



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA.**

**“INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA
EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN”**

**TESIS PARA PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

ALAYO GONZALES JUAN CARLOS

ASESOR:

Mgtr. DECIDERIO ENRIQUE DIAZ RUBIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

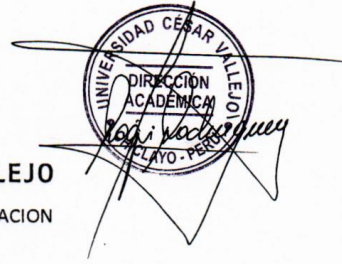
CHICLAYO – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACION



En la ciudad de Chiclayo, siendo las 9:30 horas del día 03 de noviembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°2603 -2018-UCV-CH, de fecha 24 de octubre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN" presentado por el(la) (los) bachiller ALAYO GONZALES, JUAN CARLOS, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Sirlopu Gálvez Edwin
Secretario : Ing. Vives Garnique Juan Carlos
Vocal : Ing. Díaz Rubio Deciderio Enrique

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobar con Mención

Siendo las 10:25 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 03 de noviembre de 2018

Ing. Sirlopu Gálvez Edwin
Presidente

Ing. Vives Garnique Juan Carlos
Secretario

Ing. Díaz Rubio Deciderio Enrique
Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios por brindarme su fuerza espiritual y por la sabiduría e inteligencia que me da día a día.

A mis padres por su apoyo y confianza en todo lo necesario para poder cumplir mis objetivos, metas como persona y estudiante.

A mi esposa y mis hijos que me acompañan siempre y me brindan su amor y apoyo incondicional, en cada paso que doy.

A mis hermanos y familia en general por sus consejos, por su apoyo incondicional en los malos y buenos momentos.

Y por último quiero dedicar esta tesis a mis hijos Juan y Dayra que están conmigo en todos los proyectos hechos y por venir por su apoyo que me dieron y su comprensión.

Juan Carlos Alayo Gonzales

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar conmigo siempre y fortalecer mi mente; a mis padres esposa e hijos por apoyarme y darme el respaldo en mis estudios; también a mi asesor por brindarme sus conocimientos y guiarnos en nuestra formación universitaria y por ultimo agradecer a nuestra distinguida universidad “Cesar Vallejo” por habernos abierto las puertas de este prestigioso templo del saber, cuna de buenos profesionales.

Juan Carlos Alayo Gonzáles

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, ALAYO GONZALES JUAN CARLOS estudiante de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica, identificado con DNI 43295026, Con la tesis titulada INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN.

Declaro que:

- La tesis es veraz de mi propia autoría.
- He respetado las normas, el ISO para las referencias. Por tanto, este proyecto de tesis es totalmente autentica.
- En los procedimientos realizados no ha tenido un auto plagio; es decir, un duplicado de otras tesis.
- Los correspondientes datos de los resultados son verdaderos, acorde a la realidad investigativa.

De tal manera si se identificara alguna falta, auto plagio y falsedad, me someto a las normas establecidas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 03 de noviembre del 2018



Juan Carlos Alayo Gonzáles

DNI: 43295026

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo de Chiclayo, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo titulado: **“INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN”**., el mismo, que no sólo representa la realización de un trabajo en virtud a los datos que hemos obtenido durante nuestra permanencia en calidad de practicantes, sino de la coordinación y del esfuerzo realizado como estudiantes en nuestras magnas aulas.

La presentación de este trabajo académico tiene como propósito demostrar una teoría propuesta, siguiendo el método y rigor científico de una investigación, cuyo objetivo es proponerlo como producto final que evidencie la culminación de nuestros estudios profesionales.

Por último, estimados miembros del jurado, queremos expresarles nuestro agradecimiento; así como a todos nuestros docentes, catedráticos de mucha valía; quienes de una u otra manera, han contribuido a nuestra formación profesional, al desarrollo de esta tesis, acondicionar el tema de gestión a nuestra carrera es una faceta, para la cual, justamente nos depara en el futuro como cargos de desempeño.

Por ello, para nosotros, es un reto y un elevado compromiso continuar con esta tarea con responsabilidad, que en el futuro será de mucha utilidad.

Chiclayo, 03 de noviembre del 2018

INDICE

| | |
|---|------|
| ACTA DE SUSTENTACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD..... | v |
| PRESENTACIÓN..... | vi |
| INDICE | vii |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN: | 14 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 14 |
| 1.1.1. Realidad problemática internacional..... | 14 |
| 1.1.2. Realidad problemática nacional..... | 15 |
| 1.1.3. Realidad problemática local..... | 17 |
| 1.2. Trabajos previos..... | 21 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema..... | 30 |
| 1.4. Formulación del problema..... | 84 |
| 1.5. Justificación del estudio..... | 84 |
| 1.6. Hipótesis..... | 85 |
| 1.7. Objetivos..... | 85 |
| 1.7.1. Objetivo General..... | 85 |
| 1.7.2. Objetivos específicos..... | 85 |
| II. MÉTODO..... | 86 |
| 2.1. Diseño de investigación..... | 86 |
| 2.2. Variables, Operacionalización..... | 86 |
| 2.2.1. Variable Independiente:..... | 86 |
| 2.2.2. Variable Dependiente:..... | 86 |
| 2.3. Población y muestra..... | 87 |
| 2.3.1. Población: | 87 |
| 2.3.2. Muestra: | 87 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y Confiabilidad..... | 87 |
| 2.4.1. Técnicas..... | 87 |
| 2.4.2. Instrumentos..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| 2.5. Métodos de análisis de datos..... | 88 |
| 2.6. Aspectos éticos..... | 88 |
| III. RESULTADOS:..... | 89 |
| IV. DISCUSIÓN. | 95 |
| V. CONCLUSIONES. | 97 |
| VI. RECOMENDACIONES:..... | 98 |
| VII. REFERENCIAS: | 99 |
| VIII. ANEXOS:..... | 104 |
| 8.1. Tablas del rendimiento local azucarero: | 104 |
| 8.1.1. Eficiencia de molinos de caña:..... | 104 |
| 8.1.2. Kg de azúcar obtenido / Ton de caña mol 2005 – 2012:..... | 108 |
| 8.1.3. Días de molienda total de caña 2005 – 2012:..... | 108 |
| 8.1.4. Molienda total de caña de azúcar 2005 – 2012:..... | 108 |
| 8.1.5. Toneladas de caña molida por hora 2005 – 2012..... | 109 |
| 8.2. Diseño de desfibrador de caña tipo Tongaat. | 109 |
| 8.3. Fotos de Planta Agroindustrial Tumán S.A.A. | 118 |
| 8.4. PLANOS: | 124 |
| 8.5. PAPERS:..... | 136 |
| 8.6. DATOS TÉCNICOS: | 140 |
| IMAGEN DE TURNITIN..... | 144 |
| ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS..... | 145 |
| FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TESIS..... | 146 |
| AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN..... | 147 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------|----|
| Figura 1..... | 30 |
| Figura 2..... | 31 |
| Figura 3..... | 31 |
| Figura 4..... | 32 |
| Figura 5..... | 32 |
| Figura 6..... | 33 |
| Figura 7..... | 33 |
| Figura 8..... | 34 |
| Figura 9..... | 34 |
| Figura 10..... | 36 |
| Figura 11..... | 37 |
| Figura 12..... | 38 |
| Figura 13..... | 38 |
| Figura 14..... | 39 |
| Figura 15..... | 39 |
| Figura 16..... | 39 |
| Figura 17..... | 40 |
| Figura 18..... | 41 |
| Figura 19..... | 42 |
| Figura 20..... | 43 |
| Figura 21..... | 44 |
| Figura 22..... | 45 |
| Figura 23..... | 46 |
| Figura 24..... | 47 |
| Figura 25..... | 47 |
| Figura 26..... | 48 |
| Figura 27..... | 49 |
| Figura 28..... | 50 |
| Figura 29..... | 51 |
| Figura 30..... | 51 |
| Figura 31..... | 52 |
| Figura 32..... | 52 |
| Figura 33..... | 53 |
| Figura 34..... | 53 |
| Figura 35..... | 55 |
| Figura 36..... | 56 |
| Figura 37..... | 57 |
| Figura 38..... | 57 |
| Figura 39..... | 58 |
| Figura 40..... | 59 |
| Figura 41..... | 60 |
| Figura 42..... | 64 |

| | |
|----------------|----|
| Figura 43..... | 65 |
| Figura 44..... | 65 |
| Figura 45..... | 66 |
| Figura 46..... | 67 |
| Figura 47..... | 67 |
| Figura 48..... | 68 |
| Figura 49..... | 69 |
| Figura 50..... | 72 |
| Figura 51..... | 76 |
| Figura 52..... | 78 |
| Figura 53..... | 79 |
| Figura 54..... | 79 |
| Figura 55..... | 81 |
| Figura 56..... | 82 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----|
| Cuadro 1: INGRESOS ECONÓMICOS – SECTOR AZUCARERO | 16 |
| Cuadro 2– Fuente: Elaboración propia | 104 |
| Cuadro 3– Fuente: Elaboración propia | 104 |
| Cuadro 4– Fuente: Elaboración propia | 105 |
| Cuadro 5– Fuente: Elaboración propia | 105 |
| Cuadro 6– Fuente: Elaboración propia | 105 |
| Cuadro 7– Fuente: Elaboración propia | 106 |
| Cuadro 8– Fuente: Elaboración propia | 106 |
| Cuadro 9– Fuente: Elaboración propia | 106 |
| Cuadro 10– Fuente: Elaboración propia | 107 |
| Cuadro 11– Fuente: Elaboración propia | 107 |
| Cuadro 12– Fuente: Elaboración propia | 107 |
| Cuadro 13– Fuente: Elaboración propia | 108 |
| Cuadro 14– Fuente: Elaboración propia | 108 |
| Cuadro 15– Fuente: Elaboración propia | 108 |
| Cuadro 16– Fuente: Elaboración propia | 109 |

RESUMEN

Actualmente, nuestra industria azucarera pasa por dos crisis, el problema social que generó su privatización y la baja en el precio internacional del azúcar. Con este nuevo escenario, se hace necesario ser eficiente. Este estudio abarca parte de la solución de esta problemática; si aumentamos la preparación de molienda de caña con la mejora en el desfibrador de caña, de inmediato, habrá una mejora en la extracción de jugo. Ello significará, que, ante la misma cantidad de materia prima (caña de azúcar), con las mejoras en la preparación, obtendremos más jugo de caña, con la consecuente mayor cantidad de azúcar obtenida.

Planteo mejorar la preparación de la caña de azúcar (modificación en desfibrador de caña), antes, de que esta materia prima ingrese a la etapa de molienda.

Dicha mejora, permitirá que la materia a procesar en la molienda, ingrese en modo fibra, la misma que debe cumplir con principalmente dos requisitos a mencionar: primero la fibra no debe presentar características ni fibras largas enteras visuales ni tampoco en modo polvillo; segundo debemos garantizar que la carga que va al molino sea no sólo la adecuada, sino que el colchón de caña debe ser parejo para la correcta extracción del jugo de caña.

A pesar de que, las teorías al respecto no son nuevas, la ingeniería se ha dedicado a instalar cuarta maza, chute Donnelly, etc. No pongo en tela de juicio la importancia de esa tecnología, sin embargo, añadir tecnología pudiendo mejorar tus procesos con la maquinaria ya existente cuenta como eficiencia técnico económico.

Nuestra propuesta concluye que obtendremos preparación de caña por encima del 90%, con la misma consecución en mejora (sólo en esta parte del trapiche) de extracción por encima del 95%.

Palabras claves: Molienda, extracción, desfibrador.

ABSTRACT

Currently, our sugar industry is going through two crises, the social problem that led to its privatization and the fall in the international price of sugar. With this new scenario, it becomes necessary to be efficient. This study covers part of the solution to this problem; If we increase the preparation of cane milling with the improvement in the sugar cane defibrator, immediately, there will be an improvement in juice extraction. This will mean that, with the same amount of raw material (sugarcane), with the improvements in the preparation, we will obtain more cane juice, with the consequent greater amount of sugar obtained.

I propose to improve the preparation of sugar cane (modification in cane defibrator), before, that this raw material enters the grinding stage.

Said improvement will allow the material to be processed in the mill, enter in fiber mode, which must comply with two main requirements to be mentioned: first, the fiber must not present features or long fibers, either visual or in powder mode; second, we must guarantee that the load that goes to the mill is not only adequate, but that the cane mattress must be even for the correct extraction of cane juice.

Although, the theories in this respect are not new, the engineering has been dedicated to install fourth mace, chute Donnelly, etc. I do not question the importance of this technology, however, adding technology can improve your processes with existing machinery counts as economic technical efficiency.

Our proposal concludes that we will obtain cane preparation above 90%, with the same achievement in improvement (only in this part of the sugar mill) of extraction above 95%.

Keywords: Grinding, extraction, defibrator.

I. INTRODUCCIÓN:

1.1. Realidad problemática.

1.1.1. Realidad problemática internacional.

La industrialización de la caña de azúcar, pasa en primera instancia por el proceso de preparación de la caña y consecuentemente la extracción de sacarosa (% Pol). Dicha preparación se ejecuta mediante equipos como niveladores, macheteros, desfibradores (*Jenkins G. - Introducción a la tecnología del azúcar de caña, editorial Ciencia y Técnica, La Habana. 1971*). Debido a la cogeneración que realiza esta industria, el costo de la energía consumida es muy bajo. Sin embargo y a pesar que el mayor consumo energético se lleva a cabo en la preparación de la caña, esta se ve compensada por el aumento de extracción o el menor consumo energético al extraer el jugo en la molienda (*Jenkins G. - Introducción a la tecnología del azúcar de caña, editorial Ciencia y Técnica, La Habana. 1971*). Al determinar el índice de preparación de la caña (*Morejón y Revé - Influencia de la preparación de caña de azúcar a moler en la producción de azúcar en el Complejo Agroindustrial Azucarero Manuel Fajardo”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 22(1):16-19, 2013*), un buen índice de ella favorece extraordinariamente el trabajo de la planta moledora, atrayendo cuantiosos beneficios económicos, pues se obtiene mayor capacidad de molida, mayor extracción en el tándem y menor demanda de potencia en los molinos (*Jenkins G. - Introducción a la tecnología del azúcar de caña, editorial Ciencia y Técnica, La Habana. 1971*).

Un buen índice de preparación de la caña (*Morejón y Revé - Influencia de la preparación de caña de azúcar a moler en la producción de azúcar en el Complejo Agroindustrial Azucarero Manuel Fajardo”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 22(1):16-19, 2013*), favorece extraordinariamente el trabajo de la planta moledora, que traen consigo beneficios económicos, pues se obtiene mayor capacidad de molida,

mayor extracción en el tándem y menor demanda de potencia en los molinos (*Jenkins G. - Introducción a la tecnología del azúcar de caña, editorial Ciencia y Técnica, La Habana. 1971*).

(*Inskip S.T - Cane preparation. Optimised technology. Proc Int Soc Sugar Cane Technol. Volumen 27, 2010*): Al mejorar el índice de preparación de la caña, no importa el modo, los beneficios son alentadores, porque se propicia una disminución de la demanda de potencia de la planta moledora.

A nivel de laboratorio, se ha logrado demostrar, que al tratar la caña de azúcar con microondas las fuerzas de interacción entre las células se reduce a 20% de su valor sin tratar. Esta reducción hace que sea más fácil de comprimir la caña y conduce a un aumento considerable de la extracción del jugo de la caña, logrando una disminución en el % Pol (*Brodie y Harris – Microwave modification of sugar cane to enhance juice extraction during milling. Journal of Microwave power and electromagnetic energy,, 2011*).

1.1.2. Realidad problemática nacional.

El sostenimiento económico de nuestro país está sustentado básicamente en el sector agrícola, donde nuestra Región no es ajena a esta realidad.

El sector azucarero abarca una porción nada despreciable de este mundo económico; en nuestro país existen 12 ingenios azucareros: Pomalca, Tumán, Pucalá, Azucarera del Norte, Agrolmos, Casagrande, Laredo, Cartavio, San Jacinto, Paramonga, Andahuasi, Chucarapi.

Son conocidos los diversos problemas sociales, técnicos y económicos que han invadido a este tipo de industria. Pienso que es justamente por estas razones, que el sector azucarero es actualmente menospreciado y me atrevería a decir que muy subestimado por el Estado.

Aplicando investigación, ingeniería, fidelización de los colaboradores cada vez más preparados técnicamente, estadística como herramienta básica de crecimiento, formulación de planes a corto, mediano y largo plazo; lograremos el reflote de dicha industria, con la consecuente mejora económica en nuestra País

Lo anteriormente expuesto, como muestra un botón, podemos apreciarlo en el siguiente cuadro:

| (S/MM) | dic-16 | dic-15 | dic-14 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Ingresos | 1,905 | 1,532 | 1,345 |
| EBATIDA | 471 | 366 | 265 |
| Flujo de caja operativo(CFO) | 196 | 202 | 273 |
| Mg EBATIDA | 24.7 | 23.9 | 19.7 |
| Deuda financiera total | 1,548 | 1,446 | 1,438 |
| Caja y valores liquidos | 50 | 90 | 201 |
| Deuda financiera / EBATIDA (X) | 3.3 | 3.9 | 5.4 |
| Deuda financiera neta /EBATIDA (X) | 3.2 | 3.7 | 4.4 |
| EBATIDA /Gastos financieros (x) | 3.5 | 2.5 | 2 |

Cuadro 1: INGRESOS ECONÓMICOS – SECTOR AZUCARERO

Cómo se puede apreciar, los ingresos económicos muestran crecimiento durante 3 años consecutivos (un nada despreciable 1'904.9 millones de soles en el año 2016).

Lo curioso, es que este dato es solo del grupo COAZUCAR (Corporación Azucarera del Perú).

La estadística, demuestra, que aplicando reingeniería social, e ingeniería en las plantas industriales azucareras, habrá un crecimiento en los estándares que actualmente se manejan. Incluso plantas con menor frontera agrícola y capacidades limitadas, han logrado obtener valores eficientes de producción, por ejemplo: Cartavio (extracción: 97%), San Jacinto (extracción: 98%).

Mi aporte se centra en mejorar la preparación de la caña de azúcar (actualmente a la preparación, aun no se le da la real importancia en el proceso) antes de ingresar a los molinos de caña donde es extraído el jugo. A grosso modo, si extraigo más

jugo de caña de una misma cantidad y calidad de materia prima, finalmente tendré más jugo por procesar y como resultado más azúcar producida o algún producto derivado.

Además esta parte del proceso que investigo, es vital y se puede generalizar, ya que, sea la molienda con molinos o difusor, igual la caña debe ser preparada.

Creo que podemos contribuir a que las industrias puedan producir mejor y con ello mejorar la economía que ojalá se traduzca en mejoras salariales y/o mayor empleabilidad.

Finalmente el sector que escogí tiene un plus adicional, que son sus derivados, siendo el principal el etanol, el cual pronto será en cantidades aun no esperadas adquirido, sustentando su consumo en el cuidado de nuestra ecología.

1.1.3. Realidad problemática local.

Localmente puedo afirmar que de los 12 ingenios azucareros existentes, 05 se encuentran ubicados en Nuestra Región.

De los gráficos estadísticos presentados en la primera parte de los Anexos de este trabajo, podemos observar que nuestros ingenios azucareros, en general nunca han sido eficientes. Cabe mencionar que, no podemos hablar de cifras reales económicas, pues a la ya producción que tenían con el mal uso de sus recursos, tenían el proteccionismo del estado, motivos por los que, podrían cuestionarse los balances económicos positivos de esos años.

Tal como indique anteriormente, a continuación interpretaremos los resultados⁵ presentados en dichos gráficos anexados:

En nuestra Región, tuvimos un bajón industrial azucarero, en los años 80 la producción fue muy pobre tanto en capacidad como en eficiencia. Este delicado tema, culminó con el inicio de la privatización de algunas industrias y lamentablemente el cierre de Cayaltí (imposible no mencionar a esta industria,

pues es la muestra real de lo nefasto que fue el manejo técnico, económico y social de esos años.

- **Extracción entre 1970 y 1990:**

En estos años, podemos observar la fatalidad por malos manejos de Cayaltí, por su tendencia era inevitable el cierre del ingenio como termino sucediendo. Tumán como se observa tiene una extracción baja en estos años; sin embargo se dice que fue el mejor ingenio del Perú en estos años dorados de encubrimientos gubernamentalitas y aun así, la estadística desnuda esta falla.

- Pucalá obtuvo una extracción promedio de estos años del 91.04% con picos aun de baja eficiencia en extracción del 93% en 1974 y 1994.
- Tumán obtuvo una extracción promedio de estos años del 92.20%, con un pico de extracción aceptable de 96.00% en el año 2000.
- Pomalca obtuvo una pobre extracción promedio de estos años del 89.5%, con pico en el año 2002 de 92%.
- Cayaltí demuestra en esta gráfica la tendencia a su ruptura total como empresa; obtuvo un promedio de extracción pobrísimo hasta su año de colapso de 85.98%, teniendo un pico de apenas 87% de extracción en los años 1990, 1991, 1995 y 1997.

- **Extracción entre 1999 al 2001:**

Podemos apreciar el crecimiento en estos ingenios, ya con intervención de capitales privados, un significativo crecimiento que se ha mantenido todos estos años, hasta la actualidad. Sus crecimientos en estos valores se consiguieron inicialmente ordenando un poco el tema social y paralelo a ello invirtiendo justamente en la preparación de la caña de azúcar.

- Laredo en el 2001 alcanzó extracción del 96% y en los últimos años ha llegado a tener 98% de extracción.
 - Cartavio del mismo modo en el año 2001 alcanzó extracción del 95.5%, actualmente tiene extracciones del 97%.
 - San Jacinto en el año 2001 alcanzó extracción de 95%, actualmente obtiene extracciones por encima del 97%
- **Extracción entre 2005 y 2012:**
- Podemos concluir de estos años, que, efectivamente, aunque no alcanza Tumán valores óptimos, alcanza valores conservadores, evidenciando que su maquinaria actualmente es digamos la más conservada en cuanto a mantenimientos periódicos; significando ello que con algunas modificaciones, como las que planteo podemos alcanzar eficiencias apreciables.
- Pucalá en promedio en estos años alcanzó una extracción del 90.93%.
 - Tumán en promedio en estos años alcanzó una extracción del 93.94%. Actualmente sabemos que a iniciado nuevamente molienda sin mantenimiento periódico y con problemas sociales en curso. Esperemos siga produciendo.
 - Pomalca en promedio en estos años alcanzó una extracción del 94.63%.
 - Anorsac en promedio en estos años alcanzó una extracción del 90.00%. Valor significativo, partiendo que esta planta fue montada con chatarra de otras empresas fabriles mucho más grandes en capacidad.
- **Kg de azúcar obtenida / Ton caña molida 2005 al 2012:**
- Podemos apreciar en el gráfico que se está un tanto alejado del 100%, esto se puede definir crudamente como

el valor de pérdida que representa ser poco eficiente, es el jugo perdido en todo el proceso de molienda. Si el bagazo va húmedo por una mala preparación de la caña de azúcar es equivalente a quemar billetes en el caldero.

- **Días de molienda total de caña entre el 2005 al 2012:**

Tumán como podemos apreciar en los anexos pierde alrededor de 75 días promedio de molienda al año. Una de las causas es la falta de caña en uno de los meses del año; la otra causa son las fallas de planta, tiempos muertos, problemas sociales, etc. Todo ello agregado a la poca eficiencia lograda en planta.

- **Molienda total de caña de azúcar entre el 2005 al 2012:**

Como podemos apreciar en este gráfico es Tumán quien tiene mayor molienda de caña en estos años. Sin embargo podemos observar técnicamente que, los colchones de materia prima que van a la sección de molienda y trapiche no son constantes, por lo que la eficiencia termina siendo sacrificada, En resumen una molienda apreciable en condiciones anormales, dejan como resultado números ineficientes, que fácilmente se pudieron haber resuelto con decisiones ingenieriles.

- **Toneladas de caña molida por hora 2005 al 2012:**

En este último gráfico anexado a este trabajo, apreciamos que la velocidad de molienda también tiene influencia en la eficiencia del trapiche que es la extracción. Para hacer una similitud, dos personas almorzando los mismos platillos; uno termina antes que el otro, es casi seguro, que, uno de ellos tendrá mejor digestión, porque masticó mejor el alimento. Exactamente pasa lo mismo en los molinos; incluso como recomendación a un estudio siguiente, sería

la variación de la velocidad de molienda, de acuerdo al nivel de colchón de caña que pasa del desfibrador a los molinos.

1.2. Trabajos previos.

- **INFLUENCIA DE LA PREPARACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR A MOLER EN LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL AZUCARERO “MANUEL FAJARDO” (Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba – 2011)**

Presentado por M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, y Ing. Jorge Revé Moracén. Quienes llegaron a las siguientes conclusiones:

- Las investigaciones realizadas en el Complejo Agroindustrial Azucarero “Manuel Fajardo”, permitieron determinar que por concepto de materia extraña el total de azúcar pérdida fue 743,61 ton, lo cual representa una pérdida económica de \$446 166.00 USD.
- El valor del Índice de Preparación de la caña (IP) no fue superior al 72,8%, estando por debajo de los normados en Cuba y el mundo, este valor se debe fundamentalmente a la mala preparación de la caña a moler, al desgaste de las cuchillas, al desgaste de la desfibradora y a la incorrecta aplicación y utilización de la soldadura no recomendada.
- Se obtuvo un Rendimiento Potencial de la Caña (RPC) promedio de 13,22, considerándose un valor positivo lo que demuestra que la producción de azúcar no solo depende de la variedad y calidad de la caña, sino dependen también del uso, mantenimiento y reparaciones que se le brinde a la tecnología empleada para la preparación de la caña a moler.

- **OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PREPARACIÓN (Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial – 2015)**

Presentado por Omar José Orellana Cámara, quien llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró optimizar el porcentaje de extracción, el promedio de polarización de bagazo se encontraba en 2,10 por ciento. Con las herramientas de ingeniería aplicadas se logró 1,81 por ciento, logro considerable ya que se está ahorrando un 0,29 por ciento en la extracción de azúcar.
- Al analizar la polarización de celdas abiertas y polarización de caña, se determinó que se cuenta con un promedio de índice de preparación de 79,85 por ciento, un indicador que cumple con los objetivos de extracción, verificando este dato se tiene la certeza que se cuenta con una preparación de caña de 89 por ciento.
- Con el 79,85 por ciento de índice de preparación se tiene la certeza que se está obteniendo una preparación de caña de 89 por ciento, esto indica que las tres picadoras están efectuando un trabajo óptimo en la estación de preparación de caña de azúcar.
- El mantenimiento para picadoras es rutinario, en el momento que el índice de preparación oscila entre 75 a 80 por ciento, es momento de planificar un cambio, esto para prevenir cuando se llegue a un dato menor de 75 ya se tenga planificado el cambio, en total en la zafra se planificarán 3

cambios de picadoras en un período de un mes, mes y dos semanas o dos meses dependerá grandemente del índice de preparación.

- La efectividad de la línea de tres picadoras cumplen su objetivo primordial al preparar la caña de 80,89 por ciento, a su vez preparan la caña con una eficiencia de 89 por ciento, implementar una desfibradora llevaría un gasto exorbitante de \$50 000,00 claro está que sería una preparación de caña de 98 por ciento y un índice de preparación de 92 por ciento, pero si se mejoran las técnicas mecánicas de las picadoras y se hacen investigaciones más profundas al análisis de índice de preparación se puede obtener mejores resultados.
 - Se elaboró un Plan de Capacitación, para obtener un personal capaz, consciente, competitivo, responsable, proactivo y visionario; se realizaron varias capacitaciones, aunque la de mayor importancia fue la de Índice de Preparación, todo esto como parte de la mejora continua al personal de laboratorio y fábrica.
- **EFICIENCIA TECNOLÓGICA Y ENERGÉTICA EN EL TANDEM DEL CAI “MELANIO HERNÁNDEZ (Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica, Santa Clara, Cuba – 2003)**
Presentada por Clotilde Cárdenas Méndez, quien llegó a las siguientes conclusiones:
 - Por sus características históricas y por su equipamiento es posible desarrollar este tipo de investigación en este central.
 - La ausencia de un molino en el equipamiento sin un adecuado aumento en la preparación de la caña y dificultades

en la disciplina tecnológica han originado un incremento de la Pol en bagazo en el tándem que ha traído consigo pérdidas en el orden de los 227 502 USD.

- Aunque la experiencia con la caña energética no fue suficientemente extensa se nota que sus características para la generación de vapor son buenas, no así para la extracción.
 - Por ambos métodos de diagnóstico del Manual de Planta Moledora y el desarrollado por Pérez se llegó a la conclusión de que el tándem está trabajando por encima de su capacidad potencial.
 - Si se comparan los resultados de las lecturas reales y los obtenidos por el diagnóstico para el consumo de potencia en el tándem para los motores 1 y 3 el % de error entre ambos está en el orden del 10%. Que puede considerarse un valor adecuado.
- **EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZÚCAR DE CAÑA (Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química. Perú. Trujillo – 2010)**
Presentada por Giovanni Gílder Romero Agreda, quien llegó a las siguientes conclusiones:
 - Las pérdidas de sacarosa son el resultado de la destrucción e inversión de la sacarosa.
 - El porcentaje de sacarosa promedio que se pierde es de 2.30% en cachaza y 1.90 % en bagazo.
 - **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA LINEA DE EXTRACCIÓN TRAPICHE DE LA EMPRESA CASA GRANDE S.A.A. (Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Mecánica. Trujillo – 2016.**

Presentada por Eder Eduardo Calderón Rodríguez, quien presenta los siguientes cuadros:

| SUBSISTEMA | NIVELADOR DE CAÑA | | 306026 |
|---|---|----------------------------|--|
| Transportar la caña hasta la parte superior del conductor de caña, dejándola caer en su interior y sin restricciones. | Incapacidad total de descargar la caña hacia el conductor 1A. | Eje de nivelador quebrado. | Taco de caña en el nivelador provoca esfuerzos sobre los componentes de la mesa, si se opera así se pueden reventar cadenas o quebrar tablillas. |
| | | | Se escucha un golpe fuerte cuando se quiebra el eje y la mesa se detiene. La solución no es rápida, esto provoca afectación a la producción. |

| SUBSISTEMA | MACHETERO A | | 306123 |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|---|
| FUNCION | FALLA FUNCIONAL | MODO DE FALLA | EFECTO DE FALLO |
| Cortar los tallos de caña de azúcar en secciones más pequeñas. | No hay un corte de caña efectivo. | Cuchillas desgastadas. | El desgaste en las cuchillas ocasiona que el golpe sobre la caña no sea efectivo y no se logre la reducción del espesor del colchón de caña, esto afecta el proceso de preparación y disminuye la eficiencia del proceso. |
| | | Cuchilla suelta. | |
| | Incapacidad total de picar la caña. | Eje quebrado. | Al quebrarse el eje sale de operación inmediatamente y se debe detener el conductor, esto afecta el proceso de producción. |
| | | Base de las chumaceras flojas. | Mayor vibración ocasiona daños en las partes y puede generar un corrimiento en el eje lo que impide su operación. |

| COMPONENTE | MOTOR ELECTRICO PRINCIPAL | | 351972 |
|--|-------------------------------------|--|--|
| Suministrar la potencia requerida para mantener una velocidad de giro constante al sistema de corte. | Incapacidad total de picar la caña. | Disparo de protecciones del motor eléctrico. | El motor eléctrico deja de operar y detiene la cuchilla, por seguridad se detiene el conductor y el transporte de caña también se detiene. |
| | | Daño en rodamientos. | |
| | | Falla suministro eléctrico. | |

| SUBSISTEMA | BUSTER A | | 306132 |
|---|--|--|--|
| FUNCIÓN | FALLA FUNCIONAL | MODO DE FALLA | EFEECTO DE FALLO |
| Desintegrar la caña picada en fibras, a una velocidad continua. | La desfibradora es totalmente incapaz de desintegrar la caña picada. | Eje desfibradora quebrado. | Al quebrarse el eje esta sale de operación inmediatamente y se debe detener el conductor, esto afecta el proceso de producción. |
| | | Chumaceras desgastadas. | Aumenta la vibración, esto ocasiona daños en las partes y puede generar un corrimiento en el eje lo que impide su operación y con esto afecta el proceso productivo. |
| | | Base de las chumaceras flojas (se corren). | |
| | | Martillos desgastados. | Los martillos se redondean y pierden dureza, esto disminuye el índice de preparación de caña y con esto se afecta la eficiencia del proceso productivo. |

- **EVALUACION DE LOS PROCESOS ENERGETICOS PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA AMPLIACIÓN DE MOLIENDA DEL INGENIO SAN JACINTO S.A. (Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería. Escuela profesional de Ingeniería en energía. Perú. Chimbote – 2015)**

Presentada por Eder Darwin Sánchez Villafana y Nilton Deyvis Quesquén Salazar, quienes presentan las siguientes conclusiones:

- Se realizó el balance energético actual con 3000 toneladas de caña diaria y 23 horas efectivas de molienda.

Producción de vapor total: 70.34 tnv/hr por las 02 calderas existentes.

El consumo de vapor: 8.80 tnv/hr área de calderas, 29.35 tnv/hr área de trapiche, 28.32 tnv/hr para el turbogenerador, 3.08 tnv/hr estación reductora y 0.8 tnv/hr para otros usos.

El total de vapor disponible para procesos de elaboración previamente saturado es de 68.61 Tnv/hr, del cual destilería consume 2.90 tnv/hr y otros usos 1.80 tnv/hr

El consumo total de energía eléctrica en planta es de 2772.30 kw, de los cuales trapiche consume 503.80 kw, calderas

601.5 kw, elaboración 1600 kw y destilería 67 kw. La energía eléctrica generada por el turbogenerador es de 2200kw y la energía comprada a la empresa Hidrandina S.A es de 572.30kw.

Los indicadores energéticos de operación actual del ingenio tienen un valor de 1.85 tnv/tnb para el índice de generación térmica, 0.496 tnv/tc para el índice de consumo térmico y 70.7 kw/tc para el índice de consumo eléctrico.

- Se realizó el balance energético proyectado en la ampliación de molienda a 4500 toneladas de caña diaria con 23 horas efectivas de molienda.

Producción de vapor total 84.99 tnv/hr de por una caldera nueva.

El Turbo generador TGM de 21.71 MW consume 83.39 tnv/hr
El total de vapor disponible para procesos de elaboración previamente saturado es de 82.53 Tnv/hr, del cual destilería consume 4.42 tnv/hr y otros usos 1.80 tnv/hr.

Se genera un excedente de bagazo equivalente a 422.22 tn bag/día, lo que permitió integrar un ciclo combinado con gasificación de bagazo.

El consumo total de energía eléctrica en planta aumentó a 6 988.00 kwh por el aumento de molienda y la electrificación de equipos: trapiche consume 3 632.00 kw, calderas 1326.00 kw, elaboración 1950.00 kw y destilería 80.00 kw. La energía eléctrica generada por el turbogenerador TGM es de 15 733.25 kw, la energía generada por el ciclo combinado es 19 900 KW, teniendo así un excedente de energía de 28645.90 kw para venta a la red.

Los indicadores energéticos de operación alcanzan valores de 2.16 tnv/tnb para el índice de generación térmica, 0.41 tnv/tc para el índice de consumo térmico y 35.72 kw/tc para el índice de consumo eléctrico.

- Se determinó el modelo más eficiente de operación para la ampliación de molienda del ingenio a 4500 TCD, el cual implica:

La sustitución de turbinas por motores eléctricos en el área de trapiche y calderas para el accionamiento de 02 machetes, 01 desfibrador y 05 molinos así como 01 turbo bomba respectivamente. La instalación de una caldera bagacera FAIO/M&M modelo AV-130-GR. La puesta en marcha del turbogenerador TGM de 21.71 mw.

La integración de un sistema de gasificación y ciclo combinado con bagazo excedente. La puesta en marcha del calentador de jugo clarificado en el área de elaboración.

- Se determinó el modelo más eficiente de producción el cual implica la generación de 19 000 kw mediante la integración del proceso de gasificación con ciclo combinado. Dicha producción de energía es adicional a la producción de azúcar y alcohol.
- Se dimensiono los equipos para la ampliación de molienda del ingenio a 4500 TCD, tienen las siguientes dimensiones:
Machete N° 01 262.44 KW, machete N° 02 492.18 KW, desfibrador 501.63 kw, molino N° 01 335.53 kw, molino N° 02 354.34 kw, molino No 03 373.15 kw, molino N° 04 391.96 kwy molino N° 05 417.05 kw.
La caldera bagacera F AIO/M&M modelo A V -130-GR una capacidad de 130TVH a 68Kgf/cm² (g) y temperatura de vapor sobrecalentado de 51 0°C.
En el ciclo combinado la turbina de gas tiene una capacidad de 9. 84 MW, y la turbina de vapor una capacidad de 10.06 MW.
- Se calculó el ahorro económico al optimizar los procesos energéticos para la ampliación de molienda a 4500 toneladas de caña por día, alcanza un valor de 7,463,988.54 \$/año.

- **FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMÁN S.A.A.: 2008 – 2012 (Universidad Privada Juan Mejía Baca, Carrera Profesional de Ingeniería Comercial, Perú. Chiclayo. Tumán – 2014)**

Presentada por Fidel Alberto Gómez Bracamonte y Magaly del Rocío Guevara Pérez, quienes llegaron a las siguientes conclusiones:

- **AREA DE CAMPO:**

- La política de mantenimiento, renovación y abonamiento en el cultivo no es consistente con el nivel promedio anual que se requiere por campaña, dándose mayor deterioro en la siembra y provocando retrasos con alto costo en términos de productividad.
- También las fuertes sequías que azotó a la empresa Tumán provocó una caída dramática en los niveles de volumen de agua percibida regularmente, los que afectó el mantenimiento de los cultivos y los niveles de siembra óptimo.

- **AREA DE FÁBRICA:**

- La caída en los volúmenes de caña cosechada propia repercute directamente en una menor producción de azúcar de la planta fabril.
- La combinación de factores internos y externos son los que contribuyen en dicha caída abrupta de la producción.
- Los principales Índices de Eficiencia perteneciente a la fábrica como Extracción, Retención, Recobrado y eficiencia fabril (BHE) se encuentran por debajo de los parámetros técnicos óptimos establecidos.

- **AREA DE ADMINISTRACION:**

- En el análisis del periodo sujeto a estudio, se determinó la existencia de factores internos y externos que explicarían la baja productividad resultante tanto en campo como en fábrica. Las cuales guardan relación con la deficiente gestión de la Alta Dirección, por la falta de planificación, organización, dirección y control en las actividades y recursos disponibles.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

Diagrama del proceso industrial.

Figura 1

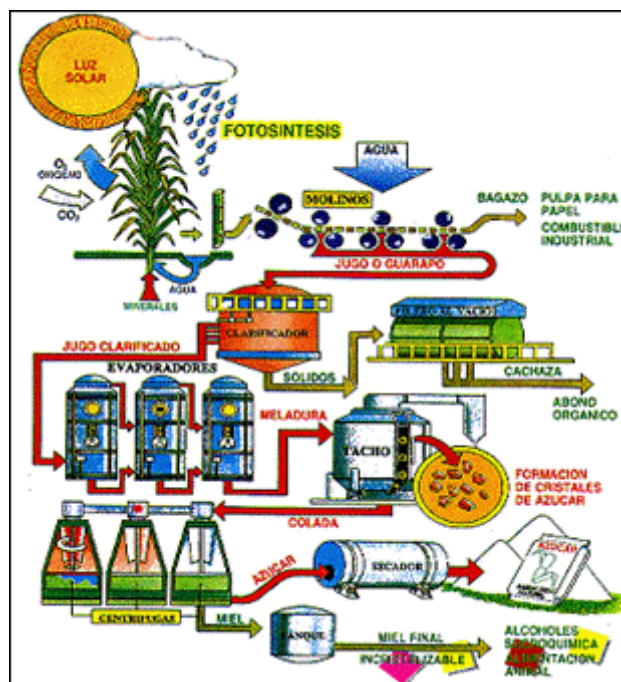
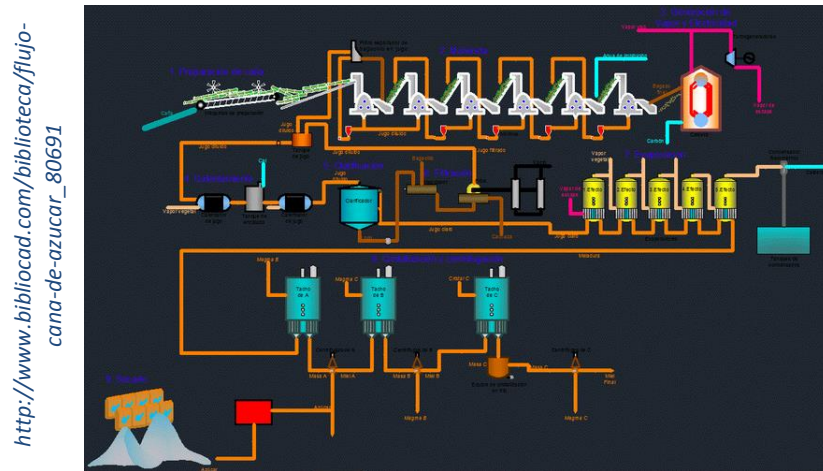


Diagrama del Proceso del Azúcar

<http://es.slideshare.net/godiegodie/diagrama-del-proceso>

Proceso industrial.

Figura 2



Flujo caña de azúcar

Pesado.

Tiene como objetivo fundamental medir la cantidad y calidad del jugo y de la sacarosa presente. Se realiza en básculas y equipos de muestreo situados antes del ingreso al ingenio.

Figura 3



Balanza semiautomática FAIRBANKS MORSE; capacidad 60 ton., plataforma de 18 por 4 mtr.

Limpieza y preparación de la caña.

Consiste en remover piedras y partículas de suelo mediante el lavado con agua antes de picar la caña hasta reducirla a astillas de menos de dos pulgadas de largo sin extraer jugo.

Figura 4



<http://tuman-city.blogspot.com/>

Mesa alimentadora de Caña en la Fabrica Tumán, Vista Superior
Foto tomada de La Republica

Extracción del jugo.

Se lleva a cabo mediante expresión repetida en molinos de cuatro mazas al mismo tiempo que se agrega agua para disminuir el azúcar presente en el bagazo que se produce como sólido al final del proceso. Este bagazo servirá como combustible, para producir vapor y el jugo separado seguirá al proceso de tratamiento.

Figura 5



<http://s405644100.onlinehome.us/prodek/azucar-y-alcohol.html>

Mesa alimentadora de Caña en la Fabrica Tumán, Vista Superior
Foto tomada de La Republica

Purificación del jugo.

Llevada a cabo mediante el agregado de dióxido de azufre, cal hidratada y calor, para remover impurezas, limpiar el jugo y evitar el crecimiento de microbios. Esta etapa produce jugo claro como producto principal que se traslada a evaporación y cachaza como subproducto, que se usa como abono en campos de caña.

Figura 6



Procesamiento del jugo

Evaporación.

El objetivo es remover el agua del jugo claro evaporándola utilizando un sistema de alto aprovechamiento de energía para producir meladura como producto principal y vapores de baja presión para suministrar energía a todo el proceso de fabricación.

Figura 7



Evaporación del jugo

Cristalización.

Es llevada a cabo por concentración de la meladura y mieles intermedias en tres etapas llamadas cocimientos, usando equipos conocidos con el nombre de tachos. El producto más importante son las masas cocidas que pasan a centrifugación.

Figura 8



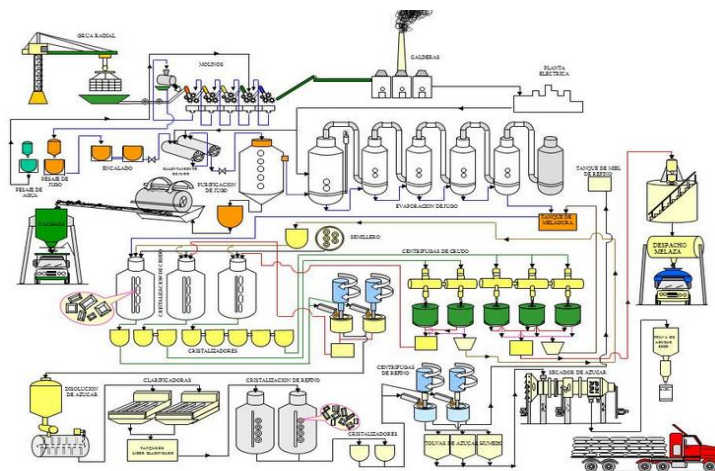
<http://www.ingprovidencia.com/procesos/72>

Procesos fábrica - Cristalización

TECNOLOGÍA DE MOLIENDA:

Pongo a disposición la diversa tecnología de molienda, haciendo énfasis en aquella con la que creo, junto a la gestión, llegaremos a mejorar el mantenimiento preventivo/predictivo de dichas industrias, con la consecuente mejora en eficiencia y producción.

Figura 9



http://centralazucarerozeltachiracaztaca.blogspot.com/2011_06_01_archive.html

Procesos fabricación de azúcar – CAZTA C.A.

- **Recepción y descarga.**

Toda caña entrante al ingenio, deberá ser pesada, medida la materia extraña y finalmente descargada.

- **Pesaje:**

Toda unidad transportadora de caña es pesada al entrar y salir de la planta, la diferencia bien a ser el peso neto de la caña a procesar.

En seguida, se deberá determinar el porcentaje de materia extraña, existente en esa unidad. Luego de varios análisis al azar, tendremos el porcentaje de materia extraña promedio del campo de donde provenga esta caña.

Existen 3 métodos:

- Descargar algunas unidades al azar fuera del patio y en forma manual, determinar la cantidad de materia ajena a la caña a procesar.
- Sacar muestras mediante “uñadas”, con el cargador frontal o máquina afín, y luego examinar lo extraído.
- Mediante sonda mecánica de muestreo, la que se inserta en la “canasta” a un ángulo de 45° de arriba hacia abajo, tomándose una muestra muy representativa para el análisis.

Figura 10

<http://economia.uoi.com.br/agronegocio/album/2012/09/05/aprenda-como-e-produzido-o-etanol-que-chega-nos-carros-brasileiros.htm?mobile>



Máquina sonda de muestreo

Lo anterior es de suma importancia analizar, el afectado es el área de mantenimiento. La materia extraña que ingrese al tándem de molienda, es la causa de los elevados desgastes por abrasión, compresión e impacto que se producen en los diferentes equipos de preparación y molienda (cadenas, machetes, martillos, mazas, bombas, etc.); también afecta al caldero, pues recordemos que la materia extraña no es combustible.

Finalmente afecta a la producción, puesto que de no hacer este análisis, se contabiliza materia extraña como materia prima, la misma que se le paga al sembrador como si todo lo recabado fuera materia prima a procesar.

Está demostrado, que la materia extraña, merma la pureza de la caña. Algunos ingenios optan por no procesar (recibir y comprar al sembrador) caña con menos de 88% de pureza.

- **Descarga:**

Puede haber varias formas, a mencionar:

- **Descargue en patio:**

La caña es trasladada en unidades de transporte, descargada por un tractor en un área cercana a la mesa alimentadora, mientras que otro tractor cumple con la función de coger la caña descargada y alimentar a la mesa.

Figura 11



Recepción de caña en patio

En este tipo de descarga, la materia extraña que ingresa es mínima, sin embargo el costo de operación y mantenimiento es elevado.

- **Descargue en contenedor por garra hidráulica:**

La caña es traída del campo por medio de unidades de transporte, descargada por una grúa hilo; luego una grúa puente provisto de una “garra hidráulica” es la que se encarga de alimentar a la mesa.

Figura 12

<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=116170>



Inicio de zafra cañera

- **Descargue en mesa alimentadora de caña:**

La caña depositada en una unidad de transporte, es descargada por medio de una grúa hilo directamente en la mesa alimentadora.

Figura 13

http://maquinasyequipos.mex.tl/1195440_Volcadores-de-hilo.html



Descargue en mesa alimentadora

La grúa hilo, es un equipo común en la industria azucarera, su uso es generalizado. Es un sistema sencillo, práctico y fácil de operar, basado en la teoría de polipastos; puede ser estática o móvil, pudiendo desplazarse transversal o longitudinalmente.

Figura 14

<http://www.imecol.com/producto/grua-tipo-hilo-para-el-descargue-de-vagones/>

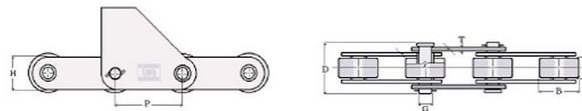


Grúa tipo hilo

La mesa alimentadora es un transportador que cumple la función de contenedor de caña., para garantizar un suministro continuo a los conductores, a continuación, describimos algunas de ellas:

- Mesa Alimentadora de Baja Inclinación; su ángulo de inclinación es de 20° ; para arrastrar a la caña utilizan aditamentos, como son cadenas de transporte.

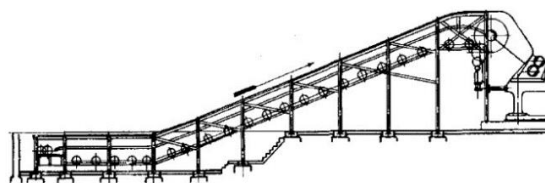
Figura 15



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- Mesa Alimentadora de Media Inclinación; su ángulo de inclinación varía entre 30° , 35° y 40° . Utilizan arrastradores espaciados a ciertos tramos en todo lo largo de la cadena, el uso de aditamentos es opcional.

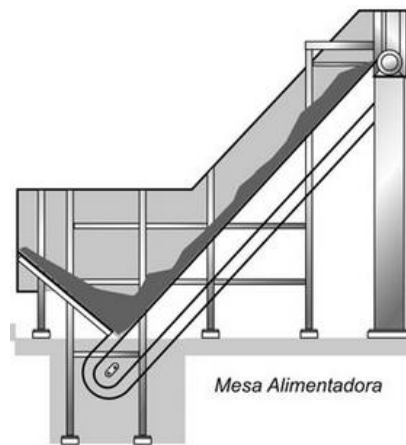
Figura 16



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- Mesa Alimentadora de Elevada Inclinación; con ángulos de inclinación entre 40° y 45°. Utilizan arrastradores a lo largo de toda la cadena, cada arrastrador tiene comúnmente 3 aditamentos, los que son de gran ayuda para elevar la caña.

Figura 17



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- **Limpieza: Caña neta:**

Este tema que abordo, es muy discutido, no sólo por las variables de diseño que se presentan, sino además por el agotamiento del recurso hídrico y la legislación ambiental; tanto así que, en algunos países, el sembrador, forma parte de la solución al problema; siéndole más rentable, enviar a la fábrica su caña, lo más simple posible. A continuación, detallo los sistemas de limpieza existentes y expongo mi punto de vista al respecto:

- **Limpieza húmeda:**

Es el sistema que usualmente encontramos, consiste en lavar la caña en su desplazamiento por la mesa alimentadora y los primeros conductores, antes de llegar a los equipos de preparación. Formas de lavado, existen varias: con chorro de agua a presión, en cascada, etc.

Actualmente, la corriente mundial de protección al medio ambiente prohíbe la quema de caña y obliga al corte y carguío manual; con lo cual se elimina gran parte de impurezas minerales y vegetales en el campo.

Al no quemarse la caña, la limpieza húmeda pierde sentido; además, el recurso hídrico es cada vez más escaso, lo que lo encarece y obliga a buscar sistemas alternativos para eliminar la materia extraña.

Figura 18



Limpieza húmeda de caña de azúcar

Algunos ingenios utilizan agua caliente, lo que, es un error de concepto, pues las pérdidas de sacarosa por disolución son mayores.

En resumen, las desventajas de este sistema, son:

- Alto costo por consumo de agua, cuya escasez, es preocupación mundial.
 - Hay necesidad de una alta infraestructura para bombeo, decantación y neutralización del agua, además del posterior tratamiento de efluente, para devolver el agua al medio ambiente en condiciones normales.
- **Limpieza en seco:**
Este tipo de limpieza utiliza conductores elevados, con planchas perforadas y ventiladores en cámaras de

separación, etc. Son elevados, para que en su desplazamiento, la materia extraña que se va desprendiendo de la caña, caiga fácilmente hacia el fondo del conductor.

Figura 19

<http://www.monografias.com/trabajos75/rediseno-eje-rodamientos-ventilador/rediseno-eje-rodamientos-ventilador2.shtml>



Limpieza en seco de caña de azúcar

Las planchas perforadas tienen el mismo objetivo, para lo que se estila colocar un segundo fondo que colecta la materia extraña que cae. Los ventiladores, separan la materia vegetal que trae el colchón de caña.

La legislación de efluentes y el alto costo del agua, hacen de esta limpieza la idónea para cualquier ingenio.

○ **Estaciones de limpieza:**

La idea es remover arena, tierra, piedra, hojas, pajas, y tallos vegetales. Para arena y tierra, se utilizan planchas perforadas, que criban la caña dejando caer la materia extraña. Para piedra, una solución interesante es la del pateador ubicado al final del conductor, a una altura tal, que la piedra pasa por debajo y cae sin llegar al siguiente conductor, mientras la caña es volteada por el pateador y continua su trayectoria normalmente. Para separar cogollo y material vegetal afín, se cuenta con la separación neumática. Igualmente para las hojas y pajas, en la descarga del conductor, se instala un

ventilador dirigido a 90° a la salida del rodillo, impulsa sólo pajas y hojas; no a la caña, que tiene mayor peso.

- **Transporte:**

La caña que fue anteriormente recepcionada debe ser transportada hacia la planta de preparación, existiendo diversas formas para hacerlo, a continuación, algunas de ellas:

- **Transportadores convencionales de cadena:**

Son los comúnmente usados, se aplican en mesas alimentadoras, transportadoras de caña y transportadoras de bagazo. Estos usan cadenas de arrastre o de rodillos, con aditamentos y arrastradores espaciados a lo largo de la cadena, para deslizar la caña sobre la plancha de fondo del conductor, perjudicando enormemente la producción.

Figura 20



Mesa alimentadora

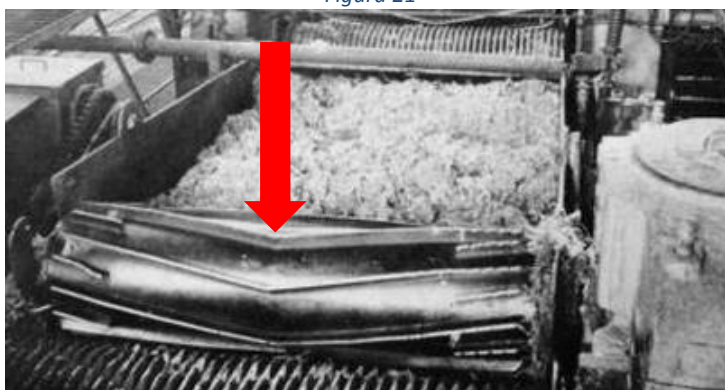
- **Transportador de cadena tipo Apron:**

Este tipo de conductor, usa platinas traslapadas que forman una estera sobre la que es trasladada la caña. Son indispensables para lograr una buena preparación, ya que no cuentan con los arrastradores, que limitan el ajuste de los machetes. Su desventaja, radica en la pérdida de “finos” en los laterales de la estera viajera. También se aplican en

conductores intermedios (entre molino y molino) cuando no se emplea tolva Donnelly.

Su uso se está generalizando por los beneficios antes mencionados, a pesar de que las platinas de la estera y las cadenas de rodillos demandan mayor mantenimiento. Una variante económica es el diseño de conductores pequeños para alojar a los equipos de preparación.

Figura 21



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

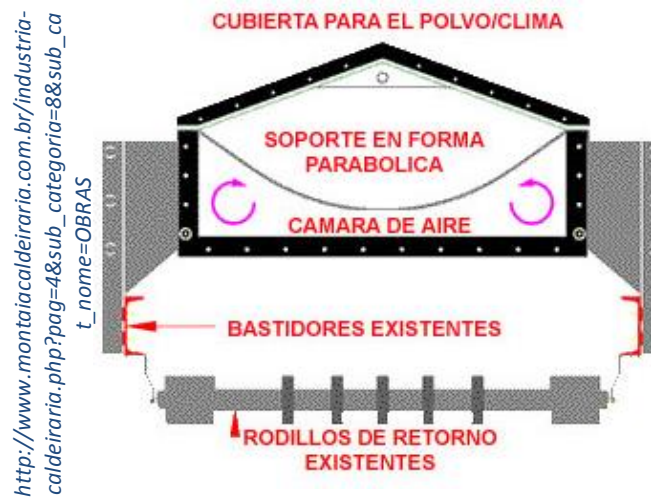
- **Transportador de faja:**

Este Tipo de transportador actualmente se utiliza para transportar caña desfibrada y como conductores intermedios entre molinos, sin embargo, su uso se está ampliando en la planta, pudiendo utilizarse con caña entera, bagazo, materia extraña. Etc. Las razones son su relativo bajo costo, el menor consumo de energía, el mínimo mantenimiento y la posibilidad de manejar grandes velocidades de transporte.

Además tiene una ventaja fundamental, que es la de poder usar separadores magnéticos suspendidos sobre la faja, ya que la faja bloquea el campo magnético entre el imán y las estructuras metálicas aledañas. Así mismo, tendremos la posibilidad de que los metales detectados por el separador magnético, sean retirados sin tener que interrumpir la producción; y esa, es una gran ventaja.

En Sudáfrica, actualmente utilizan una faja de cojín de aire, tecnología de última generación.

Figura 22



Faja transportadora con cojín de aire

- **Preparación: “Preparación 90 +”:**

Todos los ingenios, apuntan a lograr la mayor extracción posible, pero esto, no es posible, si no se dispone de una buena preparación de la caña. Presento el análisis respectivo:

Antiguamente, para no optar por una buena desintegración existían tres justificaciones que enumero a continuación:

- La alimentación del molino se dificultaba con un material bien preparado. Con la introducción de rodillos alimentadores, molinos de 4, 5 y hasta 6 mazas, alimentadores de presión, tolvas Donnelly y aspereza en las mazas, este obstáculo fue superado.
- Mayor consumo de potencia en los equipos de preparación. Esto, se compensa, ya que los molinos consumen menos potencia al manejar un material bien desfibrado, en comparación con un material más entero y duro.
- Alto costo de mantenimiento de las primeras desfibradoras eficientes. Esto ha sido superado por la tecnología de recubrimientos duros.

En la década del '70, surge el concepto de "90 +", luego de intensos estudios e investigaciones que contundentemente ratificaron la necesidad de una buena preparación para lograr mejores extracciones de sacarosa. Este concepto refleja la aspiración de los ingenios de alcanzar un índice de preparación por encima del 90%, para alcanzar altos regímenes de capacidad y eficiencia.

A continuación, analizo todos los equipos que tienen participación directa en la preparación, incluyendo los usados actualmente:

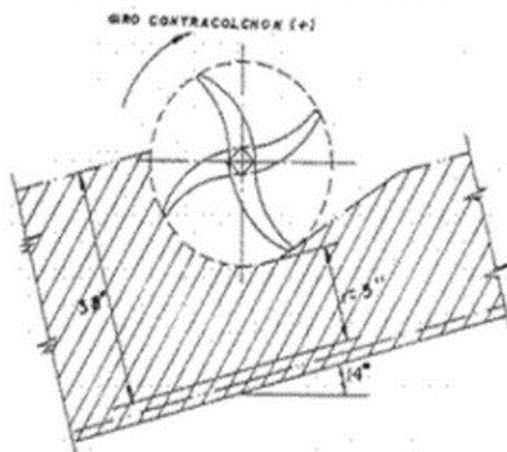
- **Nivelador:**

Este equipo, tiene como función emparejar el colchón de caña, buscando la uniformidad en la alimentación. Casi siempre se encuentra ubicado antes del machetero, con la finalidad de entregar un colchón más uniforme, denso y homogéneo, que capitalice al máximo el trabajo de preparación.

Su rotor, está constituido con

Figura 23

<http://www.monografias.com/trabajos75/rediseño-eje-rodamientos-ventilador/rediseño-eje-rodamientos-ventilador2.shtml>



Nivelador de caña

Figura 24

http://3.bp.blogspot.com/-JLY4EXzxAs/VERq1kxR_xI/AAAAAAAAABr4/5k67hvGtL1s/s1600/foto%2Bnivelador.jpg



Equipo preparador de caña

- **Rompebultos.**

Cómo su nombre lo dice, la función de este equipo es romper los paquetes de caña que se descargan en la mesa alimentadora o que esta última entrega al conductor transversal. Es un equipo similar al nivelador, pero gira a mayor velocidad y tiene menos brazos que este.

Se ubican usualmente a la salida de la mesa alimentadora de caña.

- **Machetero convencional.**

Consiste en un eje robusto, sobre el cual están montados la porta machetes que alojan los machetes. Usualmente gira en la dirección del conductor, a velocidades promedio de 600 rpm y lleva incorporada una volante para absorber las sobrecargas.

Figura 25

<http://es.slideshare.net/michelburgalopez/diseo-del-eje-del-nivelador-tuman>



Primer juego de machetes

Los machetes en este tipo convencional son fijos, ligeros y dispuestos en seis filas a 60°. Se fijan mediante pernos y reciben recubrimiento duro en las aristas de trabajo (zona de contacto con la caña).

Generalmente son utilizados como primera preparación en el conductor de caña, y como alimentador de desfibradores verticales, en la cabeza del mismo conductor.

○ **Machetero basculante.**

Un eje robusto soportado por dos chumaceras, aloja al rotor formado por una serie de discos o placas triangulares, cuyos extremos llevan las barras portantes que dan soporte a los machetes. Se denomina oscilante por que los machetes no están fijos, sino que pueden pivotar radialmente en las barras portantes.

Figura 26



Picador de caña

Los machetes, son de diversos tipos, tienen filo y giran a velocidades hasta de 720 rpm. Son más pesados que los machetes convencionales y van dispuestos hexagonalmente en seis filas a 60°.

Pueden ser usados como primer o segundo machetero. Tienen la ventaja de un rápido montaje y desmontaje de los machetes.

- **Desfibrador Gruendler ligero.**

Su construcción es similar al machetero basculante, con el rotor formado por discos y espaciadores. Alrededor de los discos, se disponen las seis barras portantes, que dan sustento a igual número de filas de martillos.

Los martillos son livianos, con un peso de hasta 10 kg. entre puntas, generalmente, tienen un diámetro algo mayor de 1 m. y giran a velocidades de hasta 1200 rpm. Estas características y el hecho de ofrecer un área reducida para el desfibrado, por la presencia de los discos, lo configuran como un equipo de servicio liviano, obsoleto para los requerimientos actuales de eficiencia y capacidad.

Figura 27



Shredder

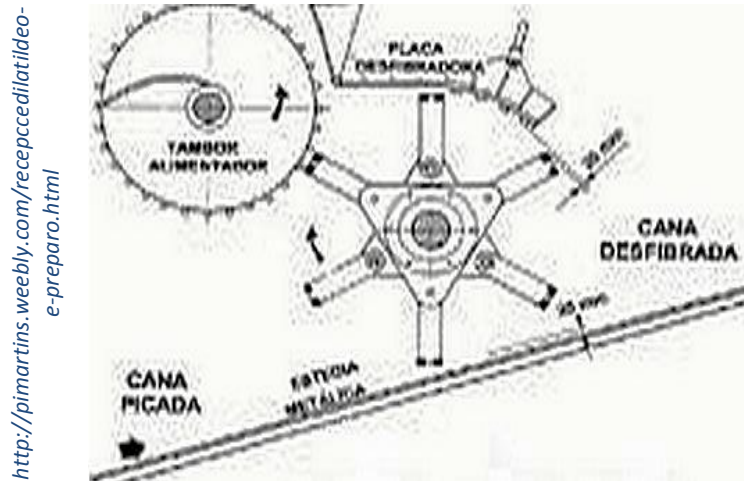
Los martillos impactan la caña sobre una barra de acero curva llamada yunque, ubicada en un cuadrante inferior del rotor y a 10 mm. del martillo extendido.

El índice de preparación que se logra con este desfibrador está entre 75 – 80 %

○ **Desfibrador Copersucar semipesado y pesado.**

El desfibrador Copersucar, ofrece un arreglo diferente en el conductor; el yunque se ubica en la parte superior, y además, es alimentado forzosamente por un tambor de gran tamaño.

Figura 28

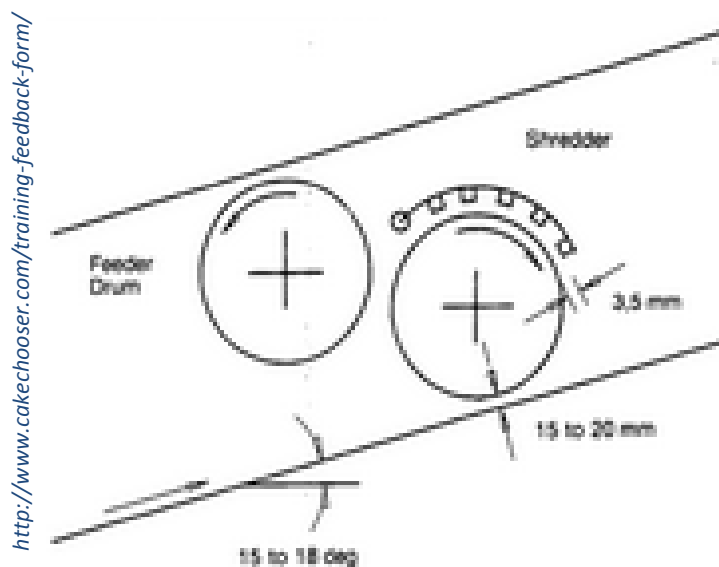


Desfibrador

A continuación, menciono algunas características de los desfibradores semipesados:

- Montado sobre el conductor, gira en sentido contrario a este.
- Yunque tipo “rejilla” ubicado en la parte superior del rotor.
- Alimentación con tambor alimentador.
- Seis filas de martillos oscilantes con 12 a 14 martillos por fila.
- Cada martillo pesa entre 25 a 30 kg.
- Soportado en rodamientos lubricados con grasa o aceite.
- El rodamiento es fijado, mediante manguitos de fijación.
- Necesita volante.
- Recubrimiento duro, aplicado en las zonas de trabajo del martillo y las barras del yunque.
- Velocidad periférica de los martillos aproximadamente de 60 m/s.
- Requerimiento de potencia de 32 HP/TFH.
- Índice de preparación de 81 – 85%.

Figura 29

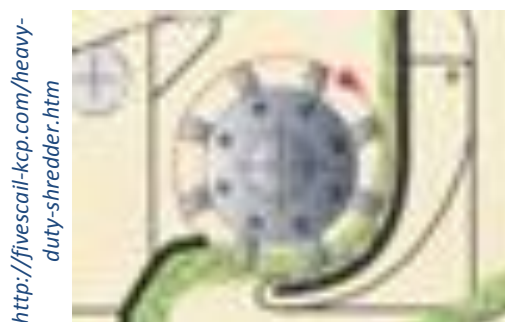


Revisión de los sistemas de desfibrado de caña de azúcar

○ **Desfibrador Tongaat semipesado y pesado.**

Fueron conceptualizados como desfibradores pesados, pensando en una mejor extracción, peor al igual que los Copersucar, se adecúan a los requerimientos del mercado y con las modificaciones del caso se ofertan como semipesados y pesados, desde luego, mantienen el diseño básico original.

Figura 30



Heavy duty shredder

A continuación, mencionamos las características principales de un desfibrador pesado:

- Montados debajo de la salida del conductor de caña.
- Yunque tipo rejilla, ubicado en la parte inferior del rotor.
-

Figura 31

<http://www.hiten-steel.com/solutions/sugar-industry/>

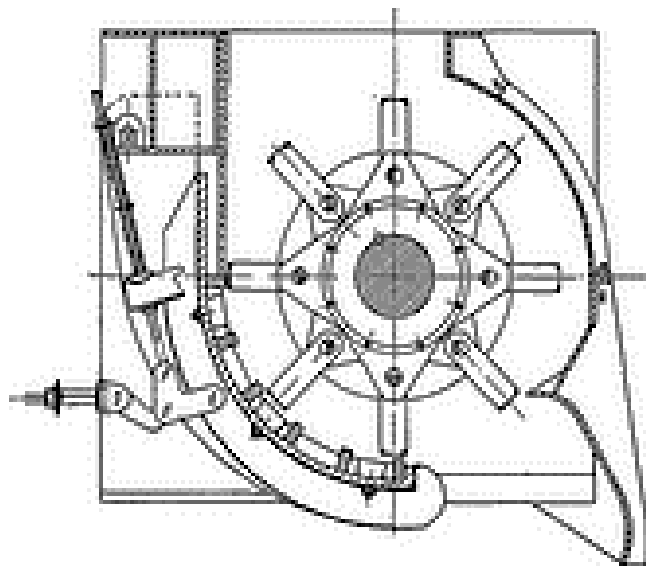


Sugar cane crusher

- Alimentación vertical por medio de una cuchilla alimentadora.

Figura 32

http://www.docstoc.com/docs/69755818/1973_Moor_The-TONGAAT-SHREDDER



Corte seccional del desfibrador

- Ocho líneas de martillos oscilantes con 19 martillos por línea.

Figura 33



Heavy duty sugar cane shredders

- Cada martillo, pesa entre 20 y 25 kg.

Figura 34



Machinery wear & consumable parts

- Soportado en rodamientos lubricados con aceite.
- El rodamiento es fijo, con asiento cónico.
- No necesita volante.
- Recubrimiento duro aplicado en las zonas de trabajo de los martillos y las barras del yunque.
- Velocidad periférica de los martillos, aproximadamente de 93 m/s.

- Yunque con sistema hidroneumático para presurización.
- Potencia requerida de 45 HP/TFH.
- Índices de preparación de 90% a 93%.

- **Molienda. ¿realmente necesitamos una cuarta maza?**

Dicha pregunta la formulo, en el contexto de nuestra realidad, tratando hasta cierto punto, de orientar la verdadera necesidad de una cuarta maza.

A menudo, escuchamos a priori, argumentos de cuarta maza para lograr mayor capacidad y eficiencia. Si bien, esto es cierto, no se puede proponer una cuarta maza sin haber evaluado previamente los equipos de preparación y la capacidad del tándem de molinos; ya que muchas veces, equivocadamente se pretende que la cuarta maza resuelva problemas latentes de materia extraña, preparación, molienda o tiempo perdido. La cuarta maza y tolva Donnelly, optimizarán la capacidad y la eficiencia del tándem, pero no es su función cubrir las actuales falencias.

- **Molino convencional de tres mazas.**

Es un molino, que consta de tres mazas, convenientemente rayadas, montadas sobre vírgenes de acero fundido. Los molinos van montados uno tras otro y entre ellos existe un conductor intermedio que traslada el bagazo de un molino a otro.

Figura 35

<http://www.preciolandia.com/mx/trapiche-o-molino-industrial-para-cana-d-77mp0c-a.html>



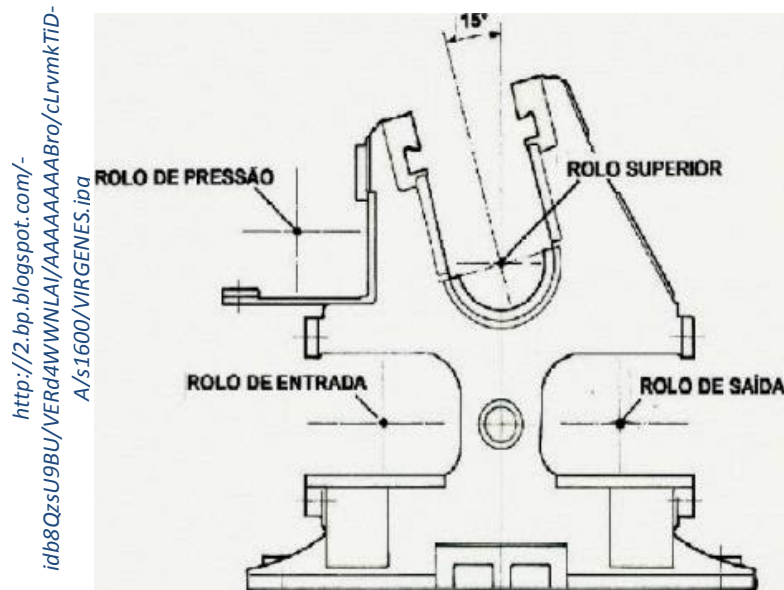
Trapiche de caña

Existen numerosos tipos y fabricantes de molinos, a continuación, describo cada uno de sus principales componentes:

- **Vírgenes.**

Son dos armaduras laterales ubicadas una a cada lado del molino, estas vírgenes van sujetas mediante pernos de anclaje a la bancada o a la cimentación, en sus extremos llevan dos tapas laterales que se ajustan con un perno común a la cimentación, en sus extremos llevan dos tapas laterales que se ajustan con un perno común y que le proporcionan rigidez al conjunto. Un aspecto de importancia capital es su geometría, la que define el ángulo superior que forman los centros de las tres mazas, el mismo que tiene que ver con el ancho de la cuchilla central y su consumo de potencia. Al parecer, inicialmente los fabricantes no prestaron mucha atención a este ángulo; por lo cual, casi todos los molinos tienen la potencialidad para modificar sus vírgenes y mejorar este ángulo, cuyo óptimo es 74°.

Figura 36



Virgen de molino

- **Mazas.**

Están constituidas por cascos de hierro fundido o acero fundido enfundados en ejes de acero, en las vírgenes están dispuestas de forma triangular y ensambladas sobre cojinetes de bronce. Las mazas se denominan cañera o de entrada, bagacera o de salida y superior. Esta última es la que recibe la potencia, a través de un acoplamiento cuadrado o también por medio de acoplamiento flexible; y la transmite a las otras mazas a través de los piñones de maza.

Figura 37

<http://www.gruposarti.com/productos/11-fundicion/15-fundicion-y-maquinado-de-piezas-para-centrales-azucareras>



Fundición y Maquinado para centrales azucareras

- **Cojinetes.**

Generalmente son de bronce y son importantes por las pérdidas que origina su fricción con los collarines de los ejes, a tal punto, que si esta fricción, no es controlada, se producirán desgastes severos en cojinetes y collarines, aumentarán las pérdidas mecánicas y se ampliarán las aberturas de los molinos, originándose mermas en la extracción y aumentando la humedad en el bagazo.

Figura 38

<http://www.talleresolaya.com/industria-azucarera/>



Cojinete

- **Bridas guardajugo.**

Estas bridas, van sujetas a la maza superior mediante pernos y tienen la función de guiar y sellar lateralmente el

colchón, sin que se pierda al pasar por las aberturas del molino.

- **Cuchilla central y peines.**

La cuchilla central es de acero fundido, engrana con la maza cañera y tiene la función de guiar el colchón desde la abertura de entrada hacia la abertura de salida. Los peines son dos: el superior y el de salida; y tienen la función de mantener limpias las ranuras de las mazas superior y bagacera.

Figura 39

<http://www.talleresolaya.com/industria-azucarera/>



Cuchilla central

- **Molino con cuarta maza.**

El molino de cuatro mazas, es un molino convencional con el agregado de la cuarta maza, y surgió como la mejor alternativa ante la constante demanda por mayores capacidades de molienda. La cuarta maza tiene su origen en los diversos rodillos alimentadores que se ensayaron para mejorar la alimentación del molino. Cuando los estudios y la experimentación confirmaron la necesidad de esta alimentación forzada, el rodillo fue evolucionando hacia mayores tamaños, mayor robustez y mayores ajustes; convirtiéndose en una maza con idénticas características a las tradicionales.

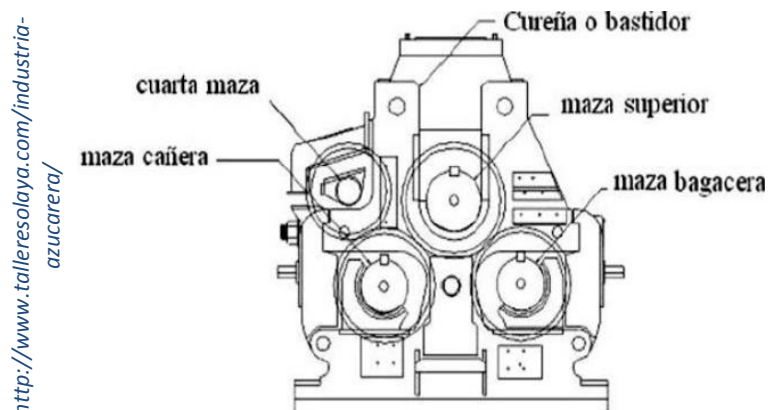
Los molinos con cuarta maza son comunes en la industria azucarera mundial, al igual que la conversión de un molino convencional a uno con cuarta maza. Esta conversión, implica la modificación y el refuerzo de las vírgenes, así como la mejora previa de la preparación.

La cuarta maza, puede engranar con la maza superior, llamándose extractora, en razón de que prevalece un mayor ajuste; o puede engranar con la maza cañera, llamándose alimentadora, porque prevalece el logro de una mayor alimentación.

La ubicación y el tamaño de la cuarta maza, dependen de la geometría de la virgen, del diámetro de las mazas, de su ajuste con la maza superior y de su distancia a la maza cañera. Para estas determinaciones, existe un método gráfico. Con respecto a la maza superior; la cuarta maza, debe tener menor diámetro y operar a un nivel inferior, para evitar que el jugo rebase la maza superior y pase al segundo molino. Su velocidad periférica puede ser hasta 5% mayor.

Para el accionamiento se tiene dos alternativas: con piñones a partir de la maza superior y con cadenas a partir de la maza cañera. El más empleado es el primero por su resistencia mecánica, por el rango de ajustes que ofrece y por el mínimo mantenimiento que demanda.

Figura 40



Molino de caña de azúcar

<http://www.talleresolaya.com/industria-azucarera/>

El ajuste de la cuarta maza se refiere a la abertura entre los diámetros medios de la cuarta maza y la maza superior, y es función de la abertura dinámica de salida. Van Hengel concluyó que del primer al último molino, esta abertura era de siete a cinco veces la abertura dinámica de salida del molino correspondiente.

○ **Molino con cuarta maza y tolva Donnelly.**

Básicamente consiste en agregar la tolva Donnelly al arreglo anterior de un molino con cuarta maza.

Si bien, la cuarta maza, proporcionó alimentación forzada, la alimentación del molino no era continua; así que en la búsqueda de la solución, a Donnelly, se le ocurrió la feliz idea de alimentar al molino con una tolva inclinada cerrada. Este fue, el origen de la Tolva Donnelly.

Entre todos los dispositivos que se inventaron para lograr la menor alimentación forzada, la combinación más eficaz y económica fue la cuarta maza con tolva Donnelly; y es la que prevalece hasta la fecha, no sólo en tándem de molinos, sino también en los difusores como unidades secadoras.

Figura 41



Chute Donnelly

La tolva Donnelly, es de sección rectangular y va dispuesta verticalmente sobre la abertura entre la cuarta maza y la maza superior. Como ancho adoptan la longitud de las mazas,

mientras que su altura promedio es de 3m.; su profundidad depende de los diámetros y la abertura entre la cuarta maza y maza superior. Para eliminar la posibilidad de atoros, a la profundidad se le da una divergencia de 2° en la dirección de la alimentación.

Por su altura, la tolva tiene que ser alimentada por un conductor elevador, que puede ser de cadena o de faja, con ángulos de hasta 60°.

Las ventajas de tener un molino de cuatro mazas con tolva Donnelly, son las siguientes:

- Aumento de capacidad de molienda, conservadoramente en un 10%.
- Disminución del tiempo perdido, al eliminarse atoros de molinos.
- Aumento de extracción, al molerse un colchón uniforme y continuo.
- Facilidad para desviar la carga de un molino averiado.
- Menor costo de mantenimiento que los conductores intermedios.
- Eliminación de la pérdida de “finos” y mayor limpieza.
- Mayor espacio para inspección, limpieza y mantenimiento.
- Posibilidad de automatizar la alimentación del tándem.

En conclusión, no se podrá tener óptimos resultados de capacidad y eficiencia, si no se cuenta con cuarta maza y tolva Donnelly. Con esta combinación la alimentación es forzada y continua, ya que el molino, nunca se queda sin carga, la tolva hace las veces de contenedor y es el propio peso de la columna de bagazo que se forma en la tolva, el que produce la presión que introduce la carga en el molino.

○ **Ajuste y velocidad de molinos.**

Estos parámetros, son fundamentales para la eficiencia de los molinos. Un tándem podría estar operando sin mayores problemas mecánicos, pero si los ajustes no son los correctos

y si su velocidad no corresponde a la que consideró en el cálculo de los ajustes, de seguro que su extracción será baja, la humedad del bagazo, será alta y consecuentemente las pérdidas económicas serán cuantiosas.

- **Ajuste de molinos.**

Los ajustes de los molinos, son el conjunto de medidas, que nos permiten ubicar las mazas y la cuchilla central en el molino. Estos dependen de la cantidad de caña que se quiere moler, del contenido de fibra en la caña, de la geometría de las mazas, de la velocidad del molino, de la ubicación del molino en el tándem, de los dispositivos de alimentación forzada que se tiene y del nivel de preparación de la caña-

Estos ajustes son las aberturas entre las mazas cañera y superior, llamado entrada, entre las mazas bagacera y superior, llamado salida, entre la cuchilla central y la maza superior, y entre la cuarta maza y la maza superior. Estas aberturas son estáticas, o sea, con el molino sin carga y se deducen de las aberturas dinámicas o de operación, restándoles la “flotación” del molino.

Para la determinación de estos ajustes existen muchos métodos de cálculo, de fabricantes y tecnólogos, pero ninguno de ellos se fundamentan en bases cien por ciento científicas; todos integran algún estimado o algo de empirismo en las propiedades de la fibra y el bagazo y en las relaciones entre aberturas. Por esta razón, lo que se recomienda es reajustar las aberturas, en base a análisis periódicos de los jugos y bagazos de cada molino, y a los resultados mismos luego de cada reajuste; de tal suerte que se llegue a establecer un ajuste óptimo para el tándem.

- **Velocidad de molinos.**

Otro parámetro de importancia en el proceso de molienda es la velocidad periférica de las mazas, que está íntimamente relacionada con el coeficiente de fricción entre las mazas y la caña o el bagazo, y del cual depende en gran medida la alimentación del molino; no olvidemos que el coeficiente de fricción es inversamente proporcional a la velocidad periférica. Esta es la razón por la cual se trata de mantener ásperos los dientes de las mazas.

Generalmente se emplean velocidades angulares de hasta 6 rpm, porque con los diámetros de maza estándar que se opera, se obtienen velocidades periféricas hasta de 60 PPM, la que es considerada velocidad límite precisamente por las consideraciones de la fricción.

Tradicionalmente, se ha hablado de dos corrientes, en cuanto a la velocidad de dos corrientes, en cuanto a la velocidad de los molinos: ascendentes del primer al último molino y descendentes del primer al último molino; sin embargo, nos e ha demostrado la predominancia de ninguna de ellas, a tal punto, que a veces se prefiere utilizar velocidades periféricas iguales en todos los molinos.

Las velocidades periféricas de las mazas, intervienen en el cálculo de ajustes de los molinos, de ahí que una vez determinadas las alturas, no se puede variar independientemente las velocidades. Lo contrario ocurre cuando se varía las velocidades en función de la cantidad de caña que se quiere moler.

- **Ranurado de mazas: obsolencia del chevron.**

Inicialmente las mazas fueron lisas y sufrían menos desgaste; sin embargo, la capacidad de un molino, comparada con otro

de iguales dimensiones pero ranurado, era significativamente menor; además, el ranurado de las mazas ayuda a extraer el jugo mejor y en mayor cantidad. Estas ventajas, se deben a que las ranuras aumentan el área de compresión de las mazas; y por otra parte, a que la caña o bagazo no llega a saturar el fondo de las ranuras, dejando intersticios para la salida del jugo.

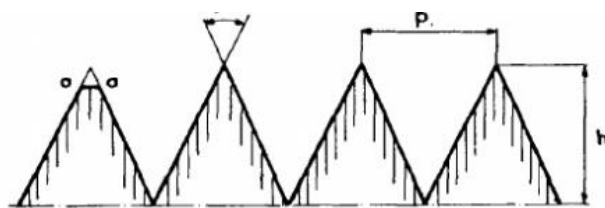
En la actualidad, existen varios tipos de ranura, las que veremos a continuación:

- **Ranuras circulares.**

Son de uso general, todas las mazas las tienen. Estas son circulares y dispuestas a lo largo de todo el casco con pasos, entre 1" y 2.1/2", su sección es un triángulo isósceles cuyo ángulo superior mide entre 35° y 55°. Todas las mazas tienen el mismo rayado pero dispuesto de tal forma que las mazas inferiores engranan con la maza superior.

Las ranuras, se caracterizan por su paso y su ángulo, por ejemplo, 1.1/2" x 50°, 2" x 45°, etc. El paso generalmente disminuye del primer al último molino, siendo común encontrar 2" en los primeros y 1.1/2" en los últimos. Los ángulos tradicionalmente eran de 50° y 55°; sin embargo, en los últimos años la tendencia es emplear ángulos más agudos entre 35° y 45°, con la finalidad de favorecer el drenaje de jugo.

Figura 42

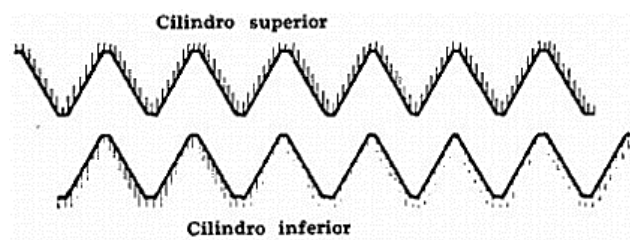


Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- **Ranuras Hind-Renton.**

Este ranurado está discontinuado; sin embargo, ha servido de base para los ensayos de rayado con ángulos diferenciados, que en los últimos años, se han practicado con relativo éxito en Australia y Sudáfrica. Consiste en ranuras ordinarias de 55° a 60° en la maza superior y ranuras más estrechas de 30° a 40° en las mazas inferiores.

Figura 43



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

De esta manera, el bagazo que se encuentra en las ranuras inferiores se comprime menos, dejando un espacio en el fondo del canal, por donde puede drenar el jugo. Se dice que este sistema ha reemplazado eficazmente a las ranuras Messchaerts, con la desventaja de la fragilidad de los dientes, lo que condiciona su aplicación al ingreso de caña sin materia extraña.

- **Ranuras Kay.**

Estas ranuras están totalmente desactualizadas. Son ranuras helicoidales de sección rectangular con mayor profundidad que las ranuras circulares.

Figura 44

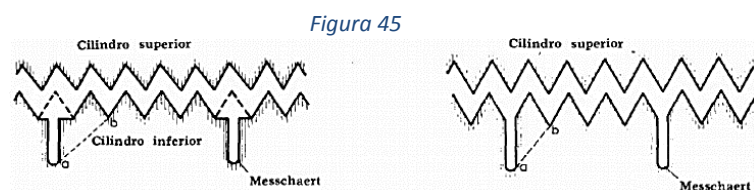


Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- **Messchaerts.**

Llamadas ranuras de jugo, en su momento constituyeron un gran avance tecnológico, ya que fueron la solución al problema del drenaje de jugo y la indeseable reabsorción. Se trata de darle salida al jugo, mecanizando alrededor de la maza cañera canales circulares más o menos espaciados, por donde el jugo encuentra salida inmediata y escurra sin obstáculo a uno y otro lado de la maza.

A continuación presento dos formas de hacer el Messchaerts, donde claramente se observa que la zona ab de la figura de la derecha es más frágil y tiende a romperse; sin embargo, es la más utilizada porque permite mayor área de compresión.



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

Cabe mencionar que su utilización es aún discutida, puesto que, de alguna forma, resta área de compresión.

- **Chevron.**

Se crearon con el fin de facilitar la toma del bagazo por las mazas. Son muescas talladas longitudinalmente en los dientes de las mazas cañera y superior, a modo de engranaje bi-helicoidal, formando un ángulo de 10° a 20° con la generatriz de la maza.

Estas ranuras son aún más discutidas que las anteriores descritas, no sólo por que restan área de compresión, sino porque se constituyen en una gran área de baja presión, favoreciendo la sacarosa y humedad en el bagazo. Por lo expuesto son consideradas obsoletas, además han sido reemplazadas por los depósitos de

soldadura que se practica en los dientes de todas las mazas.

Figura 46

<http://www.monografias.com/trabajos75/rediseno-eje-rodamientos-ventilador/rediseno-eje-rodamientos-ventilador2.shtml>



Chute Donnelly

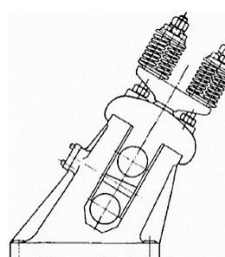
○ **Sistema de presiones hidráulicas.**

Este sistema es fundamental para la eficiencia de los molinos. Siendo la alimentación de los molinos, irregular por naturaleza, hubo la necesidad de buscar la forma de mantener la maza superior bajo presión constante, tal que se absorban las variaciones de la alimentación.

Originalmente las mazas de los molinos tenían una posición fija. La presión entre las mazas era determinada por el espesor del colchón de bagazo y los resultados variaban de acuerdo a la alimentación. El asunto se complicaba con el pasaje de objetos extraños en el colchón, los cuales muchas veces provocaban interrupciones y roturas.

Cierta flexibilidad se dio con la presión por resorte, sistema sólo aplicable a los molinos pequeños.

Figura 47



Presión hidráulica – Emile Hugot

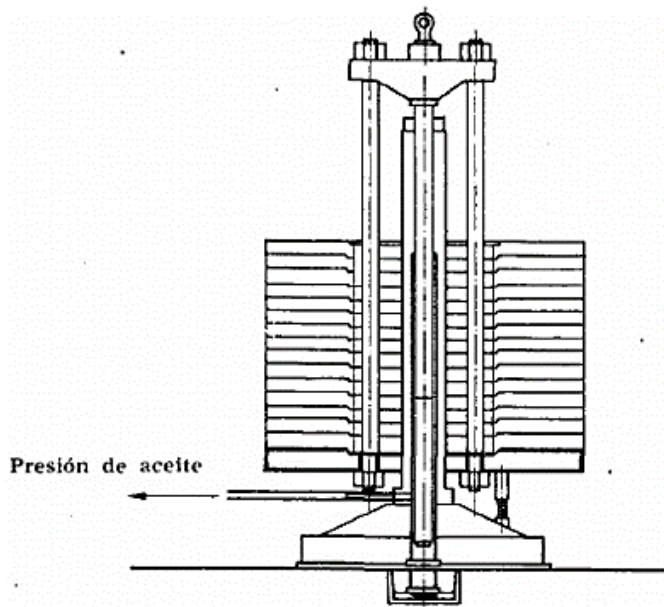
Luego, se llegó a las presiones hidráulicas, sistema en el cual, la presión de aceite es suministrada a un acumulador y es transmitida a los pistones alojados en las tapas superiores de los molinos, a través de un sistema de tuberías.

Son de varios tipos, a continuación, detallo algunos:

- **Peso muerto.**

Es el original y consistía de un cilindro vertical largo, en el cual se desplazaba un émbolo que llevaba robustas placas de acero, las que eran soportadas contra la presión de aceite del sistema. Esta instalación tenía la desventaja de ocupar mucho espacio y poseer alta inercia, a causa de la gran masa que manejaba; lo que ocasionaba una respuesta lenta del sistema ante cambios en la alimentación. A estos se sumaba la considerable longitud de tubería que se requería para interconectar el acumulador a los pistones.

Figura 48

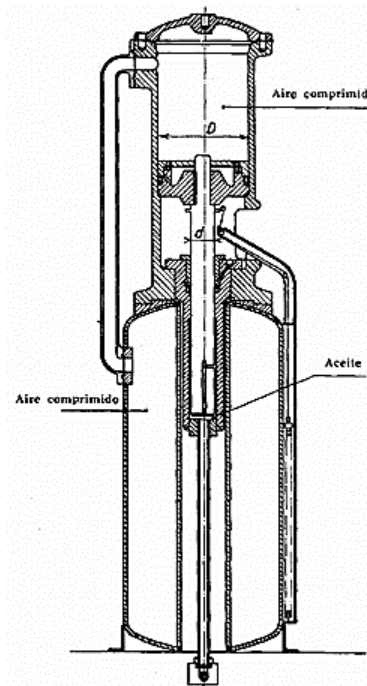


Manual del Ingeniero Azucarero - Emile Hugot

- **Aire – aceite.**

Fueron introducidos por Munson en 1938, superando las deficiencias de los anteriores. Los pesos fueron reemplazados por aire comprimido actuando sobre un sistema de émbolo interior, para lo cual se requiere de un pequeño compresor y su correspondiente reservorio.

Figura 49



Manual del Ingeniero Azucarero – Emile Hugot

- **Edwards.**

Con este tipo, se logró mejoras adicionales, reduciéndose sustancialmente el tamaño de la cámara de aire y eliminándose todo componente mecánico móvil; lo cual permitió ubicarlos próximos a los cabezotes y disponerlos separadamente en cada extremo de la maza superior. Este acumulador contiene una vejiga sintética con nitrógeno a presión, que se comprime o dilata cuando el pistón sube o baja. Igualmente posee dos válvulas: una en la parte inferior, diseñada para cerrarse inmediatamente ante súbitas caídas de presión, evitando el escape de aceite al expandirse el nitrógeno. El

acumulador Edwards ofrece dos ventajas importantes: rápida respuesta ante los cambios de carga del molino, a causa de la ausencia de tuberías largas e inercia; y la regulación individual de las presiones en cada extremo de la maza, ya sea para compensar el empuje de los piñones o la desigualdad en la alimentación. Por estas razones, el uso del acumulador Edwards se ha generalizado en toda la industria azucarera cañera.

El sistema de presiones hidráulicas es empleado universalmente para mantener una presión constante sobre el colchón de bagazo, independientemente del espesor de la alimentación o de la flotación de la maza superior. En general está formado por la unidad de potencia (motor, bomba hidráulica y reservorio), los acumuladores (dos por cada molino), las tuberías y la instrumentación.

La extracción del molino aumenta con la presión hidráulica; sin embargo, existe una presión óptima con la cual se consigue la alimentación deseada a la flotación preestablecida de la maza superior. Es decir, que presiones elevadas perjudican la alimentación y aumentan la solicitud de potencia, presiones muy elevadas llegan a perjudicar al extracción, al reducir la permeabilidad del colchón y así la capacidad de drenaje del jugo. Igualmente, la presión está limitada por una resistencia mecánica del molino y el sistema hidráulico mismo.

- **Indicadores de flotación.**

El paso de caña desfibrada o bagazo, a través de las aberturas de los molinos, provoca un movimiento de “flotación” ó “levantamiento” en la maza superior, que es contrarrestado con la presión hidráulica. Durante el montaje, esta “flotación” promedio tiene que ser incorporada como desnivel entre los centros de la maza superior y el eje de la

última etapa de reducción de la transmisión del molino; de tal manera que con la maza flotando, el conjunto opera al mismo nivel. Si por efectos de una alimentación irregular o de una mala selección de los ajustes, la maza opera por encima o por debajo de este nivel, se producirán esfuerzos adicionales en el conjunto, que pueden ser causantes de desgastes prematuros e incluso roturas. Por otro lado, durante el cálculo de los ajustes del tándem, la “flotación” tiene que deducirse de las aberturas dinámicas de salida para obtener las alturas estáticas, de tal manera que cuando la maza flota con la carga prevista, se llegue a las aberturas dinámicas calculadas.

Una flotación anormal, puede causar los siguientes problemas:

- Pérdida de la presión hidráulica en alguno de los extremos.
- Velocidades diferentes a las del cálculo de los ajustes.
- Molienda horaria diferente a la del cálculo de los ajustes.
- Desgaste severo en uno de los cojinetes o collarines de eje.
- Ajuste incorrecto en alguno de los molinos.

○ **Imbibición.**

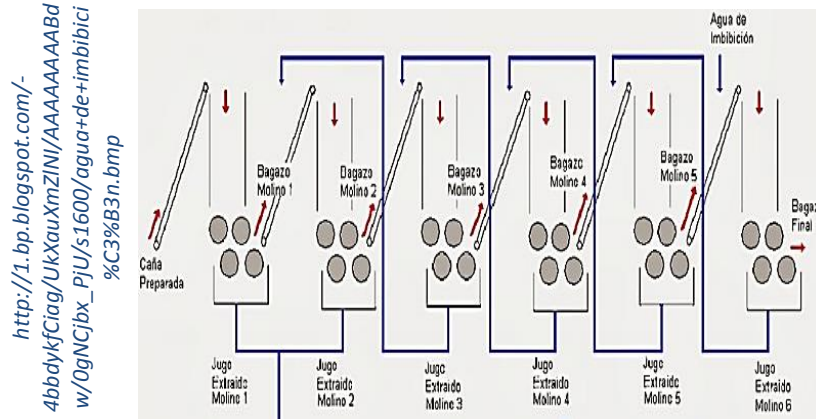
La extracción en el tándem de molinos tiene lugar a través de una combinación de compresión mecánica y disolución.

Se sabe que en un tándem el principal molino extractor es el primero, que debe extraer el 70% del jugo que contiene la caña – con cuarta maza hasta el 80% - mientras que los demás molinos son complementarios. Como mecánicamente es imposible extraer todo el jugo restante, se tiene que recurrir a la dilución con agua y jugo para extraer el máximo posible de sacarosa, llegando actualmente a valores de 98%.

Agregar agua a todos los molinos sería lo más sencillo y conveniente; sin embargo, esta agua tiene que ser luego

evaporada, lo cual significa mayor consumo de vapor, energía y combustible, y no sería económico para la planta. Esta es la llamada imbibición simple.

Figura 50



Imbibición

El jugo extraído en el último molino está formado por la sacarosa remanente de las compresiones anteriores más el agua de imbibición que se agrega a este molino. Este jugo es bombeado al molino anterior, y así sucesivamente dependiendo del número de molinos que se tenga. Lo extraído en los molinos primero y segundo, conocido como jugo mezclado, es enviado directamente a fábrica para ser procesado. Esta es la llamada imbibición compuesta, de uso común en la industria azucarera mundial.

Es importante mencionar, que algunos ingenios toman la pésima y antieconómica decisión de sacrificar la cantidad de agua de imbibición para paliar problemas de evaporación o generación de vapor. No olvidemos que las pérdidas de sacarosa en el bagazo con las segundas pérdidas mayores del ingenio.

- **Medición y Control.**

Para tener una idea de cómo está trabajando nuestra estación de molienda, existen métodos de laboratorio, los que considero importantes, detallo a continuación:

○ **Índice de preparación.**

La importancia de la preparación de la caña, es incuestionable, de ahí la necesidad de conocer el nivel de la preparación en forma periódica y sistemática. Para medir la preparación existen diversos métodos como “células abiertas”, “cilindros rotatorios”, “índice de preparación”, “índice de desplazabilidad”, etc. Todos ellos se basan en el mismo principio, la diferencia está en el peso de la muestra, peso del agua y tiempo de proceso. Son métodos empíricos basados en la proporción del brix de jugo extraído de la muestra sobre el brix total del jugo de la caña. A continuación describo el “índice de preparación”.

Este consiste en dividir la muestra de caña preparada en 2 porciones, A de 500gr y B de 333gr. La porción A es mezclada con 3000 gr de agua, colocada en una botella de plástico y agitada en un equipo especial rotativo por media hora; el brix de esta mezcla es medido con un refractómetro de precisión y el resultado se llama Brix (A) ó Bx (A). La muestra B es colocada en un desintegrador, al cual se le agrega 2000 gr de agua y la muestra es agitada por 20 minutos: el brix de esta mezcla es medido y llamado Brix (B) o Bx (B). El índice de preparación o PI, se calcula como sigue:

$$PI = (Bx (A) / Bx (B)) \times 100$$

Un valor estándar para cumplir con nuestros objetivos es 85% PI. De no llegar a este valor, algunos de los motivos son los siguientes:

- Desgaste en martillos y machetes.
- Desgaste en barras del yunque.
- Alimentación no uniforme en el machetero y en el desfibrador.
- Ajuste de machetes y martillos.
- Contenido de fibra en la caña.
- Tipo de machetero y desfibrador.

- **Curva de Brix.**

Es el método más sencillo para evaluar suficientemente el comportamiento de los molinos y la eficiencia de la imbibición. Se basa en la medición de sólidos que contienen los jugos extraídos por los molinos, a través del tándem. Estos sólidos disminuyen de un molino al siguiente con la aplicación de la imbibición compuesta y se miden en grados Brix (°Bx).

Su utilidad estriba en que nos puede dar a conocer el grado de dilución que se consigue en el jugo de la caña en cada etapa de molienda, así como detectar fácilmente si alguna de las unidades de molienda se desvió de sus condiciones normales de operación.

Dichas mediciones generan una curva, que se ha de comparar con una curva patrón ideada por Luce y Smith, a partir de la operación óptima del molino.

Cabe recordar que el mal trabajo de un molino, no sólo le afecta al rendimiento del propiamente dicho, sino que además afecta al molino siguiente y así sucesivamente.

- **Extracción diferencial de molinos.**

Todo ingenio azucarero mide su eficiencia de operación en términos de extracción, cifra que expresa el porcentaje de pol (sacarosa) en el jugo extraído, referido a la pol (sacarosa) contenida en la caña molida.

La extracción general da una idea de cómo está trabajando el tándem, pero también es importante saber cómo está trabajando cada molino de manera independiente y cómo está contribuyendo a la eficiencia del conjunto.

La curva de brix, cómo se dijo anteriormente, da una idea cualitativa del trabajo que hacen los molinos, pero es necesario tener también una idea cuantitativa más completa del trabajo individual de cada molino. Siempre que se requiera ese dato, se tiene que recurrir al método clásico de análisis de

pol, fibra y humedad de cada uno de los bagazos de los distintos molinos y de las cañas que entran a la estación de molienda.

A continuación, detallo paso a paso el método por extracción de sólidos (Brix):

- Tomar una muestra representativa de la caña, desintegrarla en la rebanadora, desmenuzadora, manualmente y mezclarla guardando la porción necesaria en una bolsa de polietileno.
- Pesar 100 gr por duplicado y determinar la fibra % caña por el método de la digestión en agua caliente circulante, secar y pesar la fibra agotada. De ser posible se utilizará para esto el método del desintegrador (licuadora).
- Usando la prensa de tornillo extraer el jugo de la otra porción de la caña desmenuzada y tomar el brix refracto métrico. Este será el brix aproximado del jugo absoluto de la caña.
- Tomar muestras de los bagazos de cada molino, evitando que el agua o jugo diluido de imbibición moje la muestra. Tomar dos muestras sucesivas y almacenarlas en sus respectivas bolsas de polietileno.
- Hacer análisis de humedad en los bagazos, usando machetes, picar rápidamente cada muestra de bagazo, mezclar bien y pesar 100 gr por duplicado para determinar la humedad.
- Análisis de brix refracto métrico; llevar otra porción de la muestra de cada bagazo a la prensa tornillo y extraerle el jugo a fuerte presión para determinar el brix en refractómetro.

- **Sistemas Auxiliares:**

Algunos que mencionaremos, son, porque influyen a mi criterio en el desempeño de los molinos.

- **Separador magnético:**

Este equipo, tiene la función de proteger a todos los equipos ubicados delante del machetero, de todo elemento metálico extraño que provenga del campo o de los conductores de caña; lo cual evita probables daños al equipo y tiempo perdido para efectuar las reparaciones correspondientes.

Los separadores magnéticos consumen aproximadamente 2 HP por metro de ancho del conductor (según HVA Internacional).

En la industria cañera, encontramos dos tipos de separadores magnéticos: tipo chute, debajo de la ranfla que alimenta al primer molino; y tipo suspendido, sobre un transportador de faja para la caña picada o para la caña desfibrada.

Figura 51



Separador magnético – Manual para Ingenieros Azucareros – Emile Hugot

La ventaja de este arreglo, es que podemos evacuar los metales extraños retenidos, sin paralizar el conductor o interrumpir la alimentación. Su costo de mantenimiento es bajo, puesto que al estar el imán suspendido, ya no tiene contacto directo con la caña, que es un material altamente abrasivo.

- **Cribado de jugo:**

Es importante por tres aspectos: el contenido de sólidos en el jugo que va al proceso, la recirculación de jugo a los molinos y la inversión del jugo.

El jugo cribado debe contener la menor cantidad posible de sólidos en suspensión, para favorecer la clarificación del jugo y no sobrecargar la filtración. Para este efecto se llega a utilizar mallas de hasta 0.35 mm de abertura. Este problema afecta en general a la calidad del producto.

La recirculación del jugo de las cribas es negativo no sólo porque sobrecarga al molino que recibe el bagacillo, sino porque termina afectando la capacidad del tándem e incluso la eficiencia, ya que el cálculo de los ajustes no contempla la recirculación de jugo. El pasaje de este jugo por los molinos nos está quitando la oportunidad de pasar caña.

La inversión del jugo mezclado tiene que ver con la fuerte infección que se produce en los equipos de cribado, lo que muchas veces representa fuertes pérdidas económicas.

Los coladores de mayor uso, son:

- **Zaranda vibratoria.**

Es un equipo obsoleto para esta tesis, aunque los ingenios nacionales aun los utilizan. Este, es un conductor vibratorio corto de 8° a 15° de pendiente, la vibración la origina un peso excéntrico dispuesto en el eje central, la estructura soporte descansa sobre resortes amortiguadores de la vibración.

Sus desventajas son la mediana eficiencia de cribado, el alto costo de mantenimiento por la rotura de la malla y el alto nivel de infección que permite.

Figura 52

<http://www.wordy.photos/index.php?keyword=planta%2520partidora%2520y%2520peladora&photo=8YYlczylGK4&title=seleccion%2520por%2520color%2520garbanzo.divx>



Zaranda vibratoria

- **Colador estático DSM.**

El colador estático, colador estacionario, o simplemente DSM (dutch state mines, que aparentemente fueron quienes lo desarrollaron) consiste de una malla de perfil parabólico apoyada en una estructura fija. La malla está compuesta por delgadas barras de sección trapezoidal, colocadas en ángulo recto con el flujo de jugo y es especificada por la abertura entre barras, siendo las más comunes 0.75 mm, 0.50 mm y 0.35 mm.

La ventaja de este equipo, es su sencillez de operación y escaso mantenimiento. Su desventaja está en la intensa labor de limpieza que demanda, una o dos veces por turno con vapor o agua caliente. El área específica recomendada por los Sudafricanos, es de 0.06 m²/TCH para difusor y 0.10 m²/TCH para molinos.

Figura 53

<http://www.aaronequipment.com/es/equipo-utilizado/criadoras-tamizadoras/desag%C3%B3Cce-screeners-de-inclinacion/dsm-82862>



Colador DSM

- **Colador rotatorio.**

Es el equipo que actualmente prevalece. Está compuesto por una malla cilíndrica que gira a baja velocidad (aproximadamente 5 a 7 rpm), con una pendiente de 7° y apoyada sobre polines. La malla está acondicionada en paños y es idéntica a la de los coladores DSM, generalmente de 0.50 mm de abertura entre barras.

Figura 54

<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/trommel-drum-screen-rotary-filter-vibrating-screen-521103009.html>



Colador rotatorio

Las principales ventajas de este colador, son:

- Mayor eficiencia de cribado.
 - Menor costo de mantenimiento.
 - Facilidad de limpieza, menor suciedad e infección bacterial.
 - Requiere de menor espacio para su instalación.
- **Accionamiento de molinos.**

El accionamiento y la transmisión de los molinos son algunos de los equipos más costosos de la planta, por la gran demanda de potencia y por la alta reducción de velocidad. Su mala selección, diseño u operación pueden afectar grandemente el desempeño del tándem de molienda, incluso limitar su capacidad y eficiencia. Tradicionalmente han incorporado el accionamiento propiamente dicho, los reductores de alta velocidad e intermedia y la reducción abierta de baja velocidad.

Los requisitos para seleccionar el accionamiento de los molinos son velocidad variable y torque constante en todo el rango de velocidades. Aunque es deseable tener alta inercia en el accionamiento, para asimilar fácilmente las variaciones de carga, el inconveniente es que su detención no puede ser instantánea ante la eventualidad de algún problema. Por otra parte, los accionamientos de baja inercia pueden causar problemas si las variaciones de carga son excesivas y frecuentes.

▪ **Turbina de vapor.**

Son máquinas térmicas rotativas, en las cuales la diferencia de entalpía del vapor que fluye a través de las mismas, es transformada en trabajo mecánico en una o dos etapas. Es decir, que suministran energía mecánica a partir de la transformación de energía potencial del vapor de agua, cuando este se expande

de una condición de entalpía más alta (admisión) a otra de entalpía más baja (escape).

Tienen torque constante, velocidad variable y respuesta rápida a las fluctuaciones de carga; su tecnología es bastante conocida. Se puede llegar a tener altas eficiencias, lo cual favorece balance energético de la planta.

Entre sus desventajas tenemos el alto costo de mantenimiento, el ambiente calórico y el ruido que genera, la necesidad de mayores medidas de seguridad y la necesidad de varias etapas de reducción para alcanzar la velocidad de operación.

Aunque muchos trabajos se han desarrollado en el pasado, en la búsqueda de accionamientos más eficientes y económicos, la tendencia ha sido continuar con las turbinas de vapor.

Figura 55



Turbina de vapor

En los últimos años, las turbinas de dicha industria, han sido repotenciadas, lo que usualmente se hace, es ampliar el número de agujeros de la placa de toberas y el tamaño de la válvula de admisión de

vapor. Estos trabajos se han reportado exitosos y han respondido de manera inmediata a las ampliaciones de la capacidad de molienda.

▪ **Motor eléctrico.**

Son usados con menos frecuencia que las turbinas de vapor; sin embargo, con el transcurrir del tiempo el motor eléctrico ha experimentado grandes avances y paulatinamente se está convirtiendo en el más popular de los accionamientos.

La evolución de este accionamiento ha pasado por el motor de anillos deslizantes, motor de corriente directa, hasta llegar al motor de corriente alterna de frecuencia variable, cuyas características de torque han sido mejoradas al grado de proporcionar una curva de torque casi ideal.

Figura 56

<http://www.dsempral.com.br/us/proc-ess+extration+mill.html>



Motor eléctrico

Presenta las siguientes ventajas:

- Limpieza y pulcritud; el motor eléctrico presenta mayor limpieza pues no existen fugas de vapor, aceite, agua, etc.
- Fácil y completo monitoreo; la lectura del amperímetro nos indica las condiciones de operación.

- Facilidades para la automatización.
- Facilidad en arranques y paradas.
- Inversión de giro.
- Bajos costos de operación y mantenimiento; los periodos de mantenimiento de un motor eléctrico son más largos.
- Menor número de accidentes; no hay riesgos de golpe de ariete ni embalamiento.
- Bajo costo de instalación.
- Instalación compacta de pequeñas dimensiones; no requiere el reductor de alta velocidad, ni líneas de vapor agua, aire, etc.
- Ahorro de energía; el conjunto ofrece mayor eficiencia.

Como desventajas, tenemos:

- Uso de alta tensión; por su gran potencia son alimentados en alta tensión, muchas a la tensión de generación.
- Especialización del personal, especialmente para la automatización.

○ **Accionamiento de macheteros y desfibradores.**

En el caso de macheteros y desfibradores, con el énfasis que se le dio muy acertadamente a la preparación, las potencias instaladas aumentaron: en macheteros se utiliza hasta 20 KW/TFH y en desfibradoras hasta 40 KW/TFH. Además, estos equipos, principalmente el desfibrador, están sujetos a una alimentación no uniforme, lo que crea picos de corriente y sobrecargas que el accionamiento debe estar apto para absorber. Por supuesto, que en la actualidad, la instalación de niveladores y la automatización de la alimentación, nos

dan la posibilidad de revertir esta situación y uniformizar la alimentación.

1.4. Formulación del problema.

¿En qué medida, mejorara la extracción en la EAI Tumán, si aplicamos la preparación 90+?

1.5. Justificación del estudio.

Haciendo uso de la estadística, podemos demostrar que los ingenios azucareros, en sus “mejores años” no han obtenido resultados valederos, lo cual me anima a desarrollar este tema de tesis titulado: “influencia de preparación 90+ para la mejora en la extracción de jugo de caña de azúcar - eai tumán.”, con la idea de tener mejor producción y que los números respalden nuestra teoría.

- **Justificación Técnica.**

Para mejorar la producción de los ingenios azucareros, se ha estado trabajando mucho en ampliar capacidad de molienda instalando cuarta maza, chute Donnelly, etc. Sin embargo mejorando la preparación de molienda, la zafra será eficiente, entregando a proceso mayor cantidad de jugo, con la misma cantidad de materia prima.

- **Justificación Económica:**

Mejorar la extracción con “preparación 90+”, económicamente culmina siendo rentable. La inversión es menor, y la eficiencia aumentará.

Tomando otra óptica, en este punto debemos indicar, que actualmente ser ineficiente significa que la fibra de caña sigue su proceso conteniendo aún jugo de caña de azúcar. Esta fibra continúa el proceso como bagazo, el mismo que se utiliza como combustible del caldero, que alimenta de vapor al proceso químico que se desarrolla luego.

Esto trae dos consecuencias graves: primero el bagazo al llevar jugo (se puede decir que va húmedo) lo cual afecta al caldero que seguramente tendrá que consumir más cantidad de bagazo para

compensar la baja de vapor por ese motivo, segundo el jugo va al caldero a quemarse o más bien evaporarse de lo cual podríamos decir – Quemamos dinero -

- **Justificación Ambiental:**

Al tener eficiencia en humedad de bagazo, el caldero consumirá lo necesario para producción, por supuesto que esto va de la mano con la menor contaminación al ambiente.

Si se permite, como parte del proceso general, la industria azucarera en algún momento generalizará la producción de etanol, lo cual sabemos cómo ayudará a proteger nuestro medio ambiente.

- **Justificación Social:**

Demostrar que la industria puede ser eficiente, animará a más inversionistas a participar de esta industria, lo cual traería mayor empleabilidad.

1.6. Hipótesis.

¿De qué manera influenciará la preparación 90+ en la mejora de la extracción de jugo de caña de azúcar?

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Evaluar la influencia de preparación 90+ para obtener una mejora en la extracción de jugo de caña de azúcar.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Determinar el estado actual de la extracción de caña de azúcar.
- Elaborar una propuesta de mejora en el proceso de extracción de caña de azúcar.
- Realizar el análisis económico de la propuesta.

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación.

No experimental, puesto que los datos son recolectados de trabajos previos y encuestas realizadas a los especialistas en el tema, para posteriormente procesarlos y analizarlos.

Descriptiva, permite discernir la situación actual de la Empresa Agroindustrial Tumán.

2.2. Variables, Operacionalización.

2.2.1. Variable Independiente:

Proceso de preparación 90+

2.2.2. Variable Dependiente:

Parámetro de extracción en la molienda de caña de azúcar.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Indicadores | Escala de medición |
|---|--|---|---|--------------------|
| <u>INDEPENDIENTE:</u> Proceso de preparación 90+ | Proceso para aumentar la densidad del colchón de caña y aperturar la celda del jugo (Arronte, 1996). | Proceso para aumentar eficientemente la densidad del colchón de caña y apertura de la celda de jugo en más del 90%. | - Capacidad de molienda. - Extracción en el tándem. - Rendimiento potencial de la caña. - Estabilidad de la potencia en el tándem. | Razón o proporción |
| <u>DEPENDIENTE:</u> Parámetro de extracción en la molienda de caña de azúcar | Sacarosa en el jugo mezclado por cada cien partes de sacarosa en la caña (ISSCT). | Aumento en la Sacarosa en el jugo mezclado por cada cien partes de sacarosa en la caña en EAI Tumán. | - Rendimiento de tonelada de caña molida. - Humedad del bagazo. | Razón o proporción |

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Población:

La población está constituida por los equipos comprometidos en la preparación de la caña de azúcar: Niveladores de caña, Macheteros y Desfibrador de caña de la Empresa Agroindustrial Tumán S.A.

2.3.2. Muestra:

La muestra está constituida por uno de los equipos inmerso en la población, el desfibrador de caña de azúcar.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y Confiabilidad.

2.4.1. Técnicas.

Observación.

Este tipo de técnica nos permitirá realizar una inspección visual en lo referente a la variación de altura de colchón de caña en el tramo correspondiente desde el ingreso de caña de azúcar a la etapa de preparación hasta la salida de fibra de caña de la etapa de preparación e inicio del proceso de molienda de caña, esta información es muy importante para realizar la propuesta de acuerdo al estudio realizado.

Análisis de documentos.

Para desarrollar esta técnica buscaremos la información de artículos publicados en congresos de ingeniería azucarera, en libros con relación al tema de investigación, también analizar los diferentes trabajos realizados en revistas, manuales, fichas técnicas, publicaciones por fabricantes, publicaciones en distintas páginas confiables de internet.

Validez.

La validación del siguiente proyecto de investigación se haría mediante el criterio de un jurado por la cual, el presente trabajo denominado influencia de preparación 90+ para la mejora en la extracción de jugo de caña de azúcar - EAI Tumán, será revisado por especialistas en el tema para lo cual concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que obtendremos.

2.4.2. Instrumentos.

Mi principal instrumento es la estadística, básicamente en lo principal de mi estudio, que es la extracción.

2.5. Métodos de análisis de datos.

Se sabe que el método es el que nos orienta a resolver problemas o conocimientos nuevos; mediante diversos sistemas, técnicas, algoritmos, procedimientos, esquemas, enfoques, perspectivas, diagramas, cuadros y otros; teniendo como base la hipótesis.

2.6. Aspectos éticos.

Derechos de autor: La información para el presente trabajo de investigación se suscribe respetando el Decreto Legislativo N. 822–1996, Ley sobre el derecho de Autor, siguiendo las autorizaciones y permisos correspondientes para tomar el material utilizado.

Citaciones: El material bibliográfico utilizado en el presente trabajo, será citado siguiendo los estándares ISO 690 y 690-2 respectivamente.

Respeto: Para la recolección de datos e información, se respetará todas las normas y procedimientos de ingreso y permisos correspondientes establecidos por la EAI Tumán, teniendo en cuenta el uso de equipos de protección personal según de acuerdo a las circunstancias dadas.

Dignidad y cordialidad: En las visitas a la EAI Tumán, el respeto, cordialidad, amabilidad primará tanto para los trabajadores y administrativos.

III. RESULTADOS:

Para poder analizar correctamente mi planteamiento, es necesario afrontar cada punto considerado específico como parte central de mi trabajo:

- **Determinación del actual estado de la extracción de la caña de azúcar:**

En este punto, para poder determinar el actual estado de la extracción de la caña de azúcar, es necesario analizar técnicamente los diferentes ámbitos, desde el internacional hasta nuestra realidad, ello porque pretendo mostrar la evolución tecnológica que viene ocurriendo con los correspondientes resultados positivos de dichas mejoras y/o cambios:

- **A nivel internacional:**

Sudáfrica, Australia, La India y Brasil, son quienes están en la élite de la Industria Azucarera Mundial. En tecnología, destacan Sudáfrica y Australia en base a sus investigaciones y experimentaciones científicas. Colombia, destaca por la gran inversión hecha en este campo de la ingeniería.

A continuación, veremos algunos índices logrados en estos países:

- **Sudáfrica**, con eficiencias óptimas: extracción mayor al 98%, recobrado mayor al 87% y pol en bagazo menor del 1%, cifras comunes en ingenios sudafricanos. Esto también se refleja en las muy bajas pérdidas de sacarosa % sacarosa en caña que reportan: 2,79% en bagazo, 0,55% en torta de filtro, 7,6% en melaza y 2,47% en indeterminados.

Es importante mencionar que el promedio de sacarosa y fibra % en caña estuvo en 13.08% y 14.98% respectivamente, es decir, en condiciones similares a las de Nuestro País.

- **Australia**, está a la par de Sudáfrica, es reconocida en la industria azucarera por la investigación y experimentación

(básicamente en la etapa de molienda de caña de azúcar) en la década del '50, producto de ello, tenemos ahora: tolva Donnelly, cuarta maza, alimentador a presión, etc.

- **Brasil**, es el país con más crecimiento en Sudamérica. Su programa nacional de Alcohol – Proalcohol invirtió entre 1975 y 1991 diez billones de dólares, dando lugar a un gran desarrollo de la industria brasileña de azúcar y alcohol.

Fueron construidas 250 plantas en este periodo, para la producción de etanol directamente de la caña de azúcar. La modernización y ampliación de los ingenios azucareros existentes al inicio de Proalcohol, en conjunto con la implantación de las destilerías autónomas, aumentaron la producción a nueve millones de toneladas métricas de azúcar y trece millones de litros de alcohol al año. Esto se logró no sólo aumentando las unidades productoras, sino también por un aumento de la productividad y la eficiencia en las operaciones industriales y en las actividades agrícolas bastante apreciable.

- **Colombia**, en el año 2002 logró un tiempo perdido en fábrica de hasta 1,75%; lo cual significa que tienen un excelente programa de mantenimiento. La extracción ha llegado hasta 96,5%, mientras que el recobrado y la retención han alcanzado 93,35% y 88,71% respectivamente. Las pérdidas totales ascienden a 11,29%.

- **A nivel nacional:**

Nuestra industria azucarera, tuvo apogeo en los años '70, principalmente por su materia prima, que en cantidad y calidad, llegó a reportar los valores más altos. La eficiencia fabril, no fue óptima, sólo Tumán alcanzó resultados aceptables: 92.5% de extracción.

Destacan actualmente Laredo, Cartavio, San Jacinto y Andahuasi, que en los años últimos, han recuperado y superado sus niveles de

producción y eficiencia, alcanzando en algunos casos estándares de nivel internacional:

- **Desde 1970 hasta 1990:**

- **Laredo**, en el año 2002, batió sus record de molienda y producción de azúcar, asimismo registran excelentes resultados en extracción y recobrado: 96,44% y 85,15%. De igual modo, las pérdidas de sacarosa % sacarosa en caña son muy bajas: 3,56% en bagazo, 0,23% en torta filtros, 9,55% en melaza y 1,51% en indeterminados.
- **Cartavio**, cerró el año 2001 con una producción del 92,09% de la producción record y reporta una extracción de 95,89%.
- **San Jacinto**, superó toda expectativa de producción en el 2001, en un 17, 46% con respecto al año 2000. Su extracción fue de 95,32%.
- **Andahuasi**, con un paulatino aumento de capacidad, habiendo pasado de 1100 TCD en el año 1998 a 1850 TCD en el año 2003. El aumento de la capacidad, se basó principalmente en la mejora de la preparación y las actividades de mantenimiento, habiendo logrado un tiempo perdido del 6%.

○ **A nivel local:**

En este punto, el importante para mi estudio, debo resaltar que, aparte del desapego con el avance tecnológico ingenieril mundial, hemos y seguimos teniendo el problema social y de mala conducción económica que definitivamente afecta a nuestra ingeniería local por falta de insumos o insumos no adecuados, cambios propuestos rechazados por considerarlos “gastos innecesarios”. Nunca se ha analizado la necesidad de ser eficientes ante las actuales condiciones de trabajo.

Al final de este punto encontraremos una descripción general de nuestra industria en términos exclusivos de extracción. Podemos

apreciar la baja eficiencia en general de nuestros ingenios, sin embargo hay una ligera tendencia a la mejora en el Norte Chico (Laredo, Cartavio y San Jacinto), que en esos años iniciaba sus operaciones a manos de capitales extranjeros, donde una de las mejoras que impulsaron fue preparación “90+” consiguiendo aumento en su extracción.

En ese contexto, en el Norte del país, se recrudeció el rendimiento de esta industria en los '80, años de poca producción y pobre eficiencia, ello derivó en el proceso de privatización de la industria y el colapso de Cayaltí, a quien no podemos dejar de mencionar, pues es el mayor ejemplo de lo nefasto de esa década para esta industria.

A continuación, analizaremos la estadística mostrada en el Anexo 8.1:

- **Desde 1970 hasta 1990:**

Para tener una comparación y como punto de partida, he tomado como referencia los años record de producción (en el rango estipulado), sin considerar la capacidad instalada de los Ingenios y su potencial eficiencia, deducimos lo siguiente:

- **Tumán**, es quien obtuvo mejores resultados. En 1993 su producción bajó hasta el 65% del record, para luego iniciar su recuperación, a causa principalmente de un mejor trabajo agrícola, ya que en términos fabriles, su tendencia es negativa, terminando con una **extracción de 91,98%** y un tiempo perdido de 9,98%.
- **Pucalá**, muestra una pendiente negativa, en todos sus índices, terminando con una producción del 25% con respecto al record, **una extracción de 87,59%** y un tiempo perdido de 21,34%.
- **Pomalca**, también ofrece una pendiente negativa en todos sus índices, terminando con una producción de 31% con respecto al record, **una extracción de 85,88%** y un tiempo perdido de 23,26%.

- **Cayaltí**, muestra históricamente eficiencias bajas, tanto agraria como fabrilmente, lo cual trajo consigo el cierre del Ingenio. Con una producción del 12% con respecto al record, **una extracción de 83,85%** y un tiempo perdido de 3,53%; la situación era insostenible.

- **Desde el 2005 al 2012:**

En días molidos total por año:

- Pucalá, tuvo un buen año en el 2006 con una molienda efectiva de 305 días, en el 2009 molieron sólo 240 días.
- Tumán, tuvo su peor año en el 2006, con 260 días molidos, su mejor año fue en el 2008 con 315.
- Casagrande, tuvo su mejor cifra de 300 en el año 2008 y su peor año en 2012 con 260 días molidos.
- Cartavio, molió 260 días en el 2005 y 300 en el 2010.
- Laredo, molió 230 días en el 2005 y 280 en el 2012.
- San Jacinto, molió 240 días en los años 2005 y 2009, y 290 en el 2008.
- Paramonga, molió 280 en el 2008 y 320 en el 2009 y en el 2010.
- Andahuasi, molió 330 días en el 2008 y 220 días en el 2012.
- Chucarapi, en el 2012 molió 140 días.

En extracción por año, tuvieron las siguientes cifras:

- Pucalá, obtuvo 92% en el 2006 y 89% en el 2009.
- Tumán, alcanzó 95% en el 2012 y 93% en el 2010.
- Pomalca, alcanzó 94% en el 2009 y 95% en el 2012.
- Anorsac, tuvo cifras de 88% en el 2009 y 91% en el 2007.
- Cartavio, se mantuvo durante estos años en un promedio de 96%.
- Laredo, se mantuvo en estos años en un promedio de 97%.
- San Jacinto, se mantuvo durante estos años en un promedio de 96%.

- Casagrande, se mantuvo durante estos años en un promedio de 96%.
 - Paramonga, oscila entre 94% y 96%.
 - Andahuasi, entre 92% y 93%.
 - Chucarapi, entre 92%.
- **Propuesta de mejora en el proceso de extracción de caña de azúcar:**

Mi propuesta contiene varios ítems a tener en cuenta y de los cuales menciono a continuación, los más importantes:

- El nivelador debe cumplir su función básica, que es recibir colchón desordenado de caña y entregar colchón de caña uniforme, denso y homogéneo que facilitará la preparación de la caña de azúcar.
 - El rompebultos debe romper la caña que llegue en paquetes y ayudar a la uniformidad en la carga. Es un equipo similar al nivelador con menos brazos mecánicos y mayor velocidad de operación.
 - El machetero debe ejecutar una pre preparación, usualmente existen 2 macheteros, debe entregar la materia prima lista para la siguiente y principal etapa, que es el desfibrado.
 - Los desfibradores que existen actualmente son los Gruendler y Copersucar, que alcanzan un índice de preparación del 75% al 80% al 81% al 85% respectivamente.
 - Planteo que los desfibradores sean modificados o cambiados a tipo Tongaat, ya sean semi pesados o pesados, dichos desfibradores alcanzan un índice de preparación entre 90% al 93%. Presentamos nuestro diseño en el Anexo 8.2.
- **Análisis económico de la propuesta:**
- Se detalla en el punto IV de este trabajo: DISCUSIÓN, aquí presentamos la mejoría económica que representaría mejorar sólo la preparación de la caña, si a ello le sumamos mejora en la alimentación, velocidades de molienda y molienda, podremos alcanzar seguramente los estándares que manejan potencias mundiales en este gran rubro azucarero.

IV. DISCUSIÓN.

De la estadística mostrada y analizada, puedo decir que, las empresas agroindustriales azucarera a Nivel Nacional, no han tenido, ni en su mejor momento, eficiencias siquiera apreciables.

En los años 1994 – 1998, se inició la privatización de una de ellas, que fue Laredo, fue adquirida por el Grupo Colombiano Manuelita. En los 4 a 5 años siguientes, más que invertir (muchos ingenieros creen que esa es la solución); fue ordenar el mantenimiento. Durante el primer año y un poco más, se dedicaron a estudiar in situ, la problemática fabril; diagnosticaron lo erróneo, indicaron algunos cambios; al no obtener la respuesta deseada, iniciaron el gran cambio; el personal fue removido y cambiado por personal instruido, los mantenimientos fueron en su mayoría cedidos a servicios por tercera; y el mantenimiento interno, fue controlado y supervisado. Con estos cambios, lograron tener eficiencias elevadas, casi de estándares internacionales.

Otro ejemplo similar con cifras más conservadoras, sucedió con Paramonga, San Jacinto y Casagrande.

Las demás, aunque ya han iniciado el proceso de privatización, no han logrado aún siquiera superar algunas cifras de años anteriores y si lo han hecho no llegan a estándares internacionales.

En la hoja de cálculo adjunta, se muestra un análisis somero de los beneficios que se obtendrían con la aplicación global de un proyecto, de esto se concluye que con la molienda actual y con la misma retención, una empresa (hemos considerado Tumán), tiene una pérdida diaria de 3,39 kg de azúcar por tonelada de caña molida, sólo por tener su extracción en 93%, frente al 96% que debería tener; lo cual se traduce en una pérdida de casi 246 bolsas diarias de azúcar.

| PROPUESTA EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A.A. | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| CONDICIÓN ACTUAL SUPUESTA | | | | | | | | | | | | | |
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| Molienda diaria TCD | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | 3626.268 | |
| Sacarosa % caña | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 | 12,940 |
| Días calendarios | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Días Mantenimiento | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 39 |
| Días Operación | 27 | 25 | 28 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 26 | 28 | 27 | 28 | 326 |
| Tiempo perdido | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Molienda mensual, T | 97909,23 | 90656,70 | 101535,5 | 97909,23 | 97909,23 | 97909,23 | 101535,5 | 101535,5 | 94282,97 | 101535,5 | 97909,23 | 101535,5 | 1182163,4 |
| Extracción, % | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| Retención, % | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 |
| Recobrado, % | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 | 79,980 |
| Sacarosa en azúcar | 10133,03 | 9382,44 | 10508,33 | 10133,03 | 10133,03 | 10133,03 | 10508,33 | 10508,33 | 9767,73 | 10508,33 | 10133,03 | 10508,33 | |
| Azúcar rubia, bolsas | 205748,8 | 190506,3 | 213367,1 | 205746,9 | 205746,9 | 205746,9 | 213367,1 | 213367,1 | 198126,6 | 213367,1 | 205746,9 | 213367,1 | 2484202,2 |
| PROPUESTA EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A.A. | | | | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN ACTUAL SUPUESTA | | | | | | | | | | | | | |
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| Molienda diaria TCD | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | 6133 | |
| Sacarosa % caña | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 | 12,94 |
| Días calendarios | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Días Mantenimiento | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 39 |
| Días Operación | 27 | 25 | 28 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 26 | 28 | 27 | 28 | 326 |
| Tiempo perdido | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| Molienda mensual, T | 165591 | 153325 | 171724 | 165591 | 165591 | 165591 | 171724 | 171724 | 159458 | 171724 | 165591 | 171724 | 1999358 |
| Extracción, % | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| Retención, % | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 | 86 |
| Recobrado, % | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 | 82,560 |
| Sacarosa en azúcar | 17690,5 | 16380,1 | 18345,7 | 17690,5 | 17690,5 | 17690,5 | 18345,7 | 18345,7 | 17035,3 | 18345,7 | 17690,5 | 18345,7 | |
| Azúcar rubia, bolsas | 359198,5 | 332591,2 | 372502,1 | 359198,5 | 359198,5 | 359198,5 | 372502,1 | 372502,1 | 345894,8 | 372502,1 | 359198,5 | 372502,1 | 4336988,7 |

El resumen económico, se expone a continuación:

| RESUMEN BENEFICIOS ANUALES | | | |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------|
| BENEFICIOS ANUALES | AZÚCAR, BLS | PRECIO, US \$ | US \$ |
| CON PROPUESTA | 1852787 | 10 | 18527870 |

V. CONCLUSIONES.

- La extracción que tiene la empresa en estudio: Agroindustrial Tumán SAA, está por debajo de lo óptimo, en promedio 91.98%, un año obtuvo extracción de 95%. En este punto debemos agregar que, el óptimo es por encima del 98% y resaltar que Laredo, Cartavio y San Jacinto, actualmente ya llegan a esos valores.
- Debemos migrar de tecnología y, para alcanzar estándares adecuados propongo adecuar o instalar un desfibrador tipo Tongaat, con ello alcanzaremos preparación "90+" y consecuentemente nuestra extracción aumentará.
- Económicamente el crecimiento será reflejado de inmediato, pues, al tener mayor extracción, significaría que tendremos más jugo de caña extraído en la misma cantidad de materia prima, lo cual se reflejaría en más sacos de azúcar producidos por una misma cantidad de materia prima ingresada.
- Sin embargo, no podemos dejar de mencionar los siguientes aspectos, porque son la realidad relevante en el actual proceso y conducción de dichas empresas: La crisis azucarera no es de los últimos años, data de los años '80 y empeora en los '90, pocas son las industrias que logran mantener regularidad en esos periodos. La industria azucarera, posee mucho potencial, siendo su recuperación, perfectamente viable.
- Con la preparación 90+, automáticamente aumentara la extracción en planta. Si a esto le añadimos, mejoras en mantenimiento y molienda, probablemente llegaríamos a parámetros por encima del 98% de extracción.

VI. RECOMENDACIONES:

- Reubicar el nivelador antes del machetero, de ese modo conseguiremos entregar un colchón de caña más denso y mejorar la preparación. Asimismo estaríamos protegiendo al motor del machetero, de las sobrecargas que originan la alimentación manual de los conductores de caña, al menos hasta que dicha alimentación sea automática.
- Recalcular las potencias en machetero y desfibrador, ello aumentará la eficiencia de estos equipos de preparación.
- Remodelar la mesa alimentadora al sistema “seco doble fondo”, para eliminar un alto porcentaje de materia extraña ingresante a planta y además bajar el consumo de agua por limpieza.
- Recalcular las capacidades independientes de los equipos de preparación, para concluir si se requiere ampliar potencias, según la capacidad instalada.
- Efectuar mediciones semanales del Índice de Preparación.
- Determinar la extracción diferencial de los molinos semanalmente.

VII. REFERENCIAS:

- FORTUNATO ALVA DÁVILA: Diseño de Elementos de Máquina I. Editorial UNI.
- FORTUNATO ALVA DÁVILA: Diseño de Elementos de Máquina II. Editorial UNI.
- R. NONNAST: El Proyectista de Estructuras Metálicas 1. Editorial Paraninfo.
- R. NONNAST: El Proyectista de Estructuras Metálicas 2. Editorial Paraninfo.
- J. J. HORI: Diseño de Elementos de Máquinas. Editorial UNI.
- JAMES C. P. CHEN y CHUNG - CHI CHOU. 1993. Cane Sugar Handbook. John Willey & Sons Inc. Doceava Edición. New York.
- G. H. JENKINS. 1966. Introduction To Cane Sugar Technology. Elsevier Publishing Company. Primera Edición. Ámsterdam.
- C. R. MURRY y J. E. HOLT. 1966. The Mechanics Of Crushing Sugar Cane. Elsevier Publishing Company. Primera Edición. Ámsterdam.
- L. A. TROMP. 1936. Machinery And Equipment Of The Cane Sugar Factory. John Roberts & Sons. Primera Edición. Londres.
- EMILE HUGOT. 1963. Manual para Ingenieros Azucareros. Compañía Editorial Continental. Primera Edición en Español. Mexico.
- RAFAEL PONCE DE LEON POVEDA. Reparación y Mantenimiento de la Maquinaria Azucarera. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- SALOMÓN HELFGOT. 1997. El Cultivo De La Caña De Azúcar En La Costa Peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina. Primera Edición. Lima.
- C. R. MURRY y D. S. SHANN. 1959. Effects Of Gradee Of Preparation On The Queensland Experimental Mills. Proceedings ISSCT, Tenth Conference.
- W. R. CRAWFORD. 1969. Mechanics Of Swing - Hammer Shredders. Proceedings QSSCT, Thirty - Sixth Conference. Queensland.

- M. SHAW y D. S. SHANN. 1970. Preliminary Experiments in Cane Shredder Research. Proceedings QSSCT. Thirty - Seventh Conference. Queensland.
- C. D. CLARKE y R. J. Mc CULLOCH. 1970. The Performance Of A Heavy Duty Shredder. Proceedings QSSCT, Thirty - Seventh Conference. Queensland.
- C. D. CAMERON. 1970. Experiences UIT a Heavy Duty Shredder. Proceedings QSSCT, Thirty - Seventh Conference. Queensland.
- M. F. BEHNE 1971. A Capital - Expenditure Analysis Of A Proposed Shredder Installation. Proceedings QSSCT, Thirty - Eighth Conference. Queensland.
- W. B. CRAWFORD. 1971. The Dynamics Of Cane Shredding. Proceedings QSSCT, Thirty - Eighth Conference. Queensland.
- W. A. GREENWOOD. 1971. A Comparison Of Shredder Grids. Proceedings QSSCT, Thirty - Eighth Conference. Queensland.
- B. St. C. MOOR. 1973. The Tongaat Shredder. Proceedings SASTA. 1973 Conference. Sudáfrica.
- VICTOR DUCASSE 1974. Heavy Duty Chopper - Fiberiser. Proceedings ISSCT, Fifteenth Conference.
- R. N. CULLEN y J. A. Mc GINN. 1974. Photographic Analysis Of The Action Of A Cane Shredder. Proceedings ISSCT, Fifteenth Conference.
- B. St. C. MOOR. 1974. An Evaluation Of Very Fine Shredding. Proceedings ISSCT, Fifteenth Conference.
- R. H. RENTON. 1974. A Preliminary Survey Of Power Requirements For Cane Preparation. Proceedings ISSCT, Fifteenth Conference.
- B. St. C. MOOR. 1974. Review Of Cane Shredding. Proceedings SASTA. 1974 Conference. Sudáfrica.
- C. D. CLARKE. 1985. The 2.75 m. Shredder installation At Farleigh Mill. Proceedings ASSCT, 1985 Conference. Australia.
- R. N. CULLEN. 1986. The Influence Of Shredder On Cane Preparation. Proceedings ISSCT, Nineteenth Conference.

- R. I. LETIZIA y E. E. Mc DOUGALL. 1988. The Performance Of A Cane Shredder Fitted With, Feed Rolls. Proceedings ASSCT. 1988 Conference. Australia.
- T. L. BOSHOFF. 1994. Shredder Drives. Proceedings SASTA. 1994 Conference. Sudáfrica.
- M. T. CROSSMAN. 1994. A Review Of Modified Shredder Systems. Proceedings SASTA. 1994 Conference. Sudáfrica.
- ANTONIO C. R. DÁVILA. 1974. Preparación de la Caña - Un Análisis Comparativo Entre Las Desfibradoras Medianas y Pesadas. Revista STAB. Vol. 13 – Nº 1. Piracicaba.
- M. G. SCHEMBRI y H. D. HARRIS. 1996. Measuring The Preparation Of Sugar Cane Under Single impact Loading. Proceedings ASSCT. 1996 Conference. Australia.
- S. OSTLUND, J. G. LOUGHRAN y T. MEYERS. 1996. A Preliminary investigation into The Mechanics Of Tramp Iron impacting On Tungsten Shredder Hammer Tips. Proceedings ASSCT. 1996 Conference Australia.
- A. VAN HENGEL. 1964. Suggestions For The Setting Of Vertical Feed. Proceedings SASTA. 1964 Conference. Sudáfrica.
- A. T. DE BOER. 1969. Two - Roller Cane Mills. The International Sugar Journal.
- A. B. CHIRGWIN. 1960. Technical Aspects Of Theoretical Mill Settings Sugar Journal.
- B. L. MITTAL. 1968. Critical survey Of Formulae For Assessing Cane Milling Capacity And Cane Milling Efficiency. International Sugar Journal.
- PEDRO JORGE ALBORNOZ. 1970. Estudio Comparativo De Distintos Métodos De Ajustes Para Trapiche.
- SIDNEY BRUNELLI. 1994. Capacidad de Molienda Y Extracción. Revista STAB. Vol. 13 – Nº 1. Piracicaba.

- PEDRO E. P. DE ASIS. 1994. Estimativa Consolidada De Capacidad y Extracción En Tándems de Molinos. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.
- ALDO MICHELINI y JOSÉ TREVELIN. 1994. Medición De La Potencia, Torque y Rotación En Molinos De La Caña De Azúcar. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.
- CESAR YEPES OSPINA y CARMELO FLORES PEREZ. 1987. Conversión De Un Molino De Tres A Cuatro Mazas. Segundo Congreso De La Sociedad Colombiana De Técnicos De La Caña De Azúcar. Cali.
- FLETCHER SMITH LIMITED. 1998. Heavy Duty Fourth Roller Mill Conversion.
- A. E. VILLAGELIU. Cane Mills - General Considerations. F. C. Schaffer & associates, Inc. Louisiana.
- R. H. TILBURY, B. S. HOLLINGSWORTH, S. D. GRAHAW y P. POTTAGE. 1977. Mill Sanitation - A Fresh Approach To Biocide Evaluation. Proceedings ISSCT.
- P. ALLEN, R. AMES y R. LUXFORD. 1979. The Control Of Excess Bagasse In Mixed Juice. Proceedings ASSCT, 1979 Conference. Australia.
- JOSÉ ANTONIO MARI. 1994. Turbinas De Alta Eficiencia Aplicadas A Los Accionamientos De Preparación y Molienda De Caña. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.
- JUAN NAVARRETE N., MIGUEL SHARPE LERMA, TITO MANUEL RUIZ J. 1995. Sistema de Extracción. IV Curso Seminario Internacional de Turbomaquinaria. Centro de Investigación y Asistencia Técnica del estado de Querétaro. México.
- MICHAEL D. SULLIVAN. 1995. Cane Sugar Extraction Technology For The 21st Century. International Sugar Journal. Vol. 97 – N° 1159.
- EDUARDO A. M. MUÑOZ. 1994. Control E Instrumentación En La Preparación Y Molienda De Caña. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.

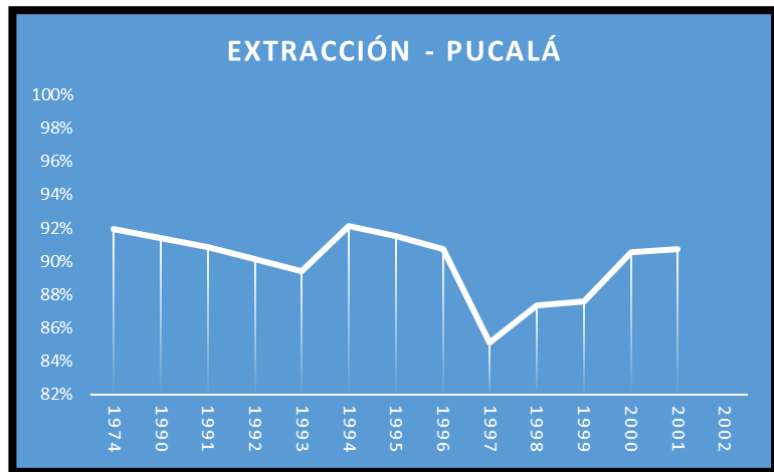
- G. H. WALSH. 2001. The Rivicre Juice Extractor: A New Approach To The Extraction Of Juice From Cane. International Sugar Journal. Vol. 103 – N° 1231
- WILHELM LEIBIG. 1995. Low Pressure Extraction System (LPE - System) - The Alternative Sugar Extraction Process From Cane. Revista Zuckerindustrie. 120 (45). Berlín.
- PEDRO E. P. DE ASIS. 1994. Desarrollo Tecnológico Brasileño en La Producción De Azúcar De Caña. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.
- ARGEMIRO CAPOZZI, GILBERTO DO NASCIMENTO E ALFONSO GARCIA DA SILVEIRA. 1994. Mantenimiento De Las Plantas de Preparación y Molienda. Revista STAB. Vol. 13 – N° 1. Piracicaba.
- Técnicas Del Mantenimiento En Ingenios Azucareros. Colección GEPLACEA. 1984.
- Mantenimiento En la industria Azucarera De América Latina Y El Caribe. Colección GEPLACEA. 1984.
- Manual De Mantenimiento Para La Industria Azucarera. Colección GEPLACEA. 1984.
- Handbook For Organization, Planning And Control Of Sugar Mill Maintenance. Colección GEPLACEA. 1984.

VIII. ANEXOS:

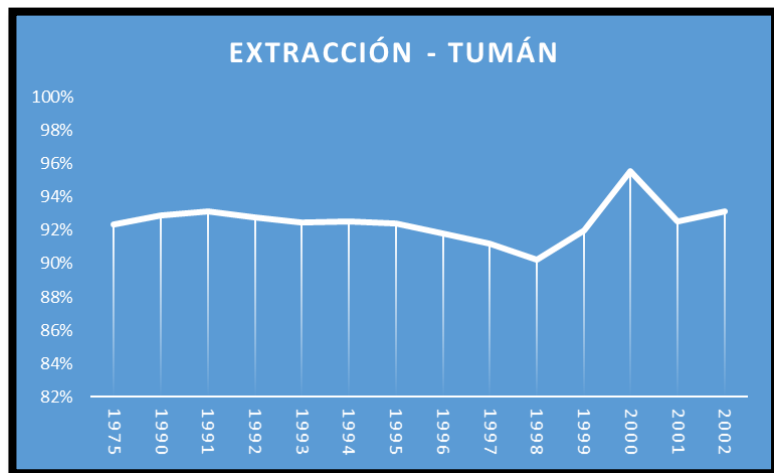
8.1. Tablas del rendimiento local azucarero:

8.1.1. Eficiencia de molinos de caña:

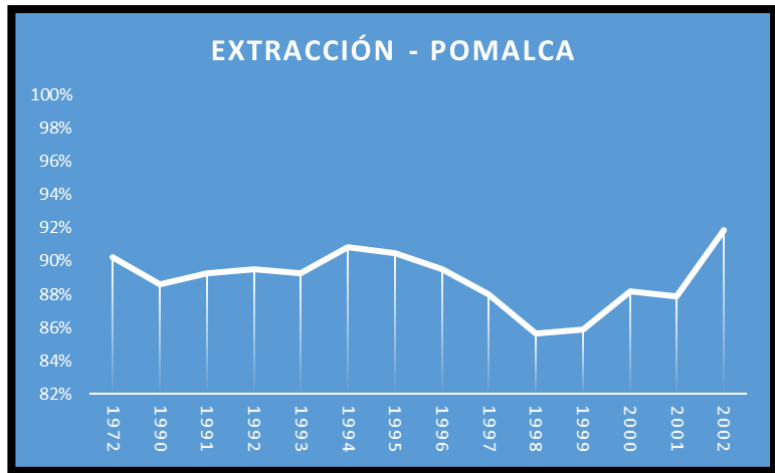
- Ingenios Azucareros del Norte, 1974 – 2002:



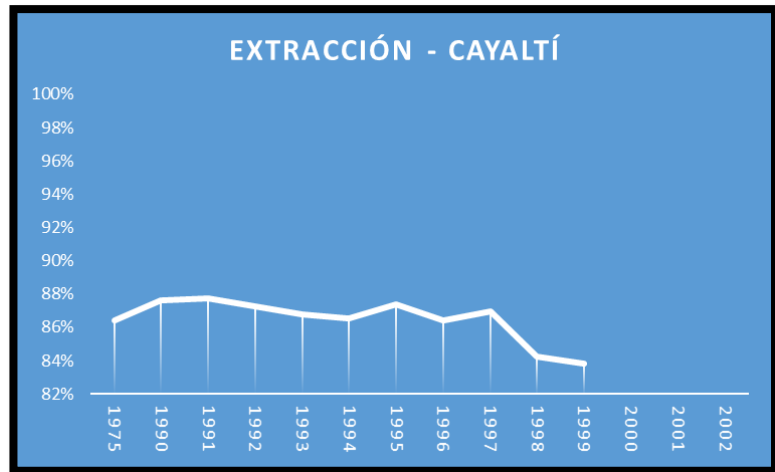
Cuadro 2– Fuente: Elaboración propia



Cuadro 3– Fuente: Elaboración propia

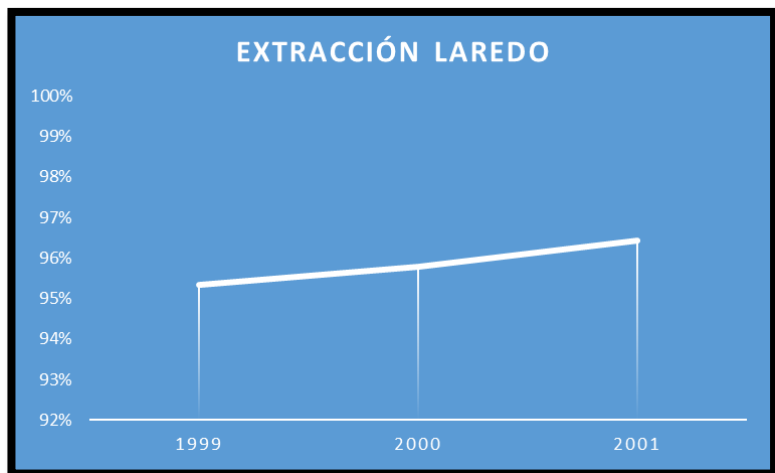


Cuadro 4– Fuente: Elaboración propia

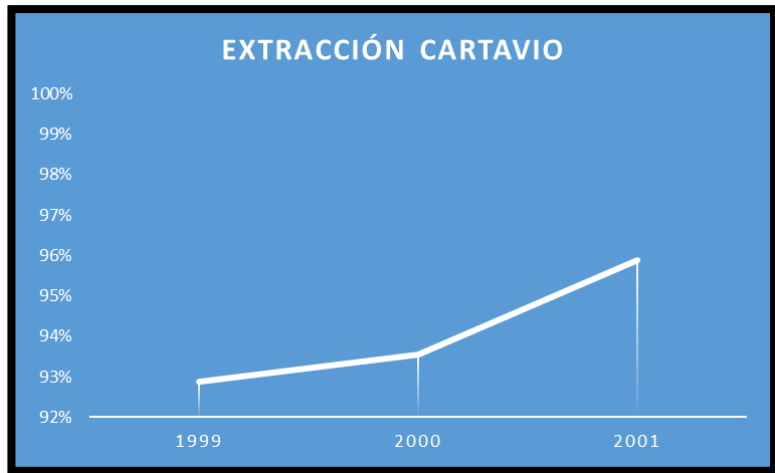


Cuadro 5– Fuente: Elaboración propia

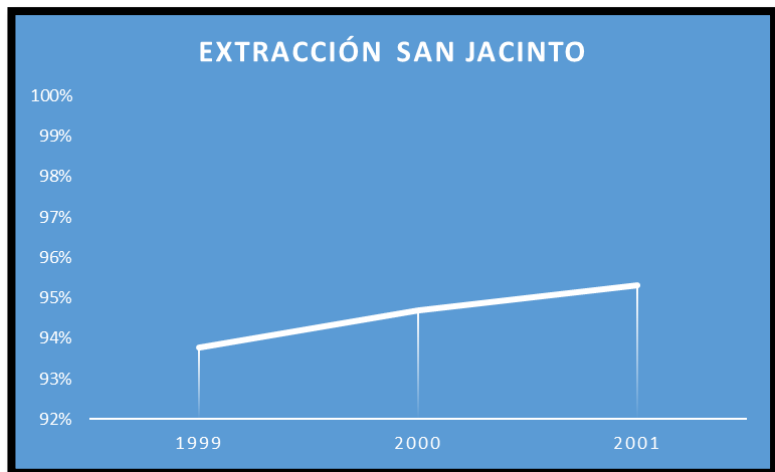
- Ingenios Azucareros Norte Chico, 1999 – 2001.



Cuadro 6– Fuente: Elaboración propia

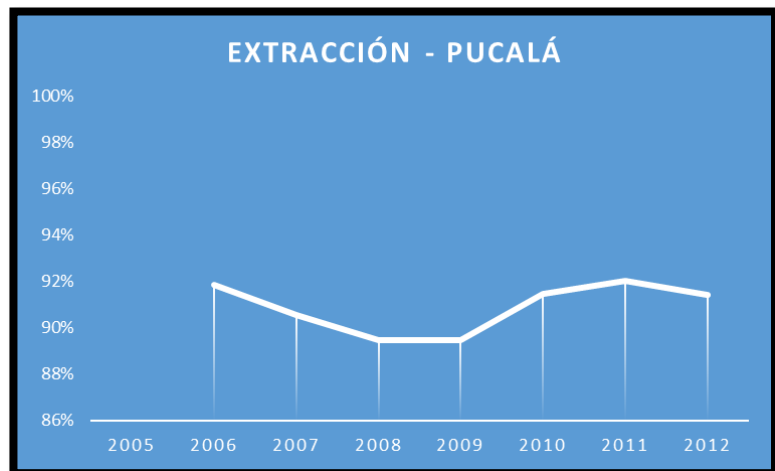


Cuadro 7– Fuente: Elaboración propia

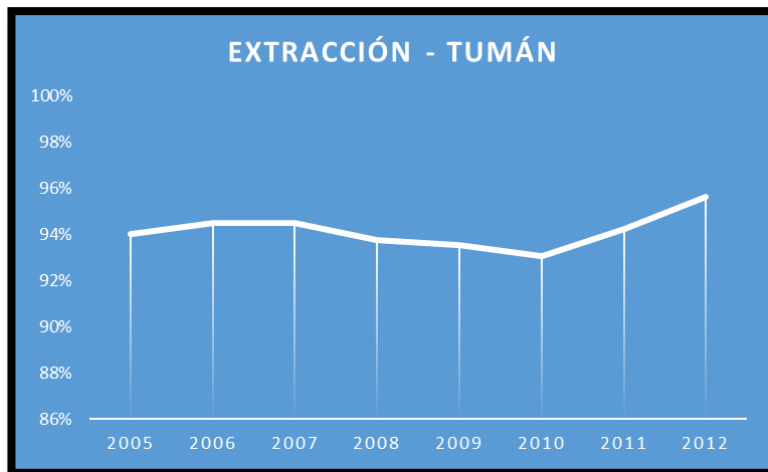


Cuadro 8– Fuente: Elaboración propia

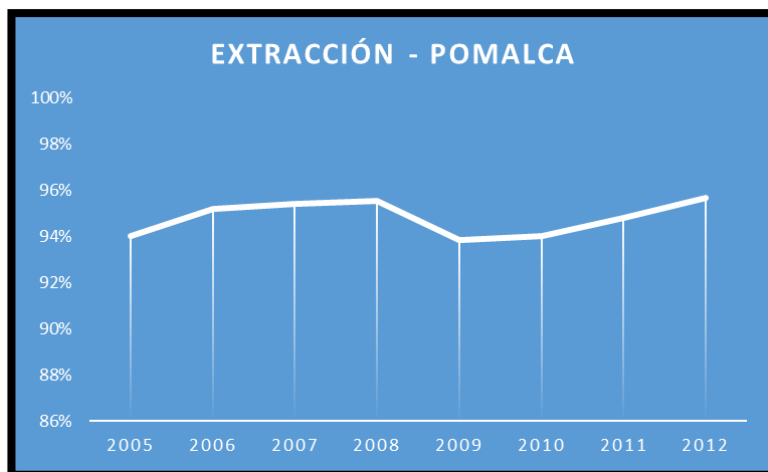
- **Ingenios azucareros del Norte, 2005 – 2012.**



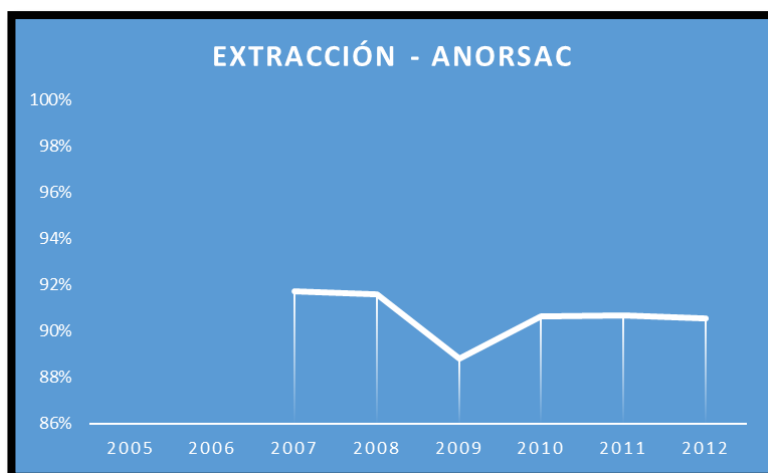
Cuadro 9– Fuente: Elaboración propia



Cuadro 10– Fuente: Elaboración propia

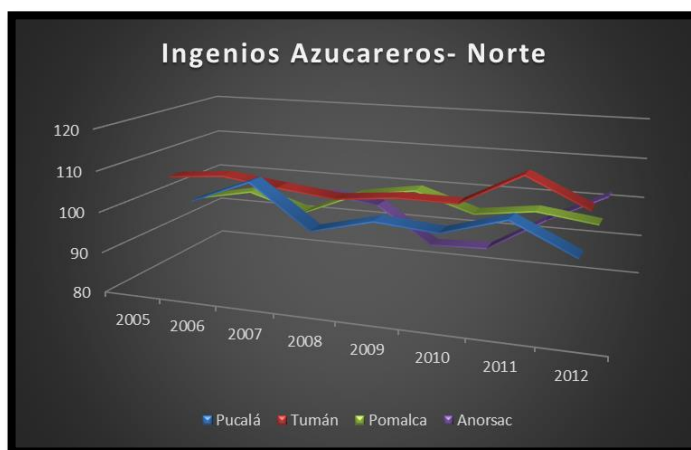


Cuadro 11– Fuente: Elaboración propia



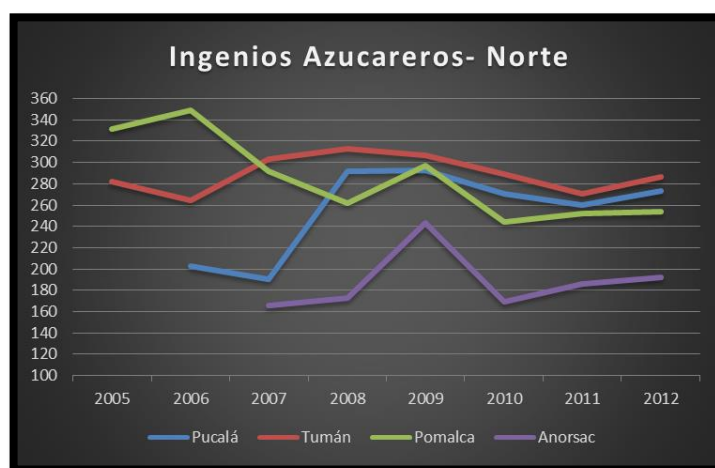
Cuadro 12– Fuente: Elaboración propia

8.1.2. Kg de azúcar obtenido / Ton de caña mol 2005 – 2012:



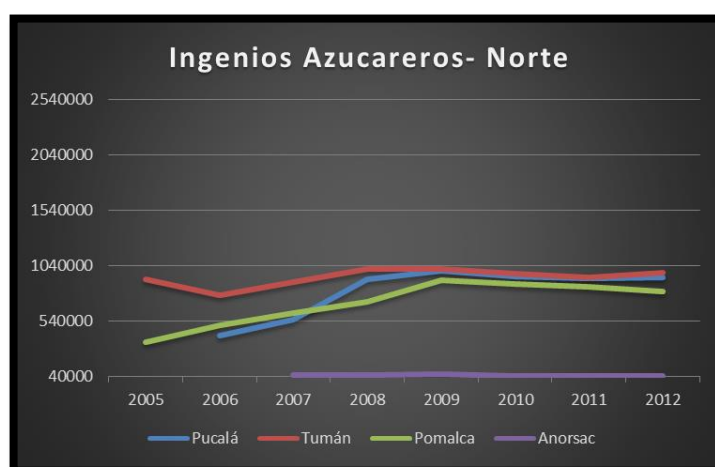
Cuadro 13– Fuente: Elaboración propia

8.1.3. Días de molienda total de caña 2005 – 2012:



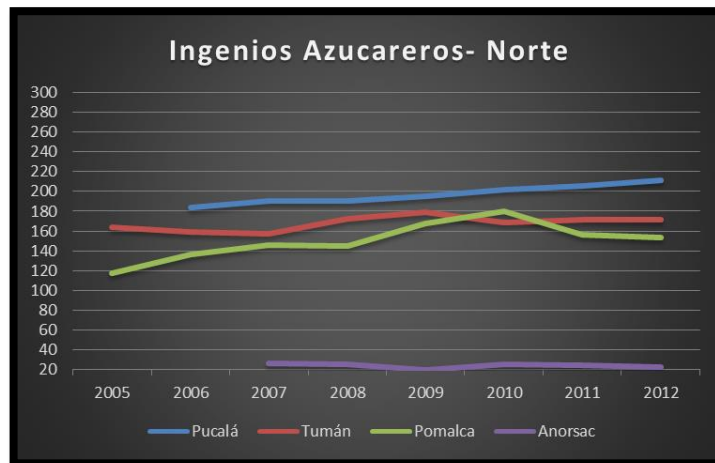
Cuadro 14– Fuente: Elaboración propia

8.1.4. Molienda total de caña de azúcar 2005 – 2012:



Cuadro 15– Fuente: Elaboración propia

8.1.5. Toneladas de caña molida por hora 2005 – 2012



Cuadro 16– Fuente: Elaboración propia

8.2. Diseño de desfibrador de caña tipo Tongaat.

Los datos con los cuales contamos para iniciar el diseño del desfibrador, son los siguientes:

- Capacidad de 6133 TCD.
- Longitud de 2,133 m; dicho ancho debe ser el mismo del conductor siguiente.
- Potencia específica instalada de 33,55649 kW/TFH (45 HP/TFH).
- Velocidad de 90 – 95 m/s y 1000 – 1200 rpm.
- Seis filas de martillos pesados con “cobertura total”

Con esta información iniciamos el diseño del desfibrador:

a. Diámetro exterior.

Seleccionaremos las velocidades periférica y angular.

$$D = \frac{60000 \times v}{\pi \times n}$$

donde: v : 95 m/s

n : 1190 rpm

reemplazando datos, tenemos:

$$D = 1524,67761 \text{ mm}$$

b. Número de placas soporte.

Las placas serán de 50,8 mm (2") de espesor, su número se calcula en base al ancho del conductor precedente.

$$\rho = \frac{b}{50,8} - 1$$

donde: ρ : número de placas soporte
 b : 2133,6 mm

reemplazando datos, tenemos:

$$\rho = 41 \text{ placas}$$

c. Número de martillos.

$$m = f \times \frac{\rho - 1}{2}$$

donde: f : 6 filas
 ρ : 41 placas

reemplazando datos, tenemos:

$$m = 120 \text{ martillos}$$

d. Proporcionalidad de placas y martillos.

La relación que gobierna la proporcionalidad entre placas y martillos es la siguiente:

$$\frac{k^2 + a^2}{R \times a} = \left(1 - \frac{\theta}{360}\right)^2$$

Asumiendo que el yunque abarcará un arco de circunferencia de 90°, la relación anterior se convierte en:

$$\frac{k^2 + a^2}{R \times a} = 0,5625$$

En primer lugar, tenemos que asumir el radio R del eje principal al punto pivote del martillo, para ensayar las dimensiones generales del martillo y poder verificar la proporcionalidad mencionada. Así, la distancia l del pivote al extremo del martillo y la longitud total del martillo, están dadas por:

$$l = \frac{D - 2R}{2}$$

$$L = l + r_m$$

donde: D : 1524 mm
 R : asumimos 406,4 mm

reemplazando datos, tenemos:

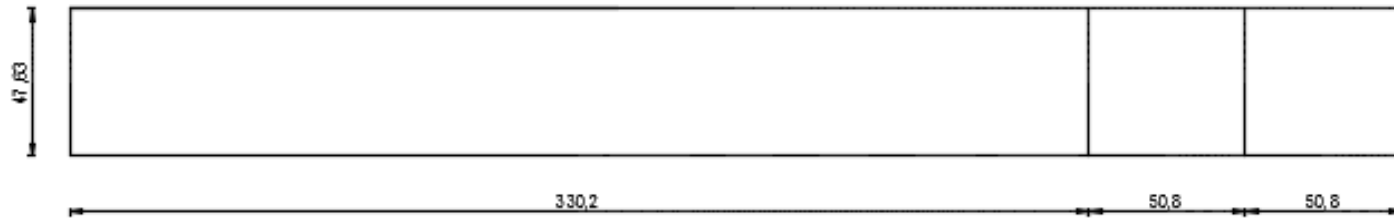
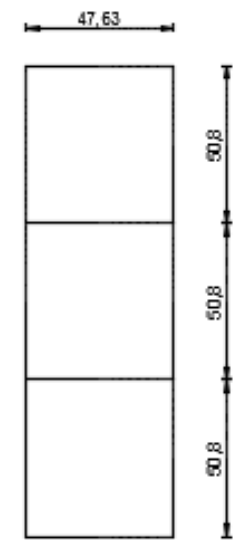
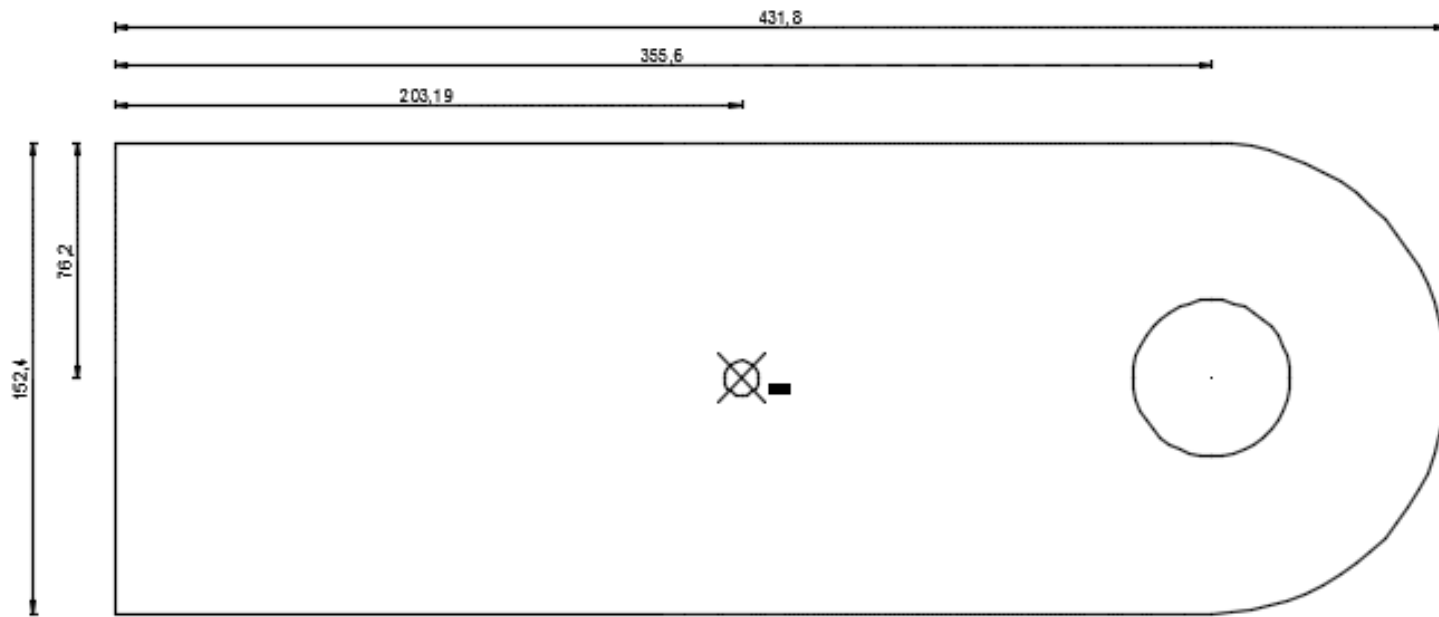
$$l = 355,6 \text{ mm}$$

El diámetro del agujero del martillo y el espesor de las paredes en esta zona es de 50,8 mm (2"). Por lo cual, el ancho del martillo es 125,4 mm (6"). De allí tenemos que:

$$r_m = 76,2 \text{ mm}; \text{ y}$$

$$L = 431,8 \text{ mm}$$

En consecuencia, nuestro martillo queda bosquejado del siguiente modo:



del bosquejo del martillo obtenemos la ubicación del centro de gravedad y el radio de giro del martillo.

$$c. g. = 203,192634 \text{ mm del extremo de impacto}$$

$$k = 113.081054 \text{ mm}$$

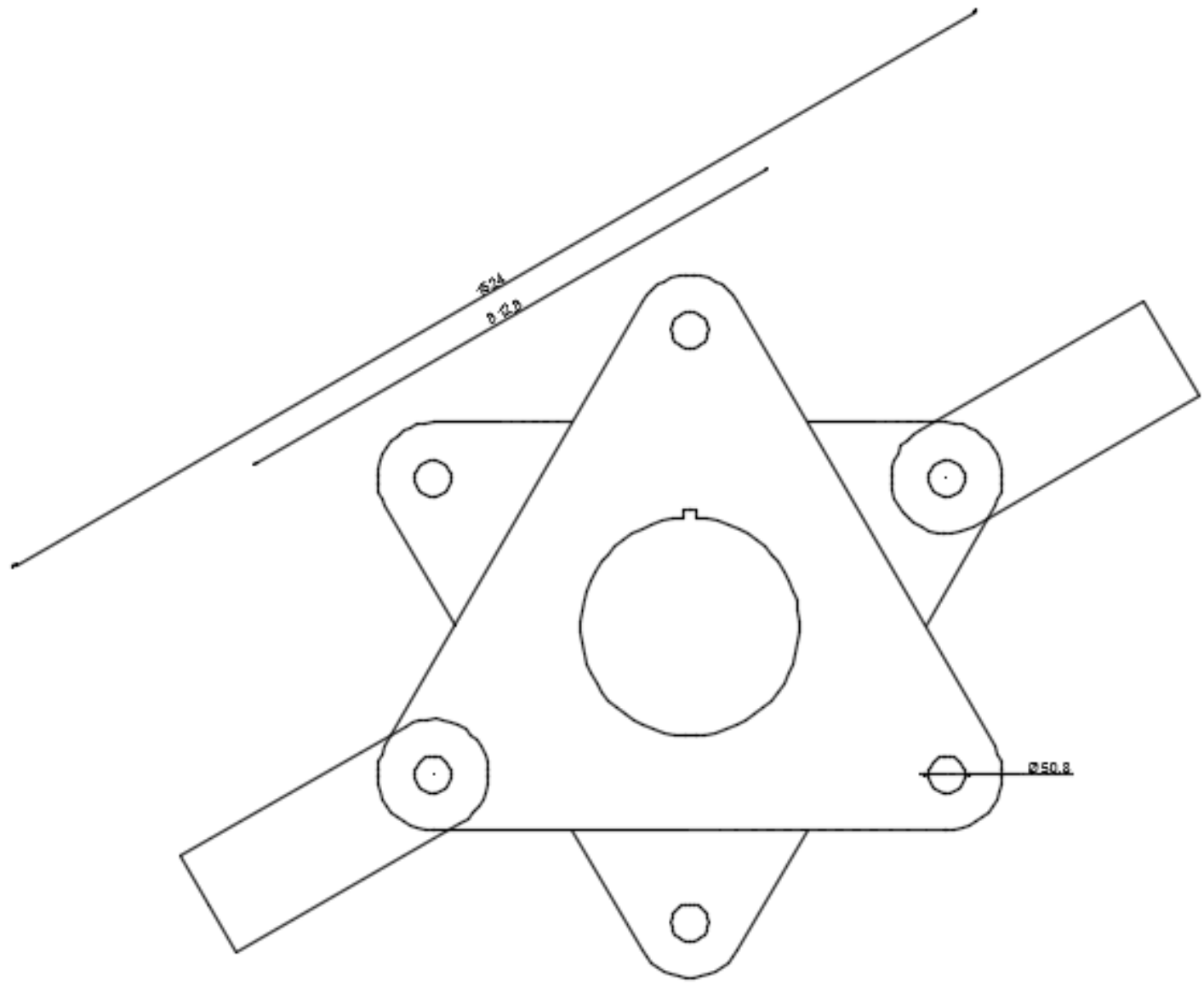
Identificando y reemplazando valores, tenemos:

$$a = 152.407366 \text{ mm}$$

$$R = 406.4 \text{ mm}$$

$$\frac{k^2 + a^2}{R \times a} = 0.58147$$

valor muy cercano al que arroja el yunque de 90°, por lo cual damos por válidos los cálculos realizados para la geometría del desfibrador.



e. Peso de los martillos.

Conocidas las dimensiones del martillo, determinamos el peso de los mismos:

$$w = \gamma \times V$$

donde: γ : 7861,0916 kg/m³
 V : 2,91881x10⁻³ m³

Reemplazando valores, tenemos:

$$w = 22,94503 \text{ kg}$$

f. Yunque.

El yunque será tipo rejilla y abarcará un arco de circunferencia de 90°. Las barras serán de sección cuadrada, de 50,8 mm (2") de lado y con un paso de 203,2 mm (8").

El ajuste inicial del yunque será de 9,525 mm (3/8").

g. Cálculo de la fuerza en el pivote del martillo.

$$P_p = \frac{w}{g} \times \Omega^2 \times (R + a)$$

$$\Omega = \frac{\pi \times n}{30}$$

donde: w : 22,94503 kg = 225,01388 N.
 g : 9,80665 m/s²
 R : 0,4064 m
 a : 0,15241 m
 n : 1190 rpm

Reemplazando valores, tenemos:

$$\Omega = 124,61651 \text{ rad/s}$$

$$P_p = 199114,99525 \text{ N}$$

h. Comprobación del martillo y barra portante por aplastamiento.

El aplastamiento se da en el área formada por el espesor del martillo y su intersección con el plano diametral de la barra.

$$S_c = 0,8 \times S_y$$

$$S_c = \frac{P_p}{2 \times r_{ag} \times e_m}$$

$$N = \frac{S_c}{S_c}$$

donde: P_p : 199114,99525 N.
 r_{ag} : 0,0254 m.
 e_m : 0,047625 m.
 S_y : 382,52482 MPa, para acero 1045.

Reemplazando valores, tenemos:

$$S_c = 306,01986 \text{ MPa}$$

$$S_c = 82301029,3054 \text{ Pa} = 82,30103 \text{ MPa}$$

$$N = 3,72$$

Por lo tanto, el cálculo, es correcto.

i. Comprobación de la barra portante por corte.

El martillo ejerce esfuerzo cortante sobre la barra portante en dos secciones:

$$S_s = \frac{P_p}{2 \times \pi \times r_{ag}^2}$$

$$N = \frac{S_s}{S_s}$$

donde: P_p : 199114,99525 N.
 r_{ag} : 0,0254 m.
 S_s : 117,69994 MPa, para acero 1045

Reemplazando valores, tenemos:

$$S_s = 49119808,6332 \text{ Pa} = 49,11981 \text{ MPa}$$

$$N = 2,40$$

Por lo tanto, el cálculo, es correcto.

j. Comprobación de las placas por aplastamiento.

Sobre una placa, actúan dos martillos:

$$S_c = 0,8 \times S_y$$

$$S_c = \frac{P_p}{r_{ag} \times e_p}$$

donde: P_p : 199114,99525 N.
 r_{ag} : 0,0254 m.
 e_p : 0,0508 m.

$$S_y \quad : \quad 382,52482 \text{ MPa, para acero 1045.}$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$S_c = 306,01986 \text{ MPa}$$

$$S_c = 154314429,948 \text{ Pa} = 154,31443 \text{ MPa}$$

$$N = 1,98$$

Por lo tanto, el cálculo, es correcto.

k. Cálculo de la potencia.

La potencia instalada, la calcularemos, a partir de la potencia específica, para la capacidad de molienda deseada:

$$P = C \times P_e \times f$$

donde: $P_e \quad : \quad 33,55649 \text{ kW} / T_{FH}$

$C \quad : \quad 271,85284 \text{ TCH, para un tiempo perdido del 6\%}$

$f \quad : \quad 0,15$

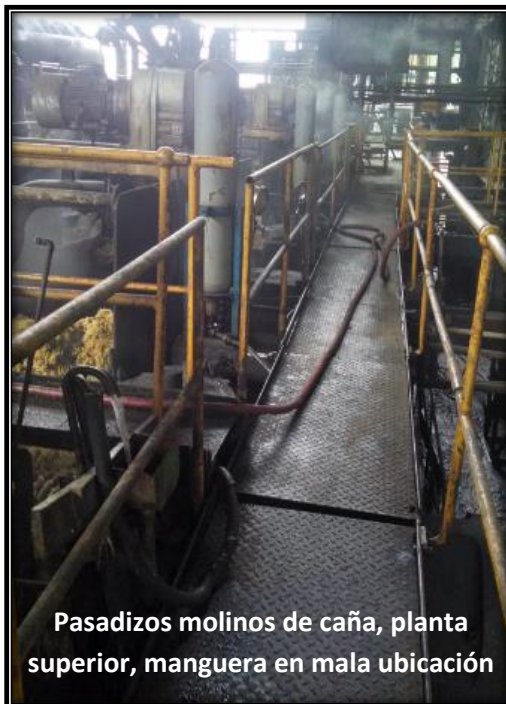
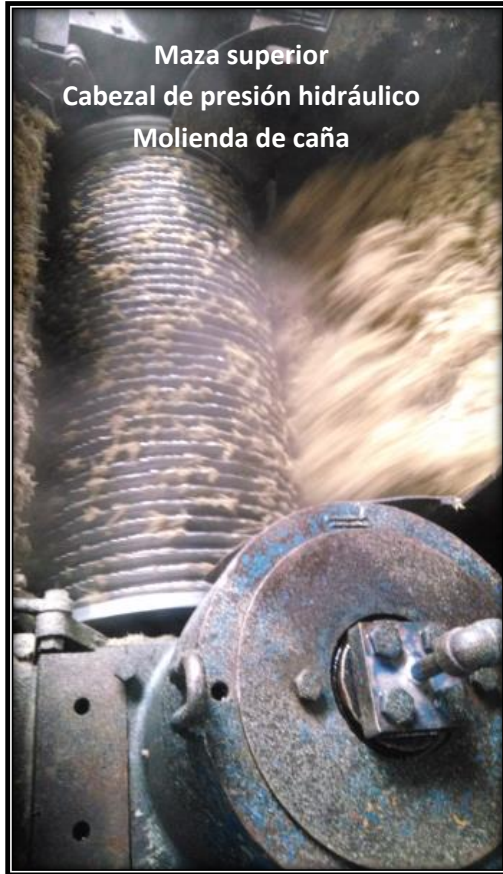
Reemplazando valores, tenemos:

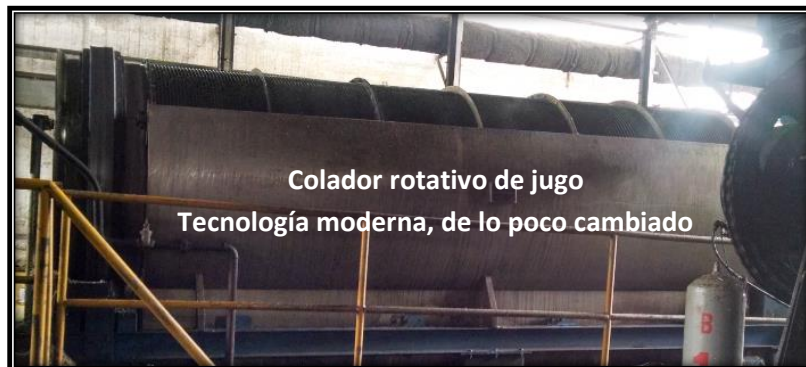
$$P = 1368,36407 \text{ kW}$$

Se recomienda una turbina de vapor de 1400 kW.

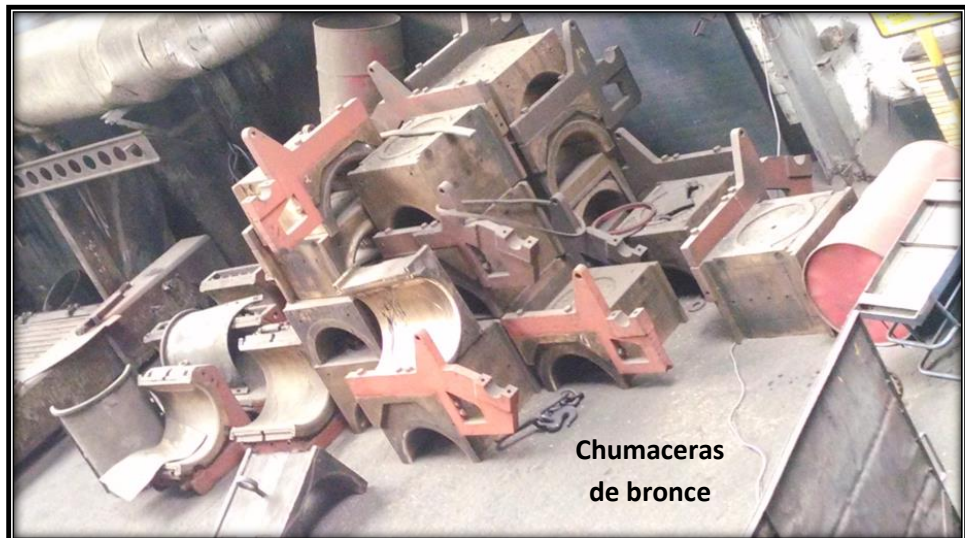
8.3. Fotos de Planta Agroindustrial Tumán S.A.A.



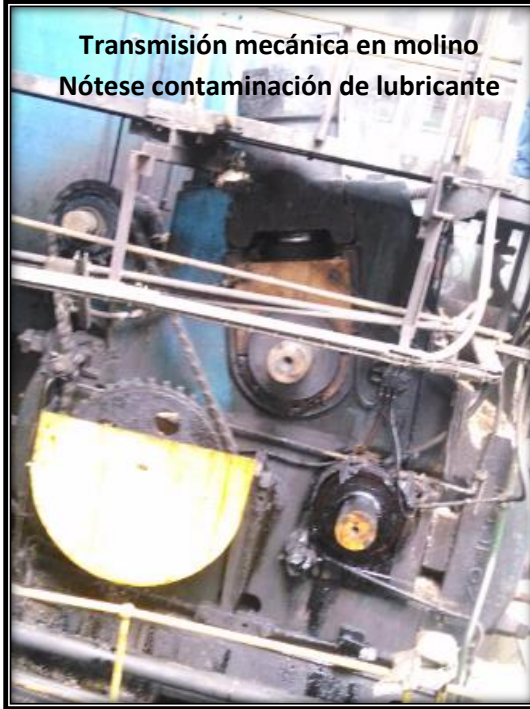








Transmisión mecánica en molino
Nótese contaminación de lubricante



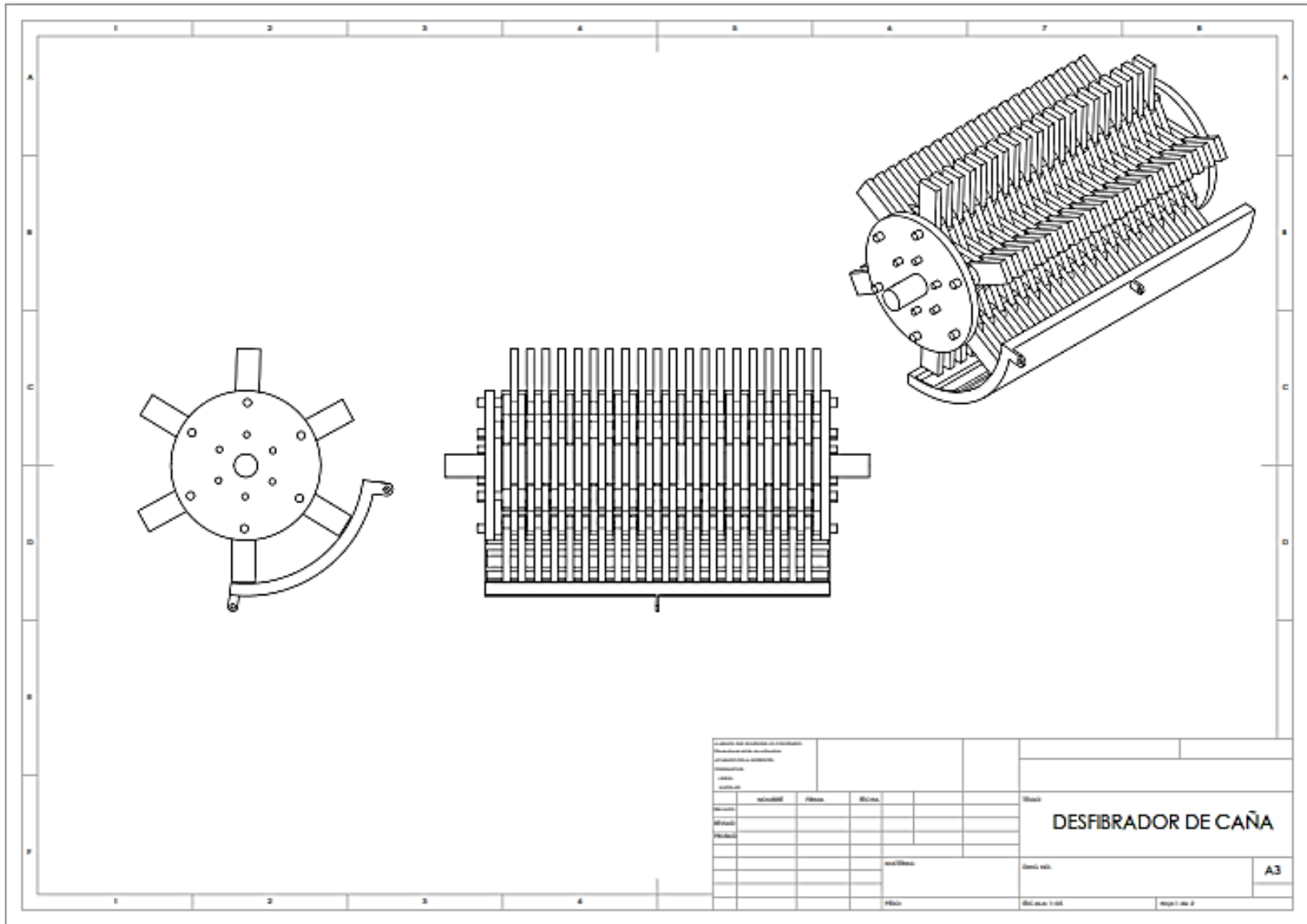
Virgen de repuesto
Nótese parches de refacción



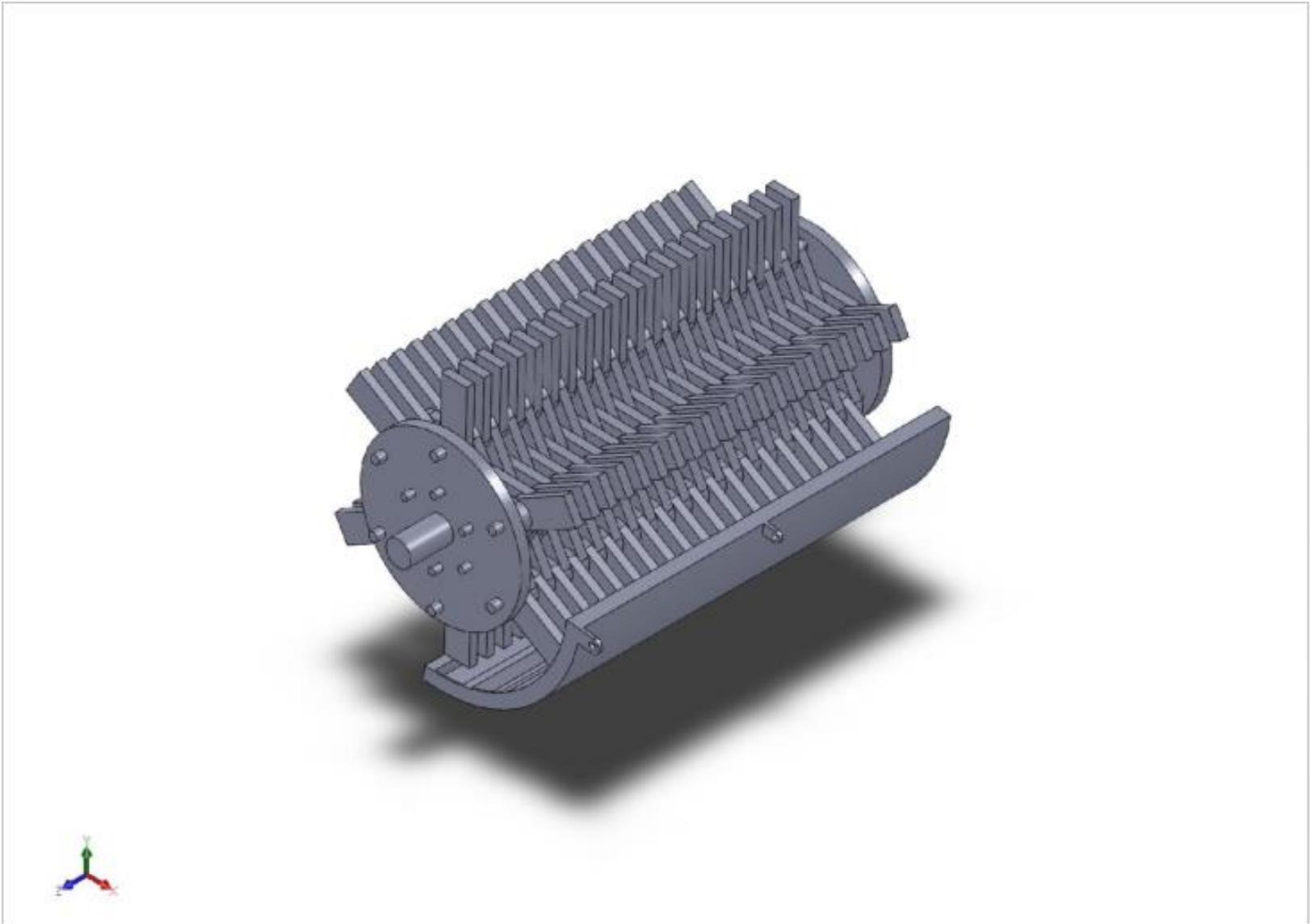
8.4. PLANOS:

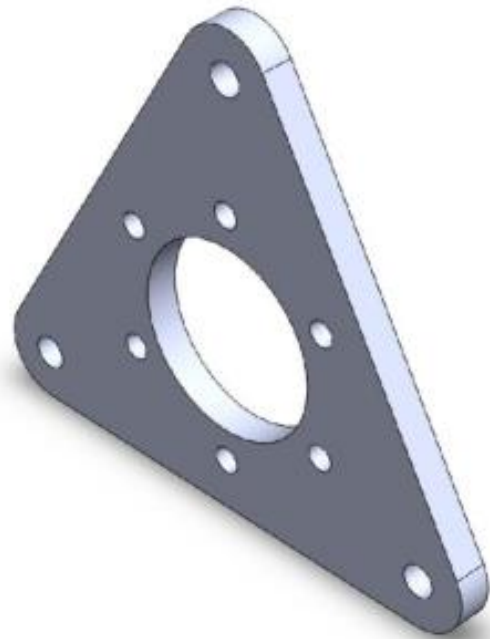
Muestro planos trabajados en Software Solidworks, presentaremos el plano ISO y luego el plano en 3D:

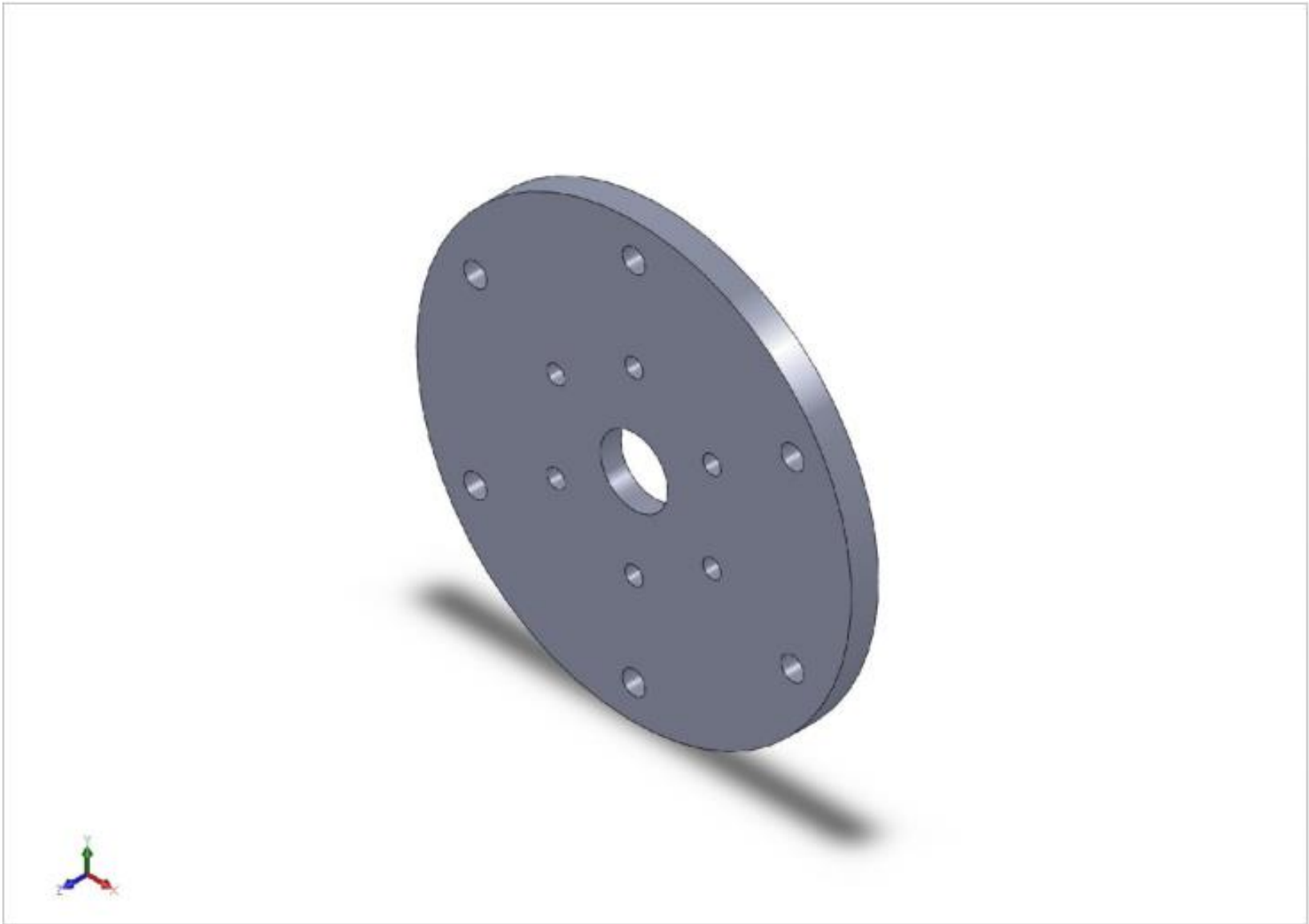


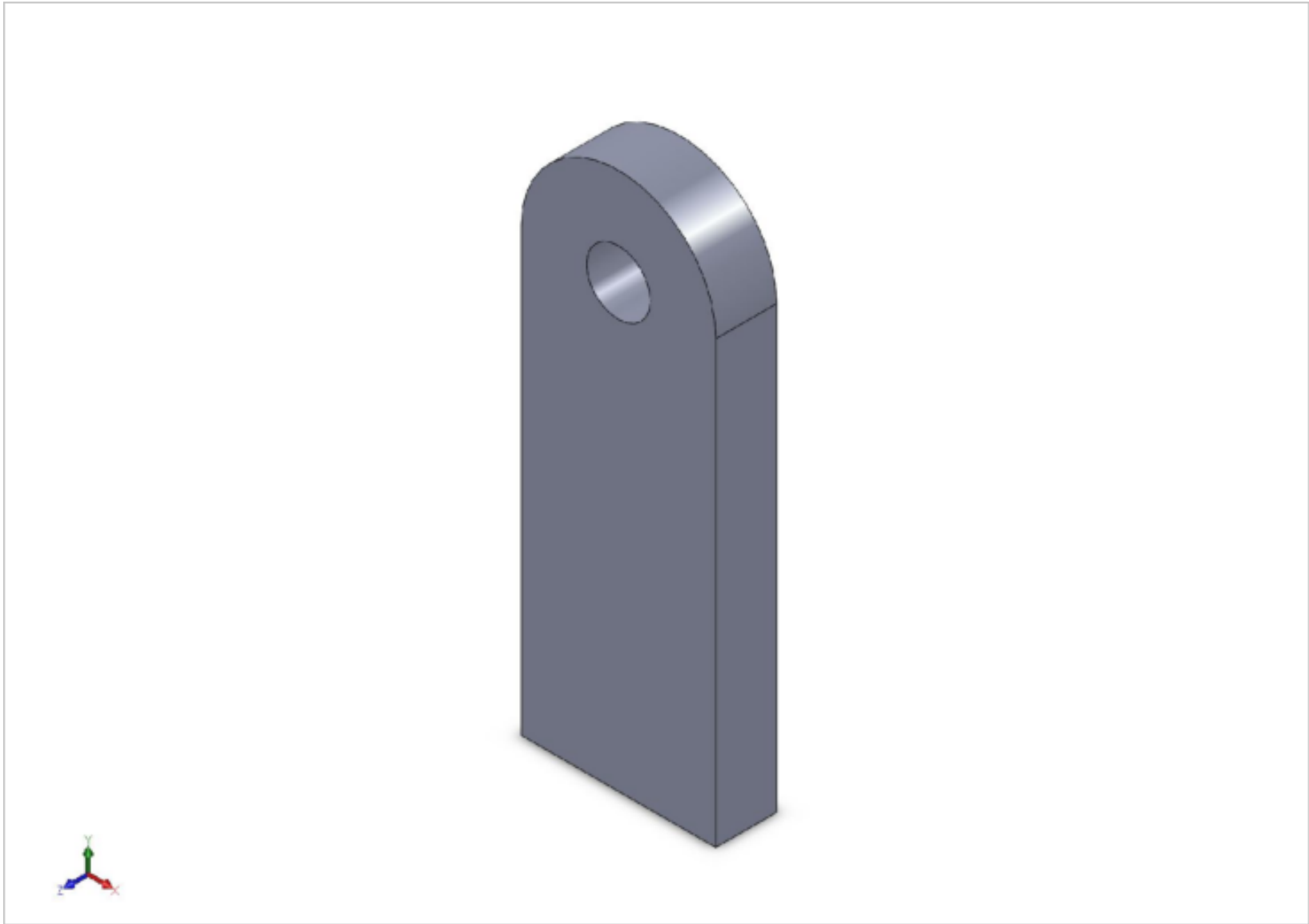


| | | | | | |
|--|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------|
| Nombre del estudiante en español Nombre del estudiante en inglés Identificación Fecha Calificación | | | | | |
| Nombre Apellido Puntaje | Fecha Calificación | Nombre Apellido Puntaje | Fecha Calificación | DESFIBRADOR DE CAÑA | |
| | | | | | A3 |
| | | Nombre del profesor Fecha | | Nombre del profesor Fecha | |











ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia de la preparación de caña de azúcar a moler en la producción de azúcar en el Complejo Agroindustrial Azucarero “Manuel Fajardo”

Influence of the sugar cane preparation to milling in the sugar production on the Sugar Agroindustrial Complex “Manuel Fajardo”

Yanny Morujón Mosá¹ y Jorge Revé Moracín²

RESUMEN. La presente investigación se realizó en el Complejo Agroindustrial (CAI) Azucarero “Manuel Fajardo”, Provincia Mayabeque. En este se investigó el proceso tecnológico de preparación de la caña de azúcar a moler con el objetivo de evaluar su eficiencia y detectar los principales problemas en dicho proceso. Como resultado se obtuvo que el valor del Índice de Preparación (IP) no fue superior al 72,8%, estando por debajo de los normados en Cuba y el mundo, el valor del Rendimiento Potencial Cañero promedio (RPC) fue de 13,22, considerándose un valor positivo lo que demuestra que la producción de azúcar no solo depende de la variedad y calidad de la caña, sino del uso, mantenimiento y reparaciones que se le brinda a la tecnología empleada para la preparación de la caña a moler y se determinó que por concepto de materia extraña el total de azúcar perdidas fue 743,01 t, lo cual representa una pérdida económica de \$446 160,00 USD.

Palabras clave: índice de preparación, caña de azúcar, pérdidas de azúcar.

ABSTRACT. The present research was carried out on the Sugar Agroindustrial Complex “Manuel Fajardo”, Mayabeque Province. In this work was researched the technological process of sugar cane preparation having as objective to evaluate his efficiency and find the principle problems in this process. As results was obtained that the Preparation Index value (IP) was not superior to 72,8%, is below to the national and international standards, the Cane Potential Yield mean (RPC) was 13,22, it is a positive value showing that the sugar production doesn't depend of the variety and quality of sugar cane, also is important consider the use, maintenance and reparation in the technology use in the sugar cane preparation and was determined that for strange material the total sugar losses was 743,01 t, showing an economical losses of \$446 160,00 USD.

Keywords: preparation index, sugar cane, sugar losses.

INTRODUCCIÓN

En Cuba la Agroindustria Azucarera es considerada la actividad económica más importante proporcionándole la mayor fuente de los ingresos en divisas al país, facilitando su desarrollo, además brinda empleo a más de 600 mil trabajadoras en toda la isla.

En las directrices expuestas en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se destacó, que el gobierno cubano trabaja en el redimensionamiento de la agro-industria azuca-

raera como parte de un diseño de su estructura para reducir los costos y elevar la eficiencia de los procesos productivos (*Líneas de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*, 2011).

La preparación de la caña a moler es un aspecto de gran importancia por su efecto cuantitativo y cualitativo como proceso, dado que al aumentar la densidad del colchón de la caña mejora la capacidad de molienda y al abrirse la celda del jugo se facilita la extracción por compresión en los molinos (Aeromé-

Recibido: 16/07/11, aprobado: 12/12/12, trabajo 01/11, artículo original.

¹ MSc. Prof., Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Bar José de los Cajos, Mayabeque, Cuba. CP. 51700. E-mail: ymoran@uclh.cu

² Ingeniero Agrónomo de la Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Complejo Agroindustrial Azucarero “Manuel Fajardo”

1996); por lo tanto cobra mayor significación la preparación de la caña en los siguientes aspectos:

- Mayor capacidad de molienda;
- Mayor extracción en el tandem;
- Mejor aprovechamiento del Rendimiento Potencial de la Caña (RPC);
- Estabilidad de la potencia en el tandem.

Actualmente en Cuba los valores del índice de preparación, están condicionados a que existen pocas instalaciones con un juego de cuchillas eficientes, los actuales valores se encuentran alrededor del 40%; en general con dos juegos de cuchillas aceptables, se están logrando valores promedios de 60%.

En algunos países desarrollados en este sentido se reportan valores mínimos del 85% y algunos con desfibradoras pesadas están logrando valores del 92% y planteándose metas de 95% y superiores a este valor; el proceso de preparación de la caña a moler puede disminuir la eficiencia por la no regulación y reparación de los componentes (cuchilla y desfibradora) y por la incorporación de materia extraña al proceso tecnológico, por lo que se requiere su determinación bajo criterios científicos.

La tendencia mundial actual es el empleo de desfibradoras medianas con parámetros de consumo de potencia y preparación no superiores a las cuchillas; y el uso de desfibradoras pesadas y extra pesadas con objetivos de altas molidas y procediendo a difusores con altas potencias instaladas e índices de preparación superiores a 90% (Hagott, 1986).

La preparación de la caña a moler se realiza para transformar la materia en una masa homogénea y con mayor densidad, a fin de favorecer la alimentación continua y uniforme de los molinos, mejorar la acción de la inhibición, facilitar la extracción del jugo y reducir las pérdidas de sacarosa en bagazo. (Carvajal, 2003; Cuba, MINAZ, 1996)

De acuerdo a la problemática existente, esta investigación se orienta en profundizar en los aspectos y parámetros que intervienen en el mejoramiento del proceso de preparación de la caña de azúcar a moler y su influencia en la producción de azúcar en las condiciones de la Complejo Agroindustrial (CAI) Azucarero "Manuel Fajardo" de la provincia Mayabeque.

MÉTODOS

Bases teórico-metodológicas para determinar el porcentaje de materias extrañas en el área del basculador

Las materias extrañas no dan azúcar sino roban azúcar. La evaluación de la materia extraña se hace a través del despalillo o micro despalillo de muestras de caña. Esto es importante ya que a medida que se envía mayor cantidad de materia extraña habrá mayor pérdida por concepto de mieles finales, cachaza y otros indeterminados en el proceso industrial. Una vez categorizada, las pérdidas, se conocerán las causas pudiendo disminuirse o evitarse. (Betancourt, 1967; Cuba, MINAZ, 1987; Salomón, 1980).

Técnica operatoria

Materia extraña: Es todo lo que acompaña a la materia prima destinada al central, que no produce azúcar, tales como piedras, tierra, palos, animales, etc.

Materiales e instrumentos empleados

- Pesos,
- Sacos,
- Mantas,
- Alzadora.

Rango permisible

El central acepta un 10% de materia extraña, no permite un valor superior puesto que influye en las principales pérdidas de los sub-productos obtenidos en el proceso agroindustrial (azúcar, mieles, bagazo, cachaza, etcétera.)

Para determinar la Eficiencia del Área del Basculador,

$$Eficiencia = \frac{\%M.Extracción - \%M.Ex.Líquida}{\%M.Extracción} \quad (1)$$

Bases teórico- metodológicas para determinar el índice de preparación de la caña de azúcar a moler

Como el proceso de preparación se efectúa para "abrir" la mayor cantidad de células de jugo y dejar "libre" al lavado, por así decirlo, la mayor cantidad de jugo, la magnitud del proceso debe medirse por elemental lógica, midiendo la cantidad de sólidos contenidos en el jugo que pueden "liberarse" por el solo expediente de lavar con agua la masa de caña preparada.

En este principio se basan los dos métodos de análisis más universalmente establecidos y que simplemente comparan el Brix que se puede sacar por lavado en la caña preparada con el Brix total de la caña.

Técnica operatoria

Se toma una muestra representativa de caña preparada (1 kg, 2 kg o más) y se coloca en una cubeta con una cantidad de agua cuatro veces mayor (4 kg, 8 kg) y después de una mezcla mecánica manual de 5 a 10 minutos se analiza el Brix del líquido y este Brix multiplicado por cuatro, posibilita obtener el Brix libre (Bx_l). Este (Brix_l) dividido por el Brix total de la caña (Bx_t) dará el índice de preparación. (Cuba, MINAZ, 1995)

Materiales e instrumentos empleados

- Cubeta,
- Paletas mezcladoras,
- Prensa mecánica.

En cualquiera de los métodos establecidos, encontrar el Brix total de la caña es lo que introduce la mayor complejidad, el mayor tiempo y también la mayor posibilidad de error. Existen análisis muy sofisticados, pero en este método simple se toma una porción de la muestra representativa (y si es desfibrada mejor),

presionándose y este Bris de prensado (B_{pp}) permitirá conocer el Bris de caña o (B_{c1}) estimando una fibra en caña (F_c)

$$B_{c1} = \frac{B_{pp} \times (100 - F_c)}{100} \quad (2)$$

El único valor estimado es la fibra en caña (F_c) cuyo valor se toma del análisis de fibra directa. Por lo tanto es posible determinar el índice de preparación de la caña (IP_c)

$$IP_c = \frac{100 \times B_{c1}}{B_{c2}} \quad (3)$$

Un aumento de 10% en el IP_c equivale aproximadamente a más del 75% de extracción total del tandem.

Bases teórico-metodológicas para determinar el rendimiento potencial de la caña (RPC)

El rendimiento potencial de la caña real (RPC) se obtiene a partir de los datos de bris y pol del jugo primario con la correspondiente corrección por el contenido de fibra.

Este es independiente de la eficiencia plan o real de la industria, y se obtiene mediante la siguiente expresión matemática, (Caballero, 1999).

$$RPC = \frac{3P_j \left[1 - \frac{F_c + 6,5}{100} \right] - B_j \left[1 - \frac{F_c + 3}{100} \right]}{2} \quad (4)$$

- donde:
- P_j - pol del jugo de primario, %
- B_j - Bris refracto métrico del jugo primario, %
- F_c - fibra en caña real del día, %

La Instrucción No. 1 prevé un tratamiento estadístico a los resultados históricos de cada empresa, a partir del cual surge la propuesta de un RPC norma (RPCN), que siempre llevaría una

aprobación de la Junta Económica del Ministerio.

Tanto para el caso del sistema unifinanciero como para el sistema por centro de recepción el RPCN se calcula de la misma forma. Para eso se necesitan los resultados de las últimas cinco zafras

$$RPCN = R_{plan} \times factor \quad (5)$$

donde:
 R_{plan} - Rendimiento Planificado, t/ha;
 $Factor = \frac{RPC_{prom}}{R_{plan}}$ (6)

donde:
 RPC - Rendimiento Potencial promedio de un periodo de años, t/ha;
 R_{plan} - Rendimiento promedio en un periodo de años, t/ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la determinación del porcentaje de materias extrañas en el área del basculador

Al comprobar los resultados obtenidos con la sala de control se pudo verificar que de un 10% de materia extraña para caña verde que debe entrar a la fábrica por plan, entraron 18,3% lo cual implicó una pérdida en azúcar de 672,49 t, esto está influenciado fundamentalmente por la cosecha, dado que las cosechadoras utilizadas (KTP-2) no poseen corta cogollos (Tabla 1). En el caso de la caña quemada se obtuvo que entraron 10,03% de materia extraña, cuando no debió de entrar ninguna materia extraña, teniendo una pérdida de azúcar por este concepto de 71,12 t, obteniéndose un total de azúcar perdida de 743,61 t o sea una pérdida económica de 446 100 USD, considerando el precio promedio actual de este producto en el mercado mundial de 600 USD/t.

TABLA 1. Comportamiento de la materia extraña

| Tipo de caña | Tonelada de entrada | Materia extraña plan | | Materia extraña real | | Muestra no realizada | Pérdida de azúcar, t |
|----------------------------|---------------------|----------------------|---------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|
| | | % | t | % | t | | |
| Cosechadora (caña verde) | 25916,00 | 10,00 | 2591,60 | 18,30 | 10232,63 | 4 | 672,49 |
| Cosechadora (caña quemada) | 4728,66 | - | - | 10,03 | 474,30 | 12 | 71,12 |

Además es importante señalar que la eficiencia promedio del centro de limpieza en el área del basculador fue de 49,48%, el cual es bajo para las exigencias de calidad establecidas.

Resultados de la determinación del índice de preparación de la caña de azúcar a moler

En los resultados obtenidos del índice de preparación de la caña se puede observar en la Figura 1, en un muestreo realizado para 10 días en dos ocasiones, como se puede apreciar el valor mínimo fue de 65,63% y el máximo fue de 72,9%, estos valores se deben fundamentalmente por la mala preparación de la caña a moler, por desgaste de las cuchillas, por desgaste de la desfibradora y por la incorrecta aplicación y utilización de la solidadora no recomendada.

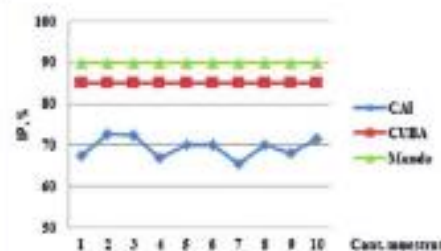


FIGURA 1. Comportamiento del índice de preparación (IP) del CMI respecto a Cuba y al mundo.

Si se comparan estos valores obtenidos con los valores normados tanto internacional como nacionalmente, como se muestra en la Figura 1, se puede constatar que son inferiores, lo cual demuestra la ineficiencia del proceso de preparación de la caña a moler en las condiciones que presenta el CAI objeto de estudio.

Resultados de la determinación el rendimiento potencial de la caña (RPC)

En los resultados obtenidos del rendimiento potencial cañero, se obtuvo un RPC promedio de 13,22, considerándose un valor positivo, además para el muestreo realizado se determinó una cantidad de caña molida de 12 007,5 t, con un potencial azucarero de 159,649 t, esto se representa en la Tabla 2.

TABLA 2. Comportamiento del rendimiento potencial de la caña (RPC)

| Día | Promedio diario RPC | Caña molida, t | Azúcar potencial, t |
|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 13,30 | 345 | 45,55 |
| 2 | 12,95 | 402,5 | 52,12 |
| 3 | 13,40 | 400 | 61,64 |
| Promedio Total | 13,22 | - | - |
| Total | - | 12 007,5 | 159,649 |

CONCLUSIONES

- Las investigaciones realizadas en el CAI "Manuel Pajarón", permitieron determinar que por concepto de materia extraña el total de azúcar perdida fue 745,60 t, lo cual representa una pérdida económica de \$446 306.00 USD.
- El valor del IP no fue superior al 72,8%, estando por debajo de los normados en Cuba y el mundo, este valor se debe fundamentalmente a la mala preparación de la caña a moler,

al desgaste de las cuchillas, al desgaste de la desfibradora y a la incorrecta aplicación y utilización de la soldadura no recomendada.

- Se obtuvo un RPC promedio de 13,22, considerándose un valor positivo lo que demuestra que la producción de azúcar no solo depende de la variedad y calidad de la caña, sino dependen también del uso, mantenimiento y reparaciones que se le brinde a la tecnología empleada para la preparación de la caña a moler.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARRONTE, H., E. HERRERA, I. ZUAZAGA y A. DEAZ. *Manual de planta moladora, operación en caña*, Documento impreso, La Habana, Cuba, 1996.
2. BETANCOURT, A.F. *Materia extraña en la cañacha de caña de azúcar*, Estudio general. Boletín de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba, Vol. 22: 3-29, La Habana, Cuba, 1967.
3. CABALLERO, A.: *Síntoma de precio de la caña por su calidad*. Asociación Nacional de Economistas de Cuba. Documento impreso. MINAZ, La Habana, Cuba, 1999.
4. CARVAJAL, A.: "Avance en la evaluación integral de los procesos de preparación y molienda en Ingenios colombianos", Colombia, *Coicaña*, 22(4): 8-11, 2003.
5. CUBA. MINAZ: *Cálculo rápido para la Industria Azucarera*, Manual. Ministerio del Azúcar, La Habana, Cuba, 1995.
6. CUBA. MINAZ: *Recepción, Manipulación y Preparación de la Caña*, Manual de Inspección Técnica, Ministerio del Azúcar, La Habana, Cuba, 1990.
7. CUBA. MINAZ: *Elementos de control de la calidad de la cañacha cañera*, Dirección de Normas Métricas del Control de la Calidad, Ministerio del Azúcar, La Habana, 1987.
8. HUGGOTT, E.: *Sugar Cane Engineering Handbook*, Elsevier Publishing, London, England, 1966.
9. *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. Ed. Política, La Habana, Cuba, 2011.
10. SALOMÓN, L.L. R.: "El centro de acopio, un elemento valioso en cosecha cañera", *Revista ATAC*, (5):38-40, 1980.

8.6. DATOS TÉCNICOS:

Datos técnicos revisados para asegurar la propuesta de mi trabajo.

La información fue recopilada de 02 proveedores:

- Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda – Brasil.
- DEDINI Industrias de Base – Brasil.

Opções de desfibradores de cana no mercado brasileiro

| OPÇÕES DE DESFIBRADORES DE CANA NO MERCADO | | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---|---|
| TIPO | VELOCIDADE (m/s) | INSTALAÇÃO | ROTOR | I.P. (%) | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
| COP-5/6 | 60 | HORIZONTAL | SEXTAVADO | 80 A 85 | CONSUMO DE ENERGIA DESGASTE INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO | SÓ PARA MOENDAS PICADOR ANTES (1) |
| DH/TONGAAT | 90 | VERTICAL | OITAVADO | 90 A 94 | APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES | CONSUMO DE ENERGIA MAIOR DESGASTE PICADOR ANTES (2) INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO |
| COP-10 MAXCELL | 90 | HORIZONTAL | OITAVADO | 90 A 94 | APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO | CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE PICADOR ANTES (1) |
| FIVES-LILLE | 90 | HORIZONTAL | OITAVADO | 90 A 94 | APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES CANHA INTEIRA E PICADA SEM PICADORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO | CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE VELOCIDADE ESTEIRA |
| FIVES-LILLE | 75 | HORIZONTAL | SEXTAVADO | 83 A 87 | CONSUMO ENERGIA CANHA INTEIRA OU PICADA SEM PICADORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO | SÓ PARA MOENDAS VELOCIDADE ESTEIRA |
| DVU | 90 | VERTICAL | OITAVADO | 90 A 94 | APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES SEM PICADORES SEM ESTEIRA METÁLICA INSTALAÇÃO | SÓ CANHA PICADA CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE |
| DVU | 60/75 | VERTICAL | SEXTAVADO OITAVADO | 80 A 85 83 A 87 | SEM PICADORES SEM ESTEIRA METÁLICA INSTALAÇÃO CONSUMO DE ENERGIA MENOR DESGASTE | SÓ CANHA PICADA SÓ PARA MOENDAS |

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Classificação dos Desfibradores

Velocidade de operação

- Velocidade periférica = 60 m/s (I.P. = 80 a 85 %)
- Velocidade periférica = 90 m/s (I.P. = 90 a 94 %)

| PICADORES E DESFIBRADORES | | | | | | |
|---|-------------|---------|--------|-----|------------|-----|
| POTÊNCIAS ESPECÍFICAS - CONSUMO E INSTALAÇÃO (cv/tfh) | | | | | | |
| APLICAÇÃO | TIPO | CONSUMO | | | INSTALAÇÃO | |
| | | COSAN | DEDINI | CTC | DEDINI | CTC |
| NIVELADOR | COP-8 | 15 | 16 | 14 | 20 | 16 |
| | COP-9 | 15 | 16 | 14 | 20 | 16 |
| | FOL | 14 | 13 | | 16 | |
| | SD-3 | 14 | 10 | 14 | 12 | 14 |
| PICADOR | COP-8 | 28 | 28 | 28 | 35 | 32 |
| | COP-9 | 28 | 28 | 28 | 35 | 32 |
| | FOL | 28 | 24 | | 24 | |
| | SD-3 | 24 | 20 | 24 | 30 | 28 |
| ALIMENTAÇÃO VERTICAL | FOL | 20 | 13 | | 13 | |
| | SD-3 | 20 | 10 | 20 | 10 | 24 |
| DESFIBRADOR | DH-1 | 44 | 36 | 44 | 45 | 52 |
| | TONGAAT | 44 | 40 | 44 | 50 | 52 |
| | MAXCELL | 44 | 44 | 44 | 55 | 52 |
| | FIVES-LILLE | 68 | | 68 | | 80 |
| | COP-5 | 27 | 26 | 28 | 32 | 32 |
| | COP-6 | 27 | 26 | 28 | 32 | 32 |

Preparo da Cana

- **Picador de cana** – Suportes, Lâminas, Eixo Principal, Luva, Volante, Caixas de Mancal, Rotor e Redutores;
- **Desfibrador nos modelos COP 5/6, DH1, Tongaat, Maxcell** - Suportes, Martelos, Buchas, Eixo Principal, Eixos de Oscilação, Tampas Laterais, Rotor, Redutor, Placa Desfibradora, Tambor Alimentador;
- **Esteira de Cana Desfibrada** – Tambores, Mancais, Motor, Redutor, Lençol de Borracha, Roletes de Apoio;
- **Espalhador de Cana Desfibrada;**
- **Chute Donelly.**



 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA.**

**INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA
EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR - EAI TUMÁN.**

**TESIS PARA PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:
ALAYO GONZALES JUAN CARLOS

ASESOR:
Mag. Ing. EDWIN SIRLOPI GALVEZ
Ing. JUAN CARLOS VIVES GARNIQUE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO - PERÚ

| Match Overview | | |
|----------------|---|-----|
| 17% | | |
| 1 | Submitted to Universid... Student Paper | 5% |
| 2 | repositorio.uns.edu.pe Internet Source | 4% |
| 3 | www.redalyc.org | 1% |
| 4 | biblioteca.usac.edu.gt Internet Source | 1% |
| 5 | renati.sunedu.gob.pe Internet Source | 1% |
| 6 | scielo.sld.cu Internet Source | 1% |
| 7 | repositorio.ucv.edu.pe Internet Source | 1% |
| 8 | www.fr-a.unam.mx Internet Source | <1% |
| 9 | esmyy.co Internet Source | <1% |
| 10 | aletapiacastro.blogspot... Internet Source | <1% |



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS


Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: **"INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN"**, del bachiller:

ALAYO GONZALES, JUAN CARLOS

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 07 de marzo de 2019



Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
16728343



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

JUAN CARLOS ALAYO GONZALES

D.N.I. : 43295026

Domicilio : CALLE CIRCUMVALACIÓN 198 J.L.ORTIZ

Teléfono : Fijo : Móvil : 978918261

E-mail : juan192818@gmailcom

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA

Escuela : INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Carrera : INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título : INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

ALAYO GONZALES JUAN CARLOS

Título de la tesis:

"INFLUENCIA DE PREPARACIÓN 90+ PARA LA MEJORA EN LA
EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR - EAI TUMÁN"

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : 

Fecha : 03/11/2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Juan Carlos Alayo Gonzales

INFORME TÍTULADO:

"Implementación de preparación 90+ para la mejora en la extracción de jugo de caña de azúcar - E.A.E. Tumbón"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

SUSTENTADO EN FECHA:

03 de Noviembre 2018

NOTA O MENCIÓN:

Aprobado por mayoría

A LA VERSIÓN FINAL



[Handwritten Signature]

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

INFORME TÍTULADO