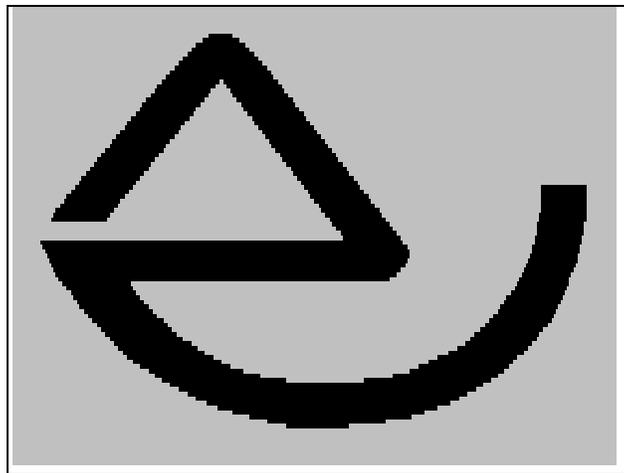


MINISTERIO DE ECONOMIA Y PLANIFICACION

INSPECCION ESTATAL ENERGETICA

MANUAL DE CALCULO RAPIDO PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA

1997



En 1970 la Organización Internacional del Azúcar adoptó como símbolo del azúcar natural el que se muestra en esta página

**ELABORADOYCOMPILADOPOR: PEDRORODRIGUEZ ECEMENDIA
INGENIERO TERMOENERGETICO
INSPECTOR ESTATAL DE ENERGIA**

INDICE

| | |
|---|----|
| - Introducción | 7 |
| - Variables y parámetros para el cálculo del consumo de vapor | 9 |
| - Factores que influyen en la eficiencia térmica de un central azucarero | 11 |
| - Guía cualitativa de inspección sin utilizar medios de medición para la realización de una auditoría energética a la industria azucarera | 14 |
| . Política energética | 14 |
| . Cultura de producción y disciplina tecnológica | 18 |
| . Preparación de la caña y molienda | 19 |
| . Recuperación, utilización de la energía secundaria y economía del condensado | 21 |
| . Generación de vapor y distribución | 24 |
| . Utilización de la energía eléctrica | 30 |
| . Iluminación | 34 |
| . Utilización del combustible | 35 |
| . Aceites y grasas de uso industrial | 38 |
| . Aprovechamiento de otras fuentes de energía | 39 |
| . Climatización y refrigeración | 40 |
| . Medición y control automático | 42 |
| . Casa de calderas | 44 |
| . Consumo y ahorro de agua | 48 |
| . Estimulación moral y material | 50 |
| . Hornos de cal | 51 |

| | |
|---|----|
| . Compresores de aire | 53 |
| - Fórmulas generales | 54 |
| - Consumo de vapor para el calentamiento del guarapo en el calentador o calentadores | 54 |
| - Consumo de vapor en el primer evaporador de múltiples efectos | 54 |
| - Consumo de vapor en los tachos | 55 |
| - Consumo de vapor en las turbinas | 55 |
| - Eficiencia de la turbina | 56 |
| - Consumo de vapor de las máquinas reciprocantes | 56 |
| - Consumo de vapor en los eyectores | 56 |
| - Consumo de calor y/o vapor necesario para el calentamiento de las melazas almacenadas | 57 |
| - Cálculo de la temperatura de salida del condensado de cada evaporador | 57 |
| - Cálculo de la cantidad de vapor saturado que se produce por revaporización | 57 |
| - Cálculo de la cantidad posible de números de efectos del múltiple | 58 |
| - Eficiencia del área de evaporación | 58 |
| - Cantidad de agua necesaria en el condensador | 58 |
| - Cantidad de vapor que va al condensador | 59 |
| - Apuntes generales | 60 |
| . Generales | 60 |
| . Preparación de la caña | 62 |
| . Calentadores | 64 |
| . Evaporadores | 65 |

| | |
|--|----|
| . Tachos | 66 |
| . Generadores de vapor | 67 |
| . Turbinas de vapor | 68 |
| . Máquinas de vapor | 69 |
| . Consumos de vapor | 69 |
| . Pérdidas de vapor | 70 |
| . Energía eléctrica | 71 |
| . Consumo de calor | 71 |
| . Requerimientos de agua | 71 |
| - Indices energéticos de capacidades de algunos equipos para ingenios que producen azúcar crudo en Cuba | 72 |
| - TABLAS | 84 |
| - Consumo de diesel en las plantaciones cañeras | 84 |
| - Características de los residuos cañeros | 84 |
| - Composición aproximada de la caña de azúcar | 84 |
| - Composición de la caña de azúcar y de los sólidos del jugo | 85 |
| - Productos y cantidades que se obtienen por cada 100 toneladas métricas de caña procesada | 86 |
| - Peso de un saco de azúcar | 86 |
| - Cuadro comparativo de pérdidas por días de caña cortada hasta ser molida | 87 |
| - Cantidad de vapor aproximado que va al condensador según el tipo de arreglo existente en el área de evaporación | 88 |
| - Superficie calórica necesaria en aparatos evaporadores | 88 |

| | |
|--|----|
| - Temperatura de ebullición de las meladuras según su concentración | 88 |
| - Pérdida de calor por radiación en % del vapor dado al primer vaso, en un múltiple efecto | 88 |
| - Punto de ebullición del agua al vacío | 89 |
| - Capacidad de los evaporadores en pies cuadrados de superficie calórica por cada 100 @ de guarapo o caña | 89 |
| - Pérdidas por radiación por pies cuadrados en hierro colado o hierro maleable sin protección en los evaporadores | 89 |
| - Pérdidas de calor en los evaporadores, siendo 100 las pérdidas con una superficie no aislada | 90 |
| - Composición de las masas cocidas y mieles, en el caso de tres masas cocidas | 90 |
| - Consumo de vapor en tachos | 90 |
| - Pérdidas térmicas por metro lineal de tubería sin aislamiento | 91 |
| - Eficiencia termodinámica de las máquinas de vapor | 92 |
| - Eficiencia termodinámica de equipos accionados con vapor | 92 |
| - Eficiencia termodinámica para turbinas | 92 |
| - Eficiencias termodinámicas típicas de turbinas para su comparación | 93 |
| - Eficiencia para turbinas de más de 10 MW | 93 |
| - Valor combustible del bagazo según su humedad | 94 |
| - Pérdida de combustible según el por ciento de CO ₂ en los gases de salida de la caldera | 94 |
| - Pérdida en los gases de chimenea según temperatura de salida | 94 |
| - Determinación del índice de generación (kg de vapor/kg de bagazo) | 95 |
| - Tabla de eficiencia de las calderas según el tipo instalada | 96 |
| - Gráfico del generador de vapor tipo RETO | 97 |

| | |
|---|-----|
| - Gráfico del generador de vapor Alemán | 98 |
| - Gráfico del generador de vapor tipo RETAL | 99 |
| - Datos comparativos entre la caldera original alemana y la caldera retal | 100 |
| - Parámetros obtenidos durante las pruebas y cálculos para la caldera alemana antes y después de la remodelación | 101 |
| - Caldera reto (datos mecánicos) | 102 |
| - Datos termoenergéticos caldera reto | 104 |
| - Superficies de transferencia y volúmenes de la caldera reto..... | 105 |
| - Requerimiento de energía para proceso convencional(cuádruple con vapor cell) | 106 |
| - Comparación entre centrales que utilizan presiones y temperaturas convencionales vs. los de alta presión | 106 |
| - Distribución de la energía en producción de azúcar de caña | 107 |
| - Consumo de energía en las centrífugas | 108 |
| - Comportamiento de indicadores energéticos en el MINAZ | 109 |
| . Consumo de portadores energéticos | 109 |
| . Indicadores energéticos | 109 |
| . Consumo de energéticos (t/t azúcar producida) | 109 |
| . Generación y consumo de electricidad | 110 |
| . Consumo de fuel oil (índices) | 110 |
| . Consumo de leña | 110 |
| - Estadística Azucarera Mundial | 111 |
| . Países mayores consumidores de azúcar centrifugada | 111 |
| . Países mayores productores de azúcar centrifugada | 111 |

| | |
|---|-----|
| . Países mayores exportadores de azúcar centrifugada | 111 |
| . Países mayores importadores de azúcar centrifugada | 111 |
| . Países mayores exportadores de azúcar blanca | 112 |
| . Países a quien tradicionalmente Cuba exporta más azúcar | 112 |
| . Países mayores consumidores de azúcar per capita | 112 |
| . Países mayores importadoras de azúcar blanca | 112 |
| . Precios del azúcar crudo en el mercado mundial | 113 |
| . Producción de azúcar de Cuba | 114 |
| . Consumo per capita mundial de azúcar | 115 |
| . Producción mundial de azúcar | 115 |
| . Producción de azúcar blanca de Cuba | 115 |
| . Exportaciones de azúcar de Cuba | 116 |
| - Tabla de conversiones | 117 |
| - Bibliografía | 118 |

INTRODUCCION

En 1993 el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro de Cuba aprobó el **Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía**, elaborado con la decisiva participación de cientos de especialistas de todo el país, a partir de la experiencia acumulada a lo largo de diez años de trabajo coordinado por la Comisión Nacional de Energía, que presidió al Grupo de Organismos encargados de dicha elaboración. La Asamblea Nacional del Poder popular aprobó su contenido, acordando mantener periódicamente la comprobación de sus avances.

El Programa distinguió la Agroindustria Azucarera como la tercera fuente energética del país, destacándose su estrecha vinculación con la generación de electricidad a partir de la biomasa cañera empleada eficientemente.

La Inspección Estatal Energética atendió desde su misma creación lo relacionado con la producción y el consumo de energía en los ingenios cubanos por resultar la zafra la actividad económica mayor consumidora de energía del país, la nueva connotación electroenergética evidenciada por el Programa dio lugar a una ampliación e intensificación del trabajo de los inspectores en dichas fabricas, lo que incrementa la necesidad de pertrecharlos con nuevas herramientas que apoyen la caracterización energética en ellas y permitan identificar oportunidades para elevar la eficiencia obtenida en la gestión de los portadores de energía.

El presente Manual de Cálculos Rápidos, surgido de la paciente revisión, recopilación, selección y condensación de artículos y trabajos presentados en revistas y libros especializados en temas azucareros y complementado con resultados e ideas que proceden de investigaciones desarrolladas sobre la energética azucarera durante los últimos años, fue concebido para que constituya un material de referencia y consulta en ese campo para los Inspectores Estatales Energéticos de todo el país en la esfera energética.

La complejidad intrínseca de la temática que aborda, unida a la propia dinámica energética en los ingenios y la diversidad de sus características, hacen previsible y necesario un proceso de actualización permanente en el que un elemento enriquecedor insustituible será sin dudas el planteamiento de las críticas, sugerencias y nuevos requerimientos de los inspectores durante la confrontación del Manual con las exigencias del trabajo diario, como nuevas ideas y necesidades que seguramente surgirán a lo largo del tiempo, así como al desarrollo científico-técnico.

Por estar íntimamente convencidos de que la vida será mucho mas rica que el pensamiento mas audaz, se solicita esa corriente renovadora que se originará en los propios usuarios del Manual y a todos los que de una u otra forma lo apliquen a la energética azucarera, que constituye **la primera fuente nacional de energía renovable del país, capaz de iniciar el tránsito hacia la Energética Sustentable.**

De todos es conocido la importancia de realizar el balance de vapor a un central azucarero, una vez confeccionado, podemos conocer cual es la mínima cantidad de caña que debe llegar al ingenio para

que el bagazo producido, al ser quemado en los generadores de vapor, produzcan la cantidad de vapor que requiere el área de proceso. Sin dudas este balance es de vital importancia para los que operan y dirigen la producción en el ingenio.

Para el inspector energético así como para cualquier técnico que desee disminuir las pérdidas energéticas de un central azucarero no le es imprescindible comenzar por la realización de un balance de vapor del ingenio, sobre todo por el tiempo que requiere para la realización de los cálculos así como la preparación previa para la toma de datos, del personal, y lo que es aún más engorroso, si existen los instrumentos necesarios en las tuberías y equipos. Existen una serie de violaciones que van desde las administrativas hasta las de carácter puramente técnico, que de implantarse y llevarse a cabo permitirían lograr ahorros energéticos significativos, muchos sin inversión necesaria, otros con un mínimo de recursos, existentes en su mayoría, en las propias áreas del ingenio y/o en el territorio y otros que requieren, como es lógico, de recursos financieros mas elevados.

Es por ello que en este documento no hacemos énfasis en la confección del balance de vapor del central azucarero ya que la labor del inspector energético esta dada fundamentalmente en detectar y valorar las pérdidas de energía que ocurren en el ingenio y dictar las medidas para su disminución.

El Manual no pretende llegar a obtener valores con una gran precisión, y aunque no abarca totalmente el universo azucarero, aspira a que con ella logre el profesional, con un mínimo de datos y en breve tiempo aplique la lógica a seguir según el caso que se presente, apoyado en el nivel profesional y en la experiencia de trabajo que posea o alcance a tener, y una vez analizados los resultados, tenga una idea de la situación energética del ingenio.

Se ha recopilado una serie de fórmulas lo más simplificadas posibles, encontradas en la bibliografía que se revisó para el cálculo del consumo de vapor de los equipos, así como otras que permitan ayudar a realizar un análisis y/o a obtener un valor necesario para los cálculos; con el mismo fin se incluyen notas y tablas que no sólo abarcan al central azucarero en sí, sino que de una u otra forma influyen en su eficiencia energética.

Se han respetado las unidades de medidas dadas por los autores de las fuentes bibliográficas consultadas, entre paréntesis se muestran las conversiones al sistema métrico.

VARIABLES Y PARAMETROS PARA EL CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR

Para el cálculo del consumo de vapor de los diferentes equipos que intervienen en el proceso de fabricación del azúcar de caña en un central azucarero, se requiere establecer previamente las variables y parámetros que son necesarios medir y/o determinar. Estos son los siguientes;

- Máquinas de vapor y bombas de vacío

- .presión de entrada y de salida del vapor
- .r/min de la maquina
- .carrera del pistón
- .área efectiva del pistón
- .presión media efectiva a partir de los diagramas indicadores o por cálculo

- Turbogeneradores

- .presión de entrada y de salida del vapor
- .temperatura de entrada y de salida del vapor
- .kW producido en la unidad hora

- Bombas reciprocantes

- .número de carreras dobles por pistón y por minuto
- .carrera del pistón
- .diámetro del pistón
- .presión de admisión
- .peso específico del vapor a la presión de admisión

- Generadores de vapor

- .presión del vapor a la salida del generador de vapor
- .temperatura del vapor a la salida del generador de vapor
- .humedad del bagazo y % de bagazo en caña
- .superficie total instalada
- .análisis de los gases de salida
- .temperatura de los gases de salida

- Eyectores

- .presión del vapor directo al eyector
- .volumen específico del vapor a su presión y temperatura
- .diámetro de estrangulamiento de la tobera de la primera y segunda etapa

- **Colector de escape**

.presión en el colector
.temperatura en el colector

- **Calentadores**

.presión del vapor de escape o secundario
.temperatura del vapor de escape o secundario
.temperatura de entrada del jugo
.temperatura de salida del jugo
.concentración del jugo alimentado ($^{\circ}\text{Bx}$)
.temperatura del condensado
.masa de jugo alimentado

- **Estación de evaporación**

.presión del vapor en la calandria
.temperatura del vapor de la calandria
.presión del vapor en el cuerpo
.temperatura del vapor en el cuerpo
.temperatura de ebullición
.temperatura del jugo alimentado
.temperatura del condensado
.concentración de entrada al efecto ($^{\circ}\text{Bx}$)
.concentración de salida del efecto ($^{\circ}\text{Bx}$)
.masa del jugo alimentado al primer efecto o al pre-evaporador

- **Tachos**

.volumen del material inicial (pie o semilla)
.volumen final alcanzado en el tacho
.concentración del producto final ($^{\circ}\text{Bx}$)
.concentración del producto alimentado ($^{\circ}\text{Bx}$)(miel o meladura)
.concentración del producto final ($^{\circ}\text{Bx}$)(masa cocida)
.tiempo de operación en cada cochura
.temperatura del condensado

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA TERMICA DE UN CENTRAL AZUCARERO:

- Mala calidad, suministro inestable de materia prima y tiempo empleado desde el corte hasta la molida.
- Tiempo perdido (lluvias, falta de caña, roturas, interrupciones operativas, etc).
- Insuficiente fibra de la caña.
- Humedad del bagazo.
- Temperatura y tipo de maceración.
- Limpieza de los molinos.
- Agua para limpieza y enfriamiento.
- En generadores de vapor:
 - .Temperatura del aire.
 - .Sistemas mecánicos o neumáticos de suministro.
 - .Número de calderas en operación y carga.
 - .Eficiencia de combustión (forma en que se quema el combustible: capa, pila, etc).
 - .Temperatura de gases de escape: utilización de economizadores, calentadores de aire, secadores de bagazo, y otras superficies recuperativas.
 - .Estado del refractario y aislamiento de los generadores de vapor.
 - .Temperatura y calidad del agua de alimentación.
 - .Régimen químico del agua de calderas: Extracciones adecuadas y utilización del calor de las mismas.
- Sistemas de condensado.
- Impurezas en los jugos.
- PH del jugo clarificado.

- Temperatura del jugo a la salida de los calentadores.
- Brix de la meladura.
- Brix de las masas cocidas.
- Caída de pureza entre las masas cocidas y sus mieles.
- Licuación de mieles.
- Pureza de la semilla.
- Tipo de esquema termoenergético (presiones y temperaturas utilizadas en la generación de vapor, y combinaciones de los motores primarios y esquema calentamiento-evaporación-cocción), de acuerdo al tipo de esquema se tendrá un central productor de energía eléctrica con pocas posibilidades de bagazo sobrante y viceversa (Los mejores esquemas en el mundo dan posibilidades de hasta un 50 % de bagazo sobrante).
- Limpieza periódica de los equipos de intercambio de calor.
- Uso de agua en filtros y centrifugas.
- Programación adecuada del trabajo de los tachos.
- Utilización de vapores vegetales y extracciones.
- Vacío en evaporadores y tachos.
- Insuficiente o ningún aislamiento térmico en tuberías, tanques y aparatos.
- Salideros en tuberías de vapor directo, escape, y tanques y mal funcionamiento en las trampas de vapor.
- Tipo de leña utilizada para combustible: Tiempo después de cortada.
- Características del combustible: composición, temperatura, densidad, etc.
- Humedad del azúcar en los secadores.
- Calidad del azúcar.
- Utilización y temperatura de las aguas dulces.

-En electricidad:

.Energía eléctrica producida y consumida del sistema

.Factor de potencia.

.Utilización del alumbrado artificial y natural.

.Utilización a capacidad óptima de transformadores y motores.

.Vacío en evaporadores y tachos.

.Tipo de sistema de inyección-rechazo utilizado (puede estar presente también el uso del vapor si los equipos motrices son turbinas de vapor).

-Calificación, concientización y estabilidad del personal.

GUIA CUALITATIVA DE INSPECCION SIN UTILIZAR MEDIOS DE MEDICION PARA LA REALIZACION DE UNA AUDITORIA ENERGETICA A LA INDUSTRIA AZUCARERA

El inspector energético, con solo una visita por las áreas del central azucarero y realizar una serie de preguntas a obreros, técnicos y especialistas de las áreas específicas que recorra, puede de hecho, llegar a una valoración del estado energético del ingenio, inclusive puede dictar una serie de medidas que sin dudas, de llevarse a cabo, conducirían a un ahorro de energía.

A continuación ofrecemos una guía para que el inspector energético pueda de una forma ordenada, realizar una inspección lo mas rápida y ágil posible y cubra todas las áreas del ingenio sin la necesidad de un equipamiento de medición portátil y pueda tener una valoración cualitativa del central azucarero, dicte una serie de medidas, sobre todo de carácter técnico - organizativo, sobre cultura de producción y disciplina tecnológica, y pueda decidir hacia que área o lugares específicos del ingenio es necesario realizar mediciones con los instrumentos portátiles para la cuantificación de las pérdidas de energía.

POLITICA ENERGETICA

- Existen directivas y disposiciones adoptadas por el gobierno y otros organismos rectores, relacionadas con el uso racional de la energía

Si: No:

- Existe un estudio de la eficiencia de los diferentes portadores energéticos desde su generación o producción hasta su utilización final teniendo en cuenta las pérdidas de transmisión y transportación

(balance energético)

Si: No:

- Han puesto en práctica en el centro inventivas, innovaciones o racionalizaciones que generen ahorro energético

Si: No:

.En caso afirmativo, cuales:

- .
- .
- .
- .

- Se dispone de medidas organizativas, propuestas de aumento, mejora o modificaciones tecnológicas que impliquen un ahorro y uso racional de la energía

Si: No:

. En caso afirmativo, cuáles:

- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .

- Existen documentos de su organismo superior que orienten la implantación de los índices o normas técnicas de consumo

Si: No:

- Están establecidas las normas de consumo de electricidad, combustibles, lubricantes, de otros portadores energéticos por renglones de producción y por equipos específicos

Si: No:

- Existe en el centro un estudio de la existencia y ubicación de la energía secundaria

Si: No:

. Se ha elaborado un programa de su aprovechamiento

Si: No:

. En caso afirmativo, cuáles:

- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .
- .

- Existe en el centro un estudio de la existencia y ubicación para las fuentes nacionales de energía

Si: No:

. Se ha elaborado un programa de su aprovechamiento

Si: No:

. En caso afirmativo, cuales:

.
. .
. .
. .
. .
. .

- Existe un programa energético

Si: No:

- Tienen creadas las comisiones de ahorro de energía

Si: No:

. Funcionan

Si: No:

- Tienen establecido los controles periódicos de los indicadores energéticos

Si: No:

. Son discutidos en los consejos diarios

Si: No:

. Son discutidos en los consejos de dirección

Si: No:

- Manejan un control y estadística diaria de los indicadores energéticos

Si: No:

- Existe un funcionario designado para atender la actividad energética

Si: No:

- Se han realizados estudios de las causas fundamentales que ocasionan pérdidas de los portadores energéticos

Si: No:

- Se analiza el comportamiento de los índices de consumo planificados en cada área y actividad

Si: No:

- Existen normas de consumo técnicamente fundamentadas según metodología aprobada por el organismo superior

Si: No:

- Existe un programa de mantenimiento preventivo planificado

Si: No:

- Grado de aplicación de las ponencias de los Forums de Ciencia y Técnica

Bueno: Regular: Malo:

CULTURA DE PRODUCCION Y DISCIPLINA TECNOLOGICA

- Existe algún documento que establezca la relación y coordinación de las operaciones entre las áreas de generación de vapor-casa de calderas-planta eléctrica y molinos

Si: No:

- Existen en los diferentes puestos de trabajo los siguientes documentos:

. Manuales de operación

Si: No:

. Esquemas tecnológicos

Si: No:

. Esquemas de sistemas de tuberías

Si: No:

. Esquemas de control automático

Si: No:

. Libro de incidencias

Si: No:

. Libro de mantenimiento

Si: No:

. Libro de instrucciones especiales

Si: No:

- Existen medios de comunicación entre las áreas de producción de la fabrica

Si: No:

- Se tiene un control estricto de las facturas de recibo y distribución

Si: No:

- Se asienta la toma y controles horarios de los parámetros de operación de los equipos en las diferentes áreas de trabajo

Si: No:

PREPARACION DE LA CAÑA Y MOLIENDA

- Conocen cual es la molienda que se necesita para alcanzar el punto de balance energético . En caso afirmativo, cuál es

Si: No:
_____@/h

- Conocen cual es el potencial de molienda de diseño . En caso afirmativo, cuál es

Si: No:
_____@/h

- Cuál es la norma plan u operacional de molienda para la zafra actual

_____@/h

- Cuál es el promedio real de molienda hasta la fecha para la zafra actual

_____@/h

- Cual es la humedad del bagazo

_____%

- Se mide la cantidad de agua de imbibición En caso afirmativo:

Si: No:

- . Cual es la temperatura
- . Que cantidad
- . Cada que tiempo

- Se mide la temperatura del agua de imbibición . Cada que tiempo . Que tipo de agua se utiliza

Si: No:

- Cúal es el Brix del guarapo del jugo mezclado

_____°Bx

- La presión en los molinos es la adecuada

Si: No:

- Se utiliza surfactante como aditivo al agua de imbibición

Si: No:

- Mantienen un promedio estable de molida horario

Si: No:

- Los parámetros de presión y temperatura del vapor que alimentan las turbinas de los tándem es la adecuada

Si: No:

- Las revoluciones por minuto de las máquinas de vapor de los molinos esta entre 50 y 80 r/min

Si: No:

- Existen los siguientes instrumentos en las turbinas o máquinas de vapor:

. Presión de entrada del vapor

Si: No:

. Presión de salida del vapor

Si: No:

. Temperatura de entrada del vapor

Si: No:

. Temperatura de salida del vapor

Si: No:

RECUPERACION, UTILIZACION DE LA ENERGIA SECUNDARIA Y ECONOMIA DEL CONDENSADO

- Se cuenta con trampas de vapor
 - . Trabajan correctamente
 - . Son las adecuadas

Si: No:

Si: No:

Si: No:

- Cómo se encuentra el estado del aislamiento térmico de las tuberías

- . Y de los equipos
- . Qué medidas se toman para su reparación o sustitución:

Bueno: Regular: Malo:

Bueno: Regular: Malo:

- Cúal es el estado del aislamiento de las siguientes áreas;

- . Molinos
- . Evaporadores
- . Tachos
- . Generadores de vapor
- . Turbinas de vapor
- . Tuberías de vapor de:

Bueno: Regular: Malo:

- alta

Bueno: Regular: Malo:

- escape

Bueno: Regular: Malo:

- extracciones

Bueno: Regular: Malo:

- condensado

Bueno: Regular: Malo:

- jugo caliente

Bueno: Regular: Malo:

. Tanques de:

- petróleo
- condensado
- jugo calentado

Bueno: Regular: Malo:

Bueno: Regular: Malo:

Bueno: Regular: Malo:

Bueno: Regular: Malo:

. Ductos de gases

- Poseen sistemas de recolección centralizado del condensado

Si: No:

. Trabaja correctamente

Si: No:

- Los sifones o patas barométricas tienen la altura suficiente para poder garantizar el sello hidráulico

Si: No:

. Trabaja este correctamente

Si: No:

- Existe tanque flash después de los sifones o las patas barométricas antes del tanque de agua de alimentación a los generadores de vapor

Si: No:

- Tienen capacidad suficiente de almacenamiento para los condensados

Si: No:

- Los tanques del agua de alimentación a los generadores de vapor están situados a la altura adecuada

Si: No:

- Se aprovecha el agua de condensado

Si: No:

. Donde:

- .
- .
- .
- .
- .
- .

- Existen las instalaciones para el tratamiento del agua de alimentación

Si: No:

. Son operadas correctamente

Si: No:

- Se aprovecha el calor del condensado contaminado

Si: No:

- El sistema de rechazo es por gravedad

Si: No:

- Se aprovecha el vapor flash de las extracciones de las calderas

Si: No:

- Se aprovecha el calor de las extracciones de la caldera

Si: No:

- Se aprovecha el condensado de los calentadores de petróleo

Si: No:

GENERACION DE VAPOR Y DISTRIBUCION

(En el caso que exista otra área de calderas para la producción de refino, es necesario que se repita esta sección)

- Esta sección corresponde a generadores de vapor para la fabricación de:

Crudo: Refino:

- Cúal es la capacidad de generación de vapor instalada _____ t/h

- Indice de generación de vapor de diseño _____ t/t

- Indice de generación de vapor planificado _____ t/t

- Indice de generación de vapor real _____ t/t

- Se conoce el grado de eficiencia de los generadores de vapor planteada por el fabricante

Si: No:

. Y el real obtenido en su explotación

Si: No:

- Se registran y analizan los parámetros del proceso para una valoración energética de la instalación

Si: No:

- Existe un mantenimiento planificado según las normas establecidas

Si: No:

- Son analizados periódicamente los gases de escape para controlar la eficiencia de la combustión

Si: No:

- Posee la calificación requerida el personal que opera los generadores de vapor

Si: No:

- Esta automatizada la dosificación del bagazo a los generadores de vapor para su cuantificación y control

Si: No:

- Existen fugas de vapor por válvulas, juntas y uniones en los generadores de vapor

Si: No:

- Existen tubos de agua punchados en los generadores de vapor Si: No:

- Qué situación presentan los registros y tapas de los generadores de vapor Buena: Regular: Malo:

- Existe indicación de la temperatura de salida de los gases de escape Si: No:

- Existen registros para la realización de análisis de gases de forma manual Si: No:

- Se realizan análisis al agua de alimentación a los generadores de vapor Si: No:
. Con cual periodicidad _____

- Se realizan análisis al condensado de casa de calderas que se alimenta a los generadores de vapor Si: No:

. Con que frecuencia Si: No:

. Que técnica se utiliza para realizar el análisis:

- Solución jabonosa Si: No:

- Oxigenación del agua mediante la formula Kal No.4 Si: No:

- Existen salideros de agua Si: No:

- Existen infiltraciones de aire en el generador de vapor Si: No:

- Trabajan los sistemas de regulación de los ventiladores de aire de los generadores de vapor

. Tiro forzado Si: No:

. Tiro inducido Si: No:

- Posee sistema de regulación de aire Si: No:
 . De tiro Si: No:
 . Esta desconectado Si: No:
- Posee control automático de nivel del agua Si: No:
 . Esta desconectado Si: No:
- Controlan la temperatura del agua de alimentar a los generadores de vapor Si: No:
 . Es la adecuada Si: No:
 . Aprovechan los condensados de la casa de calderas Si: No:
 . Existe un termómetro instalado Si: No:
- Trabajan las calderas con el régimen de extracciones correcto para evitar pérdidas innecesarias Si: No:
- Los parámetros de temperatura y presión del generador de vapor son los adecuados Si: No:
 . Se controlan estos parámetros Si: No:
- Existen varias calidades de vapor que se unen en un cabezal común Si: No:
- Poseen los generadores de vapor economizadores Si: No:
 . calentadores de aire Si: No:
- Es adecuado el sistema de alimentación y transportación del bagazo del almacén a los generadores de vapor Si: No:
- Existe un programa escalonado de limpieza de los generadores de vapor Si: No:

- Existen instrumentos para la medición de:

. Flujo de vapor por generadores de vapor

Si: No:

. Flujo de vapor en la línea general

Si: No:

. Flujo de vapor por turbinas

Si: No:

. Flujo de agua de alimentar

Si: No:

. Temperatura del vapor

Si: No:

. Presión del vapor

Si: No:

. Temperatura del agua de alimentar

Si: No:

. Presión o vacío en el hogar

Si: No:

. Temperatura de los gases de salida

Si: No:

. Temperatura del aire de combustión

(cuando se trabaja con aire precalentado)

Si: No:

. Indicador de nivel del agua

Si: No:

. Análisis de gases

Si: No:

- Poseen instrumentos portátiles para el análisis de los gases de la combustión

Si: No:

. Lo utilizan

Si: No:

- Poseen las líneas de vapor patas de condensado y trampas de vapor

Si: No:

- Se disparan las válvulas de seguridad de los generadores de vapor periódicamente

Si: No:

- Estado de la obra refractaria

Buena: Regular: Malo:

- Queman petróleo además de bagazo

Si: No:

- Existen salideros de combustible en:

. Tuberías

Si: No:

. Válvulas

Si: No:

- Se realiza con frecuencia la limpieza de los quemadores

Si: No:

. Ajuste

Si: No:

. Calibración

Si: No:

. Son estos los adecuados

Si: No:

- Se conocen los siguientes parámetros de diseño de los quemadores:

. Viscosidad del petróleo

Si: No:

. Temperatura de calentamiento del petróleo

Si: No:

. Presión de atomización del petróleo

Si: No:

- Tienen bancos de pruebas de quemadores

Si: No:

- Se precalienta el combustible

Si: No:

- Se conoce la viscosidad del combustible

Si: No:

- Se hacen análisis de viscosidad

Si: No:

- Se encuentra aislado el calentador de petróleo

Si: No:

- Tiene instalado el calentador de petróleo termómetros para medir la temperatura del petróleo a la:

. Entrada del calentador

Si: No:

. Salida del calentador

Si: No:

- Tiene instalado el calentador de petróleo manómetros para medir la presión del petróleo a la:

. Entrada del calentador

Si: No:

. Salida del calentador

Si: No:

UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA

- Los circuitos mayores de 50 kWd poseen bancos de capacitores Si: No:
- Poseen los diagramas monolineales Si: No:
 - . Están actualizados Si: No:
- Existe metro contador de potencia activa para el registro del consumo del SEN Si: No:
- Existe metro contador de potencia reactiva para el registro del consumo del SEN Si: No:
- Existen instrumentos contadores de energía eléctrica por áreas Si: No:
- Existe equipo de medición de demanda máxima Si: No:
- Existe medición del factor de potencia de la instalación Si: No:
- Existe medición de la energía eléctrica entregada al SEN Si: No:
- Posee cada turbogenerador cofímetros Si: No:
- Posee cada turbogenerador totalizador de la energía eléctrica generada Si: No:
- Se tiene implantado la lectura de los metros contadores y registros de los mismos Si: No:
- Se resetea la indicación de demanda máxima Si: No:
- Esta sellado por la empresa eléctrica el equipo de demanda máxima Si: No:

- Grado de metraje de las áreas fundamentales

Bueno: Regular: Malo:

- Esta elaborado y aprobado el estudio de acomodo de carga

Si: No:

. Se tiene un control sistemático de su aplicación

Si: No:

- El valor del factor de potencia es el establecido

Si: No:

. De no ser así, que medidas se han tomado para mejorarlo:

.
.

- Existe una valoración de los motores y transformadores eléctricos que trabajan en régimen sobredimensionados

Si: No:

. Qué medidas se han tomado para su solución:

.
.
.
.
.
.
.

- Conocen la potencia instalada en motores

Si: No:

- Se realiza la limpieza de los hornos fuera del horario pico

Si: No:

- Se hace un uso racional de las centrífugas en el horario pico

Si: No:

- Trabajan los talleres industriales en el horario pico

Si: No:

- Se utilizan las máquinas de soldar en el horario pico

Si: No:

- Existen bancos de capacitores

Si: No:

. Están funcionando

Si: No:

- Son controlados los consumidores de energía eléctrica ajenos al proceso productivo del central azucarero (bateyes, viviendas, plantas o fábricas aledañas) Si: No:
- El vapor que llega a las turbinas lo hace con los parámetros requeridos Si: No:
- Se realiza la autolectura Si: No:
 - . Se compara con las facturas de la empresa eléctrica Si: No:
- Tienen estudios de cogeneración que avalen mayores posibilidades que las actuales Si: No:
 - . Con los equipos actuales Si: No:
 - . Con cambios de equipos Si: No:
- Cúal es la demanda de electricidad contratada _____
- Cúal es la demanda máxima contratada _____
- Cúal es el consumo de electricidad mensual:

| | | |
|---------------|-----------------|------------------|
| enero _____ | febrero _____ | marzo _____ |
| abril _____ | mayo _____ | junio _____ |
| julio _____ | agosto _____ | septiembre _____ |
| octubre _____ | noviembre _____ | diciembre _____ |
- Cúal es la capacidad instalada en generación de electricidad _____ MW
- Cúal es el plan propuesto de generación _____ kW/t
- Cúal es el real de generación _____ kW/t
- Por ciento de aprovechamiento del turbo _____ %
- Los turbos están sincronizados a la red nacional Si: No:
- Cúal es el índice de generación _____ kW/t
- Cúal es el índice de consumo _____ kW/t

- Cúal es la temperatura o presión de salida del vapor de los turbos _____

- Existen los siguientes instrumentos en las turbinas de vapor de la planta de generación de electricidad:

. Presión de entrada del vapor

Si: No:

. Presión de salida del vapor

Si: No:

. Temperatura de entrada del vapor

Si: No:

. Temperatura de salida del vapor

Si: No:

- Es necesario el atemperamiento del vapor de escape de los turbos

Si: No:

ILUMINACION

- Conocen la potencia instalada en iluminación Si: No:
- Existe o es adecuada la seccionalización del alumbrado Si: No:
- Existen los niveles de iluminación adecuados Si: No:
- Aprovechan la iluminación natural eficientemente Si: No:
- Utilizan tejas traslucidas Si: No:
- Están sucias las tejas traslucidas Si: No:
- Las luminarias utilizadas son las adecuadas Si: No:
- Se aprovecha al máximo la luz natural Si: No:
- Se limpian las lámparas periódicamente Si: No:
- Existen balastos sin lámparas conectados Si: No:

UTILIZACION DEL COMBUSTIBLE

- Están aforados los tanques de combustibles Si: No:
- Existe un mecanismo establecido para el chequeo y control del recibo y entrega de los combustibles Si: No:
- . Grasas Si: No:
 - . Lubricantes Si: No:
 - . Otros portadores energéticos Si: No:
- Están aforados los tanques y otros depósitos de almacenamiento y despacho Si: No:
- Se tiene en cuenta la temperatura ambiente que existe a la hora del recibo y despacho Si: No:
- El sistema de almacenamiento cumple las normas establecidas Si: No:
- . Se observan salideros Si: No:
 - . Pérdidas por evaporación _____ %
- Existe un ciclo de mantenimiento preventivo de las instalaciones y equipos Si: No:
- . Estado técnico de los mismos Si: No:
- Existen pozos de protección contra derrame Si: No:
- . Estado de los drenajes Bueno: Regular: Malo:
 - . Techos Bueno: Regular: Malo:
 - . Flotantes Bueno: Regular: Malo:
 - . Muros de contención Bueno: Regular: Malo:
- Las trampas de petróleo trabajan Si: No:
- . Existe combustible en ellas Si: No:
 - . Se recupera este periódicamente Si: No:

- Existen papeles, trapos, madera, etc, dentro de las trampas
. Poseen tapas Si: No:
Si: No:
- Las instalaciones de almacenamiento de combustibles están ancladas a tierra correctamente Si: No:
- Poseen los medios de medición elementales Si: No:
- Esta implantado el sistema de consumo de combustible por tarjeta en el parque automotor
. Y de lubricante Si: No:
Si: No:
- Se cuenta con un diseño y explotación correcta del sistema de precalentamiento del combustible Si: No:
- Existe un control estricto de la utilización racional de los diferentes combustibles Si: No:
- Se controla mediante tarjetas el consumo de combustible por equipo Si: No:
- Están pintados de negro los tanques de petróleo Si: No:
- La temperatura del petróleo en los tanques es superior a los 40 °C Si: No:
- Tiene instalado el tanque de almacenamiento de combustible:
. Termómetro Si: No:
. Indicador de nivel Si: No:
- Tiene instalado el tanque de consumo diario de combustible:
. Termómetro Si: No:
. Indicador de nivel Si: No:
- Tiene filtros de petróleo instalados Si: No:
- Se limpian periódicamente los filtros de petróleo Si: No:
- Poseen manómetro antes y después de los filtros de petróleo Si: No:

ACEITES Y GRASAS DE USO INDUSTRIAL

- Existe un control estricto de la utilización racional de los lubricantes
 - . Aceites Si: No:
 - . Grasas Si: No:
 - . Existen tarjetas de control por equipos Si: No:

- Poseen estudios de lubricación
 - . Están actualizados Si: No:
 - . Se aplican las guías de lubricación Si: No:

- Se utilizan los análisis de laboratorio para según sus resultados efectuar los cambios de lubricantes en equipos de capacidad superior a 200 litros Si: No:

- Existe un plan de recuperación de aceites
 - . En qué porcentaje se cumple Si: No:

- Tienen controlado los equipos mayores consumidores de lubricantes
 - . Qué medidas tienen previstas aplicar para mejorar su situación: Si: No:
 - .
 - .

- Están adecuadamente almacenados los lubricantes Si: No:

- Están adecuadamente identificados los lubricantes Si: No:

- Se recuperan y generan los aceites de refrigeración Si: No:

APROVECHAMIENTO DE OTRAS FUENTES DE ENERGIA

- Utilizan la paja como combustible Si: No:
Si la respuesta es afirmativa:
 . Plan _____
 . Real _____
- Utilizan los residuales industriales más contaminantes en la producción de biogás Si: No:
- Utilizan la magnetización Si: No:
En caso afirmativo, donde:
- . Agua de imbibición Si: No:
 - . Agua de alimentación a los generadores de vapor Si: No:
 - . Guarapo a calentadores Si: No:
 - . Guarapo a evaporadores Si: No:
 - . Agua cruda a utilizar en las plantas de tratamiento Si: No:
 - . Aguas de enfriamiento en:
 - . Compresores Si: No:
 - . Turbogeneradores Si: No:
 - . Bombas de vacío Si: No:
 - . Otros Si: No:
 - . Fuel oil que se quema en generadores de vapor Si: No:
- Poseen briqueteadoras de paja Si: No:
 . Se encuentra operando Si: No:

CLIMATIZACION Y REFRIGERACION

- Existe una valoración de los equipos de refrigeración y aires acondicionados existentes Si: No:
- . Se conoce su potencia instalada Si: No:
- Qué grado de hermeticidad poseen los locales con equipos de:
- . Climatización Bueno: Regular: Malo:
- . Refrigeración Bueno: Regular: Malo:
- Funciona correctamente el equipo de control de temperatura Si: No:
- . Son reguladas según lo establecido para cada caso Si: No:
- Cúal es el estado técnico de los equipos de:
- . Climatización Bueno: Regular: Malo:
- . Refrigeración Bueno: Regular: Malo:
- Se le da una utilización óptima a los equipos de refrigeración:
- . Neveras Si: No:
- . Cámaras de frío Si: No:
- . Frigoríficos Si: No:
- Cúal es el estado del aislamiento en:
- . Neveras Bueno: Regular: Malo:
- . Cámaras de frío Bueno: Regular: Malo:
- . Frigoríficos Bueno: Regular: Malo:
- Existen termómetros instalados en:
- . Neveras Si: No:
- . Cámaras de frío Si: No:
- . Frigoríficos Si: No:
- Tienen instalado termómetros para el control de la temperatura en los locales climatizados Si: No:

MEDICION Y CONTROL AUTOMATICO

- Existe un análisis de la técnica de medición

. Estado técnico

. Verificación

Si: No:

Bueno: Regular: Malo:

Bueno: Regular: Malo:

- Poseen los instrumentos de medición de paneles

y campo los sellos de aptos para el uso

. La verificación esta en fecha

. Existe un programa de mantenimiento y

verificación para los instrumentos de medición instalados

Si: No:

Si: No:

Si: No:

- Cúal es el grado de automatización por áreas:

. Molinos

. Evaporadores

. Tachos

. Generadores de vapor

. Generación

. Hornos de cal

Bueno: Regular: Malo:

- Cúal es el grado de instrumentación por áreas:

. Molinos

. Evaporadores

. Tachos

. Generadores de vapor

. Generación

. Hornos de cal

Bueno: Regular: Malo:

- Existen flujómetros de vapor en los siguientes sistemas:

. Salida de cada generador de vapor

Si: No:

. Entrada a cada turbina de vapor

Si: No:

. Tubería colectora de vapor de alta

Si: No:

. Tubería entrada de vapor a tachos

Si: No:

. Entrada a calentadores de guarapo

Si: No:

. Entrada de vapor al o a los

pre-evaporadores

Si: No:

CASA DE CALDERAS

- Cúal es el brix promedio de la meladura _____ °Bx
- Con qué periodicidad miden el Brix del guarapo clarificado
. Y de la meladura _____

- Existen tomamuestra de Brix en cada uno de los
vasos de los evaporadores Si: No:
- Con qué periodicidad se realizan los análisis de Brix _____
- Se controla rigurosamente la regulación de
los gases incondensables en evaporadores y tachos Si: No:
- Se mantienen a punto los sistemas automáticos
de las válvulas reductoras de pre-evaporadores y pauly Si: No:
- Existe una programación adecuada en la operación de los tachos Si: No:
- Cúal es el porciento del vapor total producido por los generadores de
vapor que se va por la reductora _____ %
- El esquema tecnológico de fabricación utilizado es el más eficiente Si: No:
- Cúal es el esquema de calentamiento evaporación;

- Existen extracciones en los vasos Si: No:

- Poseen calentadores de jugo primario Si: No:
 - . Y secundario Si: No:

- Los tachos están automatizados Si: No:

- Existen calentadores para las mieles intermedias Si: No:
 - . Están adecuadamente insulados Si: No:

- Se mide el vacío en el condensador Si: No:
 - En caso afirmativo:
 - . Cúal es el vacío en el condensador de los evaporadores _____

- Se mide la temperatura del agua de entrada al condensador Si: No:
 - En caso afirmativo:
 - . Cúal es la temperatura del agua de enfriamiento al condensador de los evaporadores _____

- Se mide la temperatura del condensado a la salida del condensador Si: No:
 - En caso afirmativo:
 - . Cúal es la temperatura del condensado al salir del condensador _____

- Cúal es la temperatura de alimentación del guarapo a la entrada del pre-evaporador _____

- Se encuentran aislados los equipos del área de fabricación Si: No:

- Cúal es el estado del aislamiento de;
 - . Los calentadores de guarapo Bueno: Regular: Malo:
 - . Los evaporadores Bueno: Regular: Malo:
 - . Los tachos Bueno: Regular: Malo:

- Cúal es la temperatura del vapor de escape que alimenta a los calentadores de guarapo

. A los primeros efectos

. A los tachos

- Poseen los evaporadores los siguientes instrumentos de medición:

. Presión del vapor en la calandria

Si: No:

. Temperatura del vapor de la calandria

Si: No:

. Presión o vacío del vapor en el cuerpo

Si: No:

. Temperatura del vapor en el cuerpo

Si: No:

. Temperatura de ebullición

Si: No:

. Temperatura del jugo alimentado

Si: No:

. Temperatura del condensado

Si: No:

- Poseen los tachos los siguientes instrumentos de medición:

. Temperatura del vapor en el tacho

Si: No:

. Temperatura del vapor o condensado en la calandria

Si: No:

. Presión o vacío dentro del tacho

Si: No:

- Poseen los calentadores de guarapo medición de:

. Temperatura de entrada del guarapo

Si: No:

. Temperatura de salida del guarapo

Si: No:

. Temperatura de entrada del vapor o salida del condensado

Si: No:

. Presión de entrada del vapor

Si: No:

- Poseen los calentadores de guarapo (rectificadores) medición de:

. Temperatura de entrada del guarapo

Si: No:

. Temperatura de salida del guarapo

Si: No:

. Temperatura de entrada del vapor o salida del condensado

Si: No:

. Presión de entrada del vapor

Si: No:

- Poseen los siguientes equipos patas de condensado y trampas de vapor:

. Calandrias de los vasos

Si: No:

. Tachos

Si: No:

. Calentadores de guarapo

Si: No:

. Calentadores(rectificadores)de guarapo

Si: No:

. Líneas de vapor a estos equipos

Si: No:

- Cúal es el tamaño medio de las semillas en el sistema de masas cocidas

- Se mide la cantidad de agua que se agrega a la miel que se regresa al tacho

Si: No:

. Se conoce y mide la cantidad de agua que tiene esta miel

Si: No:

. Sobrepasa el 20 % la cantidad de agua que se agrega a esta miel
de la que tenia

Si: No:

- Cúal es la temperatura de las masas cocidas en los tachos

CONSUMO Y AHORRO DE AGUA

- Existe instalación de tratamiento de agua para los generadores de vapor Si: No:
 . Opera correctamente Si: No:
- Existe un control del consumo de agua para el proceso industrial Si: No:
 . Y áreas de servicios Si: No:
- Existen flujómetros o contadores de agua en:
- . Las bombas de agua de enfriamiento hacia Si: No:
 las piscinas de enfriamiento
- . Las bombas de agua de enfriamiento hacia Si: No:
 los condensadores
- Estado de las tuberías conductoras del agua e instalaciones secundarias Bueno: Regular: Malo:
- Utilizan agua cruda en el proceso industrial Si: No:
- Estado técnico de la piscina de enfriamiento Bueno: Regular: Malo:
- Están trabajando correctamente todas las boquillas de aspersion de la piscina de enfriamiento Si: No:
 . Cuantas están tupidas _____
 . Cuantas son en total _____
 . Cuantas no tienen boquillas _____
- Existen salideros de agua por válvulas y uniones en el sistema de tuberías que se encuentra dentro de la piscina de enfriamiento Si: No:
- Cúal es el estado de los muros de contención de la piscina de enfriamiento Bueno: Regular: Malo:

- Se está escapando agua por alguna rotura o salidero de las paredes de la piscina de enfriamiento

Si: No:

. Nota usted que la presión del agua en las boquillas es baja

Si: No:

- Cúal es el flujo de agua por diseño para el que está diseñada la piscina de enfriamiento

. Cuántas bombas se encuentran operando actualmente

. Cúal es el flujo total de agua que se esta enviando actualmente

. Cúal es el consumo total de energía eléctrica por estos motores

- Existen salideros de agua por las tuberías

Si: No:

- Existen derrames de agua en tanques y recipientes

Si: No:

ESTIMULACION MORAL Y MATERIAL

- Dentro del plan de estimulación estan contemplados los indicadores por ahorro de energía

Si: No:

- Dominio por parte de los trabajadores de las bases de emulación y la obtención de estímulos por ahorros de energía

Bueno: Regular: Malo:

- Mecanismos existentes para el pago de primas especiales por ahorro de energía:

- .
- .
- .
- .
- .
- .

HORNOS DE CAL

- Se utiliza como combustible: Petróleo: Carbón:

- Estado de la obra refractaria: Bueno: Regular: Malo:

- Se recuperan los gases de salida para la producción de CO₂ Si: No:

- Existen salideros de combustible en:
 - . Tuberías Si: No:
 - . Válvulas Si: No:

- Se realiza con frecuencia la limpieza de los quemadores Si: No:
 - . Ajuste Si: No:
 - . Calibración Si: No:
 - . Son estos los adecuados Si: No:

- Se conocen los siguientes parámetros de diseño de los quemadores:
 - . Viscosidad del petróleo Si: No:
 - . Temperatura de calentamiento del petróleo Si: No:
 - . Presión de atomización del petróleo Si: No:

- Tienen bancos de pruebas de quemadores Si: No:

- Se precalienta el combustible Si: No:

- Se conoce la viscosidad del combustible Si: No:

- Se hacen análisis de viscosidad Si: No:

- Son analizados periódicamente los gases de escape para controlar la eficiencia de la combustión Si: No:

- Se encuentra aislado el calentador de petróleo

Si: No:

- Tiene instalado un termómetro el tanque calentador de petróleo

Si: No:

COMPRESORES DE AIRE

- Existen salideros de aire Si: No:
- Poseen los compresores medición de:
 - . Presión de salida del aire en cada etapa Si: No:
 - . Temperatura de salida del aire en cada etapa Si: No:
- Existe flujómetro para la producción de aire Si: No:
- Si el aire es de instrumentación:
 - . Poseen sistema de secado Si: No:
 - . Trabaja correctamente Si: No:
 - . El sistema de secado es automático Si: No:
 - . Cada qué tiempo se cambia la resina _____
- Se utiliza el aire de instrumentación para la limpieza de las áreas o personas Si: No:
- Tiene el aire de servicio presencia de agua Si: No:
- Tiene el aire de servicio presencia de aceite Si: No:
- Se purgan periódicamente los recipientes de aire Si: No:
- Tienen las líneas de aire y recipientes, patas y trampas de agua Si: No:
- Poseen trampas de condensado los siguientes dispositivos:
 - . Tuberías de aire Si: No:
 - . Tanques recibidores Si: No:
- Existen salideros de aire en el sistema Si: No:

Fórmulas Generales

-Consumo de vapor para el calentamiento del guarapo en el calentador o calentadores

$$G_{vcg} = \frac{0.527 @ (1 - 0.0056 B_{jm}) (t_s - t_e)}{h_{vs}} \quad (\text{kg/h})$$

- @ - arrobas de caña molida diarias
B_{jm} - °Bx del jugo mezclado (%)
t_e - Temperatura de entrada del guarapo al calentador (°C)
t_s - Temperatura de salida del guarapo del calentador (°C)
h_{vs} - Calor latente del vapor (kcal/kg)

Si el calentador es de contacto directo;

$$G_{vcg} = \frac{0.527 @ (1 - 0.0056 B_{jm}) (t_s - t_e)}{h_{ve} - h_s} \quad (\text{kg/h})$$

h_s - entalpía del condensado a una temperatura igual a la de salida del jugo calentado (kcal/kg)

El interés es calcular el consumo de vapor de escape de los turbos o de reductora para el calentamiento de los jugos. No obstante si se desea conocer el consumo de vapor para el calentamiento de los jugos por utilización del vapor de extracción de los vasos del múltiple, se puede hacer por la misma fórmula.

-Consumo de vapor en el primer evaporador de los múltiples efectos

$$G_{ve} = \frac{M (1 - \frac{B_{jm}}{B_m})}{0.95 n} \quad (\text{kg/h})$$

- M - Peso del guarapo calentado o pre-evaporado (kg/h)
B_{jm} - °Bx del jugo calentado o pre-evaporado
B_m - °Bx de la meladura (%)
n - Número de efectos del múltiple

En el caso que exista pre-evaporador se utiliza la misma fórmula, siempre que se use vapor de escape de los turbos o reductora para el calentamiento del jugo, donde **n** sería la cantidad de pre-evaporadores

en el caso que exista más de un pre-evaporador y que el segundo use el vapor producido en el primer evaporador.

-Si se pueden tener todos los °Bx de entrada y salida de cada efecto se podría calcular la evaporación en cada uno según:

$$E_{ve} = M_n \left(1 - \frac{B_e}{B_s} \right) \quad (\text{kg/h})$$

M_n - cantidad de jugo y/o meladura de entrada por vaso (kg/h)

B_e - °Bx de entrada al vaso (%)

B_s - °Bx de salida del vaso (%)

-Consumo de vapor en los tachos

$$G_{vt} = 1.527 P \left(1 - \frac{B_m}{B} \right) \quad (\text{kg/h})$$

P - cantidad de meladura de entrada al tacho (kg/h)

B_m - °Bx de la meladura a la entrada del tacho (%)

B - °Bx de la masa cocida que sale del tacho (%)

Se puede calcular G_{vt} por:

$$G_{vt} = 0.08523 @ \quad (\text{kg/h})$$

También por:

$$G_{vt} = 0.4734 @ (1 - \text{pureza}) \quad (\text{kg/h})$$

@ - arrobas de caña molida diarias

pureza - pureza del jugo mezclado (en tanto por uno)

-Consumo de vapor en las turbinas

$$G_{v\text{tu}} = \frac{860 N \dot{Y}}{(h_e - h_s) N_t N_g N_r N_{\text{tubo}}} \quad (\text{kg/h})$$

- \dot{Y} - 0.95 para turbogeneradores y turbinas de los molinos;
0.859 para otras turbinas pequeñas.
- N - producción de energía eléctrica o potencia de la turbina por chapa (kW.h)
- h_e - entalpía de entrada del vapor (kcal/kg)
- h_s - entalpía de salida del vapor (kcal/kg)
- N_t - eficiencia de la turbina (tanto por uno)
- N_g - eficiencia del generador 0.91 a 0.94
- N_r - eficiencia del reductor 0.97 a 0.985. Si es una bomba de vacío; 0.72 si es compensada
0.85 si no es compensada
- N_{tubo} - eficiencia de la tubería, 0.94 a 0.98 según el estado del aislamiento

-Eficiencia de la turbina

$$N_t = \frac{h_1 - h_3}{h_1 - h_2}$$

- h_1 - entalpía del vapor de entrada a la turbina (kcal/kg)
- h_2 - entalpía ideal del vapor (isentrópico) a la salida de la turbina (kcal/kg)
- h_3 - entalpía real de salida del vapor de la turbina (kcal/kg)

Antes de realizar estos cálculos aconsejamos tomar el gráfico de Mollier para el vapor de agua y seguir los pasos siguientes:

- . Con P_1 y T_1 del vapor tenemos su entalpía (h_1)
- . Colocamos este punto en el diagrama h vs. s (Mollier)
- . Bajamos perpendicularmente a la línea horizontal de entropía (s), hasta intersectar el valor de la presión de escape P_2 o su temperatura T_2 y con estos valores hallamos h_2

-Consumo de vapor de las máquinas reciprocantes

$$G_{vmr} = 188.5 n L d^2 \dot{U} \quad (\text{kg/h})$$

\dot{U} - peso específico del vapor usado (kg/m^3)

d - diámetro del pistón (m)

n - revoluciones por minuto

L - recorrido del pistón (m)

-Consumo de vapor en los eyectores

$$G_{vey} = 0.573 D^2 \left(\frac{P_d}{\dot{U}} \right)^{0.5} \quad (\text{kg/h})$$

D - diámetro del estrangulamiento de la tobera (cm)

P_d - presión de entrada del vapor al eyector (kg/cm^2)

\dot{U} - volumen específico del vapor a la entrada (m^3/kg)

Si es de dos etapas se multiplica por dos la ecuación.

-Consumo de calor y/o vapor necesario para el calentamiento de las melazas almacenadas

$$G_{vm} = \frac{S C_p (t_s - t_e) K}{h_v} \quad (\text{kg/h})$$

S - cantidad de melaza a almacenar (kg/h)

K - coeficiente de pérdidas (1.02 a 1.08)

t_s - temperatura final de la melaza ($^{\circ}\text{C}$)

t_e - temperatura inicial de la melaza ($^{\circ}\text{C}$)

C_p - calor específico de la melaza [$\text{kcal}/(\text{h} \cdot ^{\circ}\text{C})$]

$$C_p = 1.0 - [0.6 - 0.0018 t_m + 0.0008 (100 - P_z)]$$

t_m - temperatura media de la melaza ($^{\circ}\text{C}$)

P_z - pureza verdadera (sacarosa/materia seca) (en tanto por uno)

-Cálculo de la temperatura de salida del condensado de cada evaporador

$$t_{sce} = t_v - 0.4 (t_v - t_j) \quad (^\circ\text{C})$$

t_v - temperatura del vapor de calentamiento ($^\circ\text{C}$)

t_j - temperatura del jugo dentro del cuerpo ($^\circ\text{C}$)

Sirve para calcular la cantidad de vapor que se puede producir por revaporización, ya sea en un tanque a presión o su utilización en el siguiente vaso del múltiple.

-Cálculo de la cantidad de vapor saturado que se produce por revaporización

$$G_{vf} = \frac{G_{as} (h_{ap} - h_{ae})}{h_{ve} - h_{ae}} \quad (\text{kg/h})$$

G_{as} - flujo del agua condensada saturada (kg/h)

h_{ap} - entalpía del agua a la presión más alta (kcal/kg)

h_{ae} - entalpía del agua a la presión más baja o de revaporización o expansión (kcal/kg)

h_{ve} - entalpía del vapor a la presión más baja o de revaporización o de expansión (kcal/kg)

-Cálculo de la cantidad posible de números de efectos del múltiple

$$n = \frac{t_{ev} - t_e}{13}$$

t_{ev} - temperatura de entrada del vapor al primer efecto ($^\circ\text{C}$)

t_e - temperatura de ebullición del agua a la presión que exista en el condensador ($^\circ\text{C}$)

-Eficiencia del área de evaporación

$$E_f = \left(1 - \frac{V_{cond}}{W} \right) 100$$

V_{cond} - vapor secundario hacia el condensador (kg/h)

W - evaporación del múltiple (kg/h)

-Cantidad de agua necesaria en el condensador

$$W_a = \frac{607 + 0.3 t_v - t_2}{t_2 - t_1} \quad (\text{kg/h})$$

t_v - temperatura del vapor que entra al condensador ($^{\circ}\text{C}$)

t_1 - temperatura de entrada del agua al condensador ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 - temperatura del condensado al salir del condensador ($^{\circ}\text{C}$)

Si el múltiple es a contracorriente;

$$W_a = \frac{572}{t_2 - t_1} \quad (\text{kg/h})$$

también se puede calcular según:

$$W_a = \frac{P \left(1 - \frac{B^1}{B^2} \right) [I - (t - 32)]}{n (t - t^1)} \quad (\text{lb/h})$$

P - peso del guarapo si se trata del evaporador o peso de la meladura si se trata del tacho (lb/h)

B^1 - $^{\circ}\text{Bx}$ del guarapo si es el evaporador o $^{\circ}\text{Bx}$ de la meladura si es el tacho.

B^2 - $^{\circ}\text{Bx}$ de la meladura si es el evaporador o $^{\circ}\text{Bx}$ de la masa cocida si es el tacho.

I - calor latente del vapor que va al condensador Btu

t - temperatura del agua a la salida del condensador $^{\circ}\text{F}$

t^1 - temperatura del agua de inyección $^{\circ}\text{F}$

n - número de efectos

-Cantidad de vapor que va al condensador

$$G_{vc} = \frac{P \left(1 - \frac{B}{B_1} \right)}{n} \quad (\text{kg/h})$$

P - peso del guarapo que entra al evaporador (kg/h)

B - $^{\circ}\text{Bx}$ del guarapo que entra al evaporador

B_1 - $^{\circ}\text{Bx}$ de la meladura que sale del evaporador

n - número de efecto del múltiple

-**Peso del guarapo** = Peso de la caña (100 - Fibra en caña)

-**Peso del guarapo** = Peso de la caña - Peso de fibra en la caña

-**Peso de bagazo** =
$$\frac{(\text{Peso de la caña}) (\text{Fibra en caña \%})}{(\text{Fibra en bagazo \%})} 100$$

-**Peso de la meladura** =
$$P - P \left(1 - \frac{B^1}{B^2} \right)$$

P - peso del guarapo

B¹ - °Bx del guarapo

B² - °Bx de la meladura

- **Peso del agua de imbibición** =
$$\left[\frac{(\text{peso del guarapo} + \text{peso del bagazo}) - (\text{peso de la caña})}{100} \right]$$

- **El % de guarapo mixto** =
$$\frac{(B - b) 100}{B}$$

B - °Bx del guarapo normal

b - °Bx del guarapo mixto

APUNTES GENERALES

Generales

- Las plantaciones nuevas necesitan 600 kg/ha de fertilizantes y las soca 520 kg/ha .
- El consumo de fuel oil para la fabricación del fertilizante es de 318 kilogramos de fuel oil por hectarea para las plantaciones nuevas y de 276 kg/ha para las soca.
- El consumo de fuel oil para la producción de la caña de azúcar asciende a 8 kg/t de caña completa (siembra, cultivo, regadío, fertilizante, cosecha y transportación).
- La KTP-2 consume 0.68 kg de petróleo combustible por tonelada de caña completa.
- Al transportar caña completa la capacidad de carga disminuye alrededor de un 45 % .
- La presencia de tierra disminuye el valor calórico del bagazo en una proporción equivalente a su contenido en el bagazo.
- De los 3 tipos de cosecha, manual, alza mecanizada y con combinada, la práctica indica que el alza mecanizada es el método que más afecta el contenido de tierra, sobre todo si la cosecha se extiende hasta la época de lluvias.
- Para una plantación nueva se requiere 460 m³/ha de agua y para una soca 550 m³/ha de agua, con un rendimiento de 100 t/ha al año de caña completa.
- El rendimiento de materia seca por ha al año de la caña de azúcar, oscila desde 27 a 90 t, en dependencia del regadío, fertilización, métodos de siembra, cultivo, etc.
- Las variedades de caña alcanzan niveles de hasta 18 % de fibra en caña molible, en Cuba el promedio es de 14 % .
- Las cañas molidas con 3 días de atraso pueden perder hasta media arroba de azúcar por cada 100 arrobas de caña (5 kg de azúcar por cada tonelada de caña).
- La fibra en caña varía de 10 a 15 % .
- El pol en la caña varía del 12 al 16 % .
- La cantidad de azúcar en la caña es del 12 al 14 % del peso de la caña molida.
- Se requieren 1.07 toneladas de azúcar crudo físico para producir 1 tonelada de azúcar refinado.

-Por cada tonelada de caña molible se obtiene 120 kg de azúcar crudo, 38 kg de miel final, 36 kg de cachaza, 280 kg de bagazo y 330 kg de paja y cogollo.

-Se necesitan aproximadamente 7 toneladas de caña para hacer 1 tonelada de azúcar.

-La fórmula química de la sacarosa es $C_{12}H_{22}O_{11}$.

-El azúcar crudo siempre se refiere con polarización base 96° . Para convertir 100 toneladas de azúcar crudo físico de 98.5° de polarización a azúcar crudo de 96° de polarización se procede de la siguiente forma:

$$(100 \text{ t}) \frac{98.5^\circ}{96^\circ} = 102.6 \text{ t}$$

-100 toneladas de caña dan 10.5 a 15 toneladas de azúcar.

-1 tonelada de caña da 5.12 galones de miel (0.01935 m^3).

-El calor de combustión que aporta la paja de la caña es de 2858 kcal/kg (con 50 % de humedad).

-El contenido de paja en la caña sucia que se lleva a los centros de acopios es del orden del 11.9 % referido a la caña limpia que va al central.

-El traslado de la paja al central debe realizarse en un radio alrededor del central no mayor de los 10 km, para que se considere económicamente su uso como combustible.

-A 8.4 toneladas de caña limpia corresponde 1 tonelada de paja.

-1 tonelada de paja determina 1.56 toneladas de bagazo con 50 % de humedad.

-Se necesitan 4 toneladas de miel para producir 1 tonelada de alcohol.

-Se consume 0.5 toneladas de fuel oil para producir 1 tonelada de alcohol.

-0.95 lb de sacarosa producen 51 % de alcohol y 49 % de CO_2 .

-El alcohol etílico se compone de 52 % de C, 13 % de H y 35 % de O. Se inflama espontáneamente a $395^\circ C$ y se requieren 9 kg de aire para la combustión de 1 kg de alcohol, su densidad es de 0.80.

-Los azúcares fermentables de la miel se calculan según:

$$105 S + G = \text{azúcar fermentable}$$

S - sacarosa real en la miel

G - glucosa en la miel

-Todos los cálculos deben ser realizados por datos promedios del día.

-pesc - pies cuadrados de superficie calórica.

-Se necesitan 3.8 toneladas de bagazo (50 % humedad) para producir 1 tonelada de tableros de partículas y 5.5 toneladas de bagazo para producir 1 tonelada de tableros de fibras.

-Para producir 1 tonelada de furfural se necesitan 10 toneladas de bagazo (50 % humedad).

-La polarización del azúcar crudo debe estar alrededor de los 97 a 98° .

-El promedio de extracción de polarización esta entre 94 y 97 % (pol).

-En Hawaii, un clima uniformemente tropical, la temporada de molienda dura casi todo el año, con un paro de solo 2 meses para reparación y mantenimiento de los ingenios.

-El tamaño óptimo de un central azucarero depende de la eficiencia del transporte.

-Para un central de 100 000 @/d, la cantidad de biogás obtenible es de 3 024 m³/d que representa un ahorro de 1.5 t/d de petróleo equivalente.

Preparación de la caña

-Las velocidades de los gallegos es de 35 r/min el primero y 75 r/min el segundo.

-Las cuchillas trabajan de 600 a 800 r/min .

-En las desmenuzadoras se extrae del 50 al 65 % del jugo que contiene la caña.

-En los molinos la presión de las desmenuzadoras está entre 150 y 250 t y de 500 t o más para los demás molinos.

-El consumo de fuerza motriz para la molienda es aproximadamente de 25 hp (16039.8 kcal) indicados por tonelada de fibra de caña por hora por molino.

-Para otros equipos como centrífuga, bombas, preparación de la caña, etc., el consumo de fuerza es aproximadamente de 12 kW por tonelada de caña por hora cuando estos equipos se mueven eléctricamente, que equivale a unos 2200 hp indicados.

-En un central bien balanceado, el bagazo producido debe abastecer todas sus necesidades de combustible y a la vez debe quedar una cantidad sobrante próxima al 25 % .

-Existe una disponibilidad de 1.15 toneladas de bagazo (50 % de humedad) por tonelada de azúcar producida.

-En el campo de la energética de producción de azúcar no se considera imposible obtener sobrantes de bagazo del orden del 40 al 50 % del producido. Basta considerar que en la industria de azúcar de remolacha se han probado esquemas muy eficientes con consumos de vapor de 30 a 35 kg/100 kg de agua de jugo mezclado produciendo azúcar refino. Lo habitual, con caña, produciendo azúcar crudo, es de 55 a 65 kg.

-El bagazo tiene 47 % de C; 6.5 % de H; 44 % de O y 2.5 % de cenizas.

-El bagazo suele tener como promedio 3 % (1.6 a 4.5 %) de pol; 48 % de humedad (45 a 52 %) y 45 % de fibra.

-El bagazo tiene capacidad para absorber hasta 10 veces su contenido en fibra de líquido.

-El peso promedio del bagazo producido se aproxima al 25 % del peso de la caña molida.

-1 t de bagazo (50 % de humedad) produce aproximadamente 2.15 toneladas de vapor.

-5.8 toneladas de bagazo (50 % de humedad) equivalen a 1 toneladas de petróleo.

-Dentro de los rangos normales de imbibición y °Bx del jugo normal, aumentos en la primera de 5 % sobre la caña, significan disminuciones del °Bx del jugo mezclado, del orden de 1 °Bx, con aumento del consumo de vapor de proceso del orden del 5 % .

-La cantidad de agua añadida al bagazo como imbibición es como promedio del 200 % del peso de la fibra en bagazo.

-La temperatura del agua de imbibición no debe ser > de 65 °C .

-Se producen 2500 galones de guarapo por hora (9.45 m³/h) con 200000 @ de caña diarias (94700 kg/h) con 25 % de imbibición.

-La temperatura inicial del guarapo en el central azucarero oscila de 28 a 35 °C .

- El jugo clarificado es igual a 0.97 de la cantidad de jugo mezclado.
- El peso del guarapo mezclado es igual al peso del jugo clarificado e igual al 106 % del peso de la caña molida
- El peso del jugo clarificado es aproximadamente igual al peso del jugo que hay en la caña.
- El guarapo que sale del clarificador debe tener un PH de 6.8 a 7.0 .
- El tiempo de contacto entre la lechada de cal y el guarapo en el tanque de alcalizar es de 5 a 10 minutos.
- El guarapo clarificado tiene aproximadamente 15 °Bx (16 a 23 °Bx) y 85 % de agua.
- Se requiere 3.35 ft³ para el clarificador primario y 1.87 ft³ para el secundario por cada 100 @ de caña, si son cristalinas o similares, y 4.68 ft³ para el clarificador primario y 2.47 ft³ para el secundario para cañas de variedades P.O.J. (clarificadores tipo Dorr).
- Para los clarificadores tipo Bach, se indica una capacidad de 1.75 a 2.17 ft³ por cada 100 @ de caña por día (40 a 50 ft³ por tonelada de caña por hora) (1.0459 a 1.2969 m³ por cada tonelada de caña por hora).

Calentadores

- Las pérdidas de calor en los calentadores de guarapo por aislamiento deben oscilar de 4 a 8 % del calor que aporta el vapor.
- La temperatura de salida del guarapo de los calentadores debe aproximarse a los 90 °C .
- Si se tiene calentadores primarios, rectificadores y de jugo clarificado, la temperatura de salida final de los jugos oscila entre 105 y 115 °C .
- El guarapo debe circular con una velocidad de 5 a 7 ft/s (1.5 a 2.1 m/s) por el interior de los tubos de los calentadores para que este trabaje en buenas condiciones.
- La capacidad aproximada de los calentadores de guarapo oscila de 0.75 a 0.80 ft² de superficie calórica por 100 @ diarias de caña en trabajo activo (1.473 a 1.571 m² por tonelada de caña por hora) y 1.14 ft² (2.239 m² por tonelada de caña por hora) para el equipo en total.
- Los calentadores no deben trabajar más de 48 horas, y lo mejor es hacer el cambio cada 24 horas.

Evaporadores

-Los 2 principios fundamentales de Rillieux son:

.En un evaporador de múltiple efecto, con **n** efectos, 1 kg de vapor de agua evapora **n** kgs de agua.

.Si un peso de vaporizado **W** se extrae del efecto número **m** de un total de **n** efectos, y se utiliza en lugar de vapor de agua para un trabajo determinado, el ahorro de vapor de agua es igual a:

$$\text{ahorro} = \left(\frac{m}{n} \right) W$$

Ejemplo: Si la extracción se efectúa del primero de un cuádruple efecto, el ahorro es de 1/4 de **W** (peso del vaporizado que así se utilice).

-La temperatura de entrada del jugo a cada efecto del múltiple debe ser lo mas cercana a la temperatura de ebullición a la presión del vaso, pero no mayor de 115 °C .

-El peso del agua a evaporar en los múltiples oscila del 70 al 80 % del peso del jugo clarificado:

$$\text{Si la evaporación} = \left(1 - \frac{\text{°Bx del jugo}}{\text{°Bx de la meladura}} \right)$$

$$\text{entonces suponemos que si : } \left(1 - \frac{14}{70} \right) 100 = 80 \%$$

-Para el condensador de los evaporadores la capacidad recomendada por la bomba de vacío es de 0.95 a 1.10 ft³ de desplazamiento por 100 @ de caña molida por día (0.5677 a 0.6574 m³ por tonelada de caña molida por hora).

-La concentración óptima con la cual la meladura sale del múltiple efecto al tacho es de 60 a 68 °Bx para la fabricación de azúcar crudo, y de 50 a 55 °Bx para el azúcar blanco.

-La temperatura de salida de la meladura del último evaporador debe ser tal que a la entrada de los tachos oscile en los 60 °C .

-La máxima temperatura que debe existir en los evaporadores es de 115 °C , si se sobrepasa puede ocurrir un alto por ciento de inversión del azúcar.

-El vacío en el último evaporador debe estar entre 62 a 65 cm de la columna de mercurio (24 a 26 pulgada de Hg). El óptimo sería de 68 cm de Hg .

-La meladura que sale del múltiple efecto tiene 65 °Bx y 35 % de agua, evaporándose aproximadamente el 77 % del peso del jugo clarificado.

-Los índices más comunes de consumo de vapor en los evaporadores oscilan de 130 a 310 kg de vapor por tonelada de caña en dependencia del uso o no de extracciones en los vasos.

Tachos

-Es necesario una capacidad en tachos de 2 ft³/100 @ de caña por día (1.1953 m³/t de caña por hora) y 1.80 pies cuadrados de superficie calórica por pies cúbicos de capacidad (5.915 m²/m³).

-Para los tachos se necesitan de 0.95 a 1.10 ft³ de desplazamiento en la bomba de vacío por 100 @ de caña (0.5677 a 0.6574 m³ por tonelada de caña por hora).

-En los rangos normales de trabajo, se puede considerar que un aumento en 1 °Bx, en los líquidos alimentados a tachos, significan un ahorro del orden del 1 % .

-En el sistema de 3 masas cocidas que producen azúcares comerciales de 0.8 mm de tamaño medio, se puede esperar que una tercera parte de la semilla haya que disolverla, y con 1 mm de tamaño medio es de esperar que haya que disolver el doble, es decir las dos terceras partes del azúcar final producida. Entre un sistema que tenga balanceada la semilla y este último se pueden esperar diferencias en el consumo de vapor del orden del 3 % .

-En los evaporadores se consume alrededor del 40 % del vapor de toda la fábrica y el 80 % si se hacen extracciones a tachos y calentadores.

-Las pérdidas de calor en un tacho es de aproximadamente el 20 % del calor transmitido durante la templa.

-La cantidad de agua que se agrega a la miel y que se regresa al tacho expresada en por ciento de la cantidad de agua que originalmente tenía la meladura a la salida del último evaporador, no debe sobrepasar del 10 al 20 % .

-Las temperaturas de las masas cocidas en los tachos oscilan entre 60 y 68 °C .

-En todo el proceso de calentamiento-evaporación y masa cocida no debe superarse la temperatura de los 120 °C , ya que puede ocurrir la inversión de la sacarosa.

-La masa cocida en los tachos tiene un contenido de agua que oscila entre el 4 y el 7 % .

- La cantidad de vapor necesario por agua en la meladura en tachos oscila entre 1.23 y 1.75 .
- El gasto de vapor en tachos varía de 115 a 234 kg de vapor por tonelada de caña molida.
- El consumo de vapor en tachos oscila entre el 11.5 al 17 % del peso de la caña.
- La cantidad de meladura y mieles necesarios que hay que tener almacenada para garantizar el trabajo de los tachos es de:

| | |
|---------------|--------------------------------------|
| .meladura | 600 a 800 L/t caña molida por hora |
| .mieles A y B | 1000 a 1200 L/t caña molida por hora |
- La concentración de las mieles almacenadas deben estar entre 70 y 75 °Bx y la temperatura un poco mayor que la de la masa cocida en los tachos, aproximadamente 70 °C como mínimo.
- Una molida de 100000 @ produce aproximadamente 75000 lb de cachaza con un 80 % de humedad y una densidad de unas 50 lb/ft³ .

Generadores de vapor

- Una disminución de 6 °C en el agua de alimentación de calderas, significa una disminución de un 1 % en la eficiencia de la caldera.
- La extracción continua en los generadores de vapor se estima en un 3 % del agua total de alimentación a las calderas.
- Se puede aceptar 14.50 ft² de calefacción en los generadores de vapor por 100 @ de caña a moler (1.188 m² por tonelada de caña a moler). En una refinería es mucho mayor el consumo de vapor.
- Una libra de agua necesita, para convertirse en vapor, 970.4 Btu (1 kg de agua necesita para convertirse en vapor, 538.63 kcal).
- La economía, en término general, que puede introducir un economizador de agua para la elevación de la temperatura del agua de alimentación al generador de vapor es de un 1 % por cada 10 °F de aumento de la temperatura del agua.
- La temperatura del agua de alimentación a las calderas debe ser mayor de 95 °C .
- El PH del agua de las calderas nunca debe ser menor de 10 .
- Por cada 1 % de CO en los gases hay una pérdida de 4.36 % del VCI del bagazo.

-Para medir CO₂ se utiliza una solución de (KOH) hidrato de potasio de 60 °Bx .

-Para medir O₂ se utilizan 5 gramos de ácido pirogálico, 50 gramos de agua caliente y 100 gramos de solución de potasa de 50 °Bx .

-Para medir CO se utiliza una solución de cloruro cuproso que se prepara con 35 gramos de cloruro cúprico, se le añaden 200 ml de ácido clorhídrico concentrado y virutas de cobre o unos pedazos de hojas del mismo metal. Se tapa la botella y se deja aparte durante dos días, agitándola con frecuencia y después se agregan 120 ml de agua destilada.

Turbinas de vapor

-Para turbinas de muy pequeña capacidad, para mover máquinas auxiliares de una planta de vapor, la eficiencia oscila alrededor del 30 % .

-Las pérdidas de vapor por condensación en las turbinas varían de 3 a 5 % .

-Las pérdidas de vapor por fugas en las turbinas están entre 2 a 3 % .

-Las pérdidas de presión del vapor entre las calderas y las turbinas están entre 10 a 12 % .

-Las pérdidas de temperatura del vapor entre las calderas y las turbinas están entre 5 a 10 % .

Máquinas de vapor

-La eficiencia de las máquinas de vapor alternativas es de 0.85 a 0.93 con válvulas de admisión múltiples y de 0.60 a 0.70 para válvulas Corliss.

-Las velocidades para máquinas de vapor alternativas están entre 50 y 80 r/min , ya que por debajo de 50 r/min se consume mucho vapor y si están por encima de 80 r/min se puede destruir la máquina, el vapor sobrecalentado no debe exceder los 250 °C ni presiones mayores de 9 kg/cm² .

Consumos de vapor

-El consumo de vapor de las máquinas de vapor depende fundamentalmente de la presión del vapor suministrado y del tipo de válvula de distribución, oscilando de 13.4 a 24 kg/kW (10 a 18 kg/hp indicados).

-Los índices más comunes de consumo de vapor para los calentadores se encuentran de 0 a 100 kg por tonelada de caña, en dependencia del uso o no de vapores secundarios, como medio de calentamiento.

-El rango más común de los turbogeneradores de contrapresión oscila entre 7.4 kg de vapor por kW.h y 11.6 kg de vapor por kW.h .

-El consumo de vapor de las bombas reciprocantes depende de la potencia consumida de forma general, oscilando de 47 a 80 kg/kW (35 a 60 kg/hp).

-Los consumos de vapor reportados para las bombas de vacío son de 10 a 15 kg por tonelada de caña.

-El consumo de vapor en escoba se estima en el 1 % de la caña molida por hora.

-El consumo en escoba, eyectores, purgas, limpieza de la válvula de entrada de magma, maquinilla de vapor en las esteras y basculador y ventiladores de los hornos se consideran de un 5 a 10 % del vapor generado por las calderas.

-El consumo de vapor para el calentamiento de licor en azúcar refino es de 0.3 t/h por cada 100 toneladas de refino diario.

-El consumo de vapor para calentamiento del agua en el azúcar refino es de 0.2 a 0.4 t/h por cada 100 toneladas de refino producido.

-El consumo de vapor en el secador de azúcar refino a 10 kg/cm^2 es de 0.4 t/h por cada 100 toneladas de refino producido.

-El consumo de vapor para la producción de alcohol es de:

.042 a 0.45 t/hL de alcohol A

.035 a 0.37 t/hL de alcohol C y D

-El consumo de vapor para la producción de torula es de 3 t/t de torula.

-El consumo de vapor diario para un tiempo de parada diarias de 3.6 horas se estima en un 5.3 % del vapor producido moliendo.

-El consumo tradicional de vapor de los centrales azucareros es de 480 a 500 kg/t de caña molida. 330 kg/t de caña molida es una relación deseable.

-Un consumo de 50 kg de vapor por cada 100 kg de caña sería un consumo normal para un central que produzca refino.

-El consumo de vapor de los eyectores es directamente proporcional a su capacidad; El consumo de vapor de los eyectores de dos etapas, en todos los tamaños de equipos, será de 2.70 a 3.00 lb de 115 lb/in² manométrica, por cada libra de la mezcla de agua-vapor a extraer. (1.23 a 1.36 kg/kg de mezcla de aire y vapor de agua a extraer).

-El consumo de vapor por el eyector booster a simple etapa como sistema auxiliar para levantar vacío en los tachos será de 1000 lb/h para un vapor de 100 lb/in² manométrica. La capacidad de un eyector booster se incrementa apreciablemente si se instala con un pie condensador, pues se reduce notablemente el volumen de mezcla a evacuar. Esto también reduce el consumo total de vapor.

Pérdidas de vapor

-Las pérdidas de vapor en las líneas de alta presión se consideran:

- .Para ingenios totalmente electrificado, 1.5 % del vapor generado.
- .Para ingenios parcialmente electrificado, 2.0 % del vapor generado.
- .Para ingenios no electrificados, 3.0 % del vapor generado.

-Las pérdidas de vapor en las líneas de escape se consideran:

- .Para ingenios nuevos o reconstruidos, 5 % del vapor consumido en casa de calderas.
- .Para ingenios viejos, 10 % del vapor consumido en casa de calderas.

Energía eléctrica

-Un ingenio electrificado totalmente puede presentar una demanda de energía eléctrica del orden de 20 a 25 kW.h por tonelada de caña.

-Existen centrales que entregan hasta 50 kW.h por tonelada de caña como energía eléctrica sobrante.

Consumo de calor

-El bagazo producido se puede encontrar de 2 a 4 kg/kg de azúcar producido. Esto implica un rango de energía disponible de 3600 a 7200 kcal/kg de azúcar. En Cuba es del orden de 4300 como valor medio para todas las épocas y cañas.

-En las fábricas modernas de remolacha el consumo de calor es de 2000 kcal/kg de azúcar.

-El vapor de proceso (calentadores, evaporadores y tachos) representa el 80 % del consumo, o sea unas 3300 kcal/kg .

-Una fábrica de azúcar con esquema tradicional de evaporación, el consumo promedio de todas las áreas es de 4300 kcal/kg de azúcar.

-En un sistema tradicional se requieren alrededor de 10 a 12 kg de bagazo por kW.h generado. Con potencias mayores, 60 a 80 kgf/cm² y 425 °C del vapor, el consumo es del orden de 3 kg de bagazo por kW.h generado.

Requerimientos de agua

-Se requieren 500 kg de agua para producir 1 kg de azúcar.

-Una cuestión importante en la ubicación del ingenio es la disponibilidad de agua en abundancia.

-La cantidad de agua de enfriamiento que necesita el condensador es grande. Ascende aproximadamente a 50 lb de agua por lb de condensado de evaporación (50 kg de agua por kg de condensado). Un consumo de 200 000 gal/hora ($756 \text{ m}^3/\text{h}$) es cosa corriente en un central de tamaño moderado.

-La capacidad de la bomba de agua de inyección en el condensador de los evaporadores es de 1.75 galones de agua por minuto por 100 @ de caña por día (8.382 m^3 de agua por hora por cada tonelada de caña por hora).

-El agua requerida para el condensador de los tachos es de 1.55 galones de agua por minuto por 100 @ de caña por día (7.424 m^3 por hora por tonelada de caña por hora).

INDICES ENERGETICOS DE CAPACIDADES DE ALGUNOS EQUIPOS PARA INGENIOS QUE PRODUCEN AZUCAR CRUDO EN CUBA

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (gal/min) | Altura de bombeo (ft) |
|--|--------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bombas para la lechada de cal | 1.0 | 1.2 | 15 | 60 |
| -Bombas para el guarapo a los calentadores | 30 | 36 | 250 | 300 |
| -Bombas para retorno a los calentadores | | | | |
| .Calentadores con vapor de escape (cada 1000 pcsc)* | 1.0* | 1.2* | 32.5* | 60 |
| .Calentadores con vapor de guarapo (cada 1000 pcsc)* | 0.75* | 0.80* | 25* | 60 |

Los cálculos se hicieron a base de un consumo máximo de vapor de 16.25 y 12.5 lb/(h.pcsc) respectivamente.

| | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| -Bombas para liquidar el clarificador | 5.0 | 6.0 | 150 | 60 |
| -Bombas para alimentar la cachaza de los filtros | 1.5 | 1.8 | 50 | 60 |
| -Bombas para los guarapos filtrados, claros y turbios | 2.0 | 2.4 | 60 | 85 |
| -Bombas para agua de lavado de filtros | 1.5 | 1.8 | 20 | 150 |

El peso del agua añadida al filtro debe ser del 3 al 5 % del peso de la caña molida.

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (gal/min) | Altura de bombeo (ft) |
|--|--------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bombas de sosa cáustica para la limpieza de los calentadores | 4.0 | 4.8 | 80 | 100 |
| -Bombas para alimentar evaporadores | 7.5 | 9.0 | 250 | 60 |
| -Bombas para el condensado de evaporadores: | | | | |
| .Vapor Cell ¹ | 0.03 | 0.036 | 16.7 | 60 |
| .Para triples y cuádruples vasos a presión ² | 0.03 | 0.036 | 20 | 60 |
| .Para triples y cuádruples resto de los vasos ³ | 0.03 | 0.036 | 25 | 60 |
| .Para quintuples vasos a presión ⁴ | 0.03 | 0.036 | 16 | 60 |
| .Para quintuples resto de los vasos ⁵ | 0.03 | 0.036 | 20 | 60 |
| ¹ - Para una evaporación máxima de 8.33 lb/(h.pcsc) | | | | |
| ² - Para una evaporación máxima de 10.00 lb/(h.pcsc) | | | | |
| ³ - Para una evaporación máxima de 12.50 lb/(h.pcsc) | | | | |
| ⁴ - Para una evaporación máxima de 8.00 lb/(h.pcsc) | | | | |
| ⁵ - Para una evaporación máxima de 10.00 lb/(h.pcsc) | | | | |
| -Bombas para meladura | 5.0 | 6.0 | 75 | 100 |
| Esta capacidad de la bomba tiene un margen de un 50 % que admite una evaporación tan baja como del 62.5 %. | | | | |
| -Bombas de sosa cáustica para la limpieza de los evaporadores por hervidura | 0.038 ⁶ | 0.042 ⁶ | 20 ⁷ | 60 |
| ⁶ - Multiplicar por los gal/min que impulsa la bomba | | | | |
| ⁷ - Por cada 1000 pcsc del evaporador mayor | | | | |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (gal/min) | Altura de bombeo (ft) |
|---|--------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bombas de sosa cáustica para la limpieza de los evaporadores por duchas atomizadoras | 15 | 18 | 250 | 100 |
| -Bombas de agua fría para cristalizadores con enfriamiento | 0.75 | 0.9 | 45 | 40 |

Estos índices están basados en cristalizadores con enfriamiento Blanchard No.100. Variarán según el tipo de enfriamiento utilizado, por lo cual el consumo de agua debe estimarse sobre la base de lo siguiente:

- .Blanchard No.100: 15 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida
- .Blanchard No.200: 20 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida
- .Blanchard No.300: 25 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida
- .Fraginals : 25 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida
- .Turl : 25 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida
- .Otros a presión : 25 gal/(min.1000 ft³) de masa cocida

La capacidad de la bomba, así como los consumos de agua de los equipos de enfriamiento se han calculado sobre la base de agua a temperatura ambiente. Cuando el agua proceda de un equipo de refrigeración, la cantidad a bombear y a usar en cada cristalizador dependerá de la temperatura a que se haya enfriado dicha agua.

| | | | | |
|--|-----|-----|----|-----|
| -Bombas para las mieles A y B sin diluir | 7.5 | 9.0 | 50 | 250 |
| -Bombas para las mieles A y B diluídas | 5.0 | 6.0 | 75 | 100 |
| -Bombas para miel final(para bombear hacia la romana en el piso de los tachos hacia los tanques de almacenamiento) | 5.0 | 6.0 | 15 | 100 |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (gal/min) | Altura de bombeo (ft) |
|--|--------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bombas para extraer miel final de los tanques de almacenamiento (bomba de trasiego) | 25 | 30 | | 350 |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (ft ³ /min) | Altura de bombeo (ft) |
|--|--------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bomba rotatoria del equipo de vacío para filtros | 10 | 12 | 120 | |
| -Bomba de pistón del equipo de vacío para filtros | 10 | 12 | 135 | |
| -Bombas de vacío para el evaporador | 4.0 ⁸ | 5.0 ⁸ | 250 ⁹ | |
| ⁸ - Cada 100 ft ³ /min | | | | |
| ⁹ - Por cada 1000 ppsc del vaso melador | | | | |
| -Bombas de vacío para los tachos | 30 | 36 | 750 | |
| -Bomba auxiliar para levantar vacío en los tachos | 20 | 24 | 400 | |
| -Bombas para enviar masas cocidas hacia los cristalizadores: | | | | |
| .Masa cocida A | 15.75 | 19.0 | 9.33 | 35 |
| .Masa cocida B | 7.9 | 9.5 | 4.66 | 35 |
| .Masa cocida C | 6.65 | 8.0 | 4.00 | 35 |

Las bombas deben operar a las velocidades siguientes:

- .Rotatorias 25 r/min
- .De pistón 50-60 ft/min

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (ft ³ /min) | Altura de bombeo (ft) |
|--|--------------------------------|-------|----------------------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Bombas para masas cocidas de los cristalizadores a las centrífugas: | | | | |
| .Masa cocida A | 9.0 | 10.8 | 7.5 | 25 |
| .Masa cocida B | 4.5 | 5.4 | 3.75 | 25 |
| .Masa cocida C | 4.0 | 4.8 | 3.33 | 25 |

Las bombas deben operar a las velocidades siguientes:

| | |
|-------------|--------------|
| .Rotatorias | 25 r/min |
| .De pistón | 50-60 ft/min |

| | | | | |
|--|-----|-----|------|----|
| -Bombas para la magma desde las centrífugas hacia el semillero | 2.0 | 2.4 | 3.33 | 60 |
|--|-----|-----|------|----|

Las bombas deben operar a las velocidades siguientes:

| | |
|-------------|--------------|
| .Rotatorias | 25 r/min |
| .De pistón | 50-60 ft/min |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------|
| | Eléctrico | Vapor |
| -De los Clarificadores: | | |
| .Del eje central | 1.20/40000 gal | 1.50/40000 gal |
| .De las bombas de cachaza | 1/pistón | 1.2/pistón |
| .Velocidad del eje central | 1 r/8 min | 1 r/24 min |

Estos índices son el doble de los que traen los clarificadores de fábrica, teniendo en cuenta la tierra que trae la caña actualmente.

| | | |
|---|----------------------------|-------------------------------|
| -Del Cepillo limpiador automático de los coladores de guarapo clarificado tipo vibratorio | 2.0/colador 8 ft x 3 ft | 2.4/colador de 8 ft x 3 ft |
| -Del Cernidor de tipo rotatorio de los separadores de bagacillo (15 r/min) | | |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | |
|---|---------------------------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor |
| -Del agitador de los tanques mezcladores de cachaza y bagacillo (12 r/min) | 1.0 | 1.2 |
| -De los Filtros rotatorios al vacío: | | |
| .Movimiento del filtro | 0.75 | 0.90 |
| .Movimiento del agitador | 0.50 | 0.60 |
| -De los sinfines para templeas comerciales para manipular masas cocidas por gravedad para llenar los cristalizadores | C L ----- 30000 | C L ----- 25000 |
| <p>C - Capacidad, ft³/h L - Largo del conductor, ft</p> | | |
| -Para el movimiento de los cristalizadores de masas cocidas de azúcar comercial por 1000 ft ³ de capacidad (0.33 r/min): | | |
| .Sin enfriamiento y en batería | 1 | 1.2 |
| .Con enfriamiento y en batería | 1.3 | 1.6 |
| -Para el movimiento de los cristalizadores de masas cocidas de agotamiento por 1000 ft ³ de capacidad (0.33 r/min): | | |
| .Sin enfriamiento y en batería | 1.25 | 1.50 |
| .Con enfriamiento y en batería | 1.70 | 2.00 |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | |
|---|--------------------------------|-----------------------|
| | Eléctrico | Vapor |
| -De los sinfines para templados comerciales para manipular masas cocidas por gravedad para descargar los cristalizadores | C L ----- 25000 | C L ----- 20000 |

C - Capacidad, ft³/h

L - Largo del conductor, ft

-Del Secador-Enfriador
rotatorio de azúcar
crudo de un solo tambor
rotatorio, de persianas
interiores:

.Para mover el
secador 0.45 D²

.Para mover el
ventilador 0.0017 ft³/min

D - Diámetro nominal del secador, en ft

El consumo máximo de vapor saturado de 100 lb/ft³ en la estufa, en lb/h por cada ft³/min de aire a calentar es de 0.2 .

-Del Secador-Enfriador
rotatorio de azúcar
crudo de dos tambores
rotatorios (uno Secador
y el otro enfriador),
de aletas interiores,
para ambos se cumple
que:

.Para mover el
secador o el
enfriador 0.3 D²

.Para mover el
ventilador 0.0017 ft³/min

D - Diámetro nominal de secador, en ft

El consumo máximo de vapor saturado en el secador es de 100 lb/ft³ en la estufa, que equivale a 0.2 lb/h por cada ft³/min de aire a calentar.

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | |
|--|---------------------------------------|--------------|
| | Eléctrico | Vapor |
| -Del Mingler para formar magma (20 r/min) | 0.8 | 1.0 |
| -Revolvedores de paletas para preparar la lechada de cal (30-40 r/min) | | |
| .Apagador | 0.75 | 0.90 |
| .Cal diluida en cada tanque | 1.125 | 1.45 |
| -Agitador de propela de los tanques para alcalinizar el guarapo | 3.0* | 1150 |

*Esto está influído por el diámetro y el paso que tenga la hélice que se use para este servicio

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad ft³/min | ft³ de aire/ lb bagacillo |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Ventiladores para el bagacillo | 5 | 6 | 2000 a 7 in H ₂ O | 100 |

-Conductores para manipular el azúcar debajo de las centrífugas comerciales:

.Conductores Sinfines

Distintos tamaños de conductores sinfines

| Diámetro sinfín in | r/min máxima | Capacidad máxima ft³/h | hp/ft conductor | Ancho de dela cinta in |
|---------------------------|---------------------|--|------------------------|-------------------------------|
| 9 | 65 | 275 | 0.03 | 1 1/2 |
| 10 | 65 | 400 | 0.04 | 1 1/2 |
| 12 | 60 | 650 | 0.05 | 2 |
| 14 | 60 | 1000 | 0.08 | 2 1/2 |
| 16 | 55 | 1500 | 0.12 | 2 1/2 |
| 18 | 50 | 1900 | 0.15 | 3 |
| 20 | 50 | 2700 | 0.20 | 3 |

En los casos en que al multiplicar el factor de hp de la tabla por el largo del conductor se obtengan resultados inferiores a 5 hp, multiplíquese por los factores siguientes:

- .Por 2, cuando los hp son menores de 1
- .Por 1.50, cuando los hp son de 1 a 2
- .Por 1.25, cuando los hp son de 2 a 4
- .Por 1.10, cuando los hp son de 4 a 5

.Conductores vibratorios

Distintos tamaños de conductores vibratorios

| Tamaño de la canal | | | Capacidad ft ³ /h | Largo máximo en ft según el caballaje | | | |
|--------------------|-----------------|------|---------------------------------|--|-----|-------|------|
| Abajo | Ancho Arriba | Alto | | 3hp | 5hp | 7.5hp | 10hp |
| 18 | 24 | 9* | 1100 | 20 | 35 | 50 | 75 |
| 24 | 32 | 12* | 1900 | 15 | 30 | 45 | 60 |
| 20 | 20 | 6 | 750 | 30 | 55 | 75 | 100 |
| 24 | 24 | 6 | 900 | 30 | 55 | 75 | 100 |
| 30 | 30 | 8 | 1500 | 25 | 45 | 65 | 90 |
| 36 | 36 | 8 | 1800 | 20 | 40 | 60 | 85 |
| 42 | 42 | 8 | 2100 | 20 | 40 | 60 | 85 |
| 48 | 48 | 8 | 2400 | 15 | 35 | 55 | 80 |

*estas medidas no son verticales, sino que siguen la inclinación que tienen los costados de la canal del conductor.

-Conductores para manipular el azúcar debajo de las centrífugas de agotamiento:

| Templa | Centrífuga | | Bomba gal/min por altura centrífuga | Eléctrico | | hp por centrífuga Vapor | | | | |
|--------|------------|-------|---|----------------------|----|----------------------------|----------------|----|-------|----|
| | Tamaño | r/min | | En baterías de ft | -6 | 6 a 9 | En baterías de | -6 | 6 a 9 | +9 |
| A | 40 x 24 | 1000 | 100 | 530 | 25 | 20 | 18 | 30 | 24 | 22 |
| B | 40 x 24 | 1000 | 100 | 530 | 20 | 18 | 16 | 34 | 29 | 19 |
| C | 40 x 24 | 1000 | 75 | 530 | 15 | 13 | 10 | 18 | 16 | 12 |
| A | 40 x 24 | 1200 | 120 | 570 | 30 | 27 | 25 | 36 | 32 | 30 |
| B | 40 x 24 | 1200 | 120 | 570 | 27 | 25 | 22 | 32 | 30 | 26 |
| C | 40 x 24 | 1800 | 140 | 635 | 40 | 35 | -- | 48 | 42 | -- |
| C | 30 x 30 | 1400 | 170 | 635 | 35 | 28 | 24 | 42 | 34 | 29 |

| Equipos | Potencia del equipo motor (hp) | | Capacidad (lb/h) | |
|--|---------------------------------------|---|---|---|
| | Eléctrico | Vapor | | |
| -Conductores elevadores verticales de azúcar, de 2000 lb/h: | | | | |
| .De una cadena 0.04 descarga centrífuga, cubilote tipo C | 0.05 | | 2000 | |
| .De cadenas, descarga positiva, cubilote tipo A | 0.05 | 0.06 | 2000 | |
| Equipos | Temp.del guarapo °F | Presión vapor lb/pulg²m | Coef.Trans. Calórica U Btu/ft²/h/°F | Area de Trans.calor ft² |
| -Calentadores de guarapo: | | | | |
| .Con vapor de escape solamente | 90-215 | 8 | 170 | 1100 |
| .Con vapores de un Vapor Cell a simple efecto y rectificando con escape(calentador primario) | 90-190 | 0 | 150 | 1100 |
| .Con vapores de un Vapor Cell a simple efecto y rectificando con escape(calentador rectificador) | 190-215 | 8 | 170 | 450 |
| .Con vapores de un Vapor Cell a doble efecto y rectificando con escape(calentador primario) | 90-180 | 3 in Hg en el 2 ^{do} vaso | 125 | 1100 |
| .Con vapores de un Vapor Cell a doble efecto y rectificando con escape(calentador rectificador) | 180-215 | 8 | 170 | 560 |

En todos los casos se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La velocidad del guarapo debe oscilar entre 6 a 8 ft/s .
- Extracción correcta del condensado y los incondensables.
- Limpieza adecuada de los fluses.
- Tener calentadores adicionales instalados, en la proporción adecuada, para que el período de operación nunca sea más del triple del de la limpieza.

| Equipos | Temp.del guarapo °F | Presión vapor lb/pulg ² m | Coef.Trans. Calórica U Btu/ft ² /h/°F | Area de Trans.calor ft ² |
|--|---------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| -Calentadores para guarapo clarificado | 195-220 | 8 | 170 | 450 |

La velocidad del guarapo debe oscilar entre 6 a 9 ft/s.

| Equipos | Superficie Calórica ft ² |
|---|-------------------------------------|
| -Triple efecto sólo | 9000 |
| -Triple efecto y Vapor Cell a simple efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 1700 |
| .Del triple | 8150 |
| .Total | 9850 |
| -Triple efecto y Vapor Cell a doble efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 3400 |
| .Del triple | 7640 |
| .Total | 11040 |
| -Cuádruple efecto sólo | 12000 |
| -Cuádruple efecto con bleeding en el vaso I: | |
| .Del vaso I | 4275 |
| .De los vasos restantes | 7725 |
| .Total | 12000 |
| -Cuádruple efecto y Vapor Cell a simple efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 1700 |
| .Del cuádruple | 10870 |
| .Total | 12570 |

| | |
|--|--------------|
| -Cuádruple efecto y Vapor Cell a doble efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 3400 |
| .Del cuádruple | 10190 |
| .Total | 13590 |
| | |
| -Quíntuple efecto sólo | 15000 |
| | |
| -Quíntuple efecto con bleeding en el vaso II: | |
| .Del vaso I | 5040 |
| .Del vaso II | 5040 |
| .De los vasos restantes | 4920 |
| .Total | 15000 |

**Superficie Calórica
ft²**

| Equipos | |
|---|--------------|
| -Quíntuple efecto y Vapor Cell a simple efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 1700 |
| .Del Quíntuple | 13585 |
| .Total | 15285 |
| | |
| -Quíntuple efecto y Vapor Cell a doble efecto: | |
| .Del Vapor Cell | 3400 |
| .Del Quíntuple | 12735 |
| .Total | 16135 |

En todos los casos se utiliza vapor de escape de 8 lb/in² manométrico y 25 in Hg de vacío en el vaso melador.

La evaporación se ha calculado a base de 90000 lb/h que es alrededor de un 15 % más de lo necesario para un guarapo clarificado de 16 °Bx y una meladura de 65 °Bx . Se da este margen para asegurar la razón de evaporación mínima necesaria, que evite reducir la molida o el agua de imbibición, en los días previos a la limpieza del evaporador. En estos días anteriores a la limpieza, la razón de evaporación decaerá a menos de 7.5 lb/(ft².h) , que es el promedio asumido. Con las cifras dadas por los índices esta razón puede bajar a alrededor de 6 lb/(ft².h) , lo cual es normal cuando se está próximo a una limpieza, sin tener que afectar las condiciones de operación de la planta de moler. El evaporador comenzará una corrida, después de una limpieza, con una razón de evaporación superior a 7.5 lb/(ft².h) , pero terminará dicho ciclo con una menor, y por esto, el promedio de 7.5 lb/(ft².h) tiene que dejar un margen para las condiciones menos favorables.

La razón de evaporación asumida en cada caso, en $\text{lb}/(\text{ft}^2\cdot\text{h})$, han sido las siguientes:

| | |
|--------------------------------|-----|
| .Vapor Cell a simple efecto | 5 |
| .Vapor Cell a doble efecto | 4 |
| .Evaporador a triple efecto | 10 |
| .Evaporador a cuádruple efecto | 7.5 |
| .Evaporador a quintuple efecto | 6 |

Los pies cuadrados de superficie calórica de los calentadores primarios que van a usar los vapores procedentes de los Vapor Cell deben ser 0.7 de los pies cuadrados de superficie calórica de estos.

TABLAS

CONSUMO DE DIESEL EN LAS PLANTACIONES CAÑERAS

| gal/3.4 t de semilla | nueva | soca |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Preparación de la tierra | 32 | - |
| Siembra y resiembra | 1 | 1 |
| Cultivos | 35 | 10 |
| Desyerbes | 1 | 1 |
| Total | 69 | 12 |

CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS CAÑEROS

| | VCN (kcal/kg) | densidad(kg/m ³) | ceniza(%) |
|--------------------------|---------------|------------------------------|-----------|
| Bagazo (50 % humedad) | 1825 | 100 | 5 |
| RAC (48 % humedad) | 1725 | 30 | 14 |

COMPOSICION APROXIMADA DE LA CAÑA DE AZUCAR

| | |
|--|---------|
| .agua | 70 % |
| .sacaroza | 14.50 % |
| .fibra | 13 % |
| .azucares reductores | 1 % |
| .cenizas | 0.5 % |
| .grasa y ceras | 0.2 % |
| .gomas | 0.2 % |
| .sustancias nitrogenadas | 0.4 % |
| .ácidos orgánicos; libres y combinados | 0.2 % |
| .en la ceniza existe 0.07 % de ácido fosfórico y 0.12 % de potasa. | |

COMPOSICION DE LA CAÑA DE AZUCAR Y DE LOS SOLIDOS DEL JUGO

| CONSTITUYENTE | PORCENTAJE | PORCENTAJE SOLIDOS SOLUBLES |
|---|------------|--------------------------------|
| Agua | 73-76 | -- |
| Sólidos | 24-27 | -- |
| Fibra(seca) | 11-16 | -- |
| Sólidos solubles | 10-16 | -- |
| <u>Constituyente del jugo</u> | | |
| Azúcares | 75-92 | -- |
| Sacarosa | -- | 70-88 |
| Glucosa | -- | 2-4 |
| Fructuosa | -- | 2-4 |
| Sales | 3-7.5 | -- |
| De ácidos inorgánicos | -- | 1.5-4.5 |
| De ácidos orgánicos | -- | 1-3 |
| Acidos orgánicos libres | 0.5-2.5 | -- |
| Acidos carboxílicos | -- | 0.1-0.5 |
| Aminoácidos | -- | 0.5-2 |
| <u>Otros no azúcares orgánicos</u> | | |
| Proteínas | -- | 0.5-0.6 |
| Almidón | -- | 0.001-0.050 |
| Gomas | -- | 0.30-0.60 |
| Cera, grasa, fosfátidos | -- | 0.05-0.15 |
| No azúcares sin identificar | -- | 3-5 |

Productos y cantidades que se obtienen por cada 100 toneladas métricas de caña procesada

| | |
|--------------------------|--------|
| .azúcar | 12.5 t |
| .cogollo | 18.4 t |
| .hojas y pajas | 42.9 t |
| .miel final 88 °Bx | 3.6 t |
| .cachaza 77 % de humedad | 3.4 t |
| .bagazo 55 % de humedad | 27.5 t |

1 t de caña produce

| |
|---|
| .43.12 x 10 ⁴ kcal como azúcar |
| . 9.18 x 10 ⁴ kcal como mieles |
| .45.60 x 10 ⁴ kcal como bagazo |
| .14.90 x 10 ⁴ kcal como paja y cogollo |

Peso de un saco de azúcar

| | |
|---------------|-------------|
| .Cuba | 100 y 50 kg |
| .Brasil | 60 kg |
| .Colombia | 50 kg |
| .R.Dominicana | 250/160 lb |
| .Filipinas | 140 lb |

BALANCE APROXIMADO DE CONDENSADOS DE ALIMENTACION

| Fuente de suministro de condensado | Cantidad de condensado % del Peso de caña |
|---|--|
| Calentadores secundarios | 3 % |
| Vapor cell o pre | 12 % |
| Primer vaso | 16 % |
| Tachos | 16 % |
| | |
| TOTAL CONDENSADO DE ESCAPE ----- | 47 % |

BALANCE APROXIMADO DE CONDENSADOS DE VAPORES VEGETALES

| | |
|--|------|
| Calentadores primarios | 12 % |
| de jugo | |
| 2 ^{do} vaso del evaporador | 16 % |
| | |
| TOTAL CONDENSADO VAPORES VEGETALES ----- | 28 % |

CUADRO COMPARATIVO DE PERDIDAS POR DIAS DE CAÑA CORTADA HASTA SER MOLIDA Y AZUCAR

| <u>DIAS DE CORTADAS</u> | <u>PESO @</u> | PERDIDA EN CADA 199 @ DE CAÑA | | | PERDIDA EN CADA MILLON DE | |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| | | <u>PERDIDA PESO @</u> | <u>RDT 96°</u> | <u>PERDIDA RDTO 96°</u> | <u>@ DE CAÑA PERDIDA CAÑA @</u> | <u>PERDIDA AZUCAR @</u> |
| Recien cortada | 100.0 | | 11.80 | | | |
| 1 dia de cortada | 98.8 | 1.2 | 11.65 | 0.15 | 12000 | 1500 |
| 2 dias de cortada | 96.7 | 3.7 | 11.45 | 0.35 | 37000 | 3500 |
| 3 dias de cortada | 95.6 | 4.4 | 11.12 | 0.68 | 44000 | 6800 |
| 4 dias de cortada | 94.5 | 5.5 | 11.03 | 0.77 | 55000 | 7700 |
| 5 dias de cortada | 93.7 | 6.3 | 10.80 | 1.00 | 63000 | 10000 |
| 6 dias de cortada | 92.8 | 7.2 | 10.60 | 1.20 | 72000 | 12000 |
| 7 dias de cortada | 92.0 | 8.0 | 10.40 | 1.40 | 80000 | 14000 |
| 8 dias de cortada | 91.0 | 9.0 | 10.20 | 1.60 | 90000 | 16000 |
| 9 dias de cortada | 90.0 | 10.0 | 10.00 | 1.80 | 100000 | 18000 |
| 10 dias de cortada | 89.2 | 10.8 | 9.80 | 2.00 | 108000 | 20000 |

CANTIDAD DE VAPOR APROXIMADO QUE VA AL CONDENSADOR SEGUN EL TIPO DE ARREGLO EXISTENTE EN EL AREA DE EVAPORACION

| Tipo de evaporador | Peso aproximado de vapor al condensador en kg/(tc.h) |
|---------------------------------|--|
| Triple efecto sin extracción | 225 - 250 |
| Triple efecto con extracción | 200 - 225 |
| Cuádruple efecto sin extracción | 180 - 200 |
| Cuádruple efecto con extracción | 160 - 175 |
| Quíntuple efecto sin extracción | 150 - 160 |
| Quíntuple efecto con extracción | 125 - 150 |

SUPERFICIE CALORICA NECESARIA EN APARATOS EVAPORADORES

| Equipos | Agua evaporada | |
|------------------|-------------------------|------------------------|
| | lb/(h.ft ²) | kg/(h.m ²) |
| Triple efecto | 8.0 - 8.5 | 39.0 - 41.5 |
| Cuádruple efecto | 7.0 - 7.5 | 34.2 - 36.5 |
| Quíntuple efecto | 5.5 - 6.0 | 26.8 - 29.3 |
| Vapor-cell | 5.0 | 24.4 |

TEMPERATURA DE EBULLICION DE LAS MELADURAS SEGUN SU CONCENTRACION

| % de sacarosa en solución | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------------------------------|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| Temperatura de ebullición °C | 100.4 | 100.6 | 101 | 101.5 | 102 | 103 | 106.5 | 112 | 130 |

Pérdida de calor por radiación en por ciento del vapor dado al primer vaso, en un múltiple efecto

| Tipo de evaporador | evaporadores sin aislar | evaporadores aislados parcialmente | evaporadores aislados totalmente |
|--------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | Doble efecto | 1.06 | 0.46 |
| Triple efecto | 4.20 | 2.07 | 1.05 |
| Cuádruple efecto | 9.80 | 5.00 | 2.70 |

PUNTO DE EBULLICION DEL AGUA AL VACIO

| VACIO | | TEMPERATURA | |
|-------|-------|-------------|-------|
| in Hg | mm Hg | °C | °F |
| 23.62 | 600 | 61.5 | 142.7 |
| 23.82 | 605 | 60.8 | 141.4 |
| 24.02 | 610 | 60.1 | 140.2 |
| 24.21 | 615 | 59.3 | 138.7 |
| 24.41 | 620 | 58.6 | 137.5 |
| 24.61 | 625 | 57.8 | 136.1 |
| 24.80 | 630 | 57.0 | 134.6 |
| 25.00 | 635 | 56.2 | 133.2 |
| 25.20 | 640 | 55.3 | 131.5 |
| 25.39 | 645 | 54.5 | 130.1 |
| 25.59 | 650 | 53.5 | 128.3 |
| 25.79 | 655 | 52.6 | 126.7 |
| 25.98 | 660 | 51.6 | 124.9 |
| 26.18 | 665 | 50.5 | 122.9 |
| 26.38 | 670 | 49.5 | 121.1 |
| 26.58 | 675 | 48.3 | 118.9 |
| 26.77 | 680 | 47.1 | 116.8 |
| 26.97 | 685 | 45.8 | 114.5 |
| 27.17 | 690 | 44.5 | 112.1 |
| 27.36 | 695 | 43.1 | 109.6 |
| 27.56 | 700 | 41.5 | 106.7 |

Capacidad de los evaporadores en pies cuadrados de superficie calórica por cada 100 @ de guarapo o caña

| | |
|------------------|--|
| .En un triple | (0.7948 m ² /t de caña)9.70 ft ² /100 @ de caña |
| .En un cuádruple | (0.9013 m ² /t de caña)11 ft ² /100 @ de caña |
| .En un quintuple | (1.0815 m ² /t de caña)13.20 ft ² /100 @ de caña |

Pérdidas por radiación por pie cuadrado en hierro colado o hierro maleable sin protección en los evaporadores

| Diferencia de temperatura °F | Pérdidas Btu/ft² | Diferencia de temperatura °F | Pérdidas Btu/ft² |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 18 | 33.2 | 180 | 480.0 |
| 36 | 66.4 | 198 | 535.0 |
| 54 | 107.0 | 216 | 609.0 |
| 72 | 147.8 | 234 | 683.0 |
| 90 | 199.5 | 252 | 746.0 |
| 108 | 251.0 | 270 | 823.0 |
| 126 | 302.5 | 288 | 905.0 |
| 144 | 362.0 | 306 | 990.0 |
| 162 | 421.0 | | |

Pérdidas de calor en los evaporadores, siendo 100 las pérdidas con una superficie no aislada

| Clase de protección | Espesor del aislante (in) | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------|
| | 9/16 | 25/32 | 1 | 1 3/16 |
| -Haces de paja cubiertos con arcilla | 69 | 64 | 60 | 57 |
| -Hilaza y fibra de asbesto | 59 | 56 | 54 | 52 |
| -Kieselguhr | 46 | 42 | 40 | 39 |
| -Preparaciones a base de cemento | 38 | 33 | 30 | 28 |
| -Virutas de corcho | 44 | 35 | 29 | 24 |
| -Seda trenzada, sin espacios de aire | 25 | 22 | 20 | 19 |
| -Seda carbonizada | 25 | 20 | 20 | 19 |
| -Fieltro | 19 | 16 | 14 | 13 |

Composición de las masas cocidas y mieles, en el caso de tres masas cocidas, pueden ser como sigue

| | °Bx | Pureza |
|-----------------|------------|---------------|
| Primeras | 93 a 94 | 78 a 80 |
| Segundas | 93 a 94 | 69 a 72 |
| Terceras | 94 a 96 | 56 a 58 |
| Pie de tercera | muy flojo | 68 a 70 |
| Miel de primera | 80 a 82 | 90 a 93 |
| Miel de segunda | 80 a 82 | 60 a 65 |
| Miel final | 86 a 90 | 30 a 35 |

CONSUMO DE VAPOR EN TACHOS

| MELADURA Y MIELES °Bx | kg de vapor/100 kg de sólidos en meladura | kgde vapor/100 kg de caña |
|---------------------------------|--|--|
| 70 | 67.9 | 10.9 |
| 65 | 91.5 | 14.6 |
| 60 | 119.0 | 19.0 |
| 55 | 151.6 | 24.3 |

PERDIDAS TERMICAS POR METRO LINEAL DE TUBERIA SIN AISLAMIENTO

Vapor directo 9 kg/cm² absolutos y temperatura de 180 °C (temperatura ambiente 30 °C).

| Diámetros tuberías (in IPS) | Pérdidas térmicas por metro de tuberías no aislada, kcal/24 h | Equivalente en consumo adicional de bagazo y petróleo | |
|--|--|--|----------------|
| | | kg bagazo/24h | gal/24h |
| 4 | 19600 | 24.8 | 1.26 |
| 5 | 24200 | 30.6 | 1.55 |
| 6 | 28700 | 36.4 | 1.85 |
| 8 | 37800 | 47.2 | 2.46 |
| 10 | 47400 | 60.1 | 3.06 |
| 12 | 54600 | 69.2 | 3.52 |
| 18 | 78000 | 95.8 | 4.85 |

Vapor de escape 1.0 kg/cm² absolutos y temperatura de 110 °C (temperatura ambiente 30°C).

| | | | |
|----|-------|------|------|
| 12 | 21000 | 33.2 | 1.67 |
| 18 | 37800 | 48.2 | 2.45 |
| 20 | 42000 | 53.0 | 2.69 |
| 22 | 46000 | 59.0 | 2.98 |
| 24 | 50400 | 63.9 | 3.24 |
| 26 | 54400 | 69.4 | 3.52 |
| 30 | 63000 | 80.0 | 4.05 |

EFICIENCIA TERMODINAMICA DE LAS MAQUINAS DE VAPOR

| Equipo | Saturado | Sobrecalentado |
|---|-----------------|-----------------------|
| -Máquinas reciprocantes de admisión y estrangulamiento manual. (bombas reciprocantes, maquinas, etc). | 0.18 | 0.20 |
| -Máquinas de corte fijo y estrangulación automática del vapor (bombas de vacío, máquinas de válvulas deslizantes y regulador centrífugo). | 0.37 | 0.39 |
| -Máquinas de Distribución Corliss | 0.67 | 0.69 |
| -Máquinas de Distribución Poppet | 0.75 | 0.78 |

Eficiencia termodinámica de equipos accionados con vapor

| | Vapor saturado | Vapor sobrecalentado |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Máquina de vapor con válvulas Corliss | 0.63 | 0.65 |
| Turbo de una etapa | 0.45 | 0.47 |
| Turbo de dos etapas | 0.50 | 0.52 |
| Turbos de tres etapas | 0.55 | 0.57 |
| Turbos de cuatro etapas | 0.60 | 0.62 |
| Turbos de cinco etapas o más de seis | 0.63 | 0.65 |

EFICIENCIA TERMODINAMICA PARA TURBINAS

| Turbogenerador | Eficiencia Saturado | Termodinámica Sobrecalentado |
|---|----------------------------|-------------------------------------|
| - Turbo de acción de 1 etapa | 0.45 | 0.47 |
| - Turbo de acción de 2 etapas | 0.50 | 0.52 |
| - Turbo de acción de 3 etapas | 0.55 | 0.57 |
| - Turbo de acción de 4 etapas | 0.60 | 0.62 |
| - Turbo de acción de 5 etapas o más. | 0.63 | 0.65 |
| - Turbo de reacción de etapas múltiples. | 0.68 | 0.70 |
| - Turbinas de vapor de una sola etapa y potencia menor de 100 hp (De acción). | 0.23 | 0.25 |
| - Turbinas de vapor de una sola etapa y potencia mayor de 100 hp (De acción). | 0.32 | 0.34 |
| - Turbina de vapor de acción con varias etapas, hasta 600 hp . | 0.41 | 0.43 |
| - Turbina de vapor de acción con varias etapas, mayor de 600 hp . | 0.56 | 0.58 |

Eficiencias termodinámicas típicas de turbinas para su comparación

| | |
|---|-------------|
| Contrapresión de 3 a 7 kg/cm ² manométrico | 0.65 a 0.70 |
| Contrapresión de 0.5 a 3 kg/cm ² manométrico | 0.70 a 0.72 |
| Condensación | 0.72 a 0.75 |
| de reacción y condensación | 0.75 a 0.80 |

Eficiencia para turbinas de más de 10 MW oscilan entre

| | |
|------------------|-----------|
| menores de 20 MW | 60 a 70 % |
| de 20 MW a 60 MW | 75 a 80 % |
| mayores de 60 MW | 85 % |

VALOR COMBUSTIBLE DEL BAGAZO SEGUN SU HUMEDAD

| Humedad % | VCI del bagazo (Btu/lb) |
|-----------|-------------------------|
| 42.00 | 4129(2295.72 kcal/kg) |
| 43.00 | 4057(2255.69 kcal/kg) |
| 44.00 | 3982(2213.99 kcal/kg) |
| 45.00 | 3909(2173.40 kcal/kg) |
| 46.00 | 3835(2132.26 kcal/kg) |
| 47.00 | 3762(2091.67 kcal/kg) |
| 48.00 | 3687(2049.97 kcal/kg) |
| 49.00 | 3614(2009.38 kcal/kg) |
| 50.00 | 3600(2001.60 kcal/kg) |
| 51.00 | 3468(1928.20 kcal/kg) |

PERDIDA DE COMBUSTIBLE SEGUN EL POR CIENTO DE CO₂ EN LOS GASES DE SALIDA DE LA CALDERA

| % de CO ₂ | % de pérdida en el combustible |
|----------------------|--------------------------------|
| 2.00 | 90.00 |
| 3.00 | 60.00 |
| 4.00 | 45.00 |
| 5.00 | 36.00 |
| 7.00 | 26.00 |
| 8.00 | 23.00 |
| 9.00 | 20.00 |
| 10.00 | 18.00 |
| 11.00 | 16.00 |
| 12.00 | 15.00 |
| 13.00 | 14.00 |
| 14.00 | 13.00 |
| 15.00 | 12.00 |

PERDIDA EN LOS GASES DE CHIMENEA SEGUN SU TEMPERATURA DE SALIDA

| Temperatura de los gases (°C) | % de pérdidas |
|----------------------------------|---------------|
| 212 | 4.10 |
| 390 | 7.70 |
| 570 | 11.50 |
| 750 | 15.90 |
| 930 | 19.65 |
| 1110 | 24.00 |
| 1290 | 28.50 |
| 1470 | 33.10 |
| 1650 | 37.70 |
| 1830 | 43.00 |

DETERMINACION DEL INDICE DE GENERACION (kg de vapor/kg de bagazo)

VCI

INDICE DE GENERACION BRUTO: $I_{gb} =$

INDICE DE GENERACION: $I_{gn} = I_{gb} - N_g$

$h_v - t_{aa}$

| P_v (kg/cm ²) | | 8.5 | | 11 | | | | 18 | | | | 28 | | | |
|-----------------------------|-------------|------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| T_v °C h (kcal/kg) | | 170 661 | | 183.0 664.1 | | 240.0 696.2 | | 206.0 667.8 | | 320.0 733.6 | | 229.0 669.5 | | 400.0 772.2 | |
| t_{aa} °C | | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 |
| humedad % | VCI kcal/kg | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 2552 | 4.46 | 4.54 | 4.44 | 4.52 | 4.21 | 4.28 | 4.42 | 4.49 | 3.48 | 4.03 | 4.40 | 4.48 | 3.74 | 3.80 |
| 47 | 1970 | 3.44 | 3.51 | 3.43 | 3.49 | 3.25 | 3.30 | 3.41 | 3.47 | 3.06 | 3.11 | 3.40 | 3.46 | 2.89 | 2.93 |
| 48 | 1922 | 3.36 | 3.42 | 3.35 | 3.41 | 3.17 | 3.22 | 3.33 | 3.38 | 2.99 | 3.03 | 3.32 | 3.37 | 2.82 | 2.86 |
| 49 | 1873 | 3.27 | 3.33 | 3.26 | 3.32 | 3.09 | 3.14 | 3.24 | 3.30 | 2.91 | 2.96 | 3.23 | 3.29 | 2.74 | 2.79 |
| 50 | 1825 | 3.19 | 3.25 | 3.18 | 3.23 | 3.01 | 3.06 | 3.16 | 3.21 | 3.83 | 3.88 | 3.15 | 3.20 | 2.67 | 2.71 |
| 51 | 1776 | 3.10 | 3.16 | 3.09 | 3.15 | 2.93 | 2.98 | 3.07 | 3.13 | 2.76 | 2.80 | 3.06 | 3.12 | 2.60 | 2.64 |
| 52 | 1728 | 3.02 | 3.07 | 3.01 | 3.06 | 2.85 | 2.90 | 2.99 | 3.04 | 2.68 | 2.73 | 2.98 | 3.03 | 2.53 | 2.57 |

Los valores de eficiencia de generación típicos de la tabla anterior están referidos a calderas con buen estado técnico y superficies limpias

Tipo de generador

N_g

Tipo de generador

N_g

1 RETO

80

5 EVELMA (con calentador de aire)

75

Para los casos

2 RETAL

78

6 Tubo recto (horno herradura

65

6, 7 y 8 con

3 Alemana 45 t/h

80

sin calentador de aire)

arco radiante

4 Alemana 25 t/h

65

7 Stirling (horno herradura

65

$N_g = 68$

(sin remodelar y sin calentador de aire)

sin calentador de aire)

8 EVELMA (sin calentador de aire)

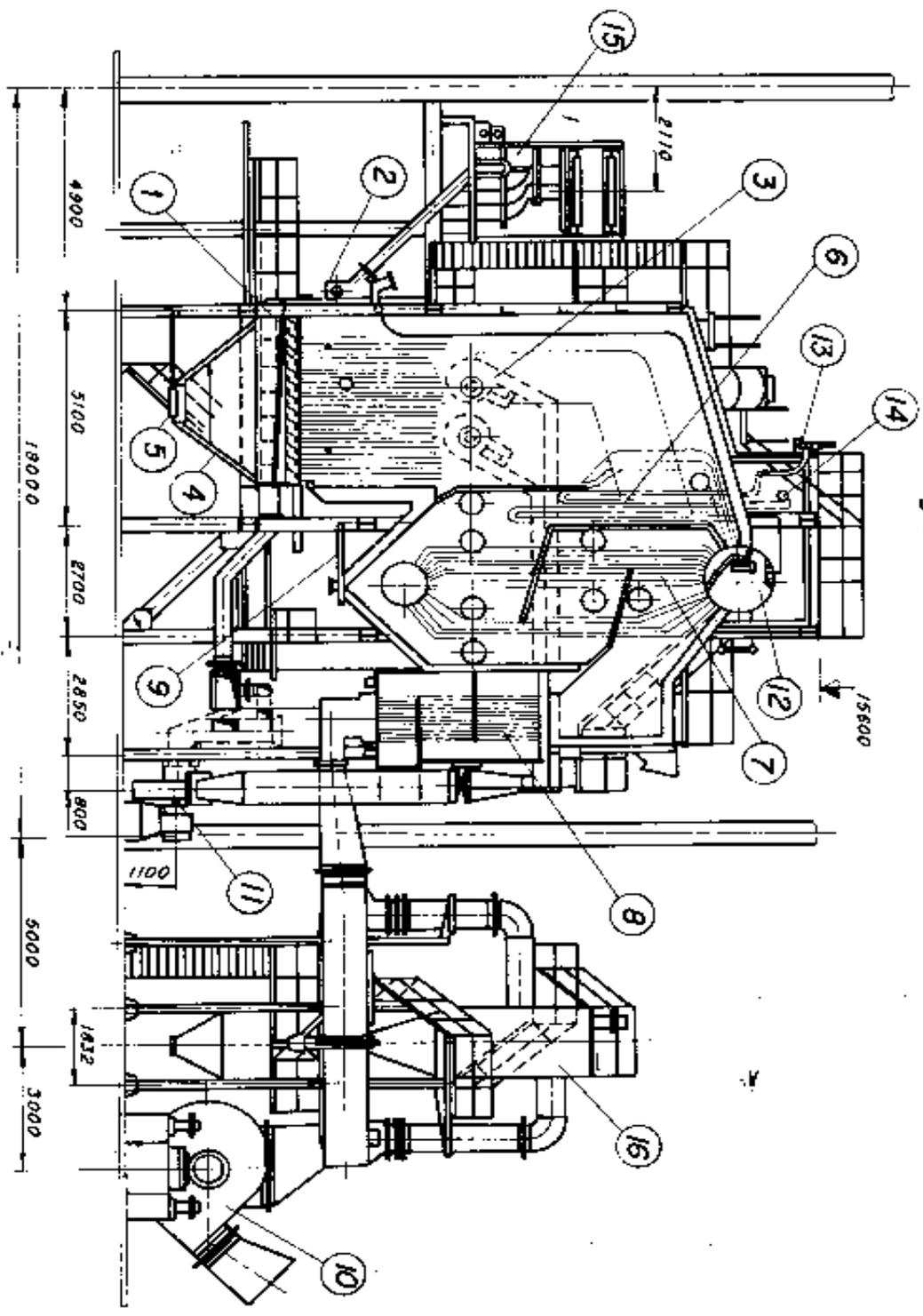
65

Tabla de eficiencia de las calderas según el tipo instalada

| Calderas | Eficiencia |
|--|------------|
| - Caldera pirotubular con horno de parrilla fija. | 0.55 |
| - Caldera de tubos rectos y 3 pases con horno Martin sin arcos. | 0.67 |
| - Caldera de tubos rectos y 3 pases con horno Martin con arcos. | 0.69 |
| - Caldera de tubos rectos y 3 pases con horno Ward. | 0.70 |
| - Caldera tipo Villa Clara con horno Ward. | 0.75 |
| - Caldera Stirling con horno Martin sin arcos. | 0.64 |
| - Caldera Stirling con horno Martin con arcos. | 0.66 |
| - Caldera Stirling con horno Ward. | 0.67 |
| - Caldera Evelma de la Primera Generación con horno Martin de arcos. | 0.64 |
| - Caldera Evelma de la Segunda Generación con horno Martin de arcos. | 0.66 |
| - Caldera Evelma de la Tercera Generación con horno de celda. | 0.75 |
| - Caldera Reto de 25 y 45 t/h . | 0.78 |
| - Caldera Alemana de 45 t/h . | 0.80 |
| - Caldera Retal. | 0.78 |
| - Caldera Stirling con horno esparcidor y calentador de aire. | 0.80 |
| - Caldera Stirling con horno esparcidor. | 0.70 |

| Tipo de G.de vapor | Tipo de horno | Eficiencia total |
|--------------------|-------------------------------|------------------|
| tubos de agua | herradura | 60 % |
| tubos de agua | Ward | 66 % |
| Thompson | 2.3 kg de vapor por kg bagazo | 53.1 % |
| B & W | 2.4 kg de vapor por kg bagazo | 56.2 % |
| Semitubular | 1.8 kg de vapor por kg bagazo | 42.2 % |

Fig 3 Caldera Reto



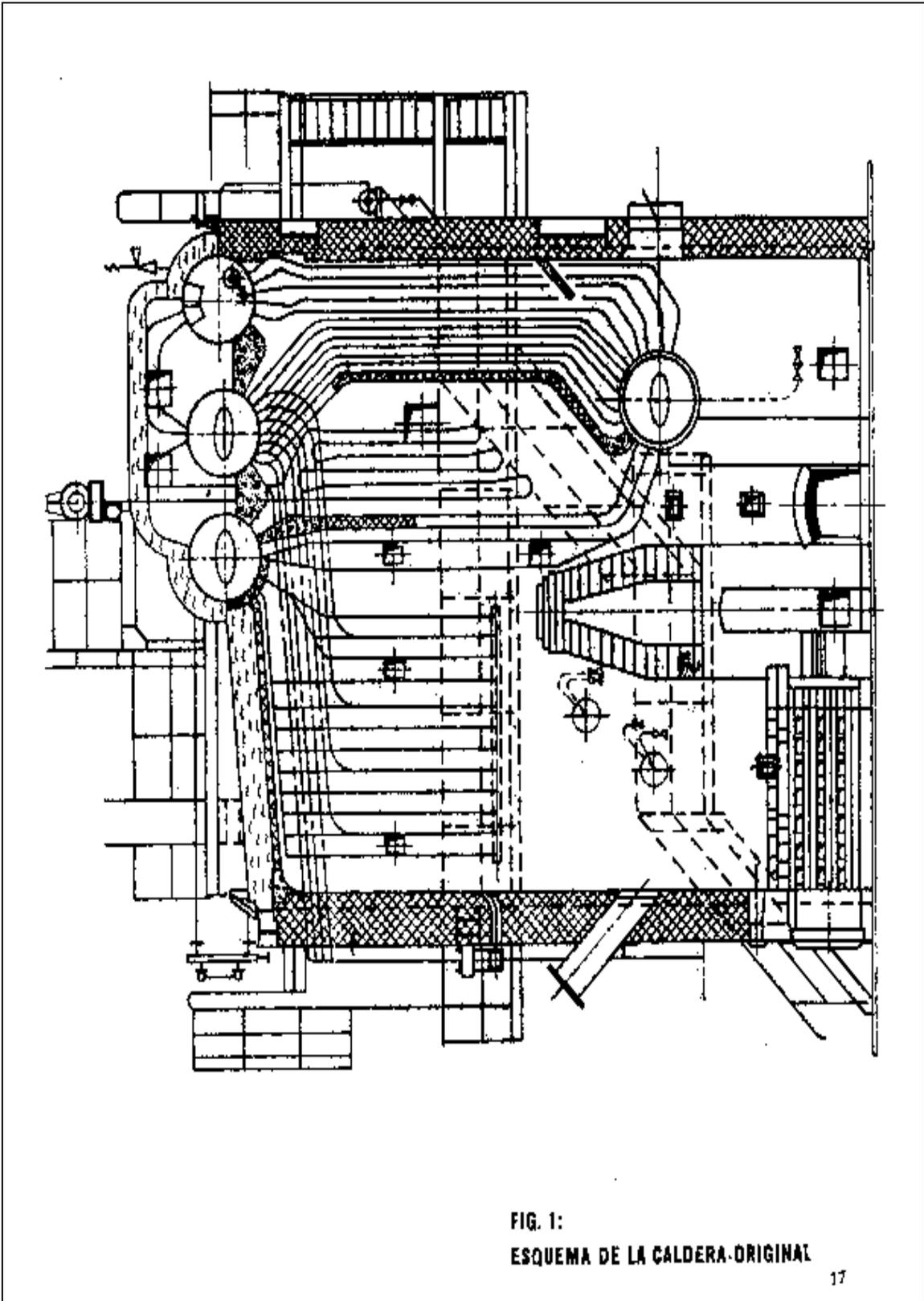


FIG. 1:
ESQUEMA DE LA CALDERA ORIGINAL

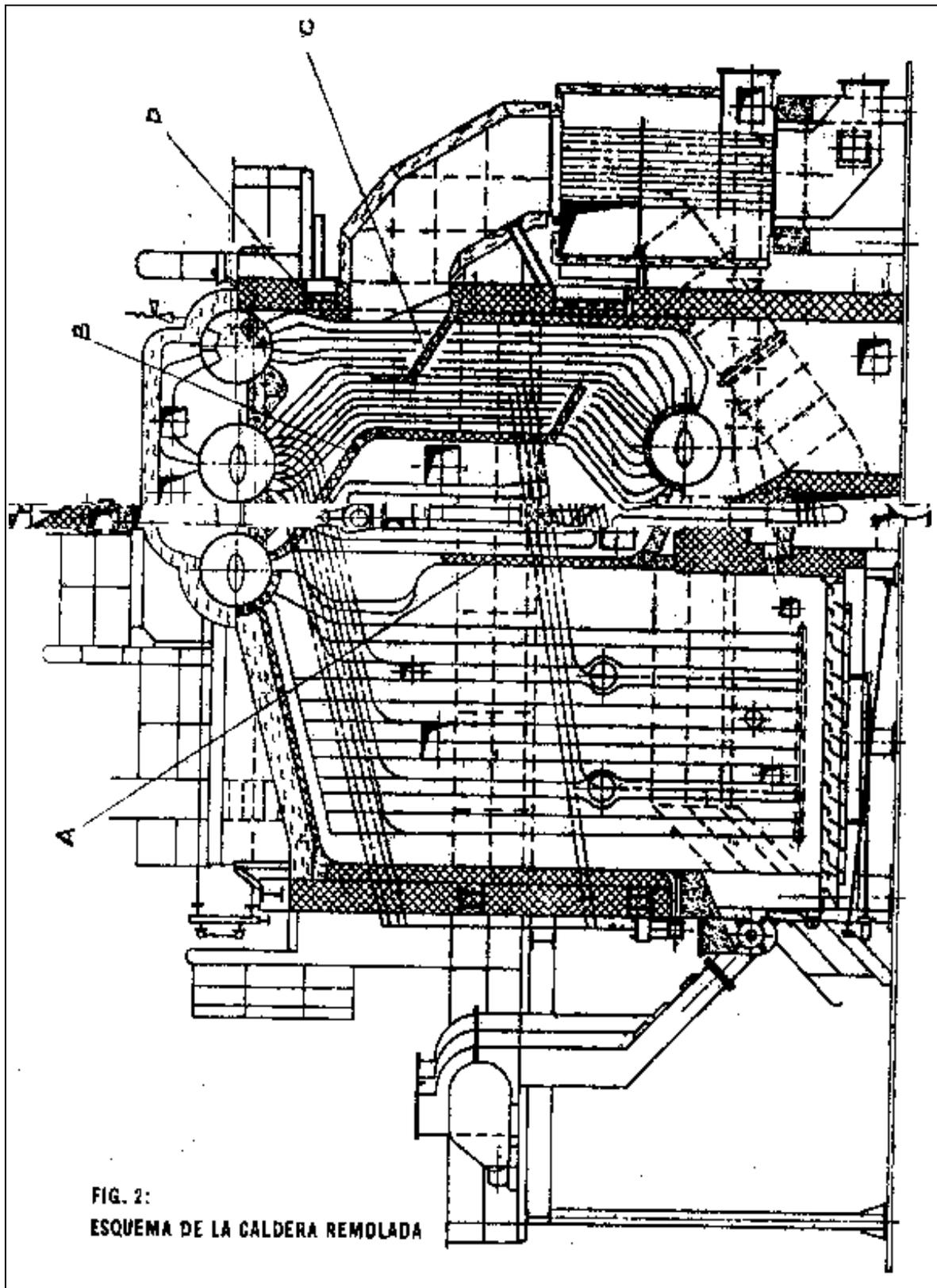


FIG. 2:
ESQUEMA DE LA CALDERA REMOLADA

DATOS COMPARATIVOS ENTRE LA CALDERA ORIGINAL ALEMANA Y LA CALDERA RETAL.

| PARAMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | CALDERA ORIGINAL | CALDERA REMODELADA |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <u>HORNO</u> | | | |
| .Superficie de combustión | m ² | 9.89 | 26.50 |
| .Volumen | m ³ | 160.00 | 216.00 |
| .Altura del piso al eje de salida de los gases | m | 4.20 | 6.60 |
| .Profundidad | m | 2.43 | 4.29 |
| .Ancho | m | 8.08 | 8.08 |
| .Altura media total | m | 8.40 | 7.50 |
| .Inclinación del techo | °S | 5 | 15 |
| <u>-Superficie de transferencia</u> | | | |
| .Pantalla trasera | m ² | 0 | 68.30 |
| .Pantalla frontal | m ² | 44.70 | 69.50 |
| .Pantallas laterales | m ² | 47.30 | 65.40 |
| .Diámetro exterior de los tubos | mm | 76.00 | 76.00 |
| SOBRECALENTADOR | | | |
| .Número de serpentines | - | 53 | 53 |
| .Superficie de transferencia | m ² | 59.00 | 126.00 |
| .Diámetro exterior de los tubos | mm | 44.50 | 44.50 |
| SUPERFICIE CONVECTIVA | | | |
| .Número de serpentines | - | 864 | 798 |
| .Superficie de transferencia | m ² | 1059 | 962 |
| .Diámetro exterior de los tubos | mm | 76.00 | 76.00 |
| CALENTADOR DE AIRE | | | |
| .Superficie de transferencia | m ² | 0 | 1321 |
| .Diámetro exterior de los tubos | mm | - | 35.00 |

PARAMETROS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS Y CALCULOS PARA LA CALDERA ALEMANA ANTES Y DESPUES DE LA REMOELACION

PARAMETROS **CALDERA ORIGINAL** **CALDERA REMODELADA**

PARAMETROS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS

| | | |
|--|--------|--------|
| .Flujo de vapor (t/h) | 30.60 | 44.40 |
| .Presión de vapor sobrecalentado (kg/cm ²) | 9.50 | 9.30 |
| .Temp. vapor sobrecalentado (°C) | 240.00 | 373.00 |
| .Temp. gases salida de caldera (°C) | 383.00 | 223.00 |
| .Temp. agua de alimentación (°C) | 96.00 | 80.00 |
| .Temp. aire entrada al horno (°C) | 34.00 | 250.00 |
| .Vacío en el horno (kg/m ²) | 2.30 | 1.70 |
| .Humedad del bagazo (%) | 50.50 | 50.00 |
| .CO ₂ en gases de escape (%) | 11.00 | 11.10 |
| .O ₂ en gases de escape (%) | 8.20 | 9.30 |
| .Consumo de energía tiro inducido (A) | - | 242.00 |
| .Consumo de energía tiro forzado (A) | - | 159.00 |

PARAMETROS CALCULADOS A PARTIR DE LOS DATOS ANTERIORES

| | | |
|--|---------|---------|
| .Valor calórico neto (kcal/kg) | 1800.00 | 1825.00 |
| .CO en gases de escape (%) | 2.03 | 0.31 |
| .Exceso de aire salida de la caldera (%) | 1.83 | 1.82 |
| .Pérdida con gases de escape (%) | 33.10 | 17.30 |
| .Pérdida por incombustión química (%) | 11.10 | 1.90 |
| .Pérdidas totales (%) | 47.00 | 22.00 |
| .Eficiencia Bruta (%) | 53.00 | 78.00 |
| .Consumo de potencia de los tiros (kW) | - | 244.00 |
| .Eficiencia neta (%) | 53.00 | 76.60 |

| CALDERA RETO(DATOS MECANICOS) | | | TIPO DE GENERADOR DE VAPOR | | | |
|--------------------------------------|---|------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| No | DENOMINACION | U/M | CV-25-11 | CV-25-18 | CV-45-18 | CV-45-28 |
| 1 | Diámetro del domo superior | mm | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |
| 2 | Diámetro del domo inferior | mm | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 3 | Peso del domo superior | t | 6.70 | 6.70 | 13.0 | 13.0 |
| 4 | Peso del domo inferior | t | 2.90 | 2.90 | 5.7 | 5.7 |
| 5 | Diámetro de los tubos de la pantalla y el haz | mm | 57 x 3.5 | 57 x 3.5 | 57 x 3.5 | 57 x 3.5 |
| 6 | Diámetro de los tubos del sobrecalentador | mm | 32 x 3 | 32 x 3 | 32 x 3 | 32 x 3 |
| 7 | Diámetro de los tubos del atemperador | mm | --- | 25 x 3 | 25 x 3 | 25 x 3 |
| 8 | Diámetro de los tubos del calentador de aire | mm | 40 x 1.6 | 40 x 1.6 | 40 x 1.6 | 40 x 1.6 |
| 9 | Peso de las pantallas | t | 12.05 | 12.05 | 14.5 | 14.5 |
| 10 | Peso del haz de tubos | t | 19.39 | 19.39 | 31.894 | 31.894 |
| 11 | Peso del sobrecalentador | t | 2.5 | 5.39 | 9.1 | 11.52 |
| 12 | Peso del atemperador | t | 0 | 1.39 | 23.35 | 23.35 |
| 13 | Peso del calentador de aire | t | 16.04 | 16.04 | 23.7 | 23.7 |
| 14 | Peso de la estructura | t | 28.95 | 28.95 | 36.3 | 36.3 |
| 15 | Peso de la envoltura | t | 14.74 | 14.74 | 17.8 | 17.8 |
| 16 | Peso de los andamios y escaleras | t | 18.36 | 18.36 | 22.8 | 22.8 |
| 17 | Peso de las válvulas, sopladores etc | t | 20 | 20 | 33.3 | 33.3 |
| 18 | Peso de la parrilla con su accionamiento | t | 8.4 | 8.4 | 14.0 | 14.0 |

| | | | | | | |
|----|---|---|------|------|-------|-------|
| 19 | Peso de los lanzadores | t | 1.97 | 1.97 | 3.3 | 3.3 |
| 20 | Peso de los alimentadores | t | 2.62 | 2.62 | 4.36 | 4.36 |
| 21 | Peso total del metal | t | 163 | 163 | 214.8 | 217.2 |
| 22 | Peso del refractario importado | t | 26.4 | 26.4 | 44 | 44 |
| 23 | Peso del refractario de producción nacional | t | 72.8 | 72.8 | 121.3 | 121.3 |
| 24 | Peso del hormigón refractario | t | 11.4 | 11.4 | 19 | 19 |
| 25 | Peso de aislantes | t | 8 | 8 | 13.3 | 13.3 |
| 26 | Peso de materiales de sellaje y fijación | t | 0.34 | 0.34 | 0.56 | 0.56 |
| 27 | Peso de los equipos auxiliares | t | 20 | 20 | 33.3 | 33.3 |
| 28 | Peso total | t | 300 | 300 | 446 | 449 |

DATOS TERMOENERGETICOS CALDERA RETO**TIPO DE GENERADOR DE VAPOR**

| No. | Magnitud | U/M | TIPO DE GENERADOR DE VAPOR | | | |
|-----|---|------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | CV-25-18 | CV-25-18 | CV-45-18 | CV-45-28 |
| 1 | Generación de vapor | t/h | 25 | 25 | 45 | 45 |
| 2 | Presión del vapor sobrecalentado | kgf/cm ² | 11 | 18 | 18 | 28 |
| 3 | Temp. del vapor sobrecalentado | °C | 240 | 320 | 320 | 400 |
| 4 | Temp. del vapor saturado | °C | 191 | 214 | 214 | 236 |
| 5 | Temp. del agua de alimentar | °C | 90 | 110 | 110 | 110 |
| 6 | Coeficiente de exceso de aire en el horno | -- | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| 7 | Cantidad teórica de aire para la combustión | m ³ N/kg | 2.217 | 2.217 | 2.217 | 2.217 |
| 8 | Tensión térmica del horno | kcal/m ³ .h | 129x10 ³ | 132x10 ³ | 147x10 ³ | 163x10 ³ |
| 9 | Consumo de combustible | kg/h | 9835 | 10120 | 18320 | 19665 |
| 10 | Temp. teórica de combustión | °C | 1362 | 1364 | 1367 | 1369 |
| 11 | Temp. de los gases a la salida del horno | °C | 854 | 862 | 913 | 933 |
| 12 | Temp. después del festón | °C | 780 | 788 | 835 | 857 |
| 13 | Temp. después del sobrecalentador | °C | 711 | 621 | 659 | 636 |
| 14 | Temp. después del haz de caldera | °C | 307 | 306 | 315 | 329 |
| 15 | Temp. de escape | °C | 199 | 199 | 207 | 217 |
| 16 | Temp. del aire caliente | °C | 220 | 219 | 220 | 228 |

| SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA Y VOLUMENES DE LA CALDERA RETO | | | TIPO DE GENERADORE DE VAPOR | | | |
|--|---|----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| No. | MAGNITUD | U/M | CV-25-11 | CV-25-18 | CV-45-18 | CV-45-28 |
| 1 | Volumen del horno | m ² | 139.1 | 139.1 | 222 | 222 |
| 2 | Superficie de transferencia por radiación | m ² | 134.8 | 134.8 | 183 | 183 |
| 3 | Superficie de las parrillas | m ² | 15.9 | 15.9 | 26.5 | 26.5 |
| 4 | Superficie del festón | m ² | 38.8 | 38.8 | 64 | 64 |
| 5 | Superficie del sobrecalentador | m ² | 42.6 | 151.2 | 250.9 | 349.8 |
| 6 | Superficie del haz de calderas | m ² | 609 | 609 | 1038 | 1038 |
| 7 | Superficie del calentador de aire | m ² | 924 | 924 | 1385 | 1385 |

REQUERIMIENTO DE ENERGIA PARA PROCESO CONVENCIONAL (CUADRUPLE CON VAPOR CELL)

| CONSUMOS | ENERGIA(kcal/kg de azúcar) | % |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|
| Fuerza motriz | 400-450 | 10 |
| Calentamiento y evaporación | 2000-2400 | 50 |
| Tachos | 1100-1400 | 30 |
| Pérdidas | 350-400 | 9 |
| Otros | 40-50 | 1 |

COMPARACION ENTRE CENTRALES QUE UTILIZAN PRESIONES Y TEMPERATURAS CONVENCIONALES VS. LOS DE ALTA PRESION

| INDICES | CONVENCIONAL | ALTA PRESION |
|--|---------------------|---------------------|
| t de vapor generado por tonelada de caña | 0.58 | 0.65 |
| kW generado por tonelada de caña por hora | 30 | 90 |
| kW.h demandado por tonelada de caña | 24 | 25 |
| kW.h entregado a la red por tonelada de caña | -- | 55 |

DISTRIBUCION DE LA ENERGIA EN PRODUCCION DE AZUCAR DE CAÑA

| | CUBA | | TAIWAN | |
|---|-------------------|------|-------------------|------|
| | kcal/kg de azúcar | % | kcal/kg de azúcar | % |
| <u>Generación de vapor</u> | | | | |
| Pérdida por combustión incompleta | 343 | 8.0 | -- | -- |
| Pérdida por paredes | 557 | 13.0 | -- | -- |
| Pérdida por calor sensible de los gases | 996 | 23.0 | -- | -- |
| Calor de combustión del bagazo sobrante | -- | -- | 241 | 5.6 |
| Entregado al vapor | -- | -- | 3044 | 70.8 |
| | | | | |
| Pérdidas en calderas | 1886 | 44.0 | 1015 | 23.6 |
| <u>Proceso</u> | | | | |
| Calefacción y evaporación | 1176 | 27.3 | 1416 | 32.9 |
| Cocimientos (tachos) | 720 | 16.8 | 842 | 19.6 |
| Fuerza motriz | 178 | 4.2 | 318 | 7.4 |
| Pérdidas en tuberías | 144 | 3.4 | -- | -- |
| Pérdidas en condensados no utilizado | 48 | 1.1 | -- | -- |
| Pérdidas en vapor arrojado a la atmósfera | 24 | 0.6 | -- | -- |
| Pérdidas por paradas del ingenio | 72 | 1.7 | -- | -- |
| Limpieza en general | 38 | 0.9 | -- | -- |
| Condensados | -- | -- | 370 | 8.6 |
| Pérdidas | -- | -- | 98 | 2.3 |
| | | | | |
| Consumo en proceso | 2400 | 56.0 | 3044 | 70.8 |
| | | | | |
| Consumo total de energía | 4286 | 100 | 4059 | 94.4 |
| Energía total disponible | -- | -- | 4300 | 100 |

CONSUMO DE ENERGIA EN LAS CENTRIFUGAS

| | kW.h/t de azúcar sin lavar(Chapman) | kW.h/ciclo (Lohning) |
|---|--|---------------------------------|
| Motor de inducción de 2 velocidades | $3.78 + 0.0103t$ | 1.7 |
| Accionamiento Ward-Leonard | $2.75 + 0.0278t$ | 1.2 |
| Motor de colector de corriente alterna Schrage | $2.04 + 0.0260t$ | 1.1 |
| Motor de tiristor de corriente directa | | 0.7 |

t-tiempo a velocidad máxima en segundos.

COMPORTAMIENTO DE INDICADORES ENERGETICOS EN EL MINAZ

CONSUMO DE PORTADORES ENERGETICOS

| Año | Caña Molida MMt | Cons. Neto Elect. SEN(GWh) Mt | Pet.Comb. (Eq.Elect.) | Pet.Comb Mt | Diesel Mt | Gasolina Mt | Leña Mt | Pet.Eq. Mt |
|------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------|---------|------------|
| 1986 | 68.30 | 649.2 | 220.7 | 494.4 | 523.0 | 139.2 | 201.2 | 1520.5 |
| 1987 | 66.80 | 628.8 | 213.8 | 368.5 | 507.1 | 126.7 | 180.0 | 1346.8 |
| 1988 | 68.36 | 653.0 | 222.0 | 359.0 | 528.8 | 128.4 | 187.1 | 1374.0 |
| 1989 | 68.05 | 702.3 | 275.8 | 385.5 | 532.8 | 126.5 | 166.5 | 1446.5 |
| 1990 | 78.83 | 780.9 | 306.7 | 476.9 | 512.5 | 107.4 | 204.9 | 1547.4 |
| 1991 | 66.31 | 703.7 | 276.4 | 323.5 | 455.2 | 74.3 | 192.3 | 1257.7 |
| 1992 | 67.22 | 609.4 | 239.3 | 317.0 | 479.1 | 66.4 | 198.4 | 1233.7 |
| 1993 | 42.77 | 621.8 | 244.2 | 279.6 | 354.3 | 51.2 | 107.9 | 1008.5 |
| 1994 | 42.65 | 637.3 | 250.3 | 275.5 | 436.6 | 65.9 | 158.7 | 1138.5 |
| 1995 | 31.30 | 358.4 | 140.8 | 173.5 | 298.0 | 48.9 | 61.0 | 714.1 |

1er Semestre

INDICADORES ENERGETICOS

| Año | Electricidad Consumo neto del SEN kW.h/t caña | Petróleo(fuel-oil) kg/t caña | Diesel kg/t caña | Gasolina kg/t caña |
|------|---|------------------------------|------------------|--------------------|
| 1989 | 10.3 | 5.66 | 7.83 | 1.85 |
| 1990 | 9.9 | 6.05 | 6.50 | 1.36 |
| 1991 | 10.6 | 4.88 | 6.87 | 1.12 |
| 1992 | 9.7 | 4.71 | 7.13 | 0.99 |
| 1993 | 14.5 | 6.53 | 8.28 | 1.20 |
| 1994 | 14.9 | 6.46 | 10.24 | 1.54 |
| 1995 | 11.4 | 4.48 | 9.52 | 1.56 |

1^{er} Semestre

CONSUMO DE ENERGETICOS (t/t azúcar producida)

| Año | Petróleo Eq. SEN | Fuel oil | Diesel | Gasolina | USD | Valor USD/tazu. |
|------|------------------|----------|--------|----------|-------|-----------------|
| 1986 | 0.030 | 0.067 | 0.071 | 0.019 | 194.8 | 26.42 |
| 1987 | 0.030 | 0.052 | 0.071 | 0.018 | 175.9 | 24.55 |
| 1988 | 0.028 | 0.045 | 0.066 | 0.016 | 179.0 | 22.37 |
| 1989 | 0.037 | 0.051 | 0.071 | 0.017 | 186.9 | 25.00 |
| 1990 | 0.037 | 0.057 | 0.061 | 0.013 | 191.3 | 25.96 |
| 1991 | 0.039 | 0.045 | 0.064 | 0.010 | 155.2 | 21.79 |
| 1992 | 0.034 | 0.044 | 0.067 | 0.009 | 153.5 | 21.58 |
| 1993 | 0.058 | 0.067 | 0.085 | 0.012 | 124.8 | 29.88 |
| 1994 | 0.062 | 0.070 | 0.111 | 0.017 | 142.7 | 36.25 |
| 1995 | 0.044 | 0.055 | 0.094 | 0.015 | 94.0 | 29.74 |

1^{er} Semestre

GENERACION Y CONSUMO DE ELECTRICIDAD

| | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Consumo total | 1982.4 | 2230.4 | 1966.1 | 1975.3 | 1496.1 | 1536.7 |
| Generación | 1280.1 | 1449.5 | 1262.4 | 1333.4 | 833.6 | 899.4 |
| Consumo del SEN | 820.2 | 899.4 | 812.5 | 771.7 | 697.0 | 718.3 |
| Entrega al SEN | 117.9 | 118.5 | 108.8 | 129.8 | 84.5 | 81.0 |
| Consumo Neto del SEN | 702.3 | 780.9 | 709.7 | 609.4 | 621.8 | 637.3 |
| Índice de generación (kW.h/t caña) | 18.8 | 18.4 | 18.6 | 19.36 | 19.87 | 20.32 |
| Índice consumo neto (kW/t caña) | 10.32 | 9.9 | 10.6 | 9.06 | 14.53 | 14.94 |
| Capacidad instalada (MW) | 649.8 | 655.3 | 676.9 | 683.1 | 714.8 | 751.2 |
| Días efectivos zafra | 109 | 111 | 105 | 105 | 69 | 80 |
| Aprov.Cap.Operacional(%) | 78.0 | 85.6 | 73.0 | 80.0 | 74.0 | 73 |

CONSUMO DE FUEL OIL (INDICES)

| Actividad | | 1990 | | 1994 | | 1 ^{er} Semestre 1995 | |
|-----------|--------|-------|------|------|------|-------------------------------------|------|
| | | Plan | Real | Plan | Real | Plan | Real |
| Refino | gal/t | 45.5 | 64.7 | 38.4 | 72.0 | 34.1 | 90 |
| Alcohol | gal/hL | 8.3 | 8.9 | 13.1 | 16.2 | 13.4 | 11 |
| Torula | gal/t | 102.6 | 90.4 | 77.4 | 84.4 | 76.9 | 94.9 |

CONSUMO DE LEÑA

| 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 204.9 | 192.3 | 198.4 | 107.9 | 158.7 |

ESTADISTICA AZUCARERA MUNDIAL
PAISES MAYORES CONSUMIDORES DE AZUCAR CENTRIFUGADA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| URSS/FR | 14350000 | 13150000 | 13400000 | 11907640 | 11673000 | 11057501 | 10074572 |
| MEXICO | 4070413 | 4023260 | 4424246 | 4200000 | 4519578 | 4300000 | 4350000 |
| BRASIL | 6241000 | 7401300 | 6614800 | 7276349 | 7349000 | 7574700 | 7873900 |
| CHINA | 7200000 | 7150000 | 7125000 | 7350000 | 7615000 | 7720000 | 7900000 |
| INDIA | 10175391 | 10574747 | 11074505 | 11720604 | 12386991 | 12989000 | 13700000 |
| USA | 7419989 | 7560605 | 7848187 | 7887197 | 8097667 | 8192100 | 8454124 |
| CUBA* | 745704 | 882244 | 937046 | 955573 | 942250 | 795747 | 663551 |

PAISES MAYORES PRODUCTORES DE AZUCAR CENTRIFUGADA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BRASIL | 7874000 | 7326000 | 8006600 | 9453400 | 99225400 | 10097100 | 12270000 |
| URSS | 8913072 | 9532639 | 9158725 | 6897500 | 6807164 | 7456031 | 5732294 |
| USA | 6429326 | 6206155 | 5739854 | 6476501 | 6804907 | 7045400 | 6920977 |
| CUBA | 8119045 | 7579007 | 8444702 | 7233394 | 7218804 | 4245716 | 4016564 |
| MEXICO | 3908666 | 3570215 | 3383768 | 3744200 | 3745116 | 4360000 | 4025000 |
| CHINA | 4875000 | 5350000 | 6250000 | 6943600 | 8863700 | 8092827 | 6324783 |
| INDIA | 10207454 | 9912189 | 12068041 | 13112778 | 13872601 | 11750000 | 11900000 |
| TAILANDIA | 2638339 | 4338176 | 3542213 | 4247548 | 5077514 | 3825325 | 4167708 |
| AUSTRALIA | 3759415 | 3887452 | 3612288 | 3195213 | 4362851 | 4488301 | 5217095 |

PAISES MAYORES EXPORTADORES DE AZUCAR CENTRIFUGADA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------|---------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CUBA | 6978222 | | 7123312 | 7171762 | 6767457 | 6084882 | 3661955 |
| BRASIL | 1685700 | | 964700 | 1639500 | 1613500 | 2273300 | 3008080 |
| CHINA | 270000 | | 466680 | 620108 | 372650 | 1808325 | 2009205 |
| TAILANDIA | 1961223 | | 3105215 | 2496488 | 2862735 | 3718582 | 2401096 |
| AUSTRALIA | 2980033 | | 3149276 | 3069491 | 2456025 | 2907020 | 3444796 |

PAISES MAYORES IMPORTADORES DE AZUCAR CENTRIFUGADA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| URSS/FSU | 4365859 | 5629753 | 4082299 | 4904990 | 7639040 | 8415736 | 3729495 |
| CANADA | 957177 | 977553 | 949083 | 957289 | 1014699 | 1162116 | 1148601 |
| USA | 1309866 | 1735630 | 2508250 | 2354493 | 2045224 | 1828751 | 1602946 |
| CHINA | 3952000 | 1606000 | 1147188 | 1017737 | 1103400 | 453816 | 2264700 |
| JAPON | 1920033 | 1849757 | 1752319 | 1894896 | 1823213 | 1794243 | 1699866 |
| R.DE COREA | 1092782 | 1158036 | 1097380 | 1160350 | 1229100 | 1187541 | 1274410 |
| MALASIA | 746091 | 790459 | 755841 | 719260 | 901103 | 897851 | 981969 |
| ALGERIA | 751000 | 697000 | 809000 | 1090000 | 638000 | 839000 | 810444 |
| EGIPTO | 851000 | 617000 | 805000 | 736000 | 465000 | 504000 | 565655 |

PAISES MAYORES EXPORTADORES DE AZUCAR BLANCA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| BRASIL | 815600 | 576100 | 782000 | 886500 | 1592100 | 2280532 | 2978300 |
| URSS/FSU | 230718 | 185070 | 144832 | 78650 | 1350735 | 1462499 | 2007661 |
| TAILANDIA | 236061 | 475693 | 667256 | 984701 | 1296922 | 583268 | 757644 |
| CHINA | 270000 | 466680 | 620108 | 372650 | 1808300 | 1949345 | 996757 |
| CUBA* | 437340 | 424901 | 379763 | 244439 | 225376 | 42720 | 3997 |

PAISES A QUIEN TRADICIONALMENTE CUBA EXPORTA MAS AZUCAR (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| URSS/FR | 3307504 | 3468906 | 3576062 | 3835454 | 2921844 | 1853556 | 1013593 |
| CHINA | 1399439 | 889173 | 892130 | 796568 | 825374 | 315478 | 475301 |
| CANADA | 111890 | 179758 | 290725 | 332407 | 487062 | 165823 | 150894 |
| JAPON | 372469 | 205059 | 162492 | 411906 | 187222 | 75462 | 118462 |
| ALGERIA | 162458 | 190314 | 195326 | 199912 | 189122 | 129062 | 137174 |
| BULGARIA | 295656 | 308382 | 145874 | 42631 | 112790 | 55589 | 101311 |
| R.ARABE DE EGIPTO | 50375 | 38518 | 278874 | 141659 | 104949 | 27299 | 301100 |

PAISES MAYORES CONSUMIDORES DE AZUCAR PER CAPITA (kg)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| GIBRALTAR | 33.3 | 66.7 | 75.0 | 79.1 | 75.6 | 73.8 | 74.4 |
| COSTA RICA | 59.2 | 58.5 | 60.2 | 59.7 | 60.0 | 60.5 | 60.5 |
| CUBA | 71.6 | 83.8 | 88.1 | 89.0 | 87.2 | 73.1 | 60.6 |
| SINGAPUR | 75.5 | 71.8 | 72.0 | 72.5 | 74.7 | 73.2 | 75.1 |
| ZWAZILAND | 58.2 | 67.3 | 60.5 | 67.7 | 69.0 | 77.0 | 172.0 |

PAISES MAYORES IMPORTADORES DE AZUCAR BLANCA (t)

| | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| ALGERIA | 527000 | 503000 | 609000 | 878730 | 427000 | 712000 | 625987 |
| IRAN | 280000 | 602000 | 480000 | 174700 | 438750 | 330000 | 267441 |
| IRAQ | 214000 | 217000 | 205000 | 206000 | 342000 | 386000 | 394048 |
| NIGERIA | 358000 | 264000 | 373000 | 409000 | 697000 | 551000 | 460950 |
| ARABIA SAUDITA | 389000 | 469600 | 479600 | 47100 | 521000 | 489900 | 537456 |
| URSS/FSU | 138175 | 419105 | 35290 | 969934 | 4331964 | 6059442 | 2613450 |

**PRECIOS DEL AZUCAR CRUDO EN EL MERCADO MUNDIAL (US /lb) FOB
ESTIBADO PUERTO CARIBE A GRANEL**

| AÑO | PRECIO | AÑO | PRECIO | AÑO | PRECIO |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| 1932 | 0.78 | | | | |
| 1950 | 4.98 | | | | |
| 1951 | 5.70 | 1966 | 1.81 | 1980 | 28.69 |
| 1952 | 4.17 | 1967 | 1.92 | 1981 | 16.83 |
| 1953 | 3.41 | 1968 | 1.90 | 1982 | 8.35 |
| 1954 | 3.26 | 1969 | 3.20 | 1983 | 8.49 |
| 1955 | 3.24 | 1970 | 3.68 | 1984 | 5.20 |
| 1956 | 3.47 | 1971 | 4.50 | 1985 | 4.06 |
| 1957 | 5.16 | 1972 | 7.27 | 1986 | 6.04 |
| 1958 | 3.50 | 1973 | 9.45 | 1987 | 6.75 |
| 1959 | 2.97 | 1974 | 29.66 | 1988 | 10.20 |
| 1960 | 3.14 | 1975 | 20.37 | 1989 | 12.82 |
| 1961 | 2.80 | 1976 | 11.51 | 1990 | 12.55 |
| 1962 | 2.83 | 1977 | 8.10 | 1991 | 8.97 |
| 1963 | 8.34 | 1978 | 7.81 | 1992 | 9.06 |
| 1964 | 5.77 | 1979 | 9.65 | 1993 | 10.02 |
| 1965 | 2.08 | | | 1994 | 12.11 |

PRODUCCION DE AZUCAR DE CUBA (t , valor crudo)

| AÑO | tm | AÑO | tm | AÑO | tm |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1900 | 309195 | 1933 | 2073055 | 1966 | 4537400 |
| 1901 | 655186 | 1934 | 2350354 | 1967 | 6236100 |
| 1902 | 876027 | 1935 | 2646976 | 1968 | 5164500 |
| 1903 | 1028205 | 1936 | 2662934 | 1969 | 4459400 |
| 1904 | 1078706 | 1937 | 3094065 | 1970 | 8537600 |
| 1905 | 1209882 | 1938 | 3094526 | 1971 | 5924800 |
| 1906 | 1259350 | 1939 | 2833221 | 1972 | 4324800 |
| 1907 | 1478515 | 1940 | 2890691 | 1973 | 5252700 |
| 1908 | 975373 | 1941 | 2506217 | 1974 | 5924900 |
| 1909 | 1563628 | 1942 | 3484085 | 1975 | 6314400 |
| 1910 | 1868913 | 1943 | 2962941 | 1976 | 6155900 |
| 1911 | 1534607 | 1944 | 4345903 | 1977 | 6485000 |
| 1912 | 1968840 | 1945 | 3594829 | 1978 | 7350500 |
| 1913 | 2515103 | 1946 | 4101864 | 1979 | 7991800 |
| 1914 | 2622036 | 1947 | 5912663 | 1980 | 6665200 |
| 1915 | 2693210 | 1948 | 6121109 | 1981 | 7358900 |
| 1916 | 3124277 | 1949 | 5284770 | 1982 | 8210400 |
| 1917 | 3145348 | 1950 | 5620535 | 1983 | 7108600 |
| 1918 | 3598489 | 1951 | 5821309 | 1984 | 8206600 |
| 1919 | 4180621 | 1952 | 7298023 | 1985 | 8003900 |
| 1920 | 3872306 | 1953 | 5223889 | 1986 | 7254600 |
| 1921 | 4097418 | 1954 | 4959138 | 1987 | 7231773 |
| 1922 | 4181098 | 1955 | 4597694 | 1988 | 8119045 |
| 1923 | 3770776 | 1956 | 4807285 | 1989 | 7579007 |
| 1924 | 4256847 | 1957 | 5741469 | 1990 | 8444702 |
| 1925 | 5386303 | 1958 | 5862616 | 1991 | 7233394 |
| 1926 | 5127507 | 1959 | 6038559 | 1992 | 7218804 |
| 1927 | 4677336 | 1960 | 5942859 | 1993 | 4245716 |
| 1928 | 4188254 | 1961 | 6875500 | 1994 | 4016564 |
| 1929 | 5352585 | 1962 | 4882100 | 1995 | 3300000 |
| 1930 | 4848603 | 1963 | 3882500 | 1996 | 4450000 |
| 1931 | 3252680 | 1964 | 4474500 | 1997 | |
| 1932 | 2716166 | 1965 | 6156200 | 1998 | |
| 1820 | 55000 | 1892 | 1006538 | 1896 | 232068 |
| 1850 | 295000 | 1893 | 840697 | 1897 | 218497 |
| 1861 | 534000 | 1894 | 1086282 | 1898 | 314832 |
| 1891 | 844641 | 1895 | 1034794 | 1899 | 345872 |

CONSUMO PER CAPITA MUNDIAL DE AZUCAR (kg)

| AÑO | kg | AÑO | kg |
|------------|-----------|------------|-----------|
| 1966 | 18.3 | 1980 | 20.2 |
| 1967 | 18.5 | 1981 | 19.8 |
| 1968 | 19.1 | 1982 | 20.2 |
| 1969 | 19.3 | 1983 | 20.0 |
| 1970 | 19.9 | 1984 | 20.3 |
| 1971 | 20.3 | 1985 | 20.3 |
| 1972 | 20.4 | 1986 | 20.6 |
| 1973 | 20.7 | 1987 | 21.1 |
| 1974 | 20.0 | 1988 | 20.7 |
| 1975 | 18.9 | 1989 | 20.7 |
| 1976 | 19.7 | 1990 | 20.6 |
| 1977 | 20.2 | 1991 | 20.4 |
| 1978 | 20.7 | 1992 | 20.9 |
| 1979 | 21.2 | 1993 | 20.3 |
| 1994 | 20.4 | | |

PRODUCCION MUNDIAL DE AZUCAR (MILES DE TONELADAS METRICAS, VALOR CRUDO)

| AÑO | t | AÑO | t | AÑO | t |
|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| 1951 | 33429 | 1966 | 62741 | 1980 | 84489 |
| 1952 | 26200 | 1967 | 65026 | 1981 | 92764 |
| 1953 | 38424 | 1968 | 65411 | 1982 | 102004 |
| 1954 | 37470 | 1969 | 68140 | 1983 | 96971 |
| 1955 | 38972 | 1970 | 71142 | 1984 | 99219 |
| 1956 | 40272 | 1971 | 71975 | 1985 | 98365 |
| 1957 | 44011 | 1972 | 73735 | 1986 | 100018 |
| 1958 | 47139 | 1973 | 75789 | 1987 | 103528 |
| 1959 | 49634 | 1974 | 76397 | 1988 | 104591 |
| 1960 | 52090 | 1975 | 78846 | 1989 | 107184 |
| 1961 | 54749 | 1976 | 82400 | 1990 | 110894 |
| 1962 | 51227 | 1977 | 90350 | 1991 | 112100 |
| 1963 | 51894 | 1978 | 90832 | 1992 | 117565 |
| 1964 | 59319 | 1979 | 89342 | 1993 | 112378 |
| 1965 | 63790 | | | 1994 | 110289 |

PRODUCCION DE AZUCAR BLANCA DE CUBA (t)

| 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
|--------|--------|--------|--------|
| 665087 | 656626 | 387985 | 335525 |

-Donde aparece un * cuando se señale a Cuba es que aunque no esta entre los de mayores indicadores se pone para que sirva de comparación.

EXPORTACIONES DE AZUCAR DE CUBA (miles de toneladas, valor crudo)

| AÑO | Mt | AÑO | Mt |
|------|--------|------|----------|
| 1959 | 4951.9 | | |
| 1960 | 5634.5 | | |
| 1961 | 6413.6 | 1979 | 7269.4 |
| 1962 | 5130.9 | 1980 | 6191.1 |
| 1963 | 3520.5 | 1981 | 7071.4 |
| 1964 | 4176.1 | 1982 | 7734.3 |
| 1965 | 5315.6 | 1983 | 6792.1 |
| 1966 | 4434.6 | 1984 | 7016.5 |
| 1967 | 5682.9 | 1985 | 7209.0 |
| 1968 | 4612.9 | 1986 | t |
| 1969 | 4798.8 | 1987 | 6482135+ |
| 1970 | 6903.6 | 1988 | 6978222+ |
| 1971 | 5510.9 | 1989 | 7123312+ |
| 1972 | 4139.6 | 1990 | 7171762+ |
| 1973 | 4797.4 | 1991 | 6767457+ |
| 1974 | 5491.2 | 1992 | 6084882+ |
| 1975 | 5743.7 | 1993 | 3661955+ |
| 1976 | 5763.7 | 1994 | 3188207+ |
| 1978 | 6238.2 | | |

Nota: incluyen donaciones de azúcar como sigue; 1987-2954 t; 1988-8890 t; 1989-4354 t; 1990-2707 t; 1991-35504 t; 1994-2698 t.

TABLA DE CONVERSIONES

| | t métrica | t larga | t corta | t española | kg | lb | lb españolas | | |
|--------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|--------|--------|
| 1 t métrica | 1 | 0.9842 | 1.1023 | 0.9705 | 1 | 2204.6 | 2173.9 | | |
| 1 t larga | 1.0160 | 1 | 1.12 | 0.9861 | 1016.047 | 2240.0 | 2208.8 | | |
| 1 t corta | 0.9072 | 0.8929 | 1 | 0.8804 | 907.185 | 2000.0 | 1972.1 | | |
| 1 t larga española | 1.0304 | 1.0141 | 1.1358 | 1 | 1030.4 | 2271.6 | 2240.0 | | |
| 1 kg | | | | | | 1 | | 2.2046 | 2.1739 |
| 1 lb | | | | | | 0.4536 | | 1 | 0.9861 |
| 1 lb española | | | | | | 0.46 | | 1.0141 | 1 |

1 hectárea = 2471 acres

1 quintal métrico = 100 kg

1 caballería (Cuba) = 33.162 acres

1 quintal español = 100 lb españolas

1 arroba (Cuba) = 25 lb españolas

1 tarea (R.Dominicana) = 0.15543 acre

1 cuerda (Filipinas) = 0.971 acre

1 t métrica = 2204.6 lb U.K.

1 t larga = 2240 lb U.K.

1 t corta = 2000 lb U.K.

1 hp indicado = 2546 Btu

1 hp indicado = 641.592 kcal

1 @ diaria = 0.4735 kg/h

BIBLIOGRAFIA

- 1- Balance de bagazo, Enero 1989, MINAZ.
- 2- Boletín de divulgación técnica de la ATAC. No. 1/95.
- 3- Cómo mejorar la utilización del bagazo, el combustible natural de los centrales azucareros de Cuba, Rodolfo Schaer, Seminario para la Racionalización Energética en la Industria de la Caña de Azúcar, 1980.
- 4- Cuba y la economía azucarera mundial. Marcelo Fernández Font. Editorial Pueblo y Educación.
- 5- Curvas características del consumo de vapor vs. carga para los distintos motores primarios, Enero 1989, MINAZ.
- 6- Energía marginal en la producción de azúcar de caña. Carlos de Armas Casanova, Luis Pérez Garay, Paulino López Guzmán, Seminario para la Racionalización Energética en la Industria de la Caña de Azúcar, 1980.
- 7- Eficiencia térmica en la industria azucarera. Departamento de Investigaciones termoenergética (ICINAZ), Seminario para la Racionalización Energética en la Industria de la Caña de Azúcar, 1980.
- 8- El almacenamiento de bagazo para la industria de derivados. Rafael Suarez R., Jorge Luis C., Raul Banbanaste, Ofelia Carbajal, Editorial Ciencia-Técnica, ICINAZ, 1982.
- 9- El proceso de fabricación de azúcar crudo en los tachos. F. García López, J.A. Clark, Ciencia y Técnica, 1969.
- 10- Introducción a la tecnología del azúcar de caña. G.H. Jenkins, Ediciones de Ciencia y Técnica, 1971.
- 11- Importancia del esquema energético empleado en la industria azucarera. Gilberto Llerena Montenegro, Seminario para la Racionalización Energética en la Industria de la Caña de Azúcar, 1980.
- 12- La paja de la caña de azúcar como fuente renovable de energía. Edgardo F. González Alonso, Editorial Academia, 1982.
- 13- La potencialidad de la caña de azúcar como recurso energético renovable. Paulino López Guzmán, Carlos de Armas Casanova, Seminario para la Racionalización Energética en la Industria de la Caña de Azúcar, 1980.

- 14- Manual para ingenieros azucareros. E. Hugot, Edición Revolucionaria, 1980.
- 15- Manual del azúcar de caña. George P. Made and Guilford L. Spencer, Edición Revolucionaria, 1967.
- 16- Manual práctico de maquinarias y aparatos en los ingenios de azúcar de caña. F.A. López Ferrer, Ediciones de Ciencia y Técnica, 1969.
- 17- Manual práctico de fabricación de azúcar de caña, mieles y siropes invertidos, con su control técnico químico. F.A. López Ferrer, Instituto del Libro, 1968.
- 18- Manual práctico de fabricación de azúcar de caña. Vicente Herrero Silva, Editorial Pueblo y Educación, Ministerio de Educación, 1985.
- 19- Metodología para el Balance Energético. Gilberto LLerena M, MINAZ, Dirección de Tecnología, 1978.
- 20- Mínimo técnico de azúcar crudo y refino. A. Vera Zambrano y E.M. López Sánchez, Editorial Pueblo y Educación, 1986.
- 21- Notas sobre el control químico en la fabricación del azúcar. Joaquín Martínez-Mestre, III Forum Nacional Azucarero, 1955.
- 22- Panorama Económico Latinoamericano (PEL). marzo/1996. No.497.
- 23- Principios de Tecnología Azucarera. Pieter Honing. Tomo III.
- 24- Sistema de utilización del calor. Rubén Espinosa Pedraja, María Julia Carrillo Alfonso, Serafín Machado Benabides, Antonio Reymond Alonso, Editorial Pueblo y Educación, 1987.
- 25- Sugar Year Book 1994. International Sugar Organization. London.
- 26- Tecnología general de la producción de azúcar crudo. Tomo I, Dr. José A. Clark, Diciembre 1968, MINAZ.