



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

21170

307
-10/1/80
de... 1980

SEMINARIO INTERNACIONAL

"LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA Y EL MEDIO AMBIENTE"

RELATORIA

Ante la importancia y prioridad del tema ambiental y la necesidad de que la agroindustria azucarera y alcoholera coadyuve a los objetivos postulados para alcanzar el desarrollo sostenible, el Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA), en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), la Asociación de las Industrias de Azúcar y Alcohol del Estado de Sao Paulo, Brasil (AIAA), la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera de México (CNIAA), la Asociación de Técnicos de la Agroindustria de la Caña de Azúcar de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC) y el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ) organizaron el *Seminario Internacional "LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA Y EL MEDIO AMBIENTE"*.

El objetivo central del evento fue propiciar el intercambio y la actualización de conocimientos y experiencias mundiales y regionales sobre tópicos ambientales relacionados con el Sector Agroindustrial Azucarero, en los aspectos legales, financieros, sociales, técnicos y educativos

Dentro del Seminario tuvo una participación especial el Proyecto auspiciado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) "Demostración de Tecnologías más Limpias", mediante la presentación de los resultados alcanzados en los tres ingenios azucareros mexicanos donde se lleva a cabo el mismo y la presentación del Centro de Producción de Tecnologías más Limpias con sede en México.

El Seminario se desarrolló en cuatro días de actividades: en el primero, tuvo efecto el acto de inauguración iniciándose el programa con las palabras de Bienvenida a los asistentes, por parte del Ing. Luiz Custodio Cotta Martins, Secretario Ejecutivo de GEPLACEA.

Asimismo, el Excelentísimo Embajador de Alemania, el Sr. Horst Palemberg dio un mensaje sobre la asistencia técnica de su país hacia GEPLACEA.

El Ing. Gregorio Pruzán, Director de ONUDI en México, dirigió un mensaje a los participantes al Seminario sobre la producción de tecnologías limpias y el desarrollo sustentable.

La inauguración del evento, estuvo a cargo del Ing. Gabriel Cuadri de la Torre, Director del Instituto Nacional de Ecología, en representación de la M.C. Julia Carabias, Secretaria de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

En el Programa Técnico desarrollado durante los cuatro días del evento, se abordaron los aspectos relacionados con la legislación y normatividad ambientales, el financiamiento de proyectos, experiencias y desarrollos existentes en países azucareros, entre otros temas. Para ello se contó con la participación, como expositores con destacados especialistas de Alemania, Austria, Brasil, Colombia, Cuba, Francia, E.U. (Hawái), Holanda, México, Nicaragua y Uruguay, así como de representantes de Organismos e Instituciones Internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUFI), el Instituto Nacional de Ecología de México (INE), la Sociedad Alemana de Inversiones (DEG), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial y el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT).

El Seminario contó con una asistencia total de 116 participantes, representantes de la región y provenientes de los siguientes países: Belice, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, El Salvador, Ecuador, Guatemala, Honduras, India, Italia, México y Venezuela.

Paralelamente se contó con una Exposición Comercial donde empresas e Instituciones relacionadas con el medio ambiente y la agroindustria azucarera, tuvieron la oportunidad de promover y ofertar productos y servicios.

Finalmente, el último día se realizó una visita técnica a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y de Composteo US Filter, ubicadas en Cuernavaca, Morelos; así como una visita turística a la zona lacustre de rescate ecológico de Xochimilco, México.

**International Seminar "The Sugar Agroindustry and the Environment"
(Incomes and Expenditures Summary)**

INCOMES [US Dollars]

Code	Item	Partial	Total
1	Inscription Fee	24,600	
2	Exposition	7,855	
3	UNIDO Contribution	10,000	
TOTAL		42,455	42,455

EXPENDITURES [US DOLLARS]

Code	Item	Partial	Total
1	Brochures and Programs	831	(°)
2	Personnel	4,459	
3	Simultaneous translation	1,895	
4	Exhibition	2,130	
5	Participants expenses	9,124	(°)
6	Conference facilities	3,783	
7	Meals	19,264	
8	Work material	1,329	
9	Promotion (Telephone, Fax)	727	
10	Miscelaneous		
TOTAL		43,543	43,543

BALANCE		-1,088
----------------	--	---------------

(°) Application of UNIDO contribution

International Seminar "The Sugar Agroindustry and the Environment"
(Incomes and Expenditures Summary)

PARTICIPANTS EXPENSES DETAIL

Code	Item	Partial	Total
1	Lodging	4,230	
2	Breakfast	334	
3	Lunches	1,418	
4	Daily Subsistance Allowance	720	
5	Travel expenses	2,421	
TOTAL		9,124	9,124

**INTERNATIONAL SEMINAR
" THE SUGAR AGROINDUSTRY AND THE ENVIRONMENT "**

PARTICIPANTS LIST			
#	Name	Organization	Country
1	Roberto Mesias Franco	UNEP	México
2	Arsenio Rodriguez	UNEP	México
3	Marianela Cordovés	GEPLACEA	México
4	Laura Telli	AIAA BRASIL, Consultant	Brasil
5	Eduardo Vega Lopez	INE	México
6	Hendrik Lühl	DEG, Germany	Germany
7	Hans Gatz	BID	México
8	José Rente Nascimento	BID	México
9	Joost Draaisma	World Bank	Holand
10	Mario Alonso	IFC	Mexico
11	Stephanie Whalen	Hawaiian Sugar Planters'Ass	USA
12	Marta Echavarría	ASOCAÑA	Colombia
13	Sven Buhrmann	IPRO Industrieprojekt GmbH	Germany
14	Natascha Bourzutschky	WABAG, Gruppe Balke-Dürr AG	Germany
15	Esperanza Valdés	ICIDCA	Cuba
16	Liliana Borzacconi	Facultad de Ingeniería	Uruguay
17	Rafael Suarez Rivacoba	MINAZ	Cuba
18	Electo Silva Lora	Universidade Estadual de Campinas	Brasil
19	Mario Vaughan	Min. Ambiente y Rec. Naturales	Nicaragua
20	Luis Correa Carvalho	AIAA BRASIL, Gerente	Brasil
21	Murgel Branco	AIAA BRASIL, Consultant	Brasil
22	Plinio Nastari	DATAGRO	Brasil
23	Jesus Romero Chavez	IMIT, AC	Mexico
24	Sergio Miranda Da Cruz	ONUDI	Viena
25	Carmen Durán de Bazúa	UNAM	Mexico
26	Francisco Lopez Fierro	Ing. San Francisco AMECA	Mexico
27	Manuel Enriquez Poy	Ing. Central Motzorongo	Mexico
28	Antonio Sarmiento	Ing. Central Motzorongo	Mexico
29	Alvaro Zamudio	Ing. El Poltero	Mexico
30	Martin Flores	Ing. El Poltero	Mexico

SEMINARIO INTERNACIONAL

"LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA Y EL MEDIO AMBIENTE"

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del Seminario, se puso en evidencia la necesidad y urgencia de enfrentar la protección del medio ambiente, cuyo deterioro constituye sin duda uno de los problemas más agudos que hoy enfrenta la humanidad.

Otro aspecto que se puede corroborar, fue que a pesar del carácter global del problema, éste se manifiesta con diferente intensidad y de modo distinto en correspondencia con las regiones y el tipo de producción.

Fue posible así mismo constatar que si bien, con diferentes grados de exigencia y rigor, en los distintos países, existen, casi sin excepción, acciones dirigidas al enfrentamiento de esta dificultad expresada en legislaciones, regulaciones, decretos, leyes, etc.

Tal diversidad se hizo manifiesta así mismo en los niveles de solución presentados.

La agroindustria de la caña de azúcar resulta sin duda una actividad productiva, que a diferencia de la mayor parte de las producciones industriales y lejos de constituir un factor de agresión al ambiente, puede resultar a corto plazo, un elemento capaz de aportar soluciones a este grave problema.

En tal propósito, el aprovechamiento efectivo y apropiado de sus residuos y sub-productos, constituyen un factor obligado para que tal ventaja se haga disponible.

Las reflexiones y deliberaciones fueron coincidentes en que cualquier acción demanda en estos momentos recursos económicos financieros, que necesariamente deben ser suministrados en condiciones tales que no constituyan cargas económicas que agraven aún más las depauperadas economías de los países productores de caña.

Resultaron útiles y estimulantes para los países de la región las experiencias y resultados que en este campo mostraron los participantes de los países desarrollados.

De igual modo, los asistentes al Seminario tuvieron la oportunidad de conocer los puntos de vista, criterios, programas y política de las agencias y organizaciones internacionales participantes.

A lo largo del desarrollo del Seminario se confirmó el papel protagónico que el *Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA)* debe desempeñar en el enfrentamiento a este reto en los umbrales del tercer milenio, habida cuenta de su capacidad de convocatoria por constituir marco idóneo a los esfuerzos integracionistas de los países de la región.

Tal capacidad se reafirmó al evidenciarse en las deliberaciones del Seminario de que la región dispone de una fuerza científica y técnica, capaz y calificada, así como de un potencial humano y material apreciable para la creación y desarrollo de tecnologías y para la producción de maquinaria y equipo; reconociéndose la necesidad de que tal potencial se exprese plenamente y se fortalezca permanentemente mediante la unidad de esfuerzos de todas las personas que la integran en las diversas fuentes de trabajo.

De aquí que tales consideraciones conduzcan a recomendar a *GEPLACEA*:

- Transmitir a los gobiernos de los países miembros las consideraciones anteriores.
- Establecer relaciones y vínculos de colaboración con organismos regionales e internacionales relacionados con la energía, el medio ambiente, etc., que conduzcan a la plena identificación de objetivos y propósitos. De manera especial resulta imprescindible que *GEPLACEA* promueva a través de la ONUDI, actividades similares en países de la región que se traduzcan en programas y proyectos de inversión.

- Realizar un programa de acción que considere una estrategia a corto y mediano plazo, dando continuidad a los esfuerzos iniciados por GEPLACEA en los últimos años, para enfrentar de forma coherente, sistemática y en correspondencia con las características de la región, la participación de la agroindustria azucarera en la preservación del medio ambiente, como obligación ineludible incluida en la herencia a las próximas generaciones.
- Dar a conocer los resultados de este Seminario, sus recomendaciones y conclusiones a las organizaciones y organismos internacionales que competa, recabando de ellos su imprescindible participación en estos empeños.
- Incluir este tópico en la próxima Asamblea General de *GEPLACEA*.

PROGRAMA

Mi. Marzo 15, 1995

- 8 15-8 30 Moderadora / Marianela Cordovés, GEPLACEA
- PRESENTACION DE LOS CONFERENCISTAS
- 8 30-9 15 Primera conferencia: Centro de producciones limpias
Jesús Romero-Chavez, IMT
- 9 15-10 00 Presentación del proyecto Tecnologías más limpias en la
agroindustria de la caña de azúcar (Proyecto ONUDI
USINT/91/217/15-01-2)
Sergio M. Miranda da Cruz, ONUDI/UNIDO
- 10 00-10 30 Receso para café
- 10 30-12 45 Segunda conferencia: Tecnologías más limpias, un acercamiento al
mejoramiento de la productividad y a la protección del ambiente
para ingenios azucareros mexicanos
María del Carmen Durán de Pazia, UNAM/ONUDI
- 12 45-14 15 Receso para comida
- 14 15-13 00 Presentación de resultados del proyecto ONUDI
(Moderadora / Carmen Durán, UNAM/ONUDI)
- 14 15-15 15 TEMA: INGENIO SAN FRANCISCO AMECA
Alfonso Gunter González
Francisco López Fierros
- 15 15-16 15 TEMA: INGENIO CENTRAL MOTZORONGO
Manuel Enriquez Poy
Antonio Sarmiento
- 16 15-16 45 Receso para café
- 16 45-17 45 TEMA: INGENIO EL POTRERO
Álvaro Zamudio Tiburcio
Martín Flores

Problema tipo: Ingenio San Francisco Ameca

ING. ALFONSO GUNTER GONZÁLEZ
Grupo Beta San Miguel
ING. FRANCISCO LÓPEZ FIERROS
Ingenio San Francisco Ameca

Ruben Dario 69, Col. Chapultepec Morales 11570 Mexico DF Tel y Fax 531-5431
San Francisco Ameca, domicilio conocido, 46600 Ameca, Jalisco, Mexico Tel y Fax 375-8-0170, Fax 8-0960

RESUMEN

El ingenio San Francisco Ameca se localiza en la población de Ameca, Jalisco, México. Tiene una capacidad para procesar 4,800 toneladas de caña de azúcar, produciendo aproximadamente 500 toneladas de azúcar estándar cada 24 horas. Durante el primer año del proyecto ONUDI (1993-1994), se hizo una evaluación global de la problemática de este ingenio realizando estimaciones sobre consumos de agua y contaminantes presentes, generación de residuos sólidos, contaminación atmosférica y otros problemas que reducen su calidad total y hacen que contamine el ambiente. En esta segunda fase del proyecto (1995-1996), se corroboraron las estimaciones hechas sobre el rubro de consumo de agua y el grado de contaminación de las corrientes de salida del ingenio. Las soluciones técnicas que resultaron económicamente viables para el ingenio y que permitieron una operación más limpia y eficiente, realizadas en la reparación 1994, como la segregación y enfriamiento de las aguas de condensadores en una alberca de enfriamiento, la recirculación de las aguas de limpieza de humos de chimeneas, el enfriamiento de las aguas de los equipos de bateo y mollienda en un sistema diseñado y contruido por el ingenio, la separación de grasas y aceites en sistemas *ad hoc*, la construcción de diques contenedores para los equipos que pueden tener fugas de fluidos conteniendo soluciones de azúcar o con grasas y aceites evitando que lleguen a los drenajes y aumenten su carga orgánica y nivel de contaminación, la construcción de pisos higiénicos en todas las áreas (ya que esta es una industria alimentaria, la implantación de módulos multiusos (con instalaciones higiénicas) y la disposición de las aguas de tipo sanitario en sistemas de depuración controlada son también presentadas.

PRESENTACIÓN

1.- CARACTERIZACIÓN DE DRENAJES EN EL INGENIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El ingenio Fomento Azucarero del Centro, al que todo mundo conoce como San Francisco Ameca porque se encuentra ubicado la antigua hacienda San Francisco, que era un pequeño trapiche productor de piloncillo desde el siglo pasado, se encuentra ubicado a la orilla del río Ameca en el corazón de la población del mismo nombre en Jalisco. Hasta 1953, este trapiche se convirtió en ingenio produciendo en su primera zafra 6,847 toneladas de azúcar. Creció como todas las empresas de esa época a las márgenes de un río (Figs. 1a b) y

ampliando sus residuos en forma líquida al propio río. En su crecimiento posterior se amplió bajo esquemas, sobre todo, de sustitución y modernización de equipo de molinero y de elaboración de azúcar. Para 1945 ya producía 6.847 toneladas de azúcar, llegando a ser uno de los principales productores de azúcar y alcohol etílico en el estado de Jalisco. En la actualidad, fue adquirido por el Grupo "Beta San Miguel" logrando una producción récord de 77,500 toneladas de azúcar en el año de 1993.

La economía del ingenio estaba basada sobre una meta, que era la de elevar la producción de azúcar. De la separación y caracterización de los drenajes no se planeó nada, hasta principios de los años 80's, cuando entró una disposición de la SEDUE hacia los ingenios y se acordó con sus representantes en el estado de Jalisco iniciar una serie de obras destinadas al control y mejoramiento de la contaminación ambiental, haciendo un compromiso respaldado por una fianza económica para asegurar la realización de dichas obras. En el caso del ingenio estas se realizaron como sigue:

- Manejo de la cachaza en forma sólida
- Fabricación y montaje de puertos de muestreo para las chimeneas
- Rehabilitación de tres fosas para decantar las aguas de lavado de los gases de las chimeneas

En noviembre de 1992, se da a conocer e inicia el proyecto de la ONUDI y GEPLACEA (US INT 91/217/(S-01-2) intitolado "Demostración de la aplicación de tecnologías más limpias para la agroindustria de la caña de azúcar". Haciendo un proyecto de ejecución de obras comenzando con la clasificación de drenajes y canales, quedaron solamente dos recolectores principales denominados "aguas de proceso" y "aguas de molinos y batey". El primero recoge las aguas de los departamentos de calderas, planta de fuerza, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación, secado y envase y lavado de pisos de áreas no confinadas. El segundo recoge las aguas de la zona de molinos y batey. A continuación se desglosa la información sobre ellos.

1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS DRENAJES DEL INGENIO

El ingenio originalmente se trazó una meta de efectuar la separación de los efluentes contaminados del colector principal para ir eliminando las descargas contaminadas poco a poco (llevando a cabo una caracterización de los drenajes).

Los resultados de este esfuerzo, con una separación parcial de efluentes, se da a continuación:

a) AGUAS DE PROCESO, MOLINOS Y BATEY Y DE SUMINISTRO

En la tabla 1-1 se presentan los datos sobre el agua de suministro al ingenio, así como de las dos corrientes recolectadas durante el procesamiento de la caña de azúcar.

Se tiene proyectado que, en un plazo no mayor de 24 meses, se de tratamiento a esta descarga de aguas de proceso y de molinos y batey, para reuso en la propia planta o para enviarla a cuerpos receptores con las características aceptables por la Comisión Nacional del Agua de México.

Tabla 1-1. Características de las aguas de suministro y las de proceso y molinos y batey

Característica	Agua de suministro	Aguas de proceso	Aguas de molinos y batey	Agua general de salida
Flujo volumétrico, L/s	65.00	30.0	15.00	60.00
pH, unidades de pH	7.41	4.42	5.95	5.57
Temperatura, °C	17.3	37.3	28.0	25.9
Sólidos sedimentables, mL/L	0.3	40.0	1.7	4.6
Sólidos suspendidos totales, mg/L	30.0	517	83	40.0
Conductividad eléctrica, µmho/cm	559	4,350	684	853
Grasas y aceites, mg/L	35.0	91.5	48.5	36.5
Coliformes totales, NMP/100 mL (E*-C)	24.0	0.024	46.0	15.0
Materia flotante, g/L	0	0	0	0
Demanda química de oxígeno, mg DQO/L	155	70,000	2,700	5,950
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, mg DBO ₅ /L	101	4,550	1,755	3,868
Arsénico, mg/L	0.1	Negativo	Negativo	0.1
Plomo, mg/L	0.5	Negativo	Negativo	0.4
Cobre, mg/L	0.03	Negativo	Negativo	0.28

b) CONFINAMIENTO DE FUENTES DE FUGAS EN CADA EQUIPO

Este renglón se considera fundamental como una estrategia de operación de la planta, ya que permite controlar las fugas de materiales sólidos y líquidos del proceso. Consiste esencialmente en clasificar las áreas en donde se localizan los distintos equipos y tanqueras. Las áreas clasificadas como importantes para ser confinadas son:

- Las que retienen los materiales azucarados (derrames, estoperos, manobras, etc)
- Las que retienen las grasas y aceites (lubricantes agregados a reductores y transmisiones, etc)
- Los que evitan que los motores se dañen por presencia de líquidos oxidantes o corrosivos.

Para esta obra, realizada en los periodos de reparación de 1993 y 1994, se recuperaron 700 metros cuadrados de pisos de concreto reforzado con malla electrosoldada. Con un espesor de 10 cm, localizado en el nivel cero, se encuentra cubriendo la totalidad del área de

elaboración, excepto el área de calderas y molinos. Las áreas confinadas se circularon con un pretíl de concreto armado de 15 cm de ancho y 25 cm de altura. Ninguna de estas áreas confinadas se encuentra conectada a alguno de los drenajes. Los terminados de los pisos se hicieron con pintura epóxica de color blanco y rojo óxido (terracota) y los linderos confinados de color amarillo "tránsito".

Es necesario considerar como filosofía de trabajo para obreros, técnicos y profesionistas la limpieza empleando escobas y, en todo caso, estopos trapeadores, eliminando totalmente el uso de mangueras con agua y menos a presión.

c) RELOCALIZACIÓN DE SERVICIOS SANITARIOS CON NUEVA CANALIZACIÓN DE AGUAS NEGRAS

Este proyecto se inició con el proyecto de la ONUDI/GEPLACEA, partiendo de la problemática que se presenta al no cumplir con las condiciones particulares de descarga impuestas por la SEDUE en el renglón de coliformes totales. Para tal efecto, en el periodo de reparación de 1994, se demolieron los sanitarios que descargaban directamente a los canales y otros se desviaron a la red municipal. Los de la planta se encuentran actualmente en fase de reubicación con el proyecto de construcción de módulos integrados de servicios, que agrupan cada uno, mingitorios, inodoro (WC), lavabo, bebedero de agua potable, mesa de trabajo, pizarra, casilleros (lockers) para los obreros y otros. Las aguas negras se independizarán a un sistema biológico de depuración y las grises y de servicios descargarán al canal principal (Fig. 2).

d) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA DE PROCESO EN CIRCUITOS CERRADOS

Debido principalmente al costo del agua de suministro se implantó un proyecto de aprovechamiento y reuso del agua, partiendo del problema más agudo, que es el uso de agua de enfriamiento en los condensadores barométricos. Este sistema se presenta en la Fig. 3 y consiste esencialmente en un estanque de enfriamiento y las redes de tuberías de recirculación y fue construido durante el periodo de reparación de 1994. La caracterización de estas aguas se presenta en la tabla 1-2.

Puede observarse de esta tabla que la cantidad de contaminantes que, por la relación DBO₅/DQO, se encuentran en estas aguas son materiales altamente biodegradables (gotas de miel arrastradas de los domos de los evaporadores o cristalizadores por el agua evaporada de la miel). Este es un problema mecánico de operación de los domos de los diferentes efectos de los evaporadores y de los cristalizadores, por lo que debe ser cuidadosamente discutido con el personal obrero, técnico y profesionista del área. Especialmente, porque este material disuelto, al ponerse en contacto con aire en el estanque de enfriamiento, promueve su metabolización por bacterias anaerobias como si el estanque fuera un gran reactor de lodos activados. Esta biomasa microbiana, a menos que sea separada justo a la salida del estanque, tenderá a taponar las toberas y crearán eventualmente problemas en los sistemas de rebombeo. En caso de que no sea posible controlar los arrastres de miel deberá plantearse una solución de este estilo.

Tabla 1-2 Aguas de condensadores barométricos en circuito cerrado

Característica	Agua de condensador
Flujo volumétrico, L/s	700.00
pH, unidades de pH	7.55
Temperatura, °C	32.6
Sólidos sedimentables, mL/L	menos de 0.1
Sólidos suspendidos totales, mg/L	74.0
Conductividad eléctrica, µmho/cm	785
Grasas y aceites, mg/L	40.0
Coliformes totales, NMP/100 mL (E*-6)	2.4
Materia flotante, g/L	0
Demanda química de oxígeno, mg DQO/L	1,780
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, mg DBO ₅ /L	1,157
Arsénico, mg/L	Negativo
Plomo, mg/L	Negativo
Cobre, mg/L	Negativo

e) INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE DESNATADORES MECÁNICOS PARA GRASAS Y ACEITES

Se construyó un sistema, durante el periodo de reparación de 1994, de separación de grasas y aceites de tres pasos (Figs. 4a,b,c,d). También se instaló un recolector continuo para la extracción de las natas líquidas y pastosas con una capacidad de 10 barriles por día, con una felpa de 8 m de largo y 0.1 m de diámetro. Esta planta separa estos residuos grasosos del agua que circula por el canal que recoge el agua del área de molinos. La tabla 1-3 presenta la caracterización de estas aguas.

f) RECICLADO DE LAS AGUAS DE LAVADO DE LOS GASES DE CHIMENEAS

Para este proyecto se construyeron tres fosas para decantar el agua que proviene del lavado de los gases de las chimeneas. Contiene como sólidos en suspensión las cenizas y tizne y disueltos los óxidos (ya en forma de ácidos diluidos) de nitrógeno y azufre (si se usa como combustible complementario al bagazo de caña combustóleo que contiene como impureza azufre). Los primeros se han estado separando en las fosas en zafras anteriores y han sido retirados manualmente, mediante trascabos, siendo enviadas las cenizas, arenas, etc. a sitios de disposición controlada, donde se envían otros residuos sólidos de la planta y el agua se enviaba al canal de riego de los cañaverales.

Para reaprovechar esta corriente de agua, en este periodo de reparación de 1994, se instaló una red de tuberías y accesorios para el reciclado de estas aguas clarificadas a las

chimeneas en un circuito cerrado. Se retiran 900 metros cúbicos de cenizas y arenas y tierra en base húmeda (al 80%), cada 10 días aproximadamente de las fosas de decantación y el agua se regresa a las chimeneas nuevamente (Fig. 5). La composición de estas aguas está especificada en la tabla 1-4.

Tabla 1-3. Aguas del canal de recolección del área de molinos

Característica	Aguas grasosas
Flujo volumétrico, L/s	15.00
pH, unidades de pH	5.95
Temperatura, °C	28.0
Sólidos sedimentables, mL/L	1.7
Sólidos suspendidos totales, mg/L	83.0
Conductividad eléctrica, umho/cm	684
Grasas y aceites, mg/L	48.5
Coliformes totales, NMP/100 mL (E ⁻⁶)	46
Materia flotante, g/L	0
Demanda química de oxígeno, mg DQO/L	2.700
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, mg DBO ₅ /L	1.755
Arsénico, mg/L	Negativo
Plomo, mg/L	Negativo
Cobre, mg/L	Negativo

Tabla 1-4. Aguas de las fosas de decantación y retorno a chimeneas

Característica	Aguas de chimeneas (entrada a fosas)	Aguas de chimeneas (salida de fosas)
Flujo volumétrico, L/s	30.00	30.00
pH, unidades de pH	5.95	6.08
Temperatura, °C	55.5	53.5
Sólidos sedimentables, mL/L	40.0	0.6
Sólidos suspendidos totales, mg/L	2.004	168
Conductividad eléctrica, umho/cm	7.110	6.769
Grasas y aceites, mg/L	25.0	25.0
Coliformes totales, NMP/100 mL (E ⁻³)	4.6	7.5
Materia flotante, g/L	0	0

Es evidente que se tienen iones disueltos en cantidades muy importantes (medidos como conductividad eléctrica), lo que eventualmente puede causar problemas de incrustación en las tuberías y accesorios. Esto implicará la necesidad de purgar (como en las torres y estanques de enfriamiento de agua y en las calderas) y tratar estas purgas para evitar que estos iones afecten el cuerpo receptor donde sean arrojados. Dentro de las opciones de tratamiento deben contemplarse estos efluentes líquidos concentrados.

g) CACHAZA

Para remover este efluente contaminante, desde hace varias reparaciones (incluso antes del proyecto ONUDI/GEPLACEA, el ingenio instaló filtros al vacío de tipo Dorr-Oliver, que eliminan por un lado el material sólido húmedo y el líquido lo recirculan al tanque de jugo pesado.

La cachaza, que es el nombre que se da a la torta de los filtros, es llevada por medio de un transportador de banda de hule, de los filtros hacia tolvas de recepción de cachaza. Estas tolvas se usan para almacenar temporalmente la cachaza, en caso de que faltara transporte para enviarla a los campos cañeros, evitando posibles derrames al piso.

Esta cachaza es llevada hacia los cañaverales para usarse como un mejorador de suelos, como una fuente de enriquecimiento del suelo, empleándose con bastante éxito en la zona de abastecimiento del ingenio.

2. RECUPERACIÓN DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DEL ENFRIAMIENTO DE LOS ACEITES DE TURBINAS Y TURBOGENERADORES

El agua se recolecta en un tanque o aljibe. Se envía a cada sistema de recirculación de agua de enfriamiento de bombas de vacío, turbinas y turbogenerador y, posteriormente, hacia el sistema de enfriamiento colocado en la propia área de batey y molinos, construido en el periodo de reparación de 1994. El sistema dual (Fig. 6) retorna el agua enfriada al aljibe. Existe una tubería para adicionar el agua de relleno necesaria para completar las pérdidas por evaporación (agua proveniente de la toma de agua del río Amecca, que por su nivel de contaminación, requiere de un filtro de arena y de disponerse de los efluentes de retrolavado del filtro).

Este proyecto está ya en operación y su función, básicamente, es la de recircular el agua de enfriamiento y evitar el derrame de agua limpia al drenaje, con el consecuente ahorro de agua.

3. SISTEMA PARA NEUTRALIZACIÓN DE LAVADOS ÁCIDOS Y ALCALINOS

Para evitar la contaminación al drenaje de las aguas de los lavados ácidos y alcalinos de los sistemas de evaporadores y precalentadores con que cuenta el ingenio, se instaló un tanque de recolección de aguas de los lavados provenientes de cada vaso evaporador y de los

intercambiadores de calor. El tanque es circular y está abierto a la atmósfera y, dadas las condiciones climatológicas imperantes, se lleva a cabo una autoevaporación del agua relativamente continua. Al final de la zafra, los sólidos remanentes (sales de sodio contaminadas con fenoles y otros compuestos orgánicos provenientes de la polimerización de la sacarosa y de la deposición del calcio en las superficies de enfriamiento) son retirados con un traseco y enviadas al sitio de confinamiento controlado de residuos sólidos. Este sistema también fue construido antes del inicio del proyecto ONUD/GEPLACA.

FRANCISCO LÓPEZ FIERROS

Calle Rubén Juárez Núm. 170, Col. Arboledas
Tel. 91-375-8-49-58 (casa)
Tel. 91-375-8-0170 y 8-0571 (ingenio)

Nació en San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, el 28 de enero de 1949. Obtuvo su título de químico alcoholero y azucarero de la Universidad de Guadalajara en 1971. De 1972 a 1978 trabajó en el ingenio Central Motzorongo, S.A., como químico de turno, químico de "especiales", auxiliar de la superintendencia de elaboración y maquinaria y sub-jefe del laboratorio químico. De 1979 a 1981, laboró en el ingenio Calipam, S.A. de C.V., como jefe de laboratorio químico y fábrica de alcohol. De 1982 a 1983, colaboró en el ingenio Constancia, S.A., como jefe de laboratorio químico y fábrica de alcohol. De 1984 a 1989 pasó al ingenio Fomento Azucarero del Centro, S.A. de C.V. (San Francisco Ameca), como jefe de laboratorio químico. De 1990 a 1991 estuvo en el ingenio San Sebastián, S.A. de C.V., como superintendente de control e investigación. Actualmente desde 1992 a la fecha está nuevamente en el ingenio Fomento Azucarero del Centro, S.A. de C.V. (San Francisco Ameca), como superintendente químico y responsable del mejoramiento ambiental.

Problema tipo: Ingenio Central Motzorongo

ING. MANUEL ENRÍQUEZ POY
Director general del Ingenio Central Motzorongo

ING. ANTONIO SARMIENTO RÍOS
Jefe del Laboratorio Químico del Ingenio Central Motzorongo

Ruben Daro 69, Col. Chapultepec Miraflores 11570 México D.F. Tel. y Fax: 531-2431
San Francisco Ameca, domicilio conocido, 46600 Ameca, Jalisco, México. Tel. 91-375-8-0170, Fax: 8-0900

RESUMEN

El ingenio Central Motzorongo se localiza en la población de Motzorongo, Veracruz, México. Tiene una capacidad para procesar 7,500 toneladas de caña de azúcar cada 24 horas, produciendo aproximadamente 750 toneladas de azúcar estándar cada 24 horas. Durante el primer año del proyecto ONUDI (1992-1993), se hizo una evaluación global de la problemática de este ingenio realizando estimaciones sobre consumos de agua y contaminantes presentes, generación de residuos sólidos, contaminación atmosférica y otros problemas que reducen su calidad total y hacen que contamine el ambiente. En esta segunda fase del proyecto (1994-1995), se corroboraron las estimaciones hechas sobre el rubro de consumo de agua y el grado de contaminación de las corrientes de salida del ingenio. Las soluciones técnicas que resultaron económicamente viables para el ingenio y que permitieron una operación más limpia y eficiente, realizadas en la reparación 1994, como la reducción del consumo de agua de enfriamiento en evaporadores y cristalizadores (tachos) por el cambio de condensadores barométricos tipo multi-jet-spray a intercambiadores en contra-corriente para condensación de vapores y por el aumento de eficiencia en la alberca de enfriamiento por sustitución de "rosetas" (toberas), el envío de la cachaza a los campos cañeros en cooperación con los agricultores, el desarrollo de un sistema de enfriamiento de las aguas de los equipos de batey y molienda diseñado y contruido por el ingenio, la separación de grasas y aceites en sistemas *ad hoc*, la construcción de equipo complementario para que la planta de tratamiento de aguas negras (cuyo principio son los todos activados) funcione adecuadamente y la reducción del consumo de agua cruda para calderas mediante la re-evaporación de condensados limpios (programa elaborado en cooperación con SUCROMER) son también presentadas.

PRESENTACIÓN

1.- CARACTERIZACIÓN DE DRENAJES EN EL INGENIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El Ingenio Central Motzorongo es una empresa que data de su fundación a finales del siglo pasado. Creció como todas las empresas de esa época a las margenes de un río (Fig. 1). En su crecimiento posterior se amplió bajo esquemas, sobre todo de sustitución y modernización de equipo de molienda y de elaboración de azúcar.

La economía del ingenio estaba basada sobre una meta, que era la de elevar la producción de azúcar. De la separación y caracterización de los drenajes no se planeó nada, hasta finales de los años 80s, cuando entró una disposición de la SEDUE hacia los ingenios.

1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS DRENAJES DEL INGENIO

El ingenio originalmente se trazó una meta de efectuar la separación de los efluentes contaminados del colector principal para ir eliminando las descargas contaminadas poco a poco (llevando a cabo una caracterización de los drenajes).

Los resultados de este esfuerzo, con una separación parcial de efluentes, se da a continuación:

a) CACHAZA

Para remover este efluente contaminante, el ingenio instaló filtros al vacío de tipo Dorr-Oliver, que eliminan por un lado el material sólido húmedo y el líquido lo recirculan al tanque de jugo pesado.

La cachaza, que es el nombre que se da ahora a la torta de los filtros, es llevada por medio de un transportador de banda de hule, de los filtros hacia tres tolvas de recepción de cachaza, una cilíndrica y dos en forma piramidal invertida con base cuadrangular, de una capacidad de 135 m³ aproximadamente en total. Estas tolvas se usan para almacenar temporalmente la cachaza, en caso de que faltara transporte evitando derrames al piso.

Esta cachaza es llevada hacia campos cañeros para usarse como un mejorador de suelos, como una fuente de enriquecimiento del suelo, empleándose con bastante éxito en los cañaverales de la zona de abastecimiento del ingenio.

Para este trasiego de cachaza el ingenio cuenta con dos unidades de volteo:

un camión FAMSA modelo 1987
un camión Chevrolet modelo 1982

Además, se alquilan tres unidades de volteo, para asegurar el desalojo de cachaza y llevarlo hacia las zonas de cultivo de caña. Los cañeros cubren el costo del flete para enriquecer sus suelos en materia orgánica e inorgánica.

b) SISTEMAS PARA LA REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES

b-1) Recuperación de agua contaminada con grasas y aceites

El ingenio cuenta con dos trampas de grasas y aceites, una instalada en el área de calderas y otra en el área de molinos.

La trampa de calderas separa los combustibles que se fugan de las premas de las bombas, en el momento de mismo y que son arrastrados por el agua llegando hasta la trampa de grasas. De ahí se efectúa la separación por diferencia de densidades y reducción en la velocidad de flujo. El combustible separado es mezclado con bagazo, para hacer una especie de "torja", la cual es introducida a una boya vacía de cañalera, y llevada al interior de una caldera para su incineración. El agua libre de grasa es vertida al drenaje.

La trampa, que se encuentra en molinos, opera de la misma forma que la de calderas, solo que es de mayor volumen y el material separado no es combustible, sino que es grasa que se fuga del sistema motorizado del tandem de molinos. Al igual que para el combustible, la grasa se emplea como combustible para las calderas formando torjas. El agua desengrasada va al sistema de recirculación de agua para la conducción de vapores de los evaporadores y tachos.

Actualmente, se está trabajando en un proyecto de circuito cerrado para agua de enfriamiento de chumaceras de molinos.

b-2) Recuperación de agua de enfriamiento de los intercambiadores de calor del enfriamiento de los aceites de turbinas y turbogeneradores

El agua de salida se recolecta en un tanque de aproximadamente 5 metros cúbicos. Se envía, posteriormente, hacia un sistema de enfriamiento colocado en la parte superior de la nave de molinos aprovechando, por medio de toberas, el aire que fluye en esa área. Se recolecta en una pequeña alberca y se recircula a las áreas de consumo. Existe una tubería para adicionar el agua de relleno necesaria para completar las pérdidas por evaporación (agua proveniente de la toma de agua de suministro del ingenio).

Este proyecto lleva un 90% de desarrollo y su función, básicamente, es la de recircular el agua de enfriamiento y evitar el derrame de agua limpia al drenaje, con el consecuente ahorro de agua.

c) SISTEMA PARA NEUTRALIZACIÓN DE LAVADOS ÁCIDOS Y ALCALINOS

Para evitar la contaminación al drenaje de las aguas de los lavados ácidos y alcalinos de los tres sistemas de evaporadores con que cuenta el ingenio, se instalan un tanque de neutralización de lavado proveniente de cada vaso evaporador en cuestión. El tanque es cilíndrico, con una capacidad de 85 000 L de tres metros de diámetro y once metros de largo.

La descarga, una vez neutralizada, es vertida al sistema de recirculación de agua para la conducción de vapores de evaporadores y tachos. El lodo formado es retirado una vez que termina la zafra. Se envía al sitio de disposición controlada donde se depositan, además, las cenizas de calderas.

Se encuentra en estudio la instalación de un sistema de disposición de estos efluentes para evitar el mezclado de estas aguas neutralizadas con el agua de enfriamiento para evitar su impacto en la disposición de sólidos sobre las superficies de los condensadores y parras (incrustaciones de cloruro de sodio y otras sales).

3) TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Para este estudio, el ingeniero construye una planta de tratamiento de aguas negras que incluye sistema de lodos activados con aerobios, para una capacidad de 600 litros por segundo, con una capacidad por día de 12.5. Las liras por segundo. Esta planta tiene el inconveniente de que, al construirse se pensó que iba a poder tratar agua del tipo de las aguas residuales industriales, por lo que la alimentación a esta planta fue de agua del drenaje principal. La capacidad de diseño de la planta no permite una depuración adecuada de estos efluentes, ya que de ellos se tienen flujos de aproximadamente 60-70 litros por segundo.

Esta planta no cuenta con sedimentador primario, lo que ocasiona que los materiales en suspensión más pesados que el agua tiendan a depositarse en los reactores aerobios a pesar de la zeration.

Por esta razón el ingeniero está trazando con dos opciones para optimizar el uso de esta planta.

1. AGUAS DE TIPO SANITARIO

Se está elaborando un proyecto de estudio para reducir los sólidos localizados en la planta y en las liras, para construir módulos de drenajes de aguas negras para tratar esas del colector principal, construyendo posteriormente una líra que alimente a la planta exclusivamente a la planta de tratamiento con las aguas sanitarias asegurándose de que se va a alimentar a la planta con aguas de tipo sanitario.

2. ADICIÓN DE ALGUNOS EQUIPOS A LA PLANTA

Se está planteando en este momento un rediseño de la planta para el mejoramiento de su operación. El estudio se basa en una tesis de posgrado del Instituto Tecnológico de Orizaba (Maestría en Ingeniería Química con especialidad Control Ambiental) dirigida conjuntamente por la Dra.-Ing. Carmen Durán de Bazúa (UNAM-ONUDI), del Programa de Ingeniería Química Ambiental y química ambiental, Facultad de Química, Ciudad Universitaria y el Ing. Antonio Sarmiento-Ríos, del ingenio Central Mozerongo. La tesis es la Q.F.B. y Canasta Castro González. El proyecto consiste en lo siguiente:

- i) Adición de un sedimentador primario para separar el material flotante y cenizo que acompaña a las aguas residuales sin tratar.
- ii) Adición de un sistema de digestión (o tratamiento anaerobio) de los residuos sólidos del sedimentador primario y del exceso de lodos del sedimentador secundario empujando el principio de los reactores anaerobios de lecho de lodos de flujo ascendente, RALFFA).
- iii) Adición de un sistema lavador de los gases generados en el reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente, RALFFA, también conocido como reactor ASB, por sus siglas en inglés, up-flow anaerobic sludge blanket).

Se tiene ya el diseño (planos y flujos esquemáticos de) y se procesaron los equipos para ser construidos *in situ*, así como la solicitud de requisiciones para equipos, reactivos, material de laboratorio, etc., y la evaluación parcial de la planta de tratamiento.

e) SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE AGUA PARA CONDUCCIÓN Y GENERACIÓN DE ROCÍO EN EL ÚLTIMO EFECTO DE LOS EVAPORADORES DE MÚLTIPLE EFECTO Y TACHOS

Este sistema es vital para el ingenio, ya que es donde se manejan las cantidades más grandes de agua, indispensables para la condensación de los vapores provenientes de meladores y tachos, así como para la generación de vacío, para la operación más eficiente del mencionado equipo.

El agua es empleada en trece condensadores de contacto directo distribuidos actualmente en la siguiente forma:

evaporadores	3 condensadores tipo chorros múltiples
tachos	2 condensadores tipo multi-jet-spray
tachos	8 condensadores en contracorriente

El agua del condensador es colectada en un lote ("batch"), el cual hace primero el sello manométrico de una columna de agua de 10.33 metros para después intercomunicarse en la parte inferior que va al canal principal que recibe la descarga de agua de todos los condensadores. Este canal conduce el agua hasta un sistema de bombeo, el cual está integrado por bombas centrífugas y a los efluentes que descargan se les denomina *aguas de reciclaje*.

El agua es bombeada a la alberca de enfriamiento, en donde se distribuye por medio de tubos a lo largo del estanque y, perpendiculares a este se reparte, por medio de tuberías a lo ancho. En estos tubos, en forma vertical se instalan los ramilletes que están en forma de cruz, los cuales tienen instalados en los extremos, las boquillas aspersoras o toberas. Cuando el agua es atomizada, entra en contacto con el aire de la atmósfera, una pequeña parte se evapora, la otra parte al contacto con el aire regresa por goteo a la alberca, produciendo el enfriamiento necesario. Las toberas le dan al chorro de agua la forma de cono vacío, dándole al agua un movimiento centrífugo o turbulento.

Una vez que el agua sale de las toberas, se recicla en tres albercas a diferentes niveles, donde el agua regresa de un estanque a otro por medio de cascadas, hasta llegar a un canal que recolecta el agua del sistema conduciéndolo a un costado de la margen del río, para pasarlo encima de este, hacia la succión de las bombas denominadas "de aguas de inyección", las cuales son:

Bomba	Equipo motriz	Caballaje, HP	Gasto, gal/min
1	turbina	750	20,000
1	turbina	750	20,000

El agua es bombeada hasta los equipos de control de presión y su capacidad es de 100 gal/min. El tubo de 2" de diámetro. Así se cierra el circuito.

f) OTROS PROYECTOS

Actualmente, en el ingenio se están haciendo estudios y construyendo pequeños proyectos para ir reciclando agua limpia que no está contaminada, enviándola a sistemas pequeños de enfriamiento para el reuso del agua en el mismo equipo.

Todo esto lleva a ir eliminando las descargas de agua al drenaje principal, con la idea de minimizar el total de la descarga industrial.

2.- REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA CRUDA PARA CALDERAS MEDIANTE LA RE-EVAPORACIÓN DE CONDENSADOS LIMPIOS

2.1 ANTECEDENTES

El consumo de agua cruda, así como las pérdidas de agua caliente y vapores sin condensar, hacía que el ingenio estuviera desbalanceado en sus sistemas energéticos, por la falta de agua de repuesto para alimentar calderas, así como falta de recuperación de condensados, perdiendo energía las calderas, al recibir agua fría para la generación de vapor.

Esto obligó a efectuar una inversión que resolviera este problema, coadyuvando del mismo modo a evitar la contaminación ambiental al evitar tirar agua caliente al drenaje, así como vender al desalajo de vapores con demasiada temperatura a la atmósfera, dando un ahorro en el consumo de agua por el tratamiento de la misma para alimentar a las calderas.

2.2 DESCRIPCIÓN

La innovación tecnológica estuvo a cargo de personal del ingenio y de la empresa "SUCROMER" y consistió básicamente en lo siguiente:

a) Construcción y montaje de 5 columnas hidrodinámicas para:

- a-1) Todos los primeros efectos de los evaporadores
- a-2) Todos los segundos efectos de los evaporadores
- a-3) Colectar todo el condensado de los tachos
- a-4) Colectar el condensado de los calentadores (condensado puro)
- a-5) Colectar condensado de los calentadores (amoniacales)

Se montó la sexta columna en la reparación de 1994, que opera para los condensados de los recalentadores.

(*cuando funciona sin problemas de arrastre de azúcar)

- b) Reconstrucción del tanque desaerador para calentar agua a calderas
- c) Remodelación de los tanques de aguas amoniacales
- d) Construcción de un tanque elevado para aguas amoniacales de usos tecnológicos de 20,000 litros de capacidad y reordenamiento de tuberías
- e) Reconexión de tanques de reserva, previa remodelación de los mismos
- f) Instalación de bombas con accionamiento automático para descargar aguas de las columnas al tanque desaerador y de los tanques de reserva al mismo tanque

2.3 OBJETIVOS DE ESTA MODIFICACIÓN

- Hacer un uso racional de los condensados disponibles
- Disponer de condensado puro de alta temperatura para alimentar calderas
- Disponer de condensados amoniacales para usos tecnológicos
- De todo ello, lograr una disminución en el consumo de combustible, menores costos de reparación en calderas y mejor calidad en el azúcar
- Evitar las fugas hacia la atmósfera de vapores sin condensar
- Disminuir el costo de mantenimiento del equipo de condensados, ya que en este equipo el mantenimiento es mínimo

2.4 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL CAMBIO DE EQUIPO

El equipo que tenía instalado el ingenio para la condensación de los vapores eran las trampas de vapor en los primeros y segundos efectos de los evaporadores de cuádruple efecto, unos sifones con una altura de 10-33 metros de columna de agua, que eran desalojados a un tanque de 30,000 litros de capacidad (denominándose condensados puros, cuando no estaban contaminados con azúcar) y, en caso de que presentaran presencia de azúcar eran transpasados a dos tanques que se denominan condensaderos amoniacales, con una capacidad de 30,000 y 15,000 litros, respectivamente

El problema se presentaba en las trampas de vapor, ya que al ocurrir un desperfecto, por ser un equipo mecánico y con bastantes piezas mecánicas de construcción, comúnmente sufrían averías. Esto ocasiona que no exista recuperación de condensados y que el vapor sea expulsado a la atmósfera con bastante presión, perdiéndose con ello energía y una fuente de agua caliente y de cero dureza para alimentar calderas, teniendo que usarse agua tratada. Esto se debe a que las trampas de vapor se encuentran en lugares incómodos y peligrosos y, dado su mal funcionamiento, los operadores conectan las bifurcaciones (by-pass) más a menudo que las propias trampas

Las columnas hidrodinámicas poseen la particularidad de que no tienen partes móviles mecánicas para la condensación de vapores. Solamente se basan en el principio de enfriamiento de agua para formar un lecho de agua dentro de la columna (Fig. 2)

El agua con vapor que sale de la calandria del evaporador llega a la columna hidrodinámica, que está situada a nivel de piso en una área exclusiva para este fin. El exceso de vapor y agua pasa por el cabezal colector de condensados en el cual están unos indicadores de nivel de condensados, para que el operador vea y controle el nivel óptimo de trabajo.

De este colector, el agua entra a la primera tubería de circulación, por la cámara de recepción, la cual consiste en un codo que termina en un "cuello" tipo Venturi, con dirección perpendicular al piso. Esta columna termina en el interior del cabezal superior, denominado separador de columna, en el cual el agua choca con la placa superior del tubo, obligando al agua a salir por unas ranuras denominadas "ranas". Esta agua cae al colector y de ahí, el agua que condensa en la parte inferior, sale por la segunda tubería de circulación la cual retorna a la primera columna en la parte inferior haciendo que esta agua de retorno, ahogue la salida del agua que está llegando. Al pasar el agua nueva, la cámara de agua de recirculación actúa como cámara de condensación de vapores. El exceso de agua sale por la parte superior lateral del colector de la columna hacia una tubería en forma de tanque vertical, en la cual están las bombas que mandan este condensado al tanque desaerador.

TANQUE DESAERADOR

Este tanque, que está situado a un costado de las calderas del ingenio, fue remodelado para que recibiera el condensado, por tuberías individuales de cada columna hidrodinámica. Se modificó en su interior para que, por medio de un serpentín de vapor, mantuviera el agua de alimentación a las calderas arriba de 100°C. Se le colocó un sistema de nivel de operación, de tal modo que una vez que está en el nivel de trabajo, el exceso de agua sea desalojado, conduciendo el agua hasta los tanques de reserva de agua (tres tanques, uno de 746, otro de 540 y otro de 1008 metros cúbicos).

TANQUE PARA AGUA DE USOS TECNOLOGICOS

De la columna hidrodinámica número 5, específicamente de los calentadores, estos condensados, junto con los provenientes de los terceros y cuartos efectos de los evaporadores, son conducidos a dos tanques de 30.000 litros de capacidad, cada uno, en los cuales existen dos bombas que mandan el agua a un tanque llamado de usos tecnológicos, que está instalado en la parte más alta del ingenio, aproximadamente a 20 metros del nivel del piso).

De este tanque, el agua sale por gravedad hacia las partes del proceso, en las cuales se necesita agua caliente:

- Molinos - Como agua de imbibición
- Cianificación - Para el agua de la preparación de la lechada de cal y lavado de la torta de los filtros de cachaza
- Cristalización - Como agua para la disolución de las mieles, agua para tachos
- Centrifugación - Agua para el lavado del azúcar en las centrifugas para el azúcar comercial. Agua para purgar masas de "B" y "C"
- Secado - Agua para disolver el azúcar en forma de granza

TANQUES DE RESERVA

Estos tres tanques son para almacenar agua, uno para agua proveniente de la planta suavizadora, que debe estar siempre lleno y los otros dos, que deberán llenarse con el condensado sobrante que retorna del tanque desaerador.

Para tener un mejor beneficio de este sistema de recuperación de condensados, en esta zafra, el ingenio instaló un equipo complementario automático, el cual detecta por medio de unos electrodos, cuando existe alguna contaminación por azúcar del agua de condensados. Este electrodo está conectado a un módulo transmisor y este a una computadora personal (PC), la cual hace la función de un controlador automático de conductividad. Tiene 4 señales, que corresponden a 4 de las columnas hidrodinámicas, las cuales son monitoreadas cada 4 segundos guardando en un diskette en la memoria la información obtenida. En caso de que la computadora detecte una contaminación (aumento en la conductividad del agua

monitoreada), inmediatamente manda dos señales eléctricas, una a un indicador luminoso para que los operadores y el personal químico en turno se enteren del problema. La otra señal va a un amplificador que recibe la microseñal amplificándola y cambiándola a un sistema electroneumático, el cual hace actuar dos válvulas con actuador automático, que cortan el agua de alimentación a las calderas hacia el tanque de aguas amoniacales. Una vez que se corrige el problema, automáticamente se regresan a su posición original (Fig. 3).

Todavía falta completar este sistema de control para las dos columnas restantes.

3.-REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN EVAPORADORES Y CRISTALIZADORES (TACHOS) POR EL CAMBIO DE CONDENSADORES BAROMÉTRICOS TIPO MULTI-JET-SPRAY A INTERCAMBIADORES EN CONTRA-CORRIENTE PARA CONDENSACIÓN DE VAPORES Y POR EL AUMENTO DE EFICIENCIA EN LA ALBERCA DE ENFRIAMIENTO POR SUSTITUCIÓN DE "ROSETAS" (TOBERAS)

3.1 ANTECEDENTES

El Ingenio Central Mozorongo, hasta hace unos 7 años, tenía en su equipo de condensación de vapores de los evaporadores de cuádruple efecto y sus tachos, un tipo de condensador denominado multi-jet-spray como el que se observa en la Fig. 4.

Estos condensadores se emplean cuando se tienen grandes cantidades de vapores para condensación o cuando ocurren variaciones muy amplias en la temperatura del agua o mucha variación en los flujos de vapores. Para condensar los vapores a plena carga se da entrada al agua, tanto por las boquillas del jet, como por las boquillas periféricas de nebulización (del spray).

Si la cantidad de vapor disminuye o baja la temperatura del agua, se puede regular o reducir la entrada del agua en las boquillas de nebulización, pudiendo llegarse hasta el grado de suspender la entrada de agua a estas boquillas. Estos condensadores, por sus características de diseño son grandes consumidores de agua de enfriamiento, ya que presentan dos líneas de abastecimiento de agua para un solo condensador.

El problema del ingenio es buscar la alternativa que le llevara a disminuir drásticamente el consumo de agua y elevar la eficiencia en el enfriamiento de esa agua, por lo cual al analizar el problema, se llegó a la conclusión de que es necesario el cambio del equipo de condensación de vapores, a corto plazo, por un equipo que consumiera el mínimo de agua para su operación.

El equipo a cambiar sería un condensador que consumiera el mínimo de agua para su operación y que garantizara, con bajo gasto de agua, un vacío de 20 pulgadas de mercurio. El condensador a cambiar sería el de tipo contracorriente por sus siguientes características:

- Este tipo de condensador se aplica donde hay limitación en el suministro de agua, también donde hay una cantidad fuerte de gases incondensables.
- Este condensador trabaja acompañado de una bomba de vacío o de un evector o de cualquier otro dispositivo para extraer los gases no condensables.
- En este tipo de condensadores, el vapor entra en la parte inferior, se requiere de suficiente altura. El agua usada como medio de enfriamiento para la condensación de los vapores entra en la parte superior y va bajando a través de unas mamparas. En estas condiciones se forman dos corrientes, la del agua que va condensando los vapores y la de los condensados que se van uniendo a la corriente de agua que se descarga por la columna barométrica.
- Los vapores y gases no condensables, ambos tienden a subir a medida que los vapores se van enfriando y descienden con el agua ya condensados, quedando únicamente los gases no condensables que llegan hasta la parte superior donde salen libremente y son extraídos (Fig. 3).

3.2 FLUJOS DE VAPORES

El ingenio cuenta en su área de evaporación con tres trenes de evaporación. Cada tren cuenta con cuatro evaporadores o efectos. El total de evaporación está repartido en la siguiente forma:

Cuadruple "A" Área total: 24,000 ft², 6,000 ft² efecto en promedio

Cuadruple "B" Área total: 24,000 ft², 6,000 ft² efecto en promedio

Cuadruple "C" Área total: 50,000 ft², 20,000 ft²-primer efecto, 10,000 ft²/segundo, tercero y cuarto en promedio para cada uno

Se recibe un flujo de vapor de 190,000 lb/h que proviene de las descargas de las tuberas a 15 lb/in² (psi). Este vapor entra a la primera calandria del primer efecto de los cuádruples "A", "B" y "C".

A estos evaporadores, a su vez, entran 629,750 lb/h de jugo que proviene de los clarificadores y que se encuentran a una temperatura de 205°F y a una concentración de 14°Bx y salen de los últimos efectos 146,942 lb/h de meladura con una concentración de 60°Bx y una temperatura de 132°F. Aquí se condensan 107,800 lb/h con una corriente de 12,578 gal/min que entran al condensador a 34°C y salen a 44°C en promedio.

En los tachos, cuando se inició el cambio se contaba con ocho unidades que trabajaban en forma independiente. La meladura entra a 132°F, a la presión correspondiente a ese punto de ebullición y a una concentración de 60°Bx y sale a 90°Bx aproximadamente. Reciben un flujo de vapor de calentamiento de 88,000 lb/h y generan un total de vapor "vegetal" de 54,136 lb/h, correspondientes al aumento en la concentración de 60 a 90°Bx.

Dadas las características de los condensadores se pide una tarifa de temperatura de agua de enfriamiento requerida para los condensadores de tipo contracorriente y multi-jet-spray.

Parámetros	Contracorriente	Multi-jet-spray
Vacío	26" Hg	26" Hg
Temperatura del vapor a condensar	125°F	125°F
T ₁ , temperatura agua de entrada	93°F	93°F
T ₂ , temperatura agua de salida	122°F	114°F
T del agua de enfriamiento	29°F	21°F
T de condensado y agua de enfriamiento	3°F	2°F
Consumo de agua, gal/min	7,241	10,000
Por ciento de incremento de consumo de agua	0	38.1

El ingenio, al programarse futuras ampliaciones, ha ido adquiriendo nuevos equipos (actualmente existen dos tachos más) pero ha buscado mantener consumos equivalentes de agua (evitando incrementarlos). Esto dió como consecuencia el cambio de los sistemas de condensación de los vapores de los tachos. En la actualidad solamente dos tachos todavía tienen condensadores del tipo multi-jet-spray, uno que es de baja capacidad de trabajo y el otro que ha sido adquirido recientemente (tiene 2,000 ft² de capacidad y trata un condensador de este tipo).

3.3 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA CONDENSAR VAPORES DE LOS CONDENSADORES DE MÚLTIPLE EFECTO Y DE LOS CRISTALIZADORES

En esta zafra se concluyó el trabajo iniciado varios años atrás y que consistió en la reestructuración general del sistema de enfriamiento por aspersión de los condensados de los equipos de evaporación y cristalización. Se substituyeron los "rammetes" en los que se van instaladas las toberas (conocidas como tipo Motzorongo), las cuales fueron substituidas por un modelo tipo "cubano" en un 50% y otro 50% de espresas nuevas del mismo tipo Motzorongo. Además, se reforzaron los sistemas de bombas "de rechace" con otras bombas provenientes del ingenio El Refugio.

Los datos prácticos de las pruebas de las toberas se dan en el cuadro siguiente

Presión. psi	altura de derrame. m	radio de expansión. m	tiempo de llenado (200L)	gal/min
1	0.45	1.15	2' 6"	25.16
2	0.80	2.10	1' 44"	30.48
3	1.10	2.60	1' 27"	36.44
4	1.50	3.20	1' 18"	40.64
5	1.84	3.80	1' 9"	45.94
6	1.95	4.40	1' 2"	51.13
7	2.15	5.20	0' 57"	55.62
8	2.50	5.70	0' 51"	62.16
9	2.80	6.10	0' 48"	66.05
10	3.10	6.30	0' 46"	68.92

ANTONIO SARMIENTO RIOS

Col. Empleados del Ingenio
95090 Motzorongo. Ver., Mexico
Tel 91-273-6-0032, 6-0044, Fax 6-0045

Nació en la Cd. de Orizaba, Ver., el 27 de abril de 1953. Realizó sus estudios profesionales en el Instituto Tecnológico Regional de Orizaba (1975-1979). Trabajó en la Secofi en 1979. Ha trabajado en los laboratorios de los siguientes ingenios (1980 a 1983): Santo Domingo, Presidente José López Portillo, Santa Clara, San Francisco Ameca, San Cristóbal. En 1983 se incorporó al ingenio El Refugio y a finales de ese mismo año hasta la fecha, al ingenio central Motzorongo. Ocupa actualmente el puesto de Jefe del Laboratorio Químico del Ingenio central Motzorongo y de asesor químico del Ingenio El Refugio. Ha cursado varios cursos de actualización y atendido a múltiples seminarios técnicos relacionados con la industria azucarera, tanto en México como en el extranjero.

Problema tipo: Ingenio El Potrero

DR. ÁLVARO ZAMUDIO TIBURCIO

Asesor técnico ambiental, Grupo CAZE

ING. MARTÍN FLORES

Superintendente de Elaboración, Ingenio El Potrero

Lamarque 348, 4° Piso, Col. Chapultepec Morales 11570 Mexico DF Tels 327-7300, Fax 327-7341 al 49
Apartado Postal 10, Congregación Miguel Alemán, Veracruz, Mexico Tels (91-273) 5-0311, 5-0333 y 5-0300, Fax 5-0348

RESUMEN

El ingenio El Potrero se localiza a 20 km al noreste de la ciudad de Córdoba, Veracruz, México. Tiene una capacidad para procesar 11,000 toneladas de caña de azúcar y produciendo aproximadamente 1,400 toneladas de azúcar refinada cada 24 horas y entre 4 y 6 millones de litros de etanol anuales. Durante el primer año del proyecto ONUDI (1993-1994), se hizo una evaluación global de la problemática de este ingenio realizando estimaciones sobre consumos de agua y contaminantes presentes, generación de residuos sólidos, contaminación atmosférica y otros problemas que reducen su calidad total y hacen que contamine el ambiente. En esta segunda fase del proyecto (1995-1996), se corroboraron las estimaciones hechas sobre el rubro de consumo de agua y el grado de contaminación de las corrientes de salida del ingenio para proponer soluciones técnica y económicamente viables que permitan una operación más limpia y eficiente.

PRESENTACIÓN

Tecnologías más limpias, un acercamiento al mejoramiento de la productividad y a la protección del ambiente para ingenios azucareros mexicanos

DRA. ING. CARMEN DURÁN DE BAZÚA

Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental (PIQAYQA) de la UNAM
Paseo de la Investigación Científica s/n. Conjunto "E" Fac. Química, Lab. E-301, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel (525) 622-8301 al 04, Fax (525) 606-0648, 622-8393

Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM
Grupo de Desarrollo de Tecnologías más Limpias y Procesamiento de Alimentos, Esquilmos y Subproductos Agroindustriales, Laboratorio 201, Edificio "B", Tel (525) 622-8712, Fax (525) 616-2016

ING. ELISABETH KLOMP

VAKGROEP ONTWIKKELINGSKUNDE, FACULTEIT BEDRIJFSKUNDE
UNIVERSITEIT TWENTE, NEDERLAND (HOLANDA), Fax (31) 53-340822

La problemática enfrentada por los países en vías de desarrollo para alcanzar un desarrollo industrial sostenido es sumamente compleja, especialmente a la luz del impacto que sobre el ambiente ejerce el sector industrial. En los países en vías de desarrollo es, en términos generales, obsoleta (tanto por su equipo, como por los procesos que sigue). Dada su falta de liquidez no puede llevar a cabo investigación y desarrollo que le permitan generar procesos idóneos para sus características propias. La tendencia ha sido la de adquirir tecnologías que se encuentran en el mercado a precios relativamente bajos y que son, justamente, las tecnologías ya desechadas en los países industrializados por su excesivo consumo energético y su fuerte impacto sobre el ambiente. Por esta razón es importante que estas industrias sean apoyadas por entidades internacionales, como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), para llevar a cabo estudios que les permitan caminar hacia un desarrollo sostenido compatible con el medio ambiente y acorde a sus propios intereses y los del país en que se encuentran. El proyecto involucra a tres agroindustrias, tratando de seleccionar aquellas que tienen procesos diferentes y, consecuentemente, problemáticas diferentes. Una de ellas se encuentra en el estado de Jalisco y produce azúcar estándar (purificada por el método de sulfitación). Las otras dos se encuentran en el estado de Veracruz. Una de ellas tiene como productos finales, azúcar refinada y alcohol etílico y la otra tiene un proceso similar a la de Jalisco pero la resolución de sus problemas ha tenido un enfoque distinto a ella. Aquí se presenta un estudio comparativo entre los ingenios mexicanos y los europeos que procesan remolacha, especialmente los holandeses, que puede servir de marco para ejemplificar el reto que tienen los ingenios mexicanos para competir y alcanzar una alta productividad.

PRESENTACIÓN

El azúcar o sacarosa es un alimento dulce, cristalino y con sabor distintivo. Su composición química puede representarse como $C_{12}H_{22}O_{11}$ y es un carbohidrato. En la nomenclatura química, todos los compuestos relacionados con ese grupo de carbohidratos reciben el nombre genérico de azúcares y por ello, al azúcar se le llama con más precisión sacarosa. Es una de las fuentes más nobles de energía para el organismo humano. Específicamente este disacárido se deriva de la fotosíntesis y constituye el principal tipo de

azúcar de la savia de las plantas. Las fuentes más importantes de este producto a nivel mundial son la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el betabel o remolacha (*Beta vulgaris*, *Saccharifera Alefeldi*). Cabe mencionar que, de manera natural, por acción enzimática el azúcar se descompone en la planta después de la cosecha y estas pérdidas son bastante mayores en la caña que en el betabel o remolacha, precisamente por ser una planta tropical y la otra de climas templados.

La obtención de azúcar de la caña es un proceso muy antiguo, comparado con el de la remolacha. Se tienen registros de que, desde el año 3000 antes de Cristo, ya se obtenía azúcar de la caña. Fue introducida al continente americano por Colón en su segundo viaje, en 1493. Cortés la trajo a México después de su conquista en 1521 y el primer "trapiche" o fábrica de azúcar se instaló en Veracruz en la primera mitad del siglo XVI. Para el betabel o remolacha, se desarrolló un proceso de extracción en Alemania en el siglo XVIII por el químico Andreas Marggraf (en 1747), pero fue puesto en práctica por uno de sus antiguos estudiantes hasta 1802 en Silesia con el apoyo del emperador prusiano Federico Guillermo III. Fue aplicado extensamente en Francia por Napoleón, cuando fueron bloqueados los suministros de azúcar de caña, provenientes de las llamadas Indias Occidentales, por los ingleses y, a partir de entonces, se usó en el continente europeo como fuente alternativa del azúcar de caña.

En este trabajo, tomado de un estudio de intercambio académico entre Holanda y México, se presentan algunas consideraciones sobre energía y protección ambiental, especialmente hacia el rubro de fuentes acuíferas, relacionadas con la industria azucarera. El objetivo de este trabajo es tratar de mejorar las condiciones de operación de la industria azucarera mexicana tomando como base los rubros positivos encontrados en su contraparte en Holanda.

En la tabla 1 se presentan algunos datos sobre productividad de azúcar por hectárea cultivada para los últimos cuatro años. Puede observarse que, aunque México no está entre los países de mayor productividad, esta es comparable con la de Inglaterra e incluso ligeramente mejor que la de Alemania e Italia, sobre todo en los últimos años.

En México hay aproximadamente 60 ingenios operando, mientras que, en Holanda, hay solamente 7. A principios de siglo había 31 ingenios en Holanda, pero el mejoramiento de los sistemas de transportación de la materia prima y de optimización en la operación minimizó su número haciendo que la mayoría desapareciera.

Tabla 1. Productividad de azúcar por hectárea cultivada (T/ha) en países seleccionados (Azúcar, S.A., 1988; CEE, 1994; Comité de la Agroindustria Azucarera, 1993; Murray, 1993).

País	Cultivo	Ciclo 1989-90	Ciclo 1991-92	Ciclo 1992-93
Australia	Caña	11.60	-	-
Francia	Remolacha	9.85	9.40	9.77
Holanda	Remolacha	9.70	8.44	9.71
EELUA	Caña	8.80	-	-
Sudáfrica	Caña	8.80	-	-
Inglaterra	Remolacha	7.10	7.35	7.55
México	Caña	5.44	6.89	7.98
Alemania	Remolacha	6.71	6.77	7.34
Italia	Remolacha	6.48	5.77	6.20
India	Caña	6.0	-	-
China	Caña	4.7	-	-

La tabla 2 muestra algunos datos sobre la industria azucarera de ambos países. Obviamente, resulta difícil hacer una comparación entre ambas ya que el tamaño de los dos países es muy distinto, así como su población. Sin embargo, resaltan dos puntos interesantes.

El primero se refiere a la producción de los ingenios. En el caso de México se tiene una gran variedad de ellos, unos muy pequeños y otros comparables a los que actualmente existen en Holanda. En este último país, se encontró que la economía de escala sí tenía un peso específico importante en la productividad. Aquí en México, sería importante verificar en las condiciones actuales este factor.

El segundo punto se refiere a la productividad agronómica de la fuente de sacarosa. Puede observarse que en México hay zonas que tienen una productividad tan baja como 1.6 T de azúcar por hectárea cultivada y otras una tan alta como 15 T/ha (que es 50% mayor que la productividad promedio de Holanda), aunque el promedio se encuentra en 8 T/ha, que es ligeramente menor que el de Holanda.

Cabe mencionar que, internacionalmente, el rendimiento agronómico de la caña es mayor que el de la remolacha. Por ejemplo, Holanda, que tiene uno de los rendimientos más altos de los países que cultivan remolacha, lo tiene entre 65 y 70 T de tubérculo por hectárea. En México, cuando la cosecha no es muy buena, el rendimiento es de aproximadamente 70 T de caña por hectárea, pero no es inusual encontrar rendimientos entre 100 y 130 T/ha, que es prácticamente el doble del de la remolacha. Esto significaría que las pérdidas de azúcar son mayores durante el procesamiento de la caña que de la remolacha, ya que la productividad es menor.

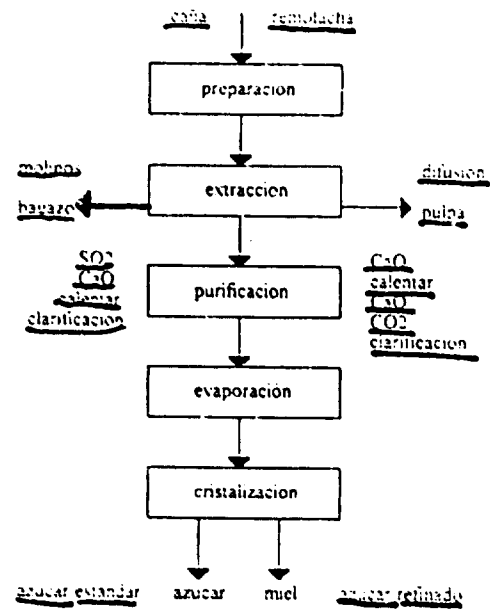
Como se mencionaba en los primeros párrafos de este trabajo, el contenido de azúcar en la caña y la remolacha es aproximadamente el mismo (de 12 a 17% en peso), aún cuando su rendimiento agronómico es bastante mayor para la caña (60 versus 36 T cultivo/ha). Sin embargo, la estabilidad de la sacarosa es mucho menor en la caña, tanto por conversiones enzimáticas de la propia planta como por problemas de contaminación microbiológica. Esto se ve agudizado por la costumbre ancestral de quemar los cañaverales para eliminar la hojarasca y hacer huir a las alimañas. Esta costumbre hace que la productividad de sacarosa disminuya considerablemente, no solamente por la pérdida en sí, sino por sus consecuencias en el procesamiento para su extracción y purificación.

Tabla 2 Industrias azucareras en México y Holanda (CEE, 1994, Comité de la Agroindustria Azucarera, 1993, Simposio Nacional, 1993, Suiker Unie, 1995)

	México	Holanda
Datos generales		
Población, habitantes	84,600,000	14,800,000
Superficie, km ²	1,959,000	37,000
Densidad, habitantes/km ²	43.2	400
Industria azucarera		
Cultivo	Caña	Remolacha
Superficie cosechada, ha (datos para 1992-1993)	510,587	121,000
Productividad, T azúcar/ha	7.98	9.71
Producción, T azúcar/año	4,076,710	1,175,000
Consumo de azúcar por persona, kg/cápita	50	39
Número de ingenios	61	7
Producción promedio por ingenio (en paréntesis el mínimo y el máximo)	66,831 (1,031 a 202,285)	167,857 (102,562 a 242,266)
Empleados por cada 1000 T de azúcar	82	27

Por otro lado, los componentes químicos del jugo de caña son mucho más susceptibles a cambios extremos de temperatura y valores de pH que los de la remolacha, lo que también influye en las condiciones de proceso. A continuación se presenta en la Fig. 1, el diagrama de bloques de las operaciones unitarias empleadas para la extracción y purificación del azúcar.

Fig. 1 Diagrama de bloques de la producción de azúcar



Puede verse que las operaciones unitarias son esencialmente las mismas. Sin embargo, existen diferencias marcadas, dadas por la propia materia prima, una un tubérculo de climas templados y la otra un pasto gigante de zonas tropicales.

Precisamente esta diferencia estructural hace que sea posible la disolución del azúcar al poner en contacto a la remolacha con agua caliente, ya que esta coagula las matrices proteínicas que envuelven los granulos de almidón que contienen el azúcar haciendo "cavidades" que permite la fácil *difusión* de la sacarosa a través de ellos hacia el agua e impide el paso de moléculas más grandes. Esto hace que la disolución azucarada obtenida de la remolacha sea bastante pura. El residuo resultante, conocido como pulpa, se vende como pienso para el ganado.

Como diferencia, la caña debe ser triturada para romper la rígida estructura celular y permitir la salida de la savia o jugo de las micelas formadas por una estructura celular menos dura (conocida como medula o *pith*, en inglés). Esto, naturalmente, hace que el jugo contenga muchas impurezas provenientes de las micelas rotas de la medula y de la cubierta rígida externa. La pulpa obtenida, que se conoce como *bagazo*, se lava con agua caliente (a esta etapa del proceso se le conoce como *imbibición*), para recuperar la mayor cantidad posible de sacarosa y se emplea, tanto como fuente de fibra larga de celulosa para la industria papelera, como fuente de energía en el propio ingenio para, a través de su combustión, generar vapor de agua y con este producir electricidad y vapor de baja presión que pueda usarse en el proceso.

Por ello, los pasos de purificación también son diferentes en ambos procesos. En el caso de la remolacha, dado que no contiene muchas impurezas, solamente es necesario agregar cal en forma de lechada para clarificar la disolución y, mediante el aumento del valor del pH, promover la inactivación de la invertasa, una enzima que rompe el dímero de la sacarosa en sus componentes fructosa y glucosa y que reduce considerablemente el rendimiento final de azúcar. En el caso de la disolución de azúcar de remolacha prácticamente no ocurren reacciones de oscurecimiento del tipo de las de Maillard y, por ello, con esta simple operación de purificación es posible obtener una disolución muy pura que permite la producción directa de azúcar refinada. De hecho, se realiza en dos pasos, una primera purificación con lechada de cal para eliminar los compuestos nitrogenados y una segunda que se hace después de precalentar la disolución para purificarlo completamente. Posteriormente, se adiciona CO₂ para separar la mayor cantidad posible de sales de calcio y evitar su incrustación en los tubos de los intercambiadores de calor y en los de los evaporadores. La torta resultante de complejos orgánicos e inorgánicos de calcio se vende como mejorador de suelos.

Para la caña de azúcar, por el contrario, las reacciones de oscurecimiento enzimático y de Maillard son tan rápidas que el jugo, en cuestión de minutos, pasa de una coloración verde pálido a café parduzco. Por ello, es necesario realizar la operación llamada *sulfitación*, que se basa en la producción de dióxido de azufre en fase gaseosa (por la autocombustión de azufre) que se hace burbujear en la disolución para inactivar las enzimas que promueven este oscurecimiento. De manera muy rápida, después de la sulfitación, debe aumentarse el pH de la disolución, por la adición de la lechada de cal, para evitar los problemas de inversión del azúcar ya mencionados. Aquí, a diferencia del proceso de *alcalización* de la solución de remolacha, no se logra tan alto grado de purificación, a pesar de que la formación de sales de sulfatos y sulfatos de calcio promueven la adsorción de muchas impurezas. Por ello es que el azúcar final obtenida se conoce como *azúcar estándar*, ya que es más oscura que la refinada (en inglés se le conoce como *plantation sugar*). Los residuos de esta alcalización también son separados, como ocurre con la remolacha, por clarificación y filtración al vacío y se venden como mejoradores de suelo. En México se les conoce como *cauchuz*.

La disolución se concentra por evaporación hasta alcanzar la saturación y se promueve la cristalización de la sacarosa, sobresaturando la solución, también por evaporación. Se separan los cristales del magma obtenido por centrifugación, se lavan para remover la miel que los cubre y se envían a las operaciones de secado y envase.

USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

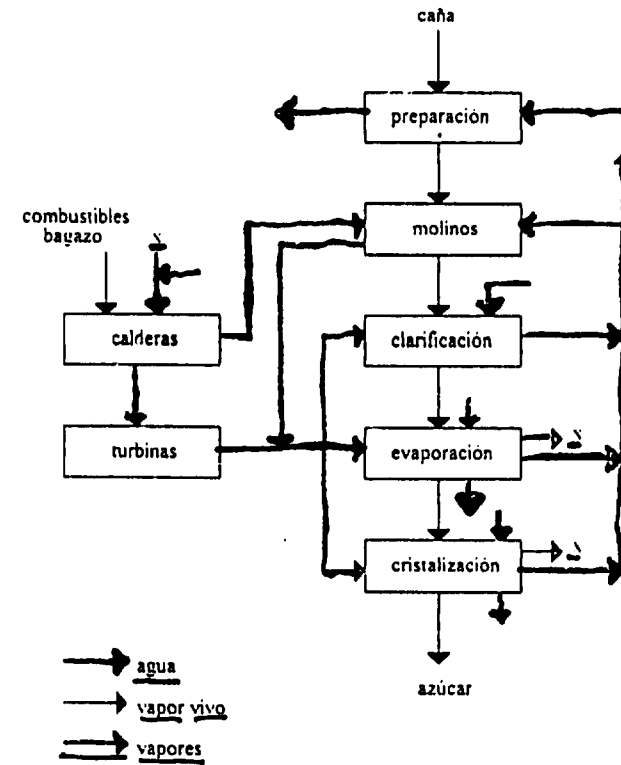
Azúcar de caña

La Fig 2 presenta un diagrama de bloques del uso del agua en los ingenios de caña mexicanos. El vapor es producido en las calderas, donde se quema el bagazo y, adicionalmente, combustible fosil (combustóleo generalmente). El vapor vivo se usa para generar electricidad y para las turbinas de los molinos. Allí se produce vapor de escape, de menor presión y temperatura que se usa como medio de calentamiento en los equipos de transferencia de calor del proceso (precalentamiento del jugo, evaporación de agua y cristalización, principalmente). En algunos casos es posible aprovechar el agua evaporada en los evaporadores como medio de calentamiento, sobre todo si no arrastra gotas de miel o gases incondensables de los domos de los evaporadores. Esto, sin embargo, es poco común ya que la temperatura de estos vapores, sobre todo de los últimos efectos de los evaporadores y de los cristalizadores es relativamente baja.

Los condensados se retornan a las calderas para minimizar el suministro de agua fresca (que debe ser desmineralizada y precalentada para aumentar la eficiencia de las calderas). Esto, sin embargo, no es posible cuando los condensados se contaminan por rupturas en los haces de tubos de los sistemas de intercambio de calor.

Una parte de estos condensados se usa como agua de imbibición y para preparar la lechada de cal, pero el resto debe ser desechado. Aquí debe mencionarse que, para mantener temperaturas relativamente bajas en el proceso de concentración, para evitar la caramelización (polimerización de los azúcares y consecuente pérdida de producto), se trabaja al vacío para que las temperaturas de ebullición sean bajas. Para generar el vacío se emplean condensadores barométricos en el último efecto de los evaporadores o en los cristalizadores (conocidos en México como *tachos*). A ellos se inyecta una cantidad muy considerable de agua fría que, al ponerse en contacto con el vapor generado en ese efecto, producen el vacío requerido. Obviamente, el agua consumida en los condensadores barométricos es un caudal que llega a representar hasta el 90% del consumo de agua de un ingenio.

Fig 4 Diagrama de bloques del uso del agua en la industria azucarera mexicana



Otra fuente de agua residual proviene de la operación de preparación de la caña, ya que en algunos ingenios, la caña es lavada previamente para eliminar tierra y residuos que dañan los molinos. Sin embargo, en esta operación se pierde una cierta cantidad de azúcar que, además, contamina el agua de lavado con sustancias solubles (que por ser biodegradables crean una carga contaminante en los cuerpos receptores de ellas).

Finalmente, se tienen aguas residuales provenientes del lavado de los equipos (que van desde los simples enjuagues de tanques que contienen jugos, mieles, cachazas, etc. o los lavados conocidos como *ácidos* y *alcalinos* de las superficies de transferencia de calor en precalentadores y evaporadores para eliminar la incrustación de sales y caramelizaciones), de su enfriamiento (que muchas veces se contaminan con las grasas y aceites usados en ellos para minimizar los efectos de la fricción y el rozamiento) y de paros intempestivos de la operación (conocidos como liquidaciones).

Todas ellas no pueden reciclarse al proceso a menos que sean tratadas, ya sea para reducir su temperatura o para eliminar las sustancias que las contaminan.

Finalmente, derivado de la propia operación del ingenio (oficinas administrativas, cuerpo técnico, obreros), se tienen las aguas residuales generadas en los sistemas sanitarios de la industria azucarera (letrinas, cocinas, baños, zona residencial, etc). Estas aguas sanitarias, actualmente se mezclan con las aguas de proceso creando mayor contaminación de ellas al poner en contacto organismos fecales, algunos de tipo patógeno, con azúcares disueltos y a temperaturas generalmente óptimas para su proliferación.

Azúcar de remolacha

En la Fig 3 se presenta el diagrama de bloques del uso del agua en los ingenios holandeses. En este caso, la fuente de energía para generar vapor y corriente eléctrica es el gas natural. El vapor vivo solamente se usa para generar energía eléctrica y no para el proceso, como ocurre en México. La mayor parte del vapor de escape se emplea para las operaciones de evaporación y una pequeña parte para purificar los cristales de azúcar. En el calentamiento de las disoluciones y en los cristalizadores o tachos se usa el agua evaporada en los cuerpos de los evaporadores.

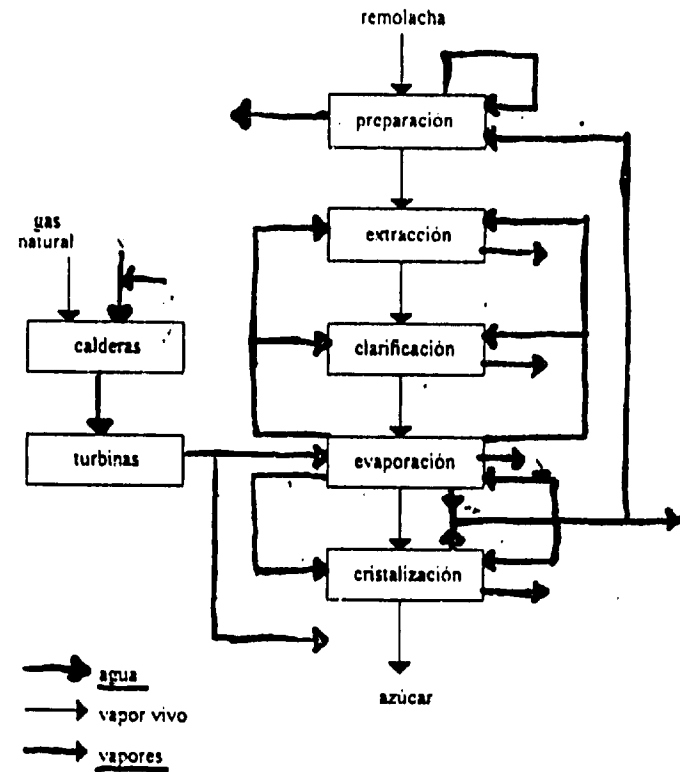
Los condensados excedentes de la evaporación y cristalización se emplean en las operaciones de clarificación y extracción. Los remanentes de estas operaciones son enviados a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El agua empleada en los condensadores de los últimos efectos de los evaporadores se retorna una vez enfriada y tratada. Una parte del excedente se usa como agua de lavado y la otra va a la planta de tratamiento general. El agua de lavado tiene su propia planta de tratamiento y el excedente va a la planta de tratamiento general.

DIFERENCIAS ENTRE LOS PROCESOS DE MÉXICO Y HOLANDA

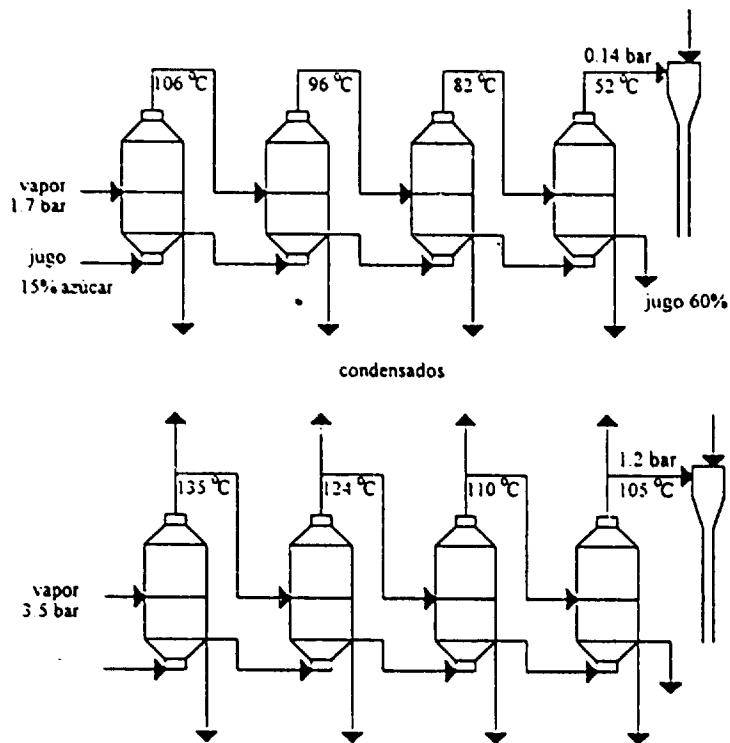
En la Fig 4 se muestran las diferencias en los procesos de concentración (evaporación) para ambas industrias. En Holanda, dado que la disolución de azúcar de remolacha no es tan sensible al efecto de la temperatura puede emplearse vapor a mayor presión y no se requiere que el sistema opere al vacío, como ocurre con el jugo de caña que tiene problemas importantes de caramelización y que, requiere del vacío en el tren de evaporación usando agua en los condensadores barométricos.

Fig 3 Diagrama de bloques del uso del agua en la industria azucarera holandesa



Por otro lado, en la tabla 3 se presenta un esquema comparativo entre el consumo energético y las descargas de aguas residuales de ambas industrias. Puede verse que, en Holanda, en los últimos diez años ha habido un decremento en el consumo energético (esto es, sin embargo, solamente un promedio para cuatro de los siete ingenios). El ejemplo que se presenta para ambos países está bastante cercano al promedio nacional. En México, como puede observarse del ejemplo, las dos terceras partes de la energía provienen del propio bagazo, mientras que en Holanda, dado que la pulpa se usa como alimento del ganado, debe consumirse gas natural y un poco de la energía generada en forma de biogás en las plantas anaerobias de tratamiento.

Fig. 4 Operación de 4 evaporadores para el jugo de la caña (arriba) y de la remolacha (abajo)



La descarga de aguas residuales de este sector industrial en México es realmente impactante, casi el 40% del total nacional (SEDESOL, 1993). Esto da un promedio aproximado de 275 L/kg azúcar. En el caso de la producción de azúcar estándar este valor es menor ya que este dato está dado para las plantas que producen y refinan *mascabado* (nombre dado al azúcar *cruda* o *verde* o que proviene de jugo que no ha sido sulfitado)

Tabla 3 Consumo energético y generación de aguas residuales en industrias tipo holandesas y mexicanas (GEPLACEA, 1994, Guadarrama-Lojero, 1988, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993, NRLO, 1989, Rosales y col., 1990, SEDESOL, 1993, Sven, 1985)

	México	Holanda
Consumo promedio de energía	3.4 GJ/T caña (1990) 35.7 MJ/kg azúcar	1.3 GJ/T remolacha (1984) 9.5 MJ/kg azúcar
Ejemplo	Ingenio Casasano (1988) 3.7 GJ/T caña 32.6 MJ/kg azúcar 72% bagazo 28% combustible fosil	Ingenio Vierverlaten (1993) 0.9 GJ/T remolacha (1990) 6.2 MJ/kg azúcar (promedio de 4) 1.1 GJ/T remolacha 8.4 MJ/kg azúcar 99% gas natural 1% biogás*
Descarga de aguas residuales		
% de descarga industrial	39% del volumen total generado por el sector industrial	1% de las descargas orgánicas de la industria alimentaria (V x DQO)
Volumen de la descarga	275 L/kg azúcar (incluye refinación)	Uso: 3 L/kg azúcar Descarga: 5-6 L/kg azúcar
Ejemplo	Ingenio San Jose de Abajo (1994) 136 L/kg azúcar (agua de proceso, sanitaria, de limpieza y vinazas de planta de etanol)	Ingenio Vierverlaten (1993) 3.4 L agua proceso/kg azúcar 0.3 L agua limpieza/kg azúcar 0.4 L agua de plantas de tratamiento/kg azúcar

*Biogás generado en la propia planta de tratamiento de aguas residuales

En comparación, la rama industrial holandesa de la producción de azúcar representa solamente el 1% del total de descargas generadas por el sector alimentario (NRLO, 1989), evaluado como contenido de materia orgánica contaminante (en términos del volumen total multiplicado por su contenido de material orgánico carbonoso y nitrogenado, medido como demanda química de oxígeno, DQO). La diferencia, de casi un cien por ciento, entre el uso de agua y la descarga, para el caso de Holanda, se debe justamente al agua que contiene la remolacha y a la que adiciona durante la lluvia (que en Holanda es muy abundante) en las plantas de tratamiento, ya que son abiertas.

En los ejemplos para cada país, puede observarse que, para el caso del ingenio San José de Abajo, de México, el total de aguas residuales generadas es de 136 L/kg azúcar (estándar), que incluye aguas de proceso, sanitarias, de limpieza e, incluso, las vinazas y otras aguas residuales de la fábrica de alcohol etílico, con la que cuenta este ingenio. Por ello, aunque su volumen es menor que el promedio, por no realizar reñinación, no lo es tanto, por la generación de aguas residuales en la planta de etanol.

Como contraparte, la descarga del ingenio Vierverlaten, de Holanda, es de 3.4 L en el proceso y de 0.3 L para limpiar los equipos por cada kg de azúcar. También se tiene una descarga de aguas durante el periodo de "reparación" (como se conoce al lapso entre *cafras* o periodos de operación), que se debe al hecho de que esta es la época más fría del año en Holanda y, si no opera el ingenio, no hay agua caliente para su envío a las plantas de tratamiento y, por ende, éstas no pueden operar. Consecuentemente, se almacenan hasta abril, que es cuando se procesan. Las aguas residuales sanitarias producidas, así como las que provienen de los laboratorios, son enviadas al drenaje municipal y no entran a las plantas de tratamiento del ingenio y, por ello, no están consideradas en el balance de agua, aunque su volumen es bastante pequeño en comparación a los otros (de un 3 a un 5% de las aguas de proceso).

En la tabla 4 se presentan las normatividades aplicables a este sector industrial por las autoridades competentes en cada uno de los dos países. En el caso de Holanda, para obtener una licencia de descarga, estas deben cumplir con los límites (que no es el caso de México, donde existe la posibilidad de pagar cuando estos no se cumplen, como lo especifica la *Ley de aguas nacionales*). En caso contrario, deben enviarlas a una planta de tratamiento de aguas ya existente, generalmente operada por las municipalidades y pagar por su tratamiento. Dado el alto costo de estas plantas, todos los ingenios holandeses cuentan con sus propias plantas de tratamiento y cumplen con los límites establecidos por la legislación.

Una diferencia importante entre ambas legislaciones es la que se refiere al volumen descargado, que puede ser diferente para cada fábrica para el caso de Holanda. En Holanda, se usa las *unidades de contaminación* para medir la descarga, que incluyen, además del volumen y el DQO, el contenido de nitrógeno Kjeldahl. Esta variable, junto con el contenido de nitrógeno total, representan un serio problema ecológico en Europa y, por ello, a partir de 1998 se reducirá en Holanda el límite máximo permisible diario de 50 a 10 mg/L.

Por ejemplo, una unidad de contaminación cuesta, más o menos, NS 50.00. Aunque este precio depende de los costos totales anuales de la planta que recibe las aguas a tratar y puede llegar a ser hasta de NS 200.00 unidad de contaminación.

Tabla 4 Normatividades aplicables a México (NOM-CCA-002-ECOL/1993 y Ley de aguas nacionales*) y a Holanda a las descargas de aguas residuales (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993)

Parámetros	Limites máximos permisibles Promedio diario	Limites máximos permisibles Promedio instantáneo
México		
pH	6-9	6-9
DBO (mg/L)	60.0	72.0
Sólidos sedimentables (mL/L)	1.0	1.2
Grasas y aceites (mg/L)	15.0	20.0
Fenoles (mg/L)	0.5	0.75
DQO (mg/L)*	300	-
Sólidos suspendidos totales (mg SST/L)*	30	-
Volumen** (m ³ /mes)	3000	-
Holanda		
Volumen	V ₁	V ₂
pH	6-9	6-9
DBO (mg/L)	20.0	40.0
DQO (mg/L)	100	200
Sólidos totales (mg/L)	30	50
Nitrogeno Kjeldahl (mg N-K/L)	10	30
Nitrogeno total (mg/L)	50	150
Fosforo total (mg/L)	2	6
Unidades de contaminación**		

*La ley de aguas nacionales de México establece como límites mínimos los mencionados para SST, DQO y un volumen mensual menor de 3000 m³, si estos se exceden calcula el costo a pagar como sigue (donde a, b y c son parámetros que dependen de la zona de México donde se encuentre la empresa que descarga las aguas residuales)

$$NS \text{ (Nuevos pesos mexicanos)/mes} = a V + b (DQO-300) \times V \times 10^{-3} + c (SST-30) \times V \times 10^{-3}$$

** Para Holanda, las unidades de contaminación a pagar se miden como

$$\text{unidades (gramos) de contaminación} = V (DQO + 4.57 \text{ N-K}) / 136$$

establecido en la Ley de la Contaminación de Aguas Superficiales

Tabla 5 Datos sobre las características de las aguas descargadas por dos ingenios mexicanos (Rosales y col., 1994, Gotelli, 1993)

Parámetros (Límites de la NOM)	San José de Abajo				Jose Maria Martinez		
	1	2	3	4	1	2	3
pH [6-9]	7.5	5.5	7.3	7.4	4.9	6-9	5.4
DBO (mg/L) [60]	47	6639	128	50	14,200	1,100	1,200
Sólidos sedimentables (mL/L) [1.0]	0.6	1.3	0.5	0.8	1,515	-	4.5
Grasas y aceites (mg/L) [15]	10.6	10.8	-	146	34.3	60	27
Fenoles (mg/L) [0.5]	-	-	-	-	na	na	na

- = not detected

na = not available

Los costos totales de las descargas líquidas en los siete ingenios holandeses son del orden de NS 5 millones anuales, incluyendo no solamente las aguas de proceso, sino también las sanitarias y de laboratorios que se envían a los drenajes municipales. Si, por ejemplo, el ingenio San José de Abajo estuviera ubicado en Holanda, el pago de sus descargas sería de aproximadamente NS 15 millones anuales empleando la tarifa más barata, que es del triple del costo de los siete ingenios holandeses (sin considerar, naturalmente, los otros 60 ingenios mexicanos, algunos de ellos con descargas proporcionalmente mayores, si tienen procesos de refinación y lavado de la caña)

Naturalmente, los límites diarios para los contenidos de material disuelto, medidos como demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO, respectivamente), son tres veces menores en Holanda que en México

Solamente como ejemplo de esto último, se presentan en la tabla 5 algunos datos sobre dos ingenios mexicanos, el ya mencionado de San José de Abajo y el ingenio Jose Maria Martinez. Se listan, para el primero, cuatro diferentes corrientes y, para el segundo, tres. Cada una de ellas, como puede observarse, tiene características muy diferentes entre sí y, además, prácticamente ninguna cumple con la normatividad, especialmente para material biodegradable disuelto (DBO) y grasas y aceites (con excepción de dos)

Cabe mencionar que, actualmente en México, solamente se pagan multas por esta causa, pero no se contempla todavía en la legislación ninguna opción para que se cumplan estos lineamientos. Por el lado de la legislación de aguas que, como ya se dijo, toma como parámetros DQO, SST y volumen global de aguas residuales, se debe pagar acorde a la zona del país donde la empresa esté ubicada (para el caso, por ejemplo, de San José de Abajo, que está en la zona 4, se deberán pagar aproximadamente NS 275 mil anuales). Estos costos, obviamente, no promueven la instalación de plantas de tratamiento, ya que los costos

asociados con su instalación y operación son bastante mayores que los centros municipales o estatales o federales (dependiendo de la jurisdicción a la que se descarguen dichas aguas usadas). Para que este giro industrial realmente considerara la opción de tratar y recibir sus aguas residuales habría que considerar además, el costo por agua de suministro, para que las empresas puedan tener un margen de financiamiento que les permita invertir en este rubro y manejar los costos de disposición de aguas usadas como costos de mantenimiento únicamente.

Las áreas superficiales requeridas en proporción a la superficie ocupada por la propia fábrica de azucar por las plantas de tratamiento (enfriamiento y depuración) de aguas usadas en dos ingenios ubicados en Holanda son muy grandes. Esto se debe justamente al tipo de clima que favorece el enfriamiento hacia la atmósfera sin un gran consumo de energía. Asimismo, otra cosa interesante es que en ambas puede verse el manejo de la pulpa usada para alimento de ganado. Esto da una pauta para las empresas mexicanas que no poseen espacio físico o que su clima no es propicio para el enfriamiento por los gradientes de humedad relativa con el seno del líquido casi inexistentes o por el exceso de lluvias que favorecen la proliferación de fauna nociva (insectos, sobre todo y malos olores provocados por procesos de putrefacción), para que busquen otras opciones de tratamiento que requieran menores superficies y no creen problemas logísticos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro de los factores importantes, que deben considerarse para minimizar la problemática del consumo energético y la generación de aguas residuales contaminantes en la industria azucarera mexicana, están los siguientes:

- características químicas de la caña
- diferencias de proceso en las operaciones de extracción y purificación
- paradas de la operación durante la zafra
- eficiencia de las calderas
- consumo de vapor de escape
- recuperación de condensados
- reutilización del agua de proceso
- calidad del agua de suministro
- temperatura y condiciones ambientales globales en las zonas de ubicación de los ingenios
- inversiones anuales disponibles

Y, a continuación, se desglosa cada uno de ellos.

Características químicas de la caña

Es claro que hay una enorme diferencia entre las características químicas de la caña y el betabel. Estas provocan que el jugo de la caña resulte inestable y fuertemente dependiente de las condiciones de su manejo, transporte y operación de los campos de cultivo al ingenio y en el propio ingenio. Por ello, los consumos energéticos tienen que ser inherentemente mayores, ya que debe operarse a condiciones menos drásticas, sobre todo en las operaciones de concentración y cristalización.

Estos consumos energéticos mayores deben compensarse con los aumentos en el rendimiento azucarero, por lo que es muy importante que el personal técnico y administrativo, consciente de que un manejo inadecuado de la caña desde los cañaverales hasta el ingenio, en los cristales de azúcar redunda en pérdidas de producto final y de su calidad general.

Para el caso de los ingenios holandeses, dado el exceso de nitrógeno requerido por el propio cultivo, se tiene un exceso de este nutrimento en las aguas residuales del proceso y, a la luz de la legislación en puerta que implicara una reducción del 500 por ciento en los valores límites de este contaminante, deben buscarse metodologías de depuración que garanticen su eliminación a costos razonables. Por ejemplo, en la *amalgamación* pueden controlarse las condiciones de operación para minimizar la producción de aminas y otros compuestos nitrogenados que favorecen la liberación de amoníaco en la evaporación y que hacen que este compuesto se vaya con las aguas de condensación (estos son los compuestos, entre otros, que dan las características "amargas" a estos condensados). De la misma manera, la caña contiene un exceso de potasio, el cual llega al final del proceso a la miel (subproducto del proceso, pero materia prima de otros procesos, como el de elaboración de etanol) y de ella puede pasar a otros subproductos o residuos (como las vinazas de las torres de destilación del alcohol etílico), por lo que deben plantearse metodologías de uso de estas aguas residuales en las que no influyan estas concentraciones excesivas de potasio.

Diferencias de proceso en las operaciones de extracción y purificación

Pudo observarse que las mayores diferencias en las operaciones de extracción y purificación para el betabel y la caña están, por un lado, en el consumo de vapor vivo en la zona de batey y molinos (que aumenta el consumo de energía) versus la operación de *difusión* que, aunque es llevada a cabo a condiciones de operación más drásticas pero que, a la vez, no permiten la salida con el agua de difusión de moléculas grandes que contaminarían la disolución, no implican consumos considerables de energía.

Aquí sería importante estudiar el escalamiento de un proceso desarrollado en Jamaica, de "*descascarado*" de la caña (Bourzutschky, 1994) para, posteriormente, someter las micelas que contienen el azúcar a un proceso similar a la difusión, aunque a menor temperatura, para minimizar la presencia de compuestos contaminantes en el jugo de caña que, junto con el proceso "en caliente" de *sulfatación* (también a temperaturas que no alteren las características deseables de la sacarosa, esto es, los problemas de inversión), pero que minimizan el oscurecimiento enzimático del jugo y las reacciones de Maillard, responsables del color café de los cristales de azúcar y haciendo probablemente innecesaria la refinación como ocurre con el azúcar de remolacha. Estos y otros temas pueden dar como resultado proyectos importantes para los centros e instituciones de investigación que, con el apoyo financiero de los ingenios azucareros, podrían revolucionar estas operaciones de extracción y purificación del jugo de caña.

Paradas de la operación durante la zafra

En México es muy común que, cuando hay falta de suministro de caña (sobre todo en fines de semana o días feriados), se suspendan las actividades de operación en los ingenios durante la *zafra*. Estos paros también pueden deberse a fallas mecánicas, ya que como en México no se producen bienes de capital es, en ocasiones, difícil conseguir piezas de recambio o equipos nuevos para substituir aquéllos dañados. Esto conlleva enormes pérdidas de energía y, generalmente, aumento en la producción de residuos, sobre todo líquidos.

Para corregir estas fallas, sobre todo en el primer caso, la problemática estructural mexicana en el campo cañero, así como el punto de la recolección, manejo y transporte de la caña, todavía caen fuera del contexto meramente técnico. Esto significa que las pérdidas de eficiencia causadas por esos rubros no tienen, hasta la fecha actual, una respuesta técnica. En el segundo caso, debe considerarse el hecho tan sabido de que "la tecnología extranjera disponible en el mercado mundial es, casi siempre, la obsoleta" y, por lo mismo, cualquier innovación, ya sea en la substitución de equipos o en la mejora de su operación deben partir del propio país. El uso de materiales de construcción durables, como el acero inoxidable de buena calidad, aunque en su inversión inicial son más costosos, a la larga, dadas las condiciones extremas de pH y temperatura que se manejan en las diferentes operaciones del proceso, pueden implicar menores costos de mantenimiento y operación, mejorando notablemente las condiciones de trabajo y minimizando las pérdidas de energía y materias primas y productos terminados en las aguas residuales, provocadas por los paros técnicos.

Eficiencia de las calderas

En Holanda, una eficiencia del 90% puede considerarse normal, mientras que en México es, generalmente, cercana al 60%. En primer término, la problemática del uso del bagazo, un compuesto altamente perecedero que, nuevamente, por problemas estructurales, no era usado eficientemente y, para evitar su acumulación, se quemaba indiscriminadamente sin preocuparse por la eficiencia energética derivada de este uso, representa un rubro importante en esa falta de eficiencia. Sobre todo, el hecho de que, hasta hace unos años, no era posible vender el posible exceso de energía eléctrica generada por su combustión, hacía que se desperdiciara este recurso y se manejara inadecuadamente. Desafortunadamente, los malos usos y costumbres son difíciles de desarraigar y, conjuntados con la disponibilidad de equipos obsoletos y con pobre mantenimiento, implican un esfuerzo verdaderamente importante por parte del personal técnico, no solamente económico (para la adquisición de equipos eficientes de combustión que permitan cogenerar energía eléctrica a costos rentables), sino de cambio de la filosofía de trabajo. Incluso, como se mencionaba anteriormente, si se logra instrumentar una nueva metodología de extracción en la que se separe la fibra rígida externa, esta puede emplearse, de manera directa en la industria de la celulosa y las mucelas extraídas pueden alimentarse directamente a las calderas en mejores condiciones de operación, garantizando la generación de vapor de alta presión y la recuperación del calor de los gases excedentes y minimizando la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera (compuestos carbonosos parcialmente quemados). También deberá contemplarse, en el mediano plazo, la minimización de la generación de gases considerados contaminantes (como los óxidos de

nitrógeno, el monóxido de carbono y los óxidos de azufre) y para ello, debe controlarse estrictamente la operación de las calderas. La problemática mencionada del uso de vapor vivo, que implica la generación de vapor de baja presión es un obstáculo para mejorar la eficiencia de operación. Esto, a la luz de la posibilidad de cogenerar energía eléctrica de manera continua para el suministro confiable de posibles receptores, puede implicar un cambio estructural importante en el ahorro de energía en los ingenios (operando incluso durante la *reparación*, si no con bagazo porque no se haya logrado tecnológicamente almacenarlo sin riesgos, si con otro combustible, para mantener una generación continua de fluido eléctrico).

Consumo de vapor de escape

El vapor de escape se usa, en los ingenios mexicanos, en los intercambiadores de calor, en los evaporadores y en los cristalizadores o *tachas*. En el caso de los evaporadores, puede ahorrarse vapor de escape por el uso del agua evaporada en cada efecto o cuerpo del evaporador, como vapor del siguiente. Otra forma de ahorrarlo, es empleando esta agua evaporada como medio de calentamiento en las primeras etapas del precalentamiento o en los *tachas*, que generalmente operan a temperaturas menores. Aquí resulta importante hacer una "auditoria" de gradientes térmicos para determinar la pertinencia del suministro de energía de un vapor dado para encontrar los puntos óptimos y aprovecharlo al máximo.

Recuperación de condensados

Se estima que aproximadamente el 10% de las pérdidas de energía en los ingenios mexicanos está asociada a la falta de recuperación de condensados (Azúcar S.A., 1987). Esto conlleva el aumento del flujo de salida de aguas residuales que, además, llevan contaminación en forma de energía térmica. En este punto, al igual que en el anterior, la "auditoria" energética conllevará una minimización de estas pérdidas. En el punto siguiente se redondeará la idea que puede coadyuvar a mejorar este rubro.

Reutilización del agua de proceso

Este rubro, no solamente reduce los costos por pago de aguas de suministro, sino que garantiza una fuente confiable de agua de mejor calidad (punto siguiente). Como se mencionaba, se tienen varias corrientes importantes de aguas de proceso y la clave del éxito obtenido en Holanda para reducir los costos de tratamiento para su recirculación y disposición última, es la *segregación* (separación de corrientes dependiendo de sus características fisicoquímicas y bioquímicas).

En el esquema actual de los ingenios mexicanos, más del 75% del suministro de agua es empleado en los sistemas de condensación del agua evaporada en evaporadores y *tachas*. En principio, esta agua contiene como contaminante energía térmica y arrastres de gotas de miel y gases incondensables disueltos. Su recirculación dependerá de la reducción de estos contaminantes (sin olvidar que siempre se tendrán otros contaminantes derivados de su

tratamiento, sean purgas de torres o de albercas de enfriamiento, sean microorganismos generados por la conversión de los azúcares presentes en nueva biomasa - o la posible adición de sustancias biocidas para evitar esa proliferación microbiana, especialmente en las torres de enfriamiento, que implica un enorme cuidado y estrictas normas de operación para evitar la contaminación del producto, el azúcar, que es un alimento de consumo humano directo)

En los mismos ingenios mexicanos, el agua de enfriamiento de equipos en las áreas de generación de energía eléctrica, extracción y purificación (conocidas generalmente como áreas de *bateo* y molinos) se contamina generalmente con las grasas y aceites usados para la lubricación de ellos. También se ha observado que esto ocurre, más por deficiencias en la operación que por problemas técnicos inherentes a los equipos. Nuevamente, como se mencionaba en el caso del uso del bagazo, los malos usos y costumbres son difíciles de desarraigar y deberá hacerse un gran esfuerzo para que el personal técnico y obrero asimile esta problemática de que es más costoso en tiempo, dinero y esfuerzo esta forma de operar, que los supuestos beneficios que conlleva el "bañar externamente" los equipos con agua fría, removiendo y arrastrando los fluidos lubricantes con ella, así como de no reparar en forma inmediata las fisuras o roturas en los sistemas internos de enfriamiento que permiten la mezcla de fluidos lubricantes con fluidos de enfriamiento. La remoción de estas grasas y aceites de las corrientes resultantes es siempre ineficiente (no existe hasta el momento ninguna tecnología disponible para garantizar una depuración cercana siquiera al 80%, ni aun en la industria petrolera con los separadores llamados *API*, por *American Petroleum Institute*) e implica su traslado y subsecuente contaminación hacia otras fuentes acuíferas.

Asimismo, en el sector mexicano, el agua procedente de *liquidaciones* y de lavados de equipos contiene cantidades importantes de material biodegradable (azúcares y otros compuestos químicos derivados de la propia caña y sus productos) y de origen químico, como es el caso de las aguas procedentes del lavado de superficies de transferencia de calor (sosa y ácido clorhídrico). Su vertimiento directo en cuerpos receptores (suelos de cañaverales o fuentes acuíferas) viola las normatividades existentes, lo que trae como consecuencia los requerimientos de pagos de multas y/o derechos de vertimiento de aguas usadas en cuerpos receptores. Por ello, como en el caso de los ingenios holandeses, debe plantearse su depuración. Los flujos, sobre todo durante la *cifra*, no son muy considerables (en general, junto con las aguas sanitarias, representan todas juntas, menos del 25% del total, aunque si hay paradas, las posibles *liquidaciones*, sobre todo de equipos clarificadores, pueden representar volúmenes y cargas contaminantes muy importantes). La selección del diseño de los sistemas depurativos dependerá en gran medida de los dos últimos puntos aquí considerados (temperatura y, en general, condiciones ambientales globales en las zonas de ubicación de los ingenios y monto disponible para inversiones anuales). Existen, como en el caso de los equipos para el procesamiento de la caña, tecnologías disponibles, las cuales son generalmente obsoletas en los países de origen (y de ahí su disponibilidad). Por ello, con ese punto, deben estudiarse las opciones a la luz de las condiciones particulares de cada ingenio y de cada corriente particular (sea de lavados ácidos y alcalinos, sea de *liquil* *veinnes* de clarificadores, sea de lavado de tanques de miel, sea de aguas sanitarias, etc).

Calidad del agua de suministro

Un problema actual para la industria azucarera mexicana es la disponibilidad de agua de suministro de buena calidad. Precisamente como las otras ramas industriales que en la historia política que la azucarera y los asentamientos humanos no son la excepción, se vierten las aguas usadas en los cuerpos receptores, especialmente suelos y fuentes acuíferas, lo que ocasiona que, sobre todo estas últimas, se encuentran altamente contaminadas.

Naturalmente que la normatividad que busca proteger estas fuentes acuíferas (superficiales y subterráneas) rige, no solamente para la industria azucarera sino para todas las ramas industriales y para los asentamientos humanos. Obviamente, si todos inician programas de cumplimiento, mediante el empleo de sistemas de depuración antes de verter sus efluentes líquidos a estas fuentes, en el mediano plazo, ya no estarán contaminadas.

Sin embargo, en las condiciones actuales, cada empresa (y la rama azucarera no es la excepción), debe depurar su fuente de agua de suministro para que cumpla con sus requerimientos, tanto para el proceso como para otros usos. Por ello, es tan importante el rubro anterior de reutilización o reciclado de las aguas de proceso, de enfriamiento y sanitarias, con el objetivo de minimizar los costos de tratamiento del agua de suministro.

En particular, el agua usada para la generación de vapor, que debe estar libre de sales u otros compuestos químicos que puedan incrustarse en las superficies de transferencia de calor, debe provenir de fuentes confiables, como serían los condensados limpios y una pequeña cantidad de agua para reposición de las pérdidas que se llegaran a tener en el proceso (pero dado que la caña posee una porción considerable de agua que se evapora en los diferentes efectos de los sistemas de evaporación y cristalización, esta debería poder emplearse para este fin, aun cuando su temperatura fuera menor que la de ebullición en las calderas). Asimismo, de estos mismos condensados puede usarse el agua requerida por los sistemas de imbibición, lavado de tortas de cachaza, preparación de lechadas de cal, etc.

Para el caso del agua requerida en el enfriamiento de equipos (chumaceras, turbogeneradores, etc), como ya se mencionó, debe tenerse especial cuidado de que no se contaminen con las grasas y aceites usados para su lubricación, con objeto de reciclarla a sistemas de enfriamiento y reusarla. Este flujo en particular es tan pequeño que puede manejarse con sistemas de refrigeración operados incluso con los propios sistemas de generación, minimizando aun más los requerimientos de agua de suministro.

Para los requerimientos sanitarios, en los que el agua de suministro debe tener una calidad específica, conocida como *potable* (especialmente en cocinas y agua de primer uso en lavabos y regaderas), que impida problemas de salud pública, es importante su tratamiento e higienización. En el caso de las instalaciones mexicanas, esto representa un costo adicional importante, sobre todo si el ingenio provee de agua potable a las zonas residenciales habitadas por su personal técnico, administrativo y obrero y sus familias. Por ello, en la medida en que el agua suministrada sea reutilizada con niveles de calidad aceptables, estos costos pueden minimizarse.

Temperatura y condiciones ambientales globales en las zonas de ubicación de los ingenios

Las condiciones ambientales, como el clima, la humedad relativa, la temperatura promedio anual, la pluviosidad, el tipo de suelos aledaños a las industrias azucareras, la disponibilidad de terrenos para la instalación de las obras de tratamiento de aguas y de almacenamiento de subproductos (bagazo, pulpa, cachaza, miel final, etc), son rubros determinantes en la toma de decisiones para definir sistemas novedosos de operación que optimicen el proceso o para depurar y reciclar aguas usadas.

En el caso de Holanda ya se comentaba el hecho de que, durante el invierno, las plantas de tratamiento de efluentes líquidos no pueden operar y que deben existir áreas disponibles para el almacenamiento de esas aguas hasta el periodo en el que reinician actividades. En el caso de México, el hecho de que la mayor parte de los ingenios azucareros se encuentran ubicados en zonas trópico-húmedas, dificulta y hace sumamente costosos los sistemas de enfriamiento de agua (y su consecuente recirculación). Este es un reto interesante que debe entusiasmar a los grupos de investigación y aplicaciones tecnológicas para, empleando sistemas ingeniosos, lograr la reducción de gradientes de temperatura entre 10 y 15°C, a costos razonables.

Los sistemas depurativos y de tratamiento empleados en esos dos ingenios holandeses tienen requerimientos de área muy grandes. Esto probablemente obedece, entre otras cosas, al hecho de que, dadas las temperaturas ambientales existentes, se aprovechan los gradientes para incrementar la eficiencia de transferencia de masa y calor (fenómenos asociados con el enfriamiento y el tratamiento aerobio de contaminantes carbonosos como los derivados del azúcar), cosa que no ocurriría en México y, por el contrario se favorecerían los malos olores por anaerobiosis y la proliferación de insectos nocivos.

En el caso de algunos ingenios mexicanos, debido al aumento de las manchas urbanas, la disponibilidad de áreas aledañas es prácticamente nula. Esta situación, por ende, guía la selección de sistemas de tratamiento y depuración más compactos y que requieran áreas considerablemente menores.

Inversiones anuales disponibles

Por último, pero obviamente no menos importante, se encuentra el rubro financiero. Para mejorar la operación y reducir los consumos energéticos y de uso eficiente del agua se requiere de inversiones importantes de capital. Naturalmente, la situación de los ingenios holandeses es más favorable, ya que las políticas proteccionistas de la Comunidad Económica Europea mantienen un precio estable para el azúcar que permite invertir para cumplir con los requerimientos normativos existentes. El valor de las inversiones anuales en Holanda es relativamente considerable, de NS 25 hasta 30 millones por cada ingenio (Suiker Unie, 1991; Suiker Stichting Nederland, 1989). En México, la mayor parte de los ingenios llevan a cabo solamente las inversiones mínimas necesarias para la reparación y mantenimiento de sus equipos y, casi siempre, esto no es suficiente, sobre todo a la luz de los puntos mencionados de ahorros de energía y agua, sin dejar de mencionar los rubros de la innovación tecnológica que permitan producir azúcar a costos menores (al aumentar la calidad total, reduciendo sus pérdidas a lo largo del proceso).

La negociación con el sector gubernamental es vital, ya que existe, *de facto*, proteccionismo para este rubro industrial en todos los países del orbe y, consecuentemente, los precios internacionales no reflejan los verdaderos costos de producción. Aquí, para esta negociación gobierno-empresas, lo que debe regir es la productividad como factor de comparación con los pares de otros países. En la medida en que esta mejore, el gobierno puede ir dando incentivos. Un ejemplo es el decreto presidencial, aparecido en el *Diario oficial de la federación* del 15 de julio de 1994 que, aunque adolece de seriedad técnica en lo que a los lapsos otorgados se refiere, es un principio para promover la depuración y reaprovechamiento del agua. Si este decreto se corrigiera desde el punto de vista técnico y se enriqueciera en la forma de incluir exenciones en el pago de agua de suministro y no solamente de vertimiento de aguas usadas, exigiendo la reinversión de las cantidades equivalentes en obras que redunden justamente en la minimización de su consumo y su máximo reaprovechamiento, se lograría que las industrias azucareras en solamente cinco a diez años, redujeran y optimizaran su consumo de agua. Podrían establecerse metas al mediano y largo plazos de consumos de agua por unidad de azúcar producida y aumentar los incentivos a aquellas empresas que los logran más rápidamente.

Puede concluirse de este análisis comparativo entre los ingenios holandeses y mexicanos que estos últimos pueden mejorar substancialmente su operación, con el consecuente ahorro de energía y de agua, a través del estudio y evaluación de los siguientes puntos. Los ingenios azucareros mexicanos (empresarios, técnicos, obreros, cañeros, transportistas y personal administrativo) pueden demostrar que tienen la habilidad para hacer que la industria azucarera recupere el lugar que merece en la generación de empleos, en el reaprovechamiento de la energía solar, una fuente renovable a través de la fotosíntesis y en el mejoramiento del bienestar de ellos mismos y sus familias. Para lograr estos objetivos se destaca que:

- Es posible estudiar otras tecnologías para extraer el azúcar de la caña. Un posible ejemplo es el de separar la estructura celulósica rígida de la caña y extraer de las micelas de médula el azúcar por difusión, sin menoscabo de buscar otros métodos *ad hoc* para las características inherentes a la caña de azúcar, haciendo innecesarias las operaciones unitarias que constituyen la refinación de azúcar *musechulo*.
- Es posible ahorrar energía usando el agua evaporada generada en los evaporadores para precalentar el jugo y en los tachos, reduciendo el consumo de vapor de escape.
- Es posible estudiar si el jugo precalentado puede sulfitarse más fácilmente, reduciendo las reacciones de oscurecimiento enzimático y de Maillard, para obtener azúcar de calidad más cercana a la refinada. Se ha corroborado que si el jugo entra a 70°C a las torres de sulfitación se disminuye el consumo de azufre y, posteriormente, de lechada de cal (la cual también está caliente, ya que se elabora con los condensados recirculados). Consecuentemente, se tienen menos problemas posteriores de incrustación en los sistemas de calentamiento (por la precipitación de sulfato de calcio, que es mayor a altas temperaturas y, por ende, precipita en los clarificadores y no en los haces de tubos de las superficies de calentamiento de precalentadores de jugo y evaporadores).

- Es posible mejorar la eficiencia de intercambio de calor en los sistemas de evaporación, mediante la eliminación de sales de calcio disueltas en el jugo clarificado. Un ejemplo, siguiendo lo que se hace en los ingenios holandeses es a través del uso de dióxido de carbono (pudiendo usarse el producido durante la fermentación de melazas, por ejemplo, en los ingenios que cuentan con fábrica de alcohol etílico), para reducir los problemas de incrustación en los haces de tubos de los sistemas de intercambio de calor.
- Es posible cogenerar energía eléctrica comercialmente en forma continua (durante *zafra* y *reparación*) para optimizar el uso del bagazo, complementándolo con otro tipo de combustible para el periodo de *reparación*, obteniendo beneficios económicos que amorticen en tiempos relativamente cortos los costos de inversión asociados con la adquisición de calderas y turbinas de alta presión y
- Es posible instrumentar sistemas de segregación de efluentes líquidos en los ingenios que den la pauta para seleccionar los sistemas idóneos de tratamiento y depuración de las diferentes corrientes para su reúso o disposición última. Esta segregación hará que los sistemas sean seleccionados con base en las características fisicoquímicas y bioquímicas de cada agua residual reduciendo su costo por unidad de volumen y de elemento contaminante y optimizando su operación. Dado que el consumo de agua en los ingenios es enorme (la mayor para el sector industrial mexicano, ya que es de casi el 40% del total nacional) y actualmente existe una política gubernamental para reducirla a través del cobro de su uso y aprovechamiento, los fondos que debieran dedicarse a estos pagos podrían usarse para reformar las líneas de drenajes e instalar los sistemas de tratamiento y depuración que garanticen su reúso y consecuente reducción de volúmenes empleados por unidad de azúcar producida, mediante una negociación concertada entre este sector industrial y el gobierno federal, estatal y/o municipal pertinente.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los Dres. Enrique Witwer, Helmut Bourzutschky y Mariamela Cordoves y al Ing. Luis Eduardo Zedillo, del Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA), su invaluable apoyo para la realización de este trabajo, así como al Ing. Guillermo Segura, del Grupo Beta San Miguel, por la información técnica que contribuyó a enriquecer este trabajo. Asimismo, agradecen al Dr. Mariano Bauer, del Programa Universitario de Energía de la UNAM, al Dr. Carlos Escobar, de la Facultad de Química de la UNAM y al Dr. Hanssens, coordinador medioambiental de la *Suiker Unie* (Unión del Azúcar) por la información suministrada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azúcar S.A. 1988. Informe de labores 1986-1987. México D.F. México.
- Bourzutschky, H. 1994. Comunicación personal. GEPLACEA. México D.F. México.
- CEE. 1994. Comisión de la Comunidad Europea. De toestand van de landbouw in de Gemeenschap (La situación de la agricultura en la Comunidad). Bruselas, Bélgica.
- Comité de la Agroindustria Azucarera. 1993. Resumen del avance de la zafra 1992/1993. México D.F. México.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Pp. 3-8 (Primera sección). Julio 15. México D.F. México.
- GEPLACEA, 1994. Datos no publicados, facilitados por el Dr. E. Witwer. México D.F. México.
- Gotelli, J. 1993. Using economic incentives to promote sustainable industrial practices. A case study of the sugar industry in Mexico. Thesis. Master of Arts in Urban and Environmental Policy, Tufts University, Master of Arts in Law, The Fletcher School of Law and Diplomacy. EEUU.
- Guadarrama-Lojero, H. 1988. Desarrollo de una metodología para diagnóstico energético aplicada a un ingenio azucarero. México D.F. México.
- Macrae, R. 1993. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Vol. 7. Oxford, Inglaterra.
- Ministere van Verkeer en Waterstaat (Secretaría del Tráfico y del Agua). 1993. Vergunningsaanvraag en vergunning afvalwaterlozing Vierverlaten (Licencia de descarga de aguas del ingenio Vierverlaten). Amsterdam, Holanda.
- NRI.O. 1989. Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRI.O, Consejo Nacional de la Investigación Agropecuaria). Milieuproblematiek van de voedings- en genotmiddelen industrie (Problemática del medio ambiente en la industria de alimentos). Den Haag, Holanda.
- Rosales, J. y Durán-de-Bazúa, C. (Coordinadores globales), Acosta, E., Ayala, A., Bautista, F., Bernal, M., Campos, T., Corona, A., Cortés, P., Domínguez-Taylor, P., Juárez, R.M., López-García, J., López-Lena, A., Luna-González, L., Luna-Pabellón, N.M., Martínez-Garza, M.A., Mendoza, G., Ramírez, L.F., Sánchez-Torres, A. 1994. Estudio ambiental de un ingenio azucarero/alcobolero. Int. me. técnico de proyecto AZUCAR-01-94. Pub. PIQUAQUA (Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental). Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

SEDESOL 1993 Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992. México D.F. México

Simposio Nacional 1993 La Capacitación y el Desarrollo Tecnológico en el Campo Cañero Mexicano Libros de memorias. Xalapa, Ver. México

Suiker Stichting Nederland (Fundación del Azúcar de los Países Bajos) 1989 De Nederlandse Suiker Industrie (La industria azucarera holandesa) Amsterdam, Holanda

Suiker Unie, informatiebrochure (Cuaderno de información de la Unión del Azúcar), 1991

Sven, A. 1985 Energiebesparing in de suikerindustrie (Ahorro de la energía en la industria azucarera) Apeldoorn, Holanda

PROGRAM

We. March 15, 1995

- 8:15-8:30 Chairwoman / Marianela Cordovés, GEPLACEA
CONFERENCISTS PRESENTATION
- 8:30-9:15 *First conference: Establishment of a cleaner production techniques center*
Jesús Romero-Chávez, IMIT
- 9:15-10:00 *Presentation of the project Cleaner production techniques in the sugarcane agroindustry (UNIDO Project US/INT/91/217/15-01-2)*
Sergio M. Miranda da Cruz, ONUDI/UNIDO
- 10:00-10:30 *Coffee break*
- 10:30-12:45 *Segunda conferencia: Tecnologías más limpias, un acercamiento al mejoramiento de la productividad y a la protección del ambiente para ingenios azucareros mexicanos/Second conference: Cleaner technologies, an approach to productivity and environmental protection improvements for Mexican sugarcane factories*
María del Carmen Durán de Bazúa, UNAM/UNIDO
- 12:45-14:15 *Lunch break*
- 14:15-18:00 *Results presentation for the UNIDO project*
(Chairwoman / Carmen Durán, UNAM/UNIDO)
- 14:15-15:15 **SUBJECT: SAN FRANCISCO AMECA SUGARCANE MILL**
Alfonso Gunter González
Francisco López Fierros
- 15:15-16:15 **SUBJECT: CENTRAL MOTZORONGO SUGARCANE MILL**
Manuel Enriquez Poy
Antonio Sarmiento
- 16:15-16:45 *Coffee break*
- 16:45-17:45 **SUBJECT: EL POTRERO SUGARCANE MILL/ETHANOL FACTORY**
Álvaro Zamudio Tiburcio
Martín Flores

Case problem: El Potrero sugarcane industry

DR. ALVARO ZAMUDIO TIBURCIO
Environmental consultant, Grupo CAZE
ING. MARTIN FLORES
Elaboration Superintendent, Ingenio El Potrero

Carretera 165, 4° Piso, Col. Chapultepec Morales, 11550 Mexico DF, Tel: 327-7330, Fax: 327-7331 al 39
Asociación Rural D. Congregación Miguel Alemán, Veracruz, México Tel: (91-273) 54311, 54033 y 54036, Fax: 5-0348

ABSTRACT

The mill El Potrero is located at about 20 km northeast of Córdoba, Veracruz, Mexico. It now process up to 11,000 tons of sugarcane and produce about 1,400 tons refined sugar every 24 hours, and between 4 and 6 million liters of ethanol per year. During the first year of the UNIDO project (1993-1994), a global assessment of the mill was carried out, examining water consumption, and possible dissolved pollutants, generation of solid residues, air pollution, and other problems that reduce the overall quality and contribute to environmental pollution. In this second phase of the project (1995-1996), the assumptions concerning water use and wastewater generation and quality will be corroborated in order to propose solutions that are technical and economically viable to operate more efficiently and with a cleaner concept.

Cleaner technologies, an approach to productivity and environmental protection improvements for Mexican sugarcane factories

DR.-ING. CARMEN DURÁN DE BAZÚA
UNAM Program for Environmental Chemical Engineering and Chemistry (PECEC)
Paseo de la Investigación Científica s.n. Conuato 7E, Fac. Química, Lab. E-301, Ciudad Universitaria 04510 México DF, Tel: (55) 622-5301 al 04, Fax: (55) 622-6619, 622-5303
Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM
Grupo de Desarrollo de Tecnologías Limpias y Procesamiento de Alimentos, Esquibarras y Servicios Agrícolas, Laboratorio 201, Edificio "B", Tel: (55) 622-3712, Fax: (55) 610-2607

ING. ELISABETH KLOMP

VAKGROEP ONTWIKKELINGSRUDE FACULTEIT BEDRIJFSKUNDE
UNIVERSITEIT TWENTE, NEDERLAND (HOLLANDA), FAX (31) 53-340822

The problems confronted by the developing countries to reach an industrial sustainable growth are extremely complex, particularly now, when environmental protection actions are being strengthened towards the industrial sector. The industrial branches in the developing countries have in general obsolete processes and machinery. Due to this, they confront a lack of competitiveness at international level, and therefore have no money to invest in research and development leading in a vicious cycle, since they cannot acquire new clean technologies but in uncompetitive ones. These so-called uncompetitive technologies are the ones left over by developed nations because they are energy consuming and polluting ones. Therefore, it is important that their industries receive the support from non profit international agencies such as the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), to carry out studies that allow them to go towards a sustainable growth according to the particular conditions of each country, and to the protection of the environment. This project deals with three sugarcane agroindustries, trying to choose those that were different either due to the process or to the technical problems involved. One of them is located in the state of Jalisco and its main product is standard sugar (purified using the sulfitation process). The other two industries are located in the state of Veracruz. One of them has as final products refined sugar and ethyl alcohol. The other one is similar to the one in Jalisco but its approach to solve its environmental and technological problems is somewhat different to the Jalisco's one. Here a comparison among Mexican and European, namely Dutch sugarcane mills is given as a framework of what Mexican mills are to be facing in terms of productivity and international competition.

Case problem: Central Motzorongo sugarcane industry

ING. MANUEL ENRÍQUEZ POY

General Director, Ingenio Central Motzorongo

ING. ANTONIO SARMIENTO RÍOS

Head of the Chemical Laboratory, Ingenio Central Motzorongo

Rubén Dario 69, Col. Chapultepec Morales. 11570 México D.F. Tel. y Fax 531-2431
San Francisco Ameca, domicilio conocido, 46600 Ameca, Jalisco, México. Tel. 91-375-8-0170, Fax 8-0900

ABSTRACT

Central Motzorongo mill is located at Motzorongo, Veracruz, México. It processes 7,500 tons of sugarcane per 24 hours, producing about 750 tons of standard sugar per day. During the first year of the UNIDO project ONUDI (1992-1993), a global evaluation concerning the problems confronted by this plant was performed. Particularly, water consumption estimates as well as pollutants concentrations were among the parameters considered. In this second stage of the project (1994-1995), estimates were corroborated. The technical solutions that, according to the economical possibilities of the mills, were started to promote a cleaner and more efficient operation were carried out in the "repair" lapse for 1994. Some of them were the reduction of overall cooling water consumption in evaporators and crystallizers. This saving was reached through the changing of barometric condensers of the multijet spray type to counter-current heat exchangers increasing the vapors condensation. Also, the cooling pond efficiency was enhanced through the changing of "rosettes". Cachasse is now removed from the plant in "solid" state and sent to the cane fields as soil improver, in cooperation with the landowners. Cooling systems for the equipments in cane receiving areas and mills has been designed and built by the mill professionals, and will be soon in operation, saving cooling water. Grease and oil separators in *ad hoc* have been also devised. Complementary equipment to improve the activated sludge sewage type of wastewater treatment plant performance is also under way. Water savings in steam generation through the re-evaporation of clean condensates is another program elaborated in cooperation with SUCROMER are also presented.