbicos de agua que llegan realmente a la industria del Ciudad Caracas en el periodo de Zafa.

Si los puntos se mantienen dentro de los límites de control y presentan un patrón aleatorio, entonces se dice que "el proceso está en control ", si por el contrario, se encuentran puntos fuera de los límites de control, o el conjunto de puntos muestra tendencias, periodicidad, o cosas anormales, entonces el proceso se diagnostica como inestable, o "fuera de control". Ante una situación de esta naturaleza, debe procederse a investigar las causas que estén provocando la inestabilidad, e implementar acciones preventivas para evitar que vuelvan a presentarse.

Las ventajas de las gráficas de control son:

- Sirve para determinar el estado de control de un proceso.
- Diagnostica el comportamiento de un proceso en el tiempo.
- Indica si un proceso ha mejorado o empeorado.
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.
- Permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes o también llamadas naturales son los factores que afectan en poco la variabilidad del sistema. Su presencia es aleatoria, y no son de fácil detección, generalmente están relacionadas con aspectos administrativos. Y otras causas son llamadas especiales o asignadas éstas son los factores esporádicos que desestabilizan el sistema. Su identificación es inmediata y fácil.

En el transcurso de la zafra 2009 recientemente terminada, se pudieron hacer mediciones, toma de lecturas y análisis diario de la cantidad de metros cúbicos de agua que realmente entraban a la industria de esta empresa, estas lecturas fueron tomadas en un flujómetro que controla dicho flujo de forma permanente.

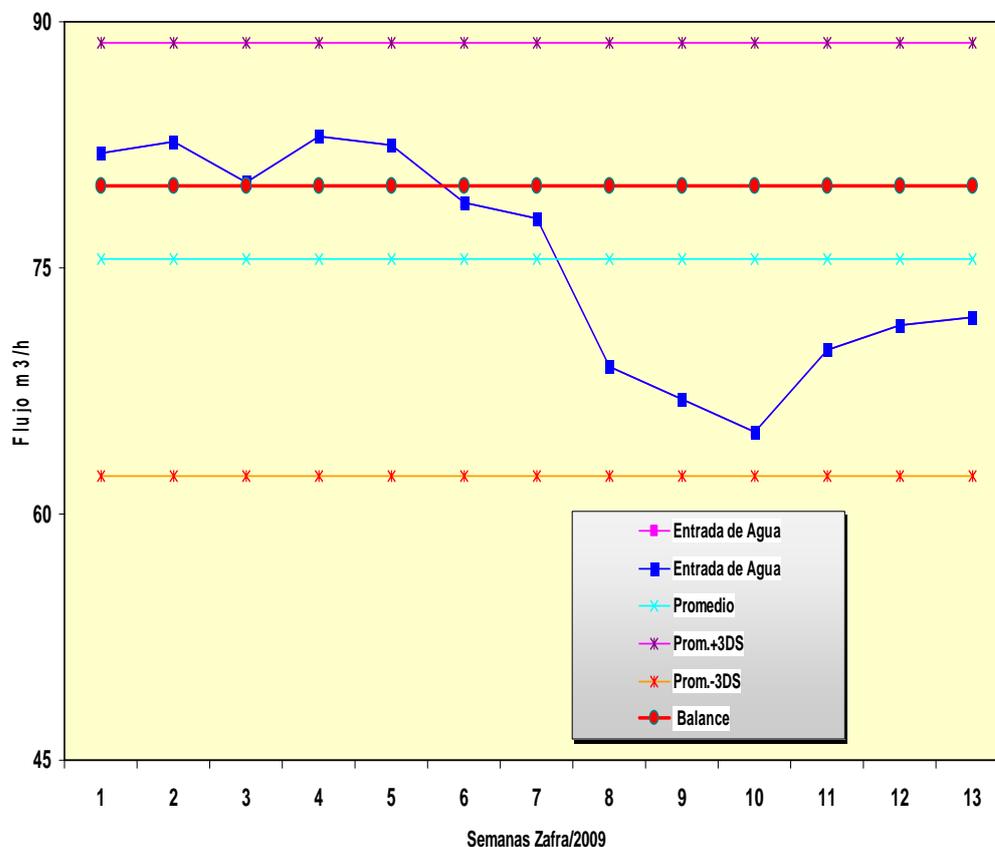
Estos datos se utilizan en el trabajo, con el objetivo de demostrar si esta actividad se encuentra dentro de los límites de control establecidos ó si está fuera de control para los requisitos que demanda el buen funcionamiento del proceso de la fábrica.

**Tabla No. 2. 3** Cantidad de m3 de agua semanal.

semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M3 de agua	82	82.7	80.2	83	82.5	79	78	69	67	65	70	71.5

## Gráfica de Control para el comportamiento de la entrada de agua a la Fábrica

### Gáfico de Control del Comportamiento del Bombeo de Agua



Pasando a la interpretación de la anterior gráfica, podemos llegar a la conclusión de que el bombeo de agua desde la fuente de abasto al ingenio Ciudad Caracas, se encuentra la mayor parte del tiempo de trabajo por debajo del límite inferior permisible, por lo que este sistema está fuera de control. Existen algunos factores que determinan, que esta parte del proceso de la fábrica tenga esta situación tan crítica, a continuación se hace una relación de estos:

1. Sistema de bombeo formado por dos bombas k – 90-85 en muy mal estado técnico (más de 15 años de explotación).
2. Bombeo adicional con otro sistema, para un auto consumo cercano provocando disminución del nivel de la presa y dificultad para el bombeo industrial.
3. Bombeo ilegal por parte de particulares, provocando disminución de nivel y carencia de agua para el uso industrial.
4. Rotura en la conductora de hierro fundido (bajo espesor).

5. Consumo adicional de personas que se conectan a la tubería ilegalmente y consumen de ella, afectando el flujo.
6. Bajo régimen de lluvias en el periodo en que se realiza la zafra (diciembre – abril).

En este último aspecto utilizaremos el documento (históricos de lluvia, del departamento agrícola de la empresa Ciudad Caracas). El mismo es una recopilación de datos estadísticos obtenidos desde 1965 hasta el año 2008; El autor ha querido utilizar dichos antecedentes, para demostrar la carencia de lluvia que se produce en el periodo de los meses desde diciembre hasta el mes de abril. Siendo este tiempo, en el que se realiza la zafra azucarera de esta empresa ó sea que es cuando más demanda de agua se hace de la fuente de abasto (presa), no solo por parte de la fábrica sino también por un autoconsumo asociado a esta fuente.

**Tabla No. 2. 4** Estadística de lluvias en la Empresa Ciudad Caracas (periodo de 10 años).  
(mm. de agua precipitada)

meses	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enero	37	36	52	40	13	12	37	0	13	1	41
Febrero	110	33	0	35	45	21	41	0	18	37	49
Marzo	139	39	39	44	41	28	8	27	9	3	16
Abril	14	04	106	60	37	57	37	18	52	11	40
<b>Ene- Abril</b>	<b>300</b>	<b>112</b>	<b>197</b>	<b>179</b>	<b>157</b>	<b>118</b>	<b>123</b>	<b>46</b>	<b>92</b>	<b>52</b>	<b>146</b>
Mayo	181	197	91	182	140	197	25	99	103	215	106
junio	102	324	151	75	223	309	200	185	187	301	163
<b>May - Jun</b>	<b>283</b>	<b>524</b>	<b>242</b>	<b>257</b>	<b>362</b>	<b>506</b>	<b>225</b>	<b>284</b>	<b>290</b>	<b>517</b>	<b>268</b>
Julio	64	181	101	191	232	128	250	316	153	125	156
Agosto	129	324	86	110	37	167	261	150	124	291	339
Septiembre	343	506	160	206	103	158	115	222	167	305	256
Jul –Sep.	536	1011	347	507	372	452	619	688	444	721	751
octubre	84	307	83	95	8	38	184	408	36	223	202
Noviembre	22	75	6	37	58	39	0	3	10	7,3	
Diciembre	34	0	62	0	25	2	0	37	47	18	48

Aquí podemos apreciar en la tabla, el comportamiento de las precipitaciones en el periodo de diciembre – abril, (letras en rojo). Se impone por nuestra parte, elaborar una estrategia o plan, para el aprovechamiento correcto de todas las posibilidades y oportunidades que nos brinda el proceso en la reutilización del agua, tanto del agua cruda, como el agua vegetal del proceso proveniente de la caña de azúcar que representa el 70% del peso de la caña.

En una fábrica de azúcar existen diferentes consumidores y aportadores de agua, de su conocimiento, correcta disciplina y manejo, depende el buen funcionamiento y el control de las operaciones industriales.

A continuación realizaremos un análisis del consumo de agua en toda la fábrica, en cada uno de los bloques tecnológicos, tratando de determinar y mostrar lo que debe ser utilizado por cada uno de estos consumidores y sus necesidades reales.

Para el desarrollo del mismo utilizamos, el documento " Uso eficiente del Agua en el ingenio. (Ing. Emilio Díaz García, Maria E. Fernández, Benigno Escobar Lainque).

En el se presenta el proceso de la misma y su distribución por áreas de consumo, para este balance, es necesario analizar los circuitos que componen el ciclo de agua del ingenio Ciudad Caracas.

Podemos decir, que tenemos siete circuitos fundamentales divididos en aportador, circuitos cerrados de enfriamientos y consumidores normales de proceso:

#### Circuitos:

1.- El que se forma con la entrada del agua vegetal que trae la caña al proceso, vinculada a la extracción de la sacarosa.

2.- El sistema de enfriamiento del agua de inyección a condensadores.

3 - Ciclo de vapor de motores primarios (agua de alimentación a calderas)

4- Sistema de enfriamiento de cajas laterales del tandem.

5 - Sistema de enfriamiento de bombas de vacío.

6 - Sistema de enfriamiento de cristalizadores Blanchard.

7- Sistema de enfriamiento del agua de los turbogeneradores.

Los bloques a analizar son:

1. Tandem
2. Purificación
3. Evaporación
4. Tachos
5. Dilución de mieles
6. Centrifugación.

Balance de la producción de agua en el ingenio

Del balance general de masa en un ingenio:

Agua + Caña = Bagazo + Jugo

Tomando 3220 t de caña molida, que representa el 80 por ciento de la norma potencial de este ingenio, el jugo producido con un 25% de agua de imbibición será de 3220 t de jugo mezclado.

El agua contenida en el jugo es:

$$3220 \times \frac{96 - 15}{100} = 2608.2 \text{ t/día}$$

Si no existen pérdidas se dispone de 2608.2 entre/24horas = 108.6 t de agua pura por hora, siendo 96 el Brix final del proceso tecnológico y 15 el Brix promedio del guarapo.

El vapor necesario para estas 3220 t de caña en un ingenio con eficiencia promedio de 42% vapor % caña es de 65 t/h. Este vapor será repuesto en las primeras horas de molida, al cambiar agua cruda de alimentación inicial por agua condensada. Luego el ingenio producirá 105 t/h a través del proceso, más 65 t/h condensada en el PRE evaporador para un total de 170 t/h de vapor por cada 3220 t de caña molida.

Como primer concepto se define que cualquier cantidad que se reponga de agua de retorno para alimentar calderas por cualquier problema, esa misma cantidad pasa a formar parte de la fuentes de residuales de la fábrica.

**Tabla No. 2.5** Consumo de agua en el proceso

Agua de alimentar calderas	170 t/h
Agua de imbibición	40.2 t/h
Agua de filtros	28.09 t/h
Agua de cal	4.09 t/h
Dilución de mieles	5.4 t/h
Agua de lavado de centrífugas	2.7 t/h
Total	80.48 t/h

Agua Sobrante =  $108.6 - 80.48 = 28.12$  t/h

$28,12 * 24$ h

**Es decir: 674.8t/día**

Del análisis de los resultados se puede definir que el uso más importante y directo del agua de proceso será la imbibición con un 40% del total de agua producida. Los demás gastos individuales como el área de purificación (filtros y cal), la dilución de mieles y lavado de azúcar se catalogan como muy moderados. Luego el agua de imbibición es la segunda en importancia en el uso del agua, después de la alimentación de las calderas.

Para una mejor comprensión de lo anteriormente planteado podemos pasar a la construcción de una gráfica de pareto, basado en los consumos que se producen en cada una de las áreas del proceso, calculadas con anterioridad para su estudio y solución posterior.

### **Diagrama de Pareto**

También llamado Ley del 20 - 80 o Sistema ABC.

Fue creado por el economista italiano Wilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con

esto estableció la llamada "Ley de Pareto" según la cual la desigualdad económica es inevitable en las sociedades capitalistas.

Pero no fue hasta unos 30 años más tarde que el norteamericano Ford Dickie de la General Eléctrica Corporación popularizó su uso. El Dr. Joseph Juran aplicó este concepto a la calidad

Se fundamenta en el principio siguiente:

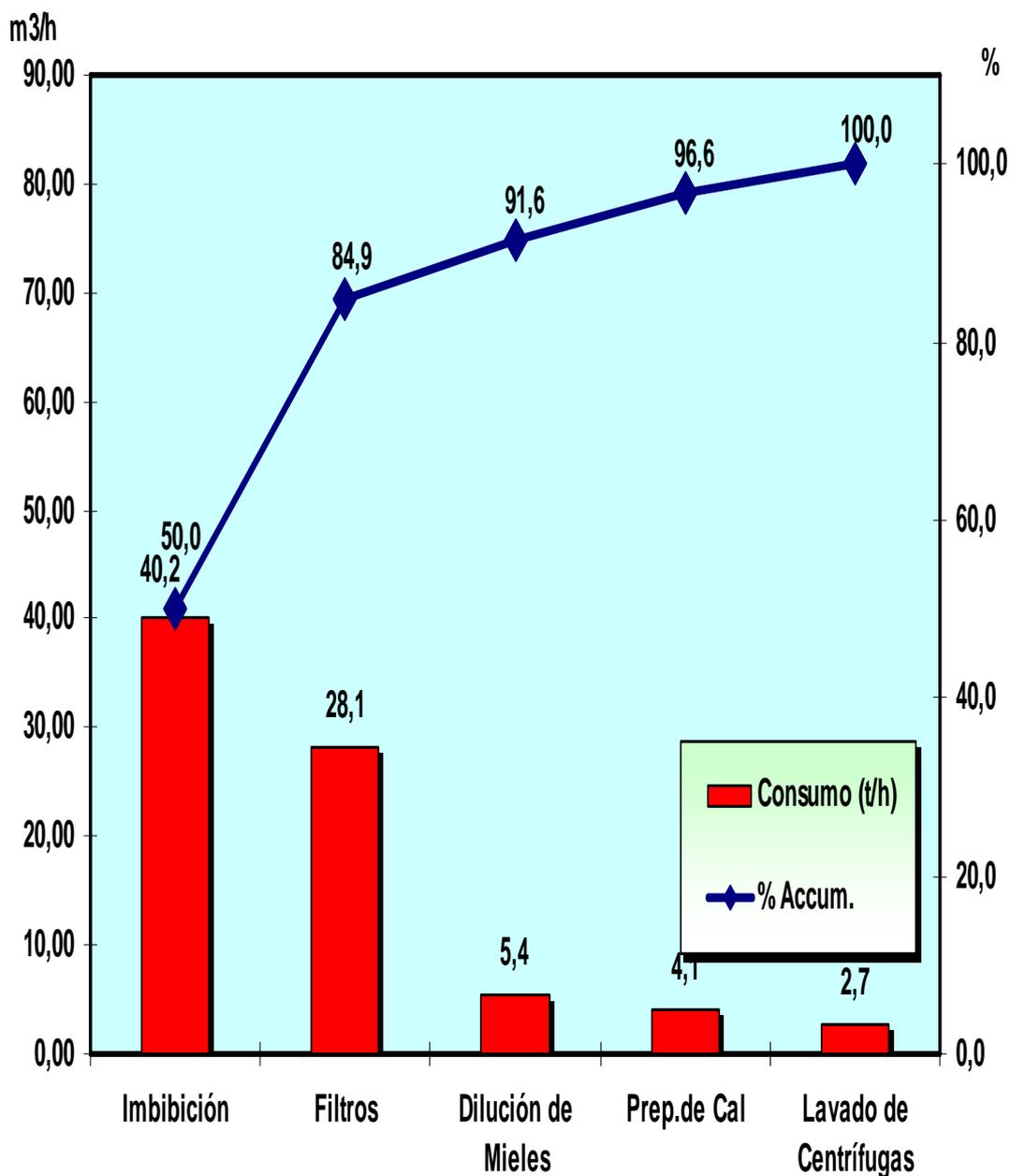
En cualquier sistema una pequeña cantidad de elementos contendrá la mayor fracción de causas, problemas. O lo que es lo mismo, hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves, (pocos vitales, muchos triviales). Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

En realidad esta gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos ó sea concentrarlos en los fundamentales.

Para la construcción de este gráfico fue necesario, la recopilación de datos, a través de lecturas tomadas en el proceso productivo, directamente en los puntos específicos y necesarios para este estudio, además fueron procesados y calculados cuidadosamente para su interpretación y poder llevar a cabo el proceso de resolución de problemas/ toma de decisiones. Se utilizó en esta parte del estudio, para denotar la incidencia de cada una de las áreas del proceso en el consumo de agua y determinar las de mayor responsabilidad.

Diagrama de Pareto para la determinación de las áreas de mayor consumo de agua



Analizando la gráfica anterior podemos concluir que los mayores porcentajes de consumo de agua están concentrados en los procesos de imbibición y filtros de cachaza, representando el 84.9% del consumo de agua tanto vegetal como cruda bombeada, los otros consumos son pequeñas cantidades que aunque no debemos despreciarlos, estos no significan grandes problemas para la fábrica.

Sin embargo sobre este 84.9% anteriormente mencionado es necesario accionar inmediatamente con el objetivo de tomar las medidas pertinentes y los cambios necesarios para que el consumo sea lo más eficiente posible, además de tratar que toda el agua utilizada sea proveniente de la recuperación de agua vegetal del proceso de condensación del ingenio.

#### **2.4 Análisis de las pérdidas de agua producidas en este proceso**

El agua de la evaporación del PRE - evaporador se considera de primera calidad dentro de las aguas vegetales (fundamental para la alimentación de calderas). Cuando el PRE - evaporador presenta arrastres superiores a 100 ppm puede decirse que los condensados de todo el proceso están contaminados y no pueden ser utilizados como relleno de alimentación a las calderas o make-up. Es necesario el uso de la planta de tratamiento con el elevado consumo de agua, cruda y fría, de fuentes externas y como consecuencia el desbalance energético del ingenio.

Cuando el PRE tiene arrastres graves, el 60% de los condensados de la fábrica terminarán como sobrantes seguros a la zanja. Los condensados de los tachos, del primer vaso evaporador y los calentadores quedan como fuera de servicio desde el punto de vista del consumo de agua. Esto conduce a que como concepto el problema más grave de la ingeniería de los condensados o del agua de retorno está en la supresión de los arrastres. Aproximadamente 48 t/h de agua pueden quedar inutilizadas por cada 3220 t de caña molida en este ingenio.

El agua de los vasos 2, 3 y 4 es utilizada en los procesos de cal, filtros y para licuar mieles, sin problemas importantes por lo que no requieren atención especial.

El agua de calentadores presenta un uso muy delicado, por ser frecuentes productores de contaminados, por lo que se prefiere no utilizarlos en el área energética a pesar de su elevada temperatura.

Del análisis general inicial se define como el problema principal ó la mayor pérdida en esta parte del proceso, el arrastre de azúcar del PRE-evaporador, pues el mismo de funcionar incorrectamente ó sea de permitir que las partículas de azúcar contaminen los vapores de escape que son enviados a otros equipos, inutilizan una gran parte del agua vegetal que se utilizaría en la alimentación de las calderas, provocando el consumo adicional de agua tratada

para la reposición, no siendo así este nuestro caso debido a que se encuentra instalado un separador de arrastre de doble cama empacada para la eliminación de los arrastres o las partículas de azúcar antes mencionadas.

### Análisis de circuitos de enfriamiento

Todo ingenio requiere de varios sistemas de enfriamiento para su operación eficiente: enfriadero de agua de inyección a condensadores, enfriamiento del agua de turbogeneradores, cajas laterales de molinos, enfriamiento a bombas de vacío, cristalizadores de tercera.

De no existir sistemas o circuitos cerrados de enfriamiento, los ingenios no pudieran operar, a menos que contaran con una fuente enorme de agua como el mar o un río caudaloso.

### Enfriaderos de spray

Esta es el agua que mayores fuentes de pérdidas de agua origina. Aunque recibe 2,4 t/h como evaporación del último vaso, el aire arrastra el agua asperjada en forma notable, en dependencia de la hora del día.

Un enfriadero como el que analizamos pierde aproximadamente **200 m<sup>3</sup>/día**, es decir 8,33 m<sup>3</sup>/h.

Las pérdidas debido al arrastre de agua por el viento, son las de mayor peso y varían a través del día, de acuerdo a la velocidad del viento. Para su cálculo se realizaron varias tomas de muestras u observaciones, las cuales podemos agrupar en tres horarios para diferenciarlas.

- De 10am a 3pm (pérdidas aproximadas del 3% del volumen del agua circulante).

Tomando un volumen de agua circulante de 4500gal/min. Para 3220t/ día de caña molida:

Pérdidas por arrastre =  $0.03 * 4500 \text{ GAL/min.} * 8.4\text{lb/gal} * 60\text{min/h} = 68040\text{lb/h} = 31\text{t/h}$

Agua perdida =  $(30.9\text{t/h} - 2.4\text{t/h}) * 5\text{h} = \mathbf{142.5t}$

- De 3pm a 8pm (2% de pérdidas).

Pérdidas por arrastre =  $0.02 * 4500 \text{ GAL/min.} * 8.40 \text{ lb. /gal} * 60\text{min/h} = 45360 \text{ lb./h} = 20.6\text{t/h}$

Agua perdida =  $(20.6\text{t/h} - 2.4\text{t/h}) * 5\text{h} = \mathbf{91t}$

- De 8pm a 10am (no hay pérdidas por arrastre).

En este horario solo hay ganancias.

$$\text{Agua ganada} = 2.4\text{t/h} * 14\text{h} = 33.6\text{t}$$

Balance del día

$$\text{Agua perdida} = 142.5 + 91 - 33.6 = \mathbf{199,9\text{m}^3}.$$

#### Sistema de enfriamiento de la planta eléctrica

Este sistema de enfriamiento adecuado, define una pérdida de 5,5 m<sup>3</sup>/día, es decir 0,23 m<sup>3</sup>/h.

$$\begin{aligned} \text{Agua perdida} &= 0.02 * 100 \text{ gal/min.} * 8.4\text{lb/gal} * 60\text{min/h} = 1008 \text{ lb. /h} = 0.457 \text{ t/h} \\ &= 0.457\text{m}^3/\text{h} * 12\text{h/ día} = \mathbf{5.48\text{m}^3/\text{ día}}. \end{aligned}$$

#### Sistema de cajas laterales del tandem.

Este sistema lo componen las pérdidas por las mangueras de enfriamiento, las de baldeo, el agua perdida en los enfriaderos y en las cajas laterales de los molinos:

En el sistema de enfriamiento las pérdidas ocurren debido al arrastre de agua por el viento y por la utilización de mangueras directamente sobre los guijos cuando hay sobrecalentamiento de estos.

Se estima, para el enfriadero de un tandem de 18 mazas, un flujo de agua circulante de 180 gal/min. y pérdidas promedio de 2% por arrastre de aire durante 12 horas al día, por lo que el agua perdida por esa causa será:

$$\begin{aligned} \text{Agua perdida por arrastre del viento} &= 0.02 * 180 \text{ gal/min.} * 8.4\text{lb/gal} * 60 \text{ min./h} = 1814\text{lb/h} = \\ &0.82\text{t/h} = 0.82 \text{ m}^3/\text{h} * 12\text{h/ día} = 9.87\text{m}^3/\text{ día} = \mathbf{9.9\text{m}^3 / \text{ día}}. \end{aligned}$$

Frecuentemente debido a roturas en cajas laterales, deficiencias en la lubricación y el ajuste en diversas partes del molino o la excesiva carga hidráulica aplicada, entre otros factores, se sobrecalientan los guijos sobre todo a medida que avanza la zafra, lo que generalmente se trata de compensar con la aplicación directa sobre estos de las mangueras de agua de enfriamiento

que normalmente deben verter sobre las cajas laterales colectoras. Con esta operación se pierde casi la totalidad de este flujo.

Para el enfriamiento de los guijos de las mazas molidoras se utilizan mangueras de una pulgada de diámetro con una velocidad de flujo de agua aproximadamente 2,99 pies por segundo; de esta corriente alrededor del 30% pasa a formar parte del jugo y el 70% se derrama fuera de las cajas no reincorporándose al sistema de enfriamiento.

Flujo de una manguera = Velocidad \* Área de la sección transversal

Área de la sección transversal =  $3.14 (0.10 \text{ pies})^2 / 4 = 0.00545 \text{ pie}^2$

Flujo de agua por una manguera =  $2,99 \text{ pies / seg.} * 0.00545 \text{ pie}^2 = 0.0163 \text{ pie}^3/\text{seg.}$

Como promedio se utilizan cuatro mangueras en un tandem, por lo que el flujo total por este concepto será:

Flujo total de agua de enfriamiento de guijos =  $4 * 0.0163 \text{ pie}^3/\text{seg.} = 0.0652 \text{ pie}^3/\text{seg.}$

Agua perdida en el enfriamiento de guijos =  $6,6 \text{ m}^3/\text{h} * 0,7 = 4,62 \text{ m}^3/\text{h}$

Agua perdida total en este bloque =  $9,9 \text{ m}^3/\text{ día} + 110,8 \text{ m}^3/\text{ día} = \mathbf{120,7 \text{ m}^3/\text{ día}}$

Total perdido es de **120,7 m<sup>3</sup>/día**

Sistemas de enfriamiento de bombas de vacío

La pérdida del sistema es de **5,5 m<sup>3</sup>/día**, es decir  $0,23 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Sistema de enfriamiento en cristalizadores

La pérdida del sistema es de **10,3 m<sup>3</sup>/día**, es decir  $0,42 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Pérdidas en las calderas

En este ingenio se cuenta con una capacidad de producción de vapor de 105 t/h. (dos calderas de 45 y 60 t/h).

Según las investigaciones realizadas (ing. , las pérdidas de vapor en el área de calderas son: 3% por extracciones continuas + 4% por limpiezas + 4% por fugas = 11%

### Ciclo de vapor

Las principales pérdidas en el ciclo del vapor producido por la caldera están en el uso de vapores de limpieza, escobas, en las fugas y principalmente en las extracciones continuas y discontinuas que se realizan en los domos de las calderas para el mantenimiento de la calidad de las aguas y eliminación de incondensables.

El consumo de vapor en el proceso tecnológico es aproximadamente 105t/h para 4025 t/ día de molida (según balance de materiales anterior). Suponiendo un consumo de 5% en el uso de vapores de limpieza, escobas, fugas, etc., el total de vapor que debe producir la caldera es:

$$\text{Vapor producido por las calderas} = 105\text{t/h} + 0.05 * 105\text{t/h} = 110,25 \text{ t/h}$$

Despreciando las extracciones discontinuas y considerando las continuas cuando son controladas, aproximadamente de un 3% del vapor producido:

$$\text{Extracciones continuas} = 110.25\text{t/h} * 0.03 = 3.30 \text{ t/h}$$

Perdidas en calderas = Extracciones continuas + pérdidas en fugas, limpiezas, etc.

$$\text{Perdidas en calderas} = 3.30\text{t/h} + 8.4\text{t/h} = 11.55 \text{ t/h} = 276\text{m}^3/\text{día}.$$

### Pérdida total de agua diaria:

$$200 + 5,48 + 120,6 + 5,5 + 10,3 + 276 = 617.8 \text{ m}^3/\text{día}$$

### Balance total de agua:

$$674,8 - 617.8 = 57 \text{ m}^3/\text{día de agua sobrante}$$

Esto son: 57 toneladas de agua sobrantes por día, para cualquier uso si se almacenara y se reutilizara en el sistema de la Fábrica.

En este análisis, podemos demostrar, a través de una herramienta muy valiosa, como un gráfico de Pareto, ¿cuales son las áreas de mayor incidencia en las pérdidas de agua en esta industria?

En el caso de las pérdidas de agua, provocadas por los arrastres de azúcar en el pre – evaporador, el valor de que hablamos en términos de m<sup>3</sup>/h, es del orden aproximadamente de 48, pero en esta industria no se toma en cuenta debido a que aquí los arrastres de azúcar no son significativos, pues se encuentra instalado un separador de doble cama empacada, con

limpieza automática de duchas con agua, que se encarga de evitar que las pérdidas por este concepto sean mayores de lo permisible. Por lo anteriormente planteado este autor no lo incluye como una pérdida actual en esta fábrica, pero si reconoce, que de funcionar incorrectamente y si no se cumple con sus medidas de operación puede ser muy grande la afectación a la estabilidad del proceso en cuanto al consumo de agua y la eficiencia en la producción de vapor del ingenio.

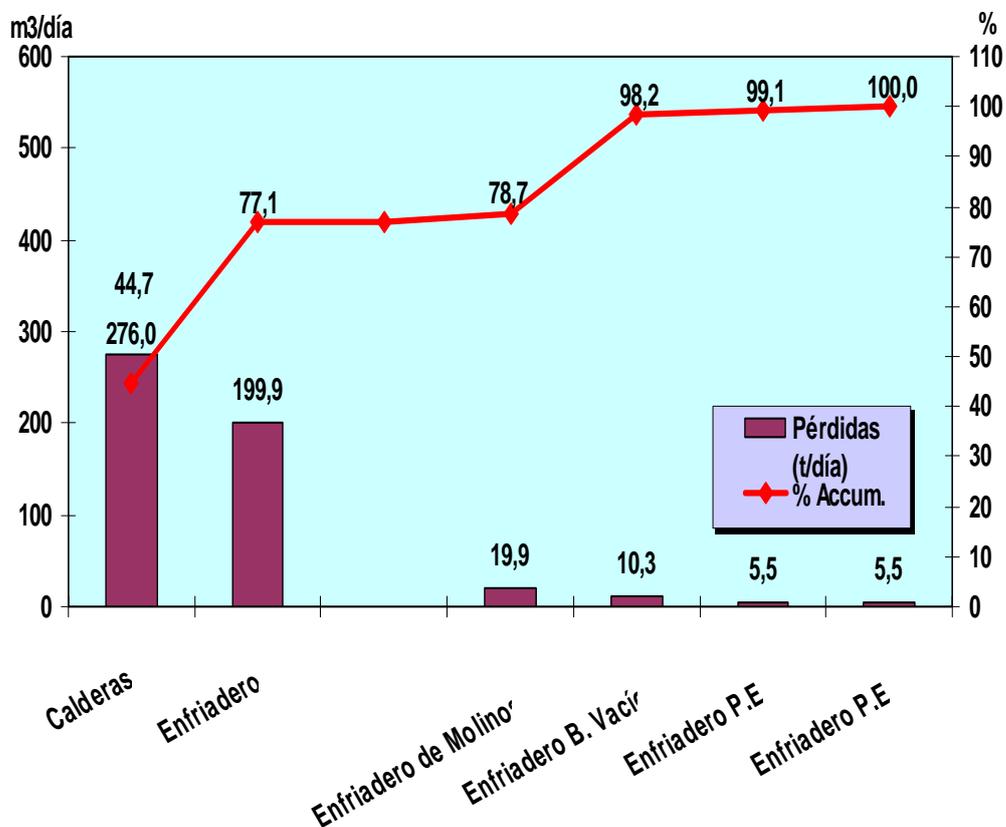
#### Pérdidas:

Enfriadero General. 200 m<sup>3</sup>/día.----- 32.35 %.  
Enfriadero Planta Eléctrica. 5.48m<sup>3</sup>/día ---- 0.89 %.  
Tanden y cajas laterales. 120,6m<sup>3</sup>/día ----- 19.5%  
Enfriadero de bombas de vacío 5.5m<sup>3</sup>/día ---- 0.89 %  
Enfriamiento en cristalizadores 10.3 m<sup>3</sup>/día ---- 1.67%  
Pérdidas en calderas 276 m<sup>3</sup>/día----- 44.7%

Después de obtenidos los resultados de cada una de las pérdidas que se producen en las áreas del proceso de producción de esta fábrica podemos proceder a graficar en un diagrama de pareto todos los valores logrados. El mismo representa una herramienta valiosa para poder apreciar cuales de los equipos son responsables de la mayor cantidad de pérdidas de agua producidas en su operación y manejo.

Esta herramienta nos da una clara imagen de, en qué operación, sobre qué equipo y obrero debemos orientar nuestro trabajo de gestión y control para reducir la problemática por la que transita esta empresa, también podemos pasar a la etapa de la planificación para la instalación de algunos equipos y tecnología necesarias para lograr los objetivos trazados en esta propuesta.

Gráfico de Pareto para las pérdidas por Áreas de trabajo en la Fábrica.



Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto anterior las áreas que mayor incidencia presentan en cuanto a pérdidas de agua en esta empresa son: Generación de Vapor (Calderas), la misma tiene una participación en esta renglón negativo del 44.7%, le sigue el Enfriadero General con 32.35 % y el Enfriadero de los Molinos (en este se incluyen las pérdidas en las cajas laterales de los molinos por la cantidad de agua que hay que reponer) en general en estos se encuentra concentrado cerca del 80% de las mermas de agua de esta industria, quedando solamente para los otros equipos aproximadamente el 20% de las pérdidas. Concluyendo con este análisis, tenemos bien determinados todos los puntos críticos y los menos críticos en cuanto a sobre que objetivos encaminar las medidas y las soluciones para que sea efectivo el sistema de monitoreo y control que se propone para esta empresa.

## 2.5 Conclusiones parciales

1. Mediante la descripción realizada, se da a conocer las características, fortalezas y debilidades de esta empresa en la organización azucarera del país.
2. Mediante un análisis detallado de datos de consumo, se graficó y se demostró (gráfico de control) que el proceso del bombeo de agua hacia la industria es inestable y está fuera de control.
3. A través de herramientas valiosas aplicadas en este capítulo, como el diagrama Causa - efecto y los gráficos de Pareto, se determina primeramente los problemas fundamentales sobre los que se necesita accionar los mecanismos necesarios para reducir el índice de consumo y posteriormente los puntos más críticos en el consumo de agua de esta empresa.
4. Teniendo todos estos resultados obtenidos en este capítulo se puede proceder a la elaboración de un sistema de monitoreo y control en esta empresa para favorecer el sistema de gestión del agua en la misma, que garantice el autoabastecimiento de agua.

### CAPITULO 3

#### Propuesta de Sistema de Gestión de Agua para la Empresa Azucarera "C. Caracas". Medidas tecnológicas y equipos necesarios para la reducción del índice de consumo.

En este capítulo se procederá a proponer la aplicación de un procedimiento que modifique la situación actual de los puntos más críticos de la fábrica en cuanto a consumo y pérdidas de agua, determinados anteriormente en el capítulo 2.

Un procedimiento es un documento que describe clara e inequívocamente los pasos consecutivos para iniciar, desarrollar y concluir una actividad u operación relacionada con el proceso productivo o de suministro de servicios, los elementos técnicos a emplear, las condiciones requeridas, los alcances y limitaciones fijadas, el número y característica del personal que interviene, etc. Debe incluir, ineludiblemente, datos precisos sobre las personas que se responsabilizan de los resultados a obtener y su posible delegación. La índole de un proceso puede requerir la intervención de elementos variados cuya operatividad requiera, a su vez, de indicaciones para su utilización. Se trata de las instrucciones. Las instrucciones, aunque semejantes en la forma a los procedimientos, se diferencian de éstos en su fondo; mientras aquellos indican también responsabilidades; las instrucciones son interpersonales y se limitan a indicar la forma de operar, utilizar o realizar algo.

#### **3.1 Construcción del procedimiento.**

Para la construcción de procedimientos se debe tener en cuenta las relaciones jerárquicas y de colaboración dentro de la estructura organizativa empresarial, por ello no ha de sorprender a nadie que se apueste decididamente por la participación, en su elaboración de todos los que directamente o indirectamente tengan algo que ganar con disponer de procedimientos para obtener una mejora en un proceso determinado.

Al decir todos, se refiere a la cadena proveedor-cliente interna, pero contando con sus dos extremos externos: proveedores iniciales y clientes finales. No se debe renunciar al aporte de ninguna idea, opinión o sugerencia, que pudiese favorecer la obtención de un instrumento más eficiente y que sea, fundamentalmente, asumido como propio por un número amplio de personas que estarán más dispuestas a su aplicación.

No se puede olvidar que el sentido de propiedad, tiene mucho que ver con la sensación de paternidad que proporciona al ser humano la reflexión, y posterior puesta en práctica de sus ideas.

Por otra parte, la oportunidad de elaborar procedimientos permite educar en la sistematización, el análisis de las relaciones entre funciones, procesos, actividades y personas, y la verificación previa en una visualización (a modo de maqueta de la actividad descrita) que facilita evitar errores.

El primer paso será entonces saber, para cada actividad contemplada, qué se quiere o qué se espera obtener de ella. El segundo paso requiere el conocimiento o información acerca de cómo se realiza y, naturalmente, con que medios.

El paso final implica definir cómo se verifica lo obtenido. Si estos tres pasos se efectúan para alcanzar los pequeños objetivos que integran los más grandes y ambiciosos, la participación amplia traerá aparejada una positiva movilización de los aspectos más positiva del grupo humano que participa

#### ■ . **Contenido de los procedimientos**

Un procedimiento deberá proporcionar información clara, concisa y completa, expresada en forma sencilla aunque no pobre ni monótona sobre qué hacer, cómo hacerla, cuánto hacer, donde hacerla y como ya apuntamos antes quién hará y/o se responsabilizarán de lo hecho.

Estas secuencias serán acordes y compatibles con la realidad de la empresa y sus propósitos enunciados. No puede el procedimiento ser una isla aislada del resto de los integrantes humanos y técnicos de aquella.

Por su complejidad, pueden requerir dentro de su contenido la presencia de instrucciones parciales que ayuden a la cumplimentación de la secuencia descrita.

Para su utilización eficaz, el procedimiento se construye según el siguiente esquema lógico:

#### ■ **Características constructivas y operativas**

Las características del procedimiento han de posibilitar su disponibilidad y consulta fácil y directa. Esto nos conduce a considerar que aunque en principio casi cualquier soporte es apto para contenerlo, son los materiales impresos, antes que cualquiera de los recursos magnéticos o informáticos, los que en la mayoría de los casos le sirvan de vehículos. A este respecto es necesario tener en cuenta:

- Dónde se utilizará.
- Cuántas personas lo manipularán.
- Durante cuanto tiempo.

Contar con un entorno que rodeará al documento significa valorar su posible exposición a la acción de entes agresivos naturales (sol, humedad, viento, etc.) y artificiales (cualquier tipo de emanaciones, abrasivos, líquidos, etc.), provenientes generalmente estos últimos del proceso

productivo. El número de personas incide porque multiplica la acción de la manipulación humana y también la del medio, ya descrita.

El análisis realizado de los principales problemas presentados por la empresa azucarera Ciudad Caracas con respecto a la utilización del agua, evidenció que está presente la necesidad de un procedimiento de gestión que incluya un sistema de monitoreo y control, además de medidas, que proporcionen una herramienta para la organización del proceso en esta fábrica, enfocado hacia el equipamiento necesario a instalarse, medidas organizativas para la operación correcta de todo el sistema, formas de control y revisión, atención y verificación de la recopilación de datos estadísticos obtenidos en el transcurso de toda la zafra.

### **3.2 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE AGUA. (GESTIÓN Y ECONOMÍA ENERGÉTICA).**

En general, el **control** es la acción de hacer coincidir los resultados con los objetivos. Persigue elevar al máximo el nivel de efectividad de cualquier proceso. Para que exista la acción de control debe existir un estándar (objetivo a lograr), una medición del resultado, herramientas que permitan comparar los resultados con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones, y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar.

Muchas empresas realizan muchos registros de indicadores, sin embargo, su uso es mayormente informativo, ya que no han establecido un sistema de control, perdiendo una buena parte de los costos en que incurren en el sistema de información.

#### **Necesidad de Control**

El control de cualquier proceso es una necesidad real, ya que el medio en que se desarrollan los procesos es dinámico y provoca desviaciones que deben ser corregidas.

También la acción del hombre que actúa sobre el proceso es imperfecta y los equipos que componen el proceso fallan o se deterioran en el tiempo. El control permite identificar todas las desviaciones y corregir las que sean posibles, señalando cuándo se hace necesario efectuar una mejora general en el proceso.

En el caso particular de la eficiencia en el consumo de agua, la necesidad del control se justifica debido a:

- Factores internos y externos al proceso que influyen en la variación de la eficiencia y el consumo de agua y las pérdidas de los equipos y sistemas (niveles de producción,

características de los productos y servicios, calidad de la materia prima, temperatura ambiente, etc.)

- El estado técnico de los equipos consumidores cambia, produciendo cambios en los resultados.
- La actitud, motivación y nivel de competencia del personal que decide en el consumo y la eficiencia en el ahorro de agua se modifica con el tiempo.

Sólo un sistema de control para el agua puede mantener la atención sobre estos aspectos y lograr hacer coincidir los resultados en materia de eficiencia con los estándares o metas fijadas.

### **3.3 PROCEDIMIENTO Y HERRAMIENTAS PARA ORGANIZAR SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA AGUA.**

El proceso de control puede realizarse de diferentes formas. En este sistema de control es recomendable utilizar el método de control selectivo. La selección de las áreas y equipos se realiza sobre la base de la estructura de consumo y de pérdidas de agua de la empresa. Se cubre el 20% de las áreas o equipos que provocan el 80% del consumo y las pérdidas. Este método incluye el control por excepción, o sea, dentro de estas áreas o equipos se priorizan aquellas que tienen tendencia a las mayores desviaciones.

El procedimiento a seguir para la organización de este sistema de monitoreo y control consta de las siguientes etapas:

**3.3.1 Establecimiento de los objetos de control:** La selección de los objetos de control se realizará de la siguiente forma:

- Establecimiento del diagrama productivo de la empresa.
- Establecimiento de la estructura de consumo de agua de la empresa por áreas
- Selección del 20% de los equipos y áreas que provocan el 80% del consumo y las pérdidas de agua en el proceso, determinadas con anterioridad en el capítulo 2.

#### **3.3.2 Establecer indicadores de control:**

Identificación de posibles indicadores de control de la empresa y de áreas a partir del diagrama productivo: por ejemplo lectura de flujómetro (m<sup>3</sup>), índice de consumo de agua por tonelada de caña molida, horas de bombeo de agua de la fuente de abasto, energía consumida por bombeo de agua, consumo específico por áreas de trabajo, control de las extracciones continuas y

periódicas en calderas, control de sistema de condensados, porcentaje de agua de reposición de la planta de tratamiento de agua, control de los análisis del agua de calderas, modelos a llenar para controlar la Calidad de los parámetros de esta agua, además de un balance semanal del consumo de cada uno de los equipos o áreas del proceso considerados en este estudio como críticos en el consumo de este indicador, el cual servirá como dato de entrada para la elaboración posterior de una gráfica de tendencia en el transcurso de la zafra, que es el periodo donde se manifiesta la demanda de agua, etc.

### **3.3.3 Establecer herramientas de medición de indicadores de control:**

- Definir períodos de medición.
- Definir la toma de muestra y el flujo de la información.
- Establecer la toma de medición: medición directa, cálculos, estimaciones, balances, toma de muestras.
- Definir la forma de registro.

### **3.3.4 Establecer estándares:**

Para ello utilizar cuatro fuentes de información:

- Comportamiento histórico. Precisar mejores valores del comportamiento.
- Datos técnicos del equipo o sistema.
- Comparaciones con equipos o sistemas similares (“benchmarking”).
- Pruebas técnicas en condiciones controladas.

### **3.3.5 Ejecución del Proceso de Control**

El proceso de control, en su ejecución, constará de las siguientes etapas:

1. Recolección de datos
2. Determinación del resultado
3. Comparación del resultado con los estándares
4. Ejecución del diagnóstico de causas de derivaciones
5. Modificación de las variables de control o corrección de desviaciones.

El proceso de control general incluye también una etapa de mejoramiento del proceso, cuando la acción sobre las variables de control no es suficiente para corregir las constantes variaciones que en este se presentan. Esta etapa consiste en una revisión periódica de procedimientos y

evaluación técnico-económica de posibilidades de inversión que producen, sin duda, un cambio en los estándares y en los resultados del control frecuente.

También en el intervalo de la detección de las causas que provocaban las interrupciones por concepto de falta de agua se patentizó la actividad del obrero en la operación del ingenio. El ambiente organizacional es determinante en cualquier proceso de mejora, ya que está implícita la actividad del hombre y es necesario incidir sobre los cambios en hábitos, que deben ser conducidos adecuadamente, previo conocimiento del patrón cultural que rige dicho comportamiento.

Para mejorar el proceso en el que estamos trabajando, es necesaria la aplicación del ciclo de mejora PDCA (Planificar, hacer, verificar, actuar) (norma ISO 9000 – 2000).

- **Planificar** los objetivos de mejora para el mismo y la manera que se van a alcanzar.
- **Ejecutar** las actividades planificadas para la mejora del proceso.
- **Comprobar** la efectividad de las actividades de mejora.
- **Actualizar** la nueva forma de hacer ocurrir el proceso con las mejoras que hayan demostrado su efectividad.

Hammer plantea que “hacer que la gente acepte la idea de un cambio radical en su vida de trabajo, en su empleo, es una campaña educativa y de comunicaciones que acompaña a la reingeniería desde el principio hasta el fin” Es un trabajo de persuasión que comienza con la convicción de que es necesario rediseñar, y no termina hasta que los procesos rediseñados estén ya funcionando. Este trabajo de persuasión se basa en la formulación de dos mensajes claves que deben ser comunicados y expuestos al personal que trabaja en la organización. El primero de

ellos es: Aquí es donde estamos y ésta es la razón por la cual la empresa no puede quedarse donde está. El segundo es: Aquí es donde tenemos que llegar como organización.

El cambio radical produce en una organización una tensión considerable. Teniendo esto en cuenta, y dado que muchos proyectos de reingeniería, o bien fracasan del todo, o bien producen resultados menos que satisfactorios, la reingeniería de procesos no se puede clasificar como un proceso de bajo riesgo. Una metodología apropiada, por tanto, puede

proporcionar la seguridad de que semejantes infortunios no ocurran una vez que el proyecto se ha puesto en marcha.

Existen muchas técnicas administrativas (Modelación de procesos, medida de desempeño, análisis del flujo de trabajo, entre otras) que producen resultados valiosos, aun cuando no son fines en sí mismas en cuanto a reingeniería de procesos.

Manganelli expone una metodología denominada Rápida Re, que integra apropiadamente y utiliza varias de estas importantes técnicas para desarrollar y analizar información clave que permite identificar oportunidades de cambio radical en los procesos de valor agregado.

En el caso que ocupa, comienzo proponiendo una serie de pasos o medidas necesarias para que tecnológicamente la fábrica vaya adquiriendo gradualmente, los equipos necesarios para aumentar el ahorro y disminuir el consumo de cada una de las áreas del proceso donde se propone su instalación. Es necesario **planificar** ordenadamente el montaje de cada uno de ellos, teniendo en cuenta la disposición de recursos económicos y materiales de que dispone esta empresa.

También es necesaria la planificación y el control de la operación de estos equipos, por lo que la primera acción de este procedimiento, debe ser la de establecer un sistema de capacitación general de todo el recurso humano que interviene en el proceso de producción de este ingenio, incluyendo al personal técnico y al administrativo, con el objetivo de comenzar una labor de asimilación de la importancia del aprovechamiento y la operación correcta de todos los sistemas en los que interviene el recurso agua en esta fábrica.

#### **ETAPA 1.Capacitación General.**

En la siguiente tabla se observa, como nuestro primer paso en la aplicación del procedimiento, sería establecer un plan de capacitación bien concebido que incluya todo lo necesario, y que sea asimilado por todos los niveles de calificación que intervendrán en el mismo, es decir el curso debe adaptarse a los obreros, a los integrantes del departamento técnico y al personal de dirección, cada una con sus particularidades, pero en general que cumpla con el objetivo fundamental para la organización del trabajo y la operación de la empresa.

**Tabla No. 3.1** Planificación de Capacitación propuesta, sobre el aprovechamiento del agua en la Empresa Ciudad Caracas.

Capacitación General sobre Agua 2009		(OP. sistema de condensado)
:	Cantidad de Participantes: 70	
	Fecha de inicio : semanal	
	Fecha de terminación: diciembre	
<b>Temas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Instructores</b>
Conferencia # 1 1-Introducción sobre el esquema de Evaporación cocción y recolección de condensados.	Que los Alumnos sean capaces de identificar el proceso de fabricación  Lograr en ellos conocimientos sobre los equipos que aportan agua, una descripción sobre los mayores consumidores y las mayores pérdidas en los sistemas .	Edwin García.
Conferencia # 2 Clasificación y funcionamiento de evaporación cocción	Definir con los alumnos la  Clasificación de equipos y la  posibilidad de aportar aguas puras o	Edwin García.
Conferencia #3 Sistema	Establecer con los alumnos el  Orden, la frecuencia y el control	

analítico, Toma muestras, Lectura de flujómetros.	que sobre la toma de muestras y los análisis se debe tener Para garantizar la calidad de los resultados.	Edwin García.
Conferencia #4 Importancia de la recuperación de Condensados puros y agua cruda	Lograr que los alumnos comprendan y valoren los beneficios que reporta la utilización de esta agua en mayor grado	Edwin García.
Conferencia # 5 Formas de reutilizar y aprovechar Agua del proceso.	Profundizar en las combinaciones y en la disciplina de los obreros para evitar el despilfarro y las malas operaciones.	Edwin García.

La anterior tabla nos muestra como podemos tener acceso a una preparación para enfrentar el desconocimiento en la operación, aprovechamiento correcto y la reutilización de todas las aguas, tanto las de procedencia vegetal, como las procedentes de la fuente de abasto.

Esta preparación sería el primer paso en una planificación segura, para el buen desenvolvimiento de las futuras zafas en este aspecto, ya que se impartiría en una época llamada no zafa, en el que los trabajadores y administrativos están dedicados al período de reparaciones, pero siempre se determina una etapa para la elevación del nivel teórico de conocimientos de todo el personal que intervendrá en la contienda.

Es necesario también profundizar en el personal que tendrá la responsabilidad de la recogida o toma de muestra, para que la información no sufra alteraciones y los datos reflejen verdaderamente la situación real del proceso, para poder tomar las decisiones correctas en

cada caso específico, además de llevar un registro de control, con los gráficos necesarios del comportamiento y las incidencias más significativas ocurridas en el proceso de producción del azúcar vinculadas con el consumo de agua.

Por lo tanto se debe insistir en esta capacitación sobre el personal determinado para la toma de muestras y los análisis de los diferentes puntos críticos, donde sea necesario medir los indicadores.

El Monitoreo Ideal para que sea efectivo y cumpla con los requisitos precisos, debe reunir las siguientes características:

- Que sea continuo
- Que mida el 100% de los eventos
- Que entregue un resultado rápido
- Que sea fácil de ejecutar
- Que sea automatizado
- Que sea estadísticamente válido

## **ETAPA 2 Preparación. Compromiso de la Dirección.**

En todo esfuerzo para el mejoramiento de procesos se necesita del apoyo y el liderazgo de la alta dirección, de lo contrario el proyecto fracasa. Una vez vencida esta etapa se procede entonces a la creación de equipos con especialistas y obreros con experiencia que serán los encargados de identificar y caracterizar el proceso previamente seleccionado.

### **Creación de Equipos**

Cuando se forma grupos o equipos de trabajo, estos pasan por diferentes etapas, una es la de unirse como grupo con un objetivo, pero he aquí que cada persona tiene un concepto diferente de cómo debe cumplirse el objetivo, una percepción de lo que pasará y cómo pasará. Las personas, en esta etapa, tienen cierta tensión, expectación por lo que pasará y también por el desconocimiento de los otros.

En una segunda etapa se desarrolla el conocimiento, se entabla la relación, cada persona saca una conclusión de cómo son las otras, qué personalidad, carácter o actitudes tienen y qué esperar de ellas.

Después de haber hecho una preparación en todas las temáticas de la operación de los sistemas de agua de la fábrica debemos centrar nuestra atención en la creación de un equipo de trabajo sea el encargado de la supervisión y el control de la información, además de las posibles propuestas de mejoramiento al proceso.

Este equipo de trabajo será el encargado de controlar:

- Qué se va a monitorear
- Como se va a monitorear
- Con qué frecuencia se va a monitorear
- Donde se va a monitorear
- Quién va a monitorear

El equipo de trabajo para la aplicación del sistema de monitoreo y control debe estar caracterizado por:

1. Tener una meta definida.
2. Que el trabajo se distribuya en base a las habilidades personales, o bien abriendo las posibilidades del desarrollo de nuevas experiencias.
3. Cada miembro del equipo está en comunicación con los demás para asegurar resultados.
4. Existe un coordinador que enlaza los avances, comunica dificultades, muestra avances parciales a todo el equipo, el mismo sería el especialista de agua de la empresa.
5. Los logros son méritos de todo el equipo de trabajo.
6. Elevado nivel de compromiso, los miembros del equipo realizaran su mayor esfuerzo en la obtención de buenos resultados.
7. Si alguien termina una parte se busca ayudar a recolectar información o mejorarla a otros miembros del equipo, o se buscan nuevas funciones mientras el trabajo no esté terminado.
8. Las conclusiones son colectivas.
9. Todos los miembros desarrollan nuevas experiencias de aprendizaje que pueden incorporar nuevas experiencias de autoaprendizaje.
10. Existe la práctica de los valores de: honestidad, responsabilidad, liderazgo, innovación y espíritu de superación personal.
11. La auto evaluación está presente a lo largo de todo el trabajo de equipo.

## **RESPONSABILIDAD**

Entre las responsabilidades de un equipo de mejoramiento se encuentran:

- Comunicar la necesidad del Mejoramiento de los Procesos a toda la organización.
- Facilitar la documentación de apoyo necesaria.
- Identificar procesos con problemas que requieren mejoramiento.

- Nombrar responsables de los procesos.
- Realizar un seguimiento para garantizar que el mejoramiento del proceso sea una prioridad de la organización.
- Evaluar el éxito del esfuerzo de mejoramiento.

Inicialmente, los equipos deben reunirse un día fijo todas las semanas, para alcanzar con éxito el esfuerzo de mejoramiento debido a que el periodo de zafra de esta empresa dura aproximadamente entre trece y catorce semanas, además se propone que el resultado diario de muchos de estos resultados sea analizado diariamente en los consejos de dirección. A medida que este esfuerzo va ganando impulso, el número de reuniones puede reducirse a una quincenal, para revisar el estado de los proyectos en marcha y hacer nuevas asignaciones. Por lo general, esta supervisión es necesaria.

Una de las tareas claves de un equipo de mejoramiento consiste en adquirir educación sobre el **Mejoramiento**, de manera que el equipo pueda liderar el concepto del Mejoramiento de los Procesos y entrenar a sus directivos y empleados.

Después de realizada la zafra se deben convocar talleres sobre el consumo de agua donde se realice:

- ◆ Una explicación sobre el programa y los objetivos del taller.
- ◆ Una revisión de los principales pasos del Mejoramiento de los Procesos en la Industria.
- ◆ Una revisión de los demás pasos fundamentales, proporcionando sólo la información esencial (por ejemplo, metas, métodos, desafíos y la contribución y el apoyo que se esperan en cada paso).
- ◆ Una revisión más detallada sobre la manera de emplear las herramientas del Mejoramiento de este Proceso.

Durante este análisis pueden tratarse los siguientes temas:

- ◆ Los puntos críticos de la empresa en consumo de agua por equipos y áreas.
- ◆ Estudios externos de casos.
- ◆ Definición de la visión del Equipo.
- ◆ Definición de la misión del Equipo.
- ◆ Desarrollo de procedimientos para los procesos.
- ◆ Nuevas perspectivas de incorporación e introducción de equipamiento más eficiente.

Para un mejor trabajo de este equipo y del proceso que se intenta mejorar se debe utilizar un modelo de diagnóstico como una herramienta más para el control y la verificación de todas las partes del proceso agua que compone esta organización.

**Tabla No. 3.2** Modelo de guía y diagnostico aplicado al proceso agua en la Empresa Ciudad Caracas.

<b>Área: Utilización y control del Agua</b>				
	<b>Descripción</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
1	Existe el Técnico de agua?			
2	Existe el responsable del control del agua por turnos de trabajo?			
3	Se ha realizado el diagnostico del agua y residuales y aplicado medidas?			
4	Tiene el Diagrama de Flujo de Agua? Tiene confeccionado el Expediente de Agua (ver formato)			
5	Están identificadas las fuentes de Abasto de agua cruda.¿ Que situación tienen?¿ Se controlan analíticamente?			
6	Se lleva el grafico de la variabilidad de la calidad del agua de las fuentes de abasto y se opera en base a este?			
7	Existe medidor de flujo de agua cruda, cuantos?			
8	Se realizan los análisis a las fuentes de abasto con la frecuencia estipulada y se lleva su estadística para tomar determinaciones?.			
9	Existe el tanque de reserva de agua cruda?			
10	Están identificados todos los consumidores de agua cruda dentro y fuera de la industria?.			
11	Relacionar los consumidores de agua cruda			
	<b>Condensados</b>			

12	Esta centralizado el sistema de condensado?			
13	Está automatizado el sistema de condensado?.			
14	El cuarto de control de los condensados está organizado, pintado con la iluminación y aire necesarias?			
15	Los toma muestras de condensado poseen enfriamiento?.			
16	Se llevan los controles del uso de los retornos en las calderas y otros usos industriales acorde con su calidad?			
17	Se cumple la frecuencia analítica establecida para los condensados?			
18	Se realizan los análisis de azúcar cuantitativos en los condensados?			
19	Se opera en función del resultado del análisis cuantitativo?			
20	Se cumple con el índice de capacidad de $0.47 \text{ m}^3/\text{tmc}$ para el agua condensada pura de reserva para alimentar las calderas?			
21	Se cumple con el índice de capacidad de $0.11 \text{ m}^3/\text{tmc}$ para el agua condensada para usos tecnológicos?			
22	Poseen los tanques de agua y condensado indicador de nivel,¿Trabajan Poseen tanque elevado de condensado contaminado?.			
23	Se utiliza condensado de uso tecnológico para realizar la limpieza del tandem?.			
24	Se utiliza condensado de uso tecnológico para la preparación de la			

	lechada de cal?			
	<b>Planta de Tratamiento de agua</b>			
25	Existe planta de tratamiento de agua?. Capacidad nominal y efectiva de la planta?.			
26	Existe y se lleva el control del libro de incidencia de la planta?			
27	La planta posee reactor?			
28	Existen medidores de flujo,¿ dónde?			
29	Están tomadas las medidas para la recuperación de agua en la planta?			
30	¿Cuál es la concentración de la cal que se utiliza?			
31	¿Cuál es la concentración de la solución del coagulante que se utiliza?			
32	¿Cuál es la concentración de la solución de sal que se utiliza?			
33	Existen bombas dosificadores de productos químicos?			
34	Existe el modelaje de control de la operación de la planta?			
35	Posee el operador de la planta las normas de operación de los equipos?			
	<b>Laboratorio Planta tratamiento de agua</b>			
36	Existe el personal necesario?			
37	Existen las cantinas?			
38	Existe la cristalería?			
39	Existen los s reactivos necesarios?			
40	Existen los equipos de laboratorios necesarios y están verificados?			
41	Se realizan los análisis al agua de los circuitos de enfriamiento cerrados?			

42	Existe el esquema de control para los análisis y frecuencia establecida por el manual de tratamiento de agua			
43	Se mide la temperatura del rechazo e inyección del circuito cerrado?			
44	¿Qué tipo de agua se utiliza en los circuitos de enfriamiento cerrados			
45	Se dosifican productos químicos a las aguas de enfriamiento de los circuitos cerrados			
46	Existe toma muestra de vapor y agua de calderas y se realizan los análisis sistemáticamente?			
47	Se efectúan las dosificaciones de productos a las calderas conforme a los análisis realizados y se lleva su control?			
48	Se lleva control escrito de las extracciones de las calderas			
49	Se calculan las extracciones, existe el equipo para el aprovechamiento de las extracciones?			
50	Se calculan las dosificaciones de productos químicos a las calderas?			
51	Poseen las calderas líneas de extracción continua?			
	<b>Residuales</b>			
52	Se han tomado las medidas necesarias para evitar en todo momento la presencia de cachaza en los residuales?			
53	Existen las trampas de grasas, desarenadores y su cronograma de limpieza?			
54	Existen los metros de vertedero por cada zanja?			

55	Se lleva el control diario de la cantidad de residuales que se vierten?			
56	Se caracterizan los residuales en los 3 periodos establecidos?.			
57	Posee laguna de oxidación			
58	Se mantiene la limpieza en la laguna de residuales?.			
59	Se da seminario al personal que atiende toda la actividad de agua?			
60	Tiene instalado Calentador Líquido-Líquido?.			
61	Que tipo de separadores de arrastes tiene?			
62	Que tipo de condensadores tiene			
63	Existe un plan de medidas para la eliminación de salideros?			
64	Índice de agua consumida en la última zafra?			
65	Índice de residuales en la última zafra?			
66	Plan de medidas para disminuir los índices de agua y residuales?			

Siempre que se pretende iniciar proyectos nuevos, trabajos que modifiquen un poco los antiguos hábitos de los obreros y de la administración, nos encontraremos con inconvenientes por diversas razones:

#### Barreras que se oponen al éxito de la Gestión

Las personas idóneas para asumir determinada función dentro del programa, se excusan por estar sobrecargadas.

- Los jefes de áreas no ofrecen tiempo a sus subordinados para esta tarea.
- El líder del programa no tiene tiempo, no logra apoyo o tiene otras prioridades.
- La dirección no reconoce el esfuerzo del equipo de trabajo y no ofrece refuerzos positivos.
- La dirección no es paciente y juzga el trabajo solo por los resultados inmediatos.

- No se logra conformar un equipo con buen balance interdisciplinario o interdepartamental.
- Falta de comunicación con los niveles de toma de decisiones.
- La dirección ignora las recomendaciones derivadas del programa.
- El equipo de trabajo se aparta de la metodología disciplina y enfoque sistemático.

#### Errores que se cometen en la Gestión

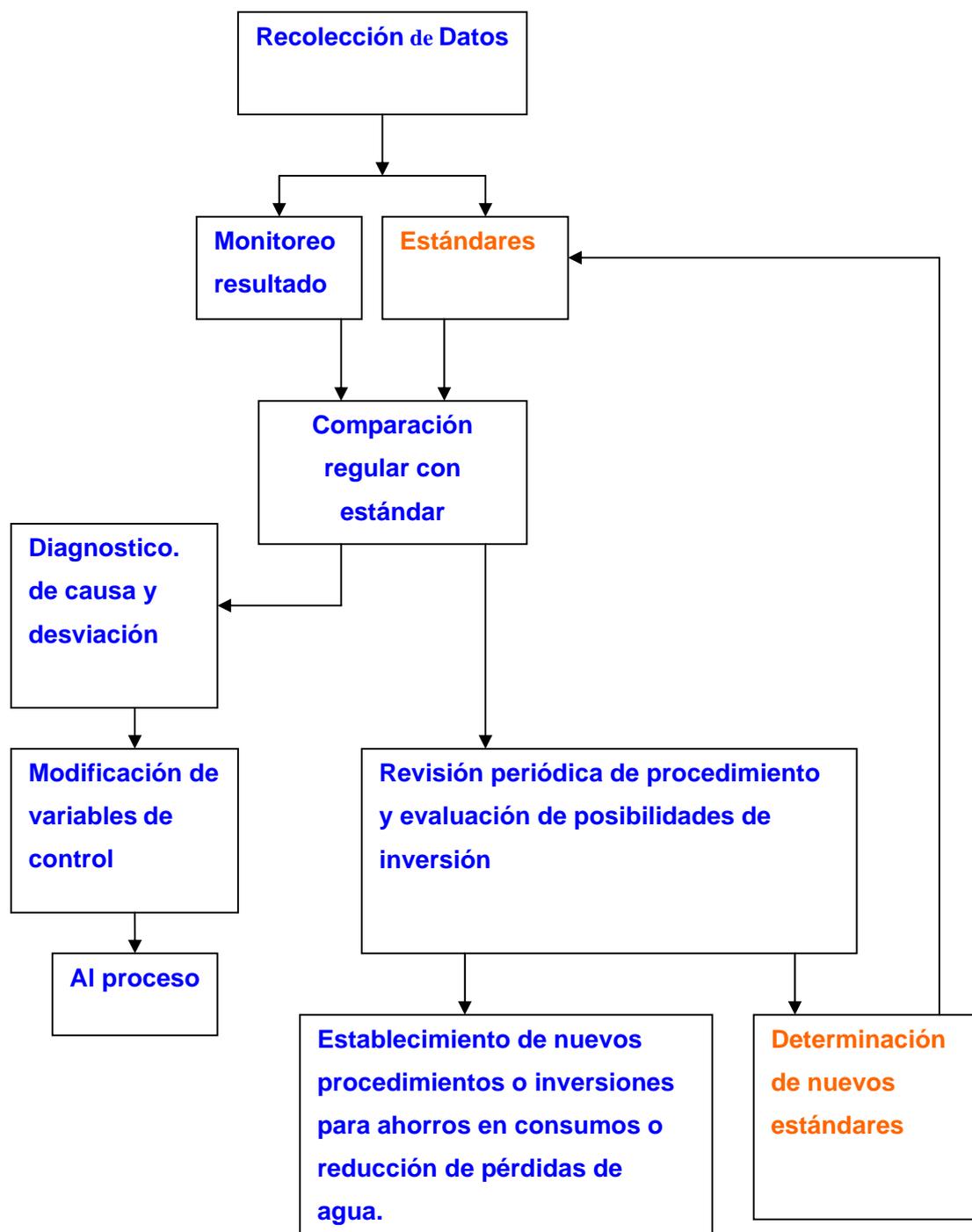
Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.

- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- No se atacan los puntos vitales.
- No se detectan y cuantifican adecuadamente los potenciales de ahorro.
- Se consideran las soluciones como definitivas.

Se conforman creencias erróneas sobre como resolver los problemas

Después de esta importante guía y de estas observaciones, podemos pasar a la propuesta de un diagrama que integre todo el sistema de recolección de datos, estudio, comparación, diagnóstico, modificación, revisión periódica y establecimiento de nuevos procedimientos o inversiones.

Esquema General Propuesto para el Sistema de Monitoreo y Control del agua en la Empresa.



Una de las herramientas que utilizará constantemente el equipo de trabajo creado para el mejoramiento de este proceso de recuperación de agua lo es sin dudas:

El análisis de Flujo de Datos (AFD)

El análisis de flujo de datos da respuesta a cuatro preguntas:

1. ¿Qué proceso integra el sistema?
2. ¿Qué datos emplea cada proceso?
3. ¿Qué datos son almacenados?
4. ¿Qué datos ingresan y abandonan el sistema?

Haciendo un análisis de este flujo de datos, procedemos a aplicar el sistema de monitoreo y control:

### **3.4 Formas de Monitoreo y Control propuesta**

#### **Proceso de bombeo de agua de la fuente de abasto hacia la Fábrica.**

Este emplea los siguientes datos:

- ◆ Tiempo de bombeo (horas).
- ◆ Roturas en la Conductora
- ◆ Roturas en sistema de bombeo.

Datos almacenados:

- ◆ Tiempo de bombeo (horas).
- ◆ Roturas en sistema de bombeo.

Personal de recogida de datos: operadores de bombas

Frecuencia: diaria.

#### **Proceso de generación de vapor**

- ◆ Lectura de flujómetro de entrada de agua a la industria.
- ◆ Recopilación de los resultados de los Análisis del agua de Calderas.
- ◆ Control de las extracciones tanto periódicas, como continuas (frecuencia).
- ◆ Lectura de producción horaria de vapor de cada Caldera (Flujómetro)
- ◆ Recopilación de resultados de los análisis del sistema de condensados, estos son muy importantes pues de estos depende la disposición de agua vegetal para los diferentes usos del proceso.

- ◆ Control del consumo de agua en la planta de tratamiento de agua.

Datos almacenados:

- ◆ Todos

Personal de recogida de datos: Químicos de planta tratamiento de agua, operadores.  
Condensado.

Frecuencia: Esta recogida de datos se efectuará cada una hora.

**Proceso de molienda de caña (molinos).**

- ◆ Cálculo diario de las pérdidas de agua en el enfriamiento de los guijos de los molinos.
- ◆ Recopilación de los datos con el laboratorio sobre la cantidad de agua de imbibición diaria.
- ◆ Controlar y reducir a cero el consumo de agua cruda en el proceso de imbibición de los molinos.
- ◆ Cálculo diario del consumo de agua en el baldeo con mangueras de los molinos y tren de engrane.
- ◆ Estimación aproximada de pérdidas en enfriadero de los molinos por reboso.

Datos de almacenamiento.

Todos.

Personal de recogida de datos: Equipo de trabajo, recogida de laboratorio

Frecuencia: diaria.

**Proceso de enfriamiento de planta eléctrica**

- ◆ Cantidad de agua diaria a reponer en el enfriadero de los turbo – generadores.

**Proceso de fabricación de azúcar**

- ◆ Cantidad de agua utilizada en filtros
- ◆ Cantidad de agua utilizada en preparación de lechada de cal.
- ◆ Cantidad de agua utilizada en la dilución de mieles.
- ◆ Cantidad de agua utilizada en lavado de centrifugas.
- ◆ Cantidad de agua perdida en el sistema de enfriamiento de las bombas de vacío.
- ◆ Cantidad de agua perdida en el sistema de enfriamiento de los cristalizadores.
- ◆ Cantidad de agua perdida en el sistema de enfriamiento general de la fábrica

◆ Control en la operación de los equipos del cuádruple efecto especialmente en los pre - evaporadores, en los que se debe mantener un nivel de jugos adecuado salpicando la primera luceta para evitar posibles arrastres en los vapores de jugo.

Datos de almacenamiento.

Todos menos el ultimo.

Personal de recogida de datos: Equipo de trabajo y recogida de laboratorio.

Frecuencia: diaria

Después de recopilados todas estos datos se debe proceder al análisis y procesamiento por parte del equipo de trabajo para el mejoramiento de procesos. Este equipo, basándose en los anteriores resultados será el encargado de emitir las decisiones necesarias para la operación y el manejo correcto de cada uno de los factores que provocan que el proceso se vaya fuera de los límites de control previstos para esta Fábrica de Azúcar.

En este momento, después de estudiadas las características del consumo y las pérdidas producidas en el día, se deben discutir diariamente en el consejo de dirección, específicamente en el análisis de eficiencia que se realiza para el control de los indicadores del proceso de fabricación del azúcar.

Además:

- Análisis del consumo de agua por turnos de trabajo, en los cambios de turno y diariamente en los consejillos de zafra, adoptándose las medidas pertinentes.
- Mantener el plan de acción para salideros.
- Aprovechar la norma potencial de molienda al máximo posible.
- Incluir de forma permanente en el sistema de estimulación salarial de la empresa, el parámetro consumo de agua o índice diario de consumo.

### **3.5 MEDIDAS TECNOLÓGICAS PROPUESTAS A INSTALAR, PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN LA EMPRESA AZÚCARERA CIUDAD CARACAS.**

Formando parte de la propuesta de este autor, para el sistema de monitoreo, control, y equipamiento necesario para la reducción del índice de consumo de agua por tonelada de caña molida, pasamos a la etapa de propuesta de las mismas. (ICINAZ, Bloque tecnológico para el ahorro de agua y energía).

Nuestra industria azucarera es ya desde hace algunos años, consumidora de grandes volúmenes de agua de fuentes externas en el proceso de fabricación del azúcar. Esta empresa, como se planteó anteriormente en este trabajo, se encuentra catalogada como consumidora de nivel medio en el país, con grandes potencialidades para reducir el índice de consumo a valores mínimos y poder encabezar la vanguardia, además de reducir costos y proteger el medio ambiente en este indicador en el sector industrial azucarero, instalando una serie de equipos que mejorarán la eficiencia en la operación del equipamiento en los puntos determinados como críticos en el consumo y las pérdidas de agua.

Para la instalación de esta relación de equipos se propone su montaje de forma gradual, de manera que la empresa pueda asumir económicamente cada uno de ellos, en un periodo de tres años.

#### **3.5.1 Los temas o medidas necesarias para los bloques tecnológicos son las siguientes:**

##### **[Condensadores de alta eficiencia.](#)**

Es posible reducir un 40% del volumen de agua necesaria para el enfriamiento de los vapores de tachos y evaporadores. Con la modificación de los condensadores MECA a 8 PM y la reposición de los que se encuentran en mal estado por condensadores peliculares es posible reducir a 5 m<sup>3</sup>/h la pérdida de agua del enfriadero y ahorrar 3200 l/h y la reducción adicional del 40% del consumo eléctrico, con 0,1 MW de electricidad cuando todos los condensadores son ahorradores.

Aplicada a través de dos principios de diseño (condensación pelicular y condensación por multicontacto), se obtiene la gama necesaria de capacidades, desde 4,5 hasta 45 Ton/hora de vapor a condensar con mínimas diferencias terminales de temperatura, utilizando la mitad del

laminado y costos que los equipos tradicionales. Sus resultados se comprueban desde sus patrones de diseño: condensador pelicular con  $\Delta t$  entre 2 y 4 0C y condensador 8 PM con  $\Delta t$  entre 4 y 5 0C. **Logra disminuir las pérdidas de agua y excedentes de energía por menores volúmenes en la manipulación de agua circulante.**

### Separador de arrastres de cama empacada húmeda.

La introducción de Pre-evaporadores en la industria azucarera cubana y mundial como necesidad de obtener esquemas de evaporación más eficientes, han provocado en algunas situaciones, arrastres de azúcar conjuntamente con el vapor, alcanzando valores tales que inutilizan el agua obtenida en la condensación de dichos vapores como agua de relleno para alimentación de calderas, reposición de circuitos cerrados, incrementando con ello el volumen de residuales.

Se elabora una ingeniería capaz de dar soluciones en cada caso, consiguiendo en el diseño de estos separadores de arrastres eficiencias de un 98.0%, válido ello para eliminar el uso de agua de fuentes externas para presiones de generación de hasta 400 psig.

Existen varios modelos de separadores que pueden solucionar todos y cada uno de los problemas de arrastres en pre-evaporadores. El agua de lavado no afecta la eficiencia de evaporación del vaso en cuestión.

Cuando un pre-evaporador opera con 25 psig de presión y su razón de evaporación es superior a 7 lb./h pie<sup>2</sup>; la evaporación ocurre en forma de neblina, las gotas suspendidas tienen peso semejante a la masa de vapor y no es posible separarlas mediante técnicas de choque o cambios de dirección. Los separadores ciclónicos son ejemplo de estos separadores. Es necesaria la implantación de separadores de cama empacada húmeda, interiores y exteriores o combinados según la magnitud del arrastre.

La cama empacada lograda con virutas de acero en camas de 200 mm de espesor está bañada con agua caliente a contracorriente con el flujo del vapor. Su eficiencia es de más de 98% y el consumo de agua es de unos 30 galones de agua de lavado como máximo, suministrada por una decena de *spray*.

### Remodelación de enfriaderos

La ingeniería aplicada correctamente en la obtención de los menores volúmenes posibles de agua para condensación como vía de disminuir las pérdidas y necesidades adicionales de agua como relleno, así como disminución de energía mecánica necesaria para el manejo de los altos volúmenes del agua circulante de condensación, hacen posible alcanzar volúmenes entre el 40 y 50 % del inicial. Los actuales enfriaderos con una baja eficiencia real, permiten después de la implementación de un adecuado esquema de evaporación e instalación de condensadores eficientes, introducir la remodelación a su vieja instalación, sin aumentos en dimensiones, e incrementar entre un 15 y 20 % su eficiencia logrando con ello completar el ciclo de la óptima utilización del agua de condensación y los beneficios que ello conlleva en materia de ahorro del agua e incremento de la cogeneración.

### Intercambiadores líquido-líquido

Este es el segundo consumidor de agua caliente de la fábrica, después de la caldera. Se utiliza el 40% del total de agua producida para el agotamiento del bagazo. Cuando no se puede controlar la temperatura del agua caliente contaminada o no que se tiene que utilizar en la imbibición, esta se envía a la zanja lo que provoca que se utilice por esto gran cantidad de agua cruda y fría. Para evitar esto se coloca un intercambiador con agua de retorno, el cual disminuye en 20 C, el agua de retorno y aumenta 20 C el jugo mezclado utilizado como enfriamiento. Un calentador *Webre* de 1300 pies<sup>2</sup> puede usarse hasta 4500 t/día de molida, con elevada eficiencia. Ahorra 13 300 litros/h por cada 1000 t/día de molida, ahorrando a la vez 1 t/h de vapor por el calentamiento del jugo mezclado con calor sensible.

Este equipo es de uso obligatorio para una fábrica que desee ahorrar agua y energía.

Permite una ganancia calórica adicional por obtener un incremento de 10 oC en el calentamiento del jugo crudo a partir de un agua que se enfriaba por contacto directo con agua de fuentes externas, cambiándose en este caso por enfriamiento de superficie a través del jugo frío y el agua condensada a 95 oC que cae hasta 75 oC, lista para ser utilizada como imbibición. Logra el doble propósito de ahorro de agua y energía, evitando el incremento del volumen de efluentes.

### Tecnología para la limpieza de tachos: "T.L.T."

De más reciente aplicación, logra disminuir entre un 4 y un 7% la generación total de vapor de un ingenio, además de reducir en esa magnitud las necesidades de relleno de agua de alimentación de calderas y disminución de tratamientos en dicha agua, como efecto de evitar la pérdida de vapor directo utilizada para la obligatoria limpieza de tachos. Su efecto incide en el ahorro de agua, insumos para tratamiento, aprovechamiento energético, estabilidad en la presión de vapor directo, adecuación en minimizar rellenos por desmineralización total, a elevadas presiones e incremento de la cogeneración.

Cada vez que se termina de cocinar una templa, esta se *bota* y es necesaria la limpieza interna del tacho para evitar que queden residuos de templeas anteriores. Este ejercicio de limpieza se realiza tacho a tacho con vapor vivo o directo (110 psig) durante unos cinco minutos en cada operación de limpieza. Con esta operación un ingenio puede gastar hasta el 7% del vapor producido en la caldera y por tanto el 7% del agua total de alimentación a la misma. En números redondos esto sería 7000 litros de agua en 5 minutos y 1,49 t/h de vapor de los 21,4 generados en la caldera con 1000 t c d. Es decir que aquí se completa el dicho de que hay doble pérdida (vapor y agua) y es de magnitud importante.

Para evitar esta situación se propone la limpieza TLT, sustituyendo el vapor directo por agua caliente contaminada. De esta manera simple esta tecnología novedosa suprime las pérdidas de vapor y agua señaladas.

Eliminar el 7% de la pérdida de vapor es equivalente a realizar un trabajo general en el ingenio en su módulo de eficiencia con costos de decenas de miles de dólares, lo que se logra con la aplicación de esta sencilla medida en todos los tachos.

Este es el trabajo más apremiante, de mejores resultados técnico-económicos y de mayor facilidad de ejecución relativa.

### Uso eficiente del agua en circuitos cerrados y uso tecnológico.

El ordenamiento y selección de la distribución de aguas contaminadas según prioridades de uso por medio del tanque elevado para casa de calderas y el adecuado manejo de aguas libres de contaminaciones para su uso en agua de alimentar calderas y rellenos de circuitos cerrados de enfriamiento, permiten obtener el uso mas racional posible del agua y del calor contenido en

ella, conllevando con una adecuada administración y disciplina la eliminación de utilización de agua de fuentes externas para estos menesteres

### Área energética. Equipo para la recuperación de agua y calor de la extracción continua (Camello).

El análisis de las pérdidas en las calderas. Estas necesitan de un control de los sólidos totales por medio de extracciones continuas en sus domos superiores. Cuando el volumen de extracción es superior al 2%, la cantidad de agua a reponer (make-up) es de hasta 4,5 t/h, poniendo en plena crisis la reposición de agua para su alimentación lo cual constituye la principal causa de la ineficiencia de la caldera (5% menos) y de la alimentación de agua de fuentes externas de 50 t/h para un ingenio como el nuestro (4025 tcd). Cuando se suman a esta deficiencia los arrastres el ingenio pasa a ser considerado crítico.

Como el agua de extracción no se mide, ni puede observarse su flujo visualmente (alta presión: 250 psig) sólo es posible su control mediante el **Camello**.

El **Camello** consiste en un tanque horizontal pequeño (2 m de largo x 1m de diámetro) que puede operar con cinco calderas de 40 t/h (unas 200 t/h como promedio) el cual *flashea* el vapor contenido como calor sensible del agua a la línea de escape o al deareador y después *flashea* a la atmósfera y mediante un vertedero se puede medir fácilmente el flujo equivalente a un 3% como máximo de la producción de vapor del ingenio. Con este procedimiento se ahorran cientos de miles de galones de agua por día de elevada calidad, un 4% de la eficiencia general y de producción de vapor de la caldera y se suprime una gran fuente de aguas residuales.

El agua procedente de la extracción continua de las calderas, normalmente desperdiciada y vertida al medio, con algunas excepciones, con un flujo que corresponde entre 2 y 15 % entre los valores extremos, es introducida a este equipo, el cual posee excelentes condiciones de diseño para conseguir buen comportamiento en la expansión y evaporación a menores presiones. Logra recuperar e incorporar al proceso 0,7 al 1,0 % del vapor total generado, como vapor y como agua de magnífica calidad, además de medir, concentrar en un solo punto el agua de todas las extracciones y propiciar la utilización del resto del agua nuevamente al proceso tecnológico en diversos usos, evitando su vertimiento al medio.

### Tanque elevado central para uso de condensado contaminado

#### Objetivo

1. Dar el mejor uso al condensado contaminado en el proceso, eliminando el uso de agua de fuentes externas.
2. Eliminar operadores innecesarios.
3. Disminuir el nivel de aguas residuales por desorden operativo y despilfarro. El sistema se convierte en una operación automática sin equipos de control.

Consiste en usar un tanque elevado de 20 metros cúbicos de capacidad, de cualquier geometría, hacia el cual se bombearán todos los condensados contaminados. Las extracciones se producen de forma escalonada, estableciendo las siguientes prioridades: dilución de mieles, preparación de cal, lavado de centrifugas y lavado de filtros.

Todo se maneja desde el lugar de operación, no existen tanques ni bombas adicionales de manera que se organiza totalmente el sistema; y el agua sobrante se va al enfriadero mediante un ladrón superior, a un tanque de reserva o a otras plantas anexas

### Sistema de Condensado

Alcanzar paulatinamente la automatización de los sistemas de condensado y el Mejoramiento en el sistema de válvulas e instrumentación.

Disminuir la utilización indiscriminada de agua en la limpieza de los pisos por derrames de azúcar.

### Tanque de reserva de condensado contaminado

Es necesario la instalación de un tanque de reserva de cómo mínimo 200 m<sup>3</sup>, para el almacenamiento y reutilización del agua industrial contaminada, de esta forma se cumple con el índice de capacidades que debe ser de 0.11 m<sup>3</sup>/ tonelada caña molida. Este tanque se utilizaría para el bombeo de este líquido hacia la columna de agua del central, sustituyendo el bombeo de fuentes externas.

Después de hacer referencia a todos estos equipos necesarios para la reducción del índice de consumo de agua en el proceso azucarero, se debe llevar a niveles de conocimiento de los directivos de la empresa para su estudio en conjunto con el consejo técnico asesor y con el

equipo de trabajo creado para el mejoramiento de procesos, para que se confirme la aprobación de forma paulatina, la instalación de cada uno de estos, los mismos se incluirían en los planes de reparaciones de cada año, los cuales no deben ser muy demorados pues las pérdidas de agua que se producen en este sector son muy elevadas y hoy en día este recurso es tan necesario como la vida misma.

Además, para la valoración de la importancia de que este sistema se introduzca en el proceso productivo, es necesario que se conozcan varios aspectos:

- La hora de interrupción de la producción tiene un costo de \$1419.00.
- La utilización del sobrante de condensados de la fábrica para el uso general propuesto en el proceso, sustituye el consumo de agua de fuentes externas y reduce los gastos de energía eléctrica, eliminando las horas de bombeo de la fuente de abasto con un sistema de bombeo y motor de 45kw/h.
- La afectación provocada anualmente al medio ambiente en la fuente de abasto por la depresión total de los volúmenes de agua de la misma se evitarían.

Para la etapa de revisión y chequeo del procedimiento anterior planteado, el equipo de trabajo para el mejoramiento de proceso debe mantener una atención especial sobre la operación de cada uno de estos equipos que la empresa determine instalar. Para lograr el buen funcionamiento de ellos es necesario que se revise diariamente su operación y sobre todo la recogida de datos para poder evaluar su funcionamiento y su eficiencia.

## **CONCLUSIONES GENERALES:**

Una vez realizado el presente trabajo, estas son las conclusiones:

1. Se logró elaborar un sistema de gestión que incluye la aplicación de monitoreo y control sobre los puntos críticos determinados en este trabajo.

2. Se evidenció a través del análisis bibliográfico que, el desarrollo de investigaciones donde se vinculen herramientas para el control y mejora de procesos industriales y estudios organizacionales, en diferentes entornos, resulta importante para reducir la brecha entre los estudios teóricos sobre algunas problemáticas y los resultados reales que se alcanzan en el ámbito empresarial; constituyendo aspectos cuya integración no cuenta por referencias en la industria azucarera cubana para mejorar los niveles actuales de estabilidad del proceso y de eficiencia industrial.

3. El amplio análisis bibliográfico realizado constituyó un material científico muy importante para llegar a cabo la investigación en el desarrollo de este trabajo.

4. Se conocen los objetivos y los lugares críticos donde se debe profundizar e invertir recursos para eliminar el consumo de agua de fuentes externas y utilizar totalmente el agua vegetal que posee la caña (70 % de su peso).

### Altos consumos:

Agua de imbibición

Agua de filtros de cachaza

Agua de preparación de cal

Agua de dilución de mieles

Agua de lavado de centrifugas

### Perdidas del proceso

Agua de enfriadero.

Agua de calderas.

Agua de enfriamiento de planta eléctrica.

Agua de enfriadero de bombas de vacío.

Agua de enfriamiento en cristalizadores.

Agua de enfriamiento molinos.

5. Dentro de este sistema de gestión se establecen los niveles de capacitación de todo el personal, cuadros, técnicos, obreros y se explica la importancia del aprovechamiento del agua como recurso natural y como portador energético.

6. Se demuestra que de lograrse el gran propósito de ahorrar agua de retorno de buena calidad y contaminada, si no se prepara su almacenaje, su uso automático y diferenciado, no se habrá cumplido el objetivo fundamental.

7. Con la aplicación total de las medidas propuestas se logrará reducir el índice de consumo de agua por tonelada de caña molida.

8. Con la aplicación de este procedimiento, la fábrica logra establecer un conjunto de medidas preventivas para los procesos de consumo diferenciado por cada área y puesto de trabajo, las cuales son cuestiones que ayudan a la organización y a trazar estrategias provisorias en el incremento del nivel de ahorro de este importante recurso natural.

9. Se demuestra la utilidad de la propuesta de un sistema de monitoreo y control, para el proceso industrial del agua en esta empresa azucarera, además de la introducción en esta fábrica de equipos eficientes y baratos en su montaje para lograr los objetivos trazados en este sistema de gestión.

10. Después de instalado el sistema propuesto, se estima que el índice de consumo de agua por tonelada de caña molida que actualmente (2009) es de 0.52 m<sup>3</sup>/ tn caña molida se reduciría a 0.10 m<sup>3</sup>/ tn caña molida.

11. Con la propuesta se eliminarán del proceso de producción de azúcar de este ingenio las interrupciones por concepto de falta de agua, teniendo en cuenta que cada hora perdida es equivalente a \$1419.00.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se debe utilizar este trabajo, como una herramienta sobre como controlar los consumos y la producción de agua en cada área de trabajo, el equipamiento necesario a instalar para lograr ahorrar la mayor cantidad de este preciado líquido en la industria azucarera y la gerencia ó administración eficiente y disciplinada de este recurso natural dentro de la fábrica.
2. Se necesita insistir en la revisión y el control del trabajo de los PRE – evaporadores, respecto a los niveles de operación y al funcionamiento correcto de las duchas de la limpieza de los separadores de arrastre para evitar las mayores contaminaciones de agua del proceso.
3. Establecer una disciplina correcta por turno, en cuanto al manejo del agua en la operación del proceso azucarero.
4. Se recomienda incluir en el sistema de estimulación salarial, el ahorro de este preciado líquido.
5. La empresa Azucarera Ciudad Caracas, debe acometer con interés los trabajos ó soluciones propuestas que faltan, para lograr reducir el índice de consumo de agua por tonelada de caña molida.
6. La parte administrativa de esta empresa debe incluir dentro de sus objetivos principales el tema agua, por ser este una afectación permanente en todas las zafras en el periodo de diciembre – enero.
7. Se recomienda la extensión de la experiencia a otras empresas azucareras que pretendan reducir su índice de consumo de agua por tonelada de caña.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Desarrollo Científico en la industria Azucarera.

ISO 9000: 2000 Sistema de Gestión de la Calidad Principios Fundamentales y vocabulario. .

1996. Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo de caña.

1995. Manual de trabajo de Reingeniería de procesos.

2000. Norma ISO 9000 - 2000.

Zotero - Guía rápida. Available at: [http://www.zotero.org/documentation/quick\\_start\\_guide](http://www.zotero.org/documentation/quick_start_guide)  
[Accedido Mayo 14, 2009].

Colectivo de Autores, CEMA, 2006. *Gestión y Economía Energética*, Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

Alfonso Raso, 200. Criterios.

División de ingeniería, Icinaz, 2003. Bloque tecnológico para el ahorro de agua y energía en los centrales azucareros.

Dr. Wilfredo Francisco Martín, Dr. José P. Monteagudo Yáñez & Dr. Eduardo López bastida,  
*Gestión y uso Racional del Agua*, . Universidad de Cienfuegos, Cuba: Editorial UNIVERSO SUR.

Dto. de Maquinaria , Generación de Vapor, 1989. *Tratamiento de agua en la Industria Azucarera*, Minaz.

Emilio Díaz, Uso Eficiente del Agua.

Estado Cubano, 1995. Contravención de las regulaciones para la protección y regulación de los recursos Hidráulicos. Decreto 199/1995.

Estado Cubano, 1993. Decreto - Ley 138/1993 Aguas Terrestres.

Fidel Castro, 1993. Señalamientos del Comandante. *Granma*.

Harbour, 1994. *Procesos*,

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, 1985. Programa Hidráulico.

James Harrington, 1993. *Mejoramiento de los procesos de la Empresa*, Colombia: Mc Graw Hill Internacional.

K Ishikawa, 1989. *¿Que es el control de la calidad? La modalidad Japonesa*, Ciencias Sociales, La Habana.

Manganelli, M.M.K., 1994. *Como Hacer Reingeniería*, Colombia: Norma.

Matías Prieto, *Gestión de la Calidad del agua*,

Michael Hammer, James Champy, 1996. *Reingeniería*, Barcelona: Norma.

Naciones Unidas, 2003. Tercer Foro Mundial del agua.

Profesoras: Dra. Ana J. Urquiaga Rodríguez, 2004. Técnicas de uso frecuente en Ingeniería Industrial.

Rafael Gómez Dorta, 2001. Procedimientos para el mejoramiento de la calidad de generación y el consumo de energía.

Roger Shroder, 2002. *Administración de Operaciones* tercera edición ., Mc Graw Hill Internacional.