



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Rediseño de un Sistema de Molienda para Caña de Azúcar”.

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(EXAMEN COMPLEXIVO)

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Jaime Pio Yagual Rendón

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A todos los que directa e indirectamente me han ayudado a consolidar este TFG, en especial al Ing. Mec. Telmo Paredes Merchán mi maestro en lo que respecta a Ingenios.

DEDICATORIA

A MIS HIJAS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M.Sc. Jonathan León T.
VOCAL

M.Sc. Diego Siguenza A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente propuesta de Examen Complexivo, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Jaime Pio Yagual Rendón

RESUMEN

El proyecto que presentamos es la instalación de un sistema de molienda de caña de azúcar para un nuevo ingenio, con la intención de que produzca eficientemente y a bajo costo, con la experiencia obtenida en los otros ingenios en los que laboramos nos acreditan para realizar el trabajo. Del proceso queda el jugo de caña del que al procesar obtenemos alcohol, panela y azúcar, que por su demanda y su costo resultan unas de las industrias más rentables en cualquier país.

Los 3 molinos que comprenden 3 masas cada molino, con sus vírgenes y el sistema de transmisión por engranaje de baja velocidad, se los adquirieron usados a los que se procedió a repotenciar para después instalarlos. En la realización de esta reingeniería se aplicaron formulas prácticas, normas técnicas y estándares propios de la industria azucarera.

Una vez montado todos los equipos se realizaron pruebas, calibraciones con precisión y mejoras al sistema de molienda, para lograr los parámetros calculados, así también recomendaciones a futuro para instalación de otros elementos y equipos para aumentar la producción.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS.....	v
SIMBOLOGÍA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE PLANOS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DIMENSIONAMIENTO DE PARTES DE LA INSTALACION PARA EL PROCESO DE MOLIENDA DE CAÑA DE AZÚCAR.....	3
1.1. Recepción de caña de azúcar en la planta.....	3
1.2. Dimensionamiento del conductor y capacidad de molienda.....	4
1.3. Elementos para conducción, picadores y conductores intermedios...9	
1.4. Sistema motriz para accionamiento de molinos.....	11

1.5. Poder calorífico del bagazo y su utilización para generación

eléctrica..... 12

CAPÍTULO 2

2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE MOLIENDA.....15

CAPÍTULO 3

3. EFICIENCIA ECONOMICA Y UTILIDAD OPERATIVA.....20

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....23

4.1 CONCLUSIONES.....23

4.2 RECOMENDACIONES.....24

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CONELEC: CONCEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

SIMBOLOGÍA

Brix	El % de materia solida de una solución de sacarosa pura en el agua
<i>C</i>	Cantidad de caña manipulada por la fábrica en 1 hora
<i>c</i>	Coeficiente relativo a los aparatos de preparación de caña (cuchillas)
cm	Centímetros
<i>D</i>	Diámetro de los cilindros en metros
<i>f</i>	Fibra de la caña con relación a la unidad
<i>h</i>	Altura del colchón de caña
<i>h.</i>	Hora
<i>HP</i>	Caballos de Fuerza
<i>In</i>	Pulgadas
Kg.	Kilogramo
<i>Kw</i>	Kilovatio
<i>L</i>	Longitud de los cilindros en metros
m^3	Metro cubico
ml.	Mililitro
<i>Mw</i>	Megavatio
<i>N</i>	Número de cilindros o masas

$^{\circ}\text{C}$	Grado centígrados
P	Potencia del conductor
P_e	Potencia para levantar la caña
P_f	Potencia para vencer la fricción
plg	Pulgada
Pol	Es la concentración expresada en 100 gramos de sacarosa pura en agua
psi	libras /pulgadas al cuadrado
$rpm.$	Revoluciones por minuto
$ton.$	Tonelada
v	Velocidad del conductor
V	Velocidad media de la periferia de los molinos

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Masa inferior.....	5
Figura 1.2 Conductor de caña.....	8
Figura 1.3. Tren de engranajes de tándem comprado	12
Figura 2.1. Molinos en su estado original.....	15
Figura 2.2. Esquema de 3 masas y virgen.....	17
Figura 2.3. Esquema de proceso de imbibición.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tabla de capacidad de los molinos en toneladas de caña / hora...7
Tabla 2.	Tabla para la potencia a instalar en los motores de las cuchillas de Hojas horizontales..... 10

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Proceso de elaboración de azúcar y alcohol de la planta

Plano 2. Plano sanitario

Plano 3. Planta de molinos – Cortes

INTRODUCCIÓN

El trabajo final de graduación se basa en un montaje de una planta procesadora de caña de azúcar llamada EMBORIENTAL, ubicada en la vía Boliche-El Triunfo, Km 30, se procedió a instalar un pequeño ingenio, con su destilería de alcohol. En un ingenio nuevo los costos de adquisición de equipos resultan demasiado oneroso, por lo que se pensó en adquirir equipos usados, de un ingenio que había dejado de funcionar por los años 60, entre los equipos existentes tenemos, el tándem de molinos que comprende: masas (superior, bagacera y cañera), vírgenes, piñones de tren de engranajes de baja velocidad; de las cuales las masas, necesitaban reparación.

En el capítulo 1 se encuentran las consideraciones importantes de la caña de azúcar como porcentaje y peso de los elementos que contiene la materia prima y distribución al proceso. Además se presenta la parte del montaje del sistema de molienda partiendo de los equipos adquiridos; comenzando con el dimensionamiento de todo el tándem de molinos, los elementos de conducción y de procesamiento, usando modelos y tablas establecidas para aprovechamiento de toda la caña de azúcar.

De aquí en el capítulo 2, usando cálculos de ingeniería para proceso azucarero (como capacidad de molienda, longitud y velocidad de transportadores, altura de colchón de caña, potencia, etc.) se procede a optimizar la molienda con cambios y pruebas, para dejar a punto el proceso.

En el capítulo 3, nos enfocamos en la parte económica de la rentabilidad de la inversión para la ejecución del proyecto.

Para en el capítulo 4, se describe las conclusiones y recomendaciones de montaje realizado con las perspectivas de ampliación para el futuro.

CAPÍTULO 1

1. DIMENSIONAMIENTO DE PARTES DE LA INSTALACION PARA EL PROCESO DE MOLIENDA DE CAÑA DE AZÚCAR

Para la elaboración de azúcar en este medio se usa la caña de azúcar (8 a 12 % es sacarosa, fibra de 11 a 16 %, agua de 73 a 76%), que por las condiciones climáticas crece más rápido y abundante en la costa. De la misma se extrae azúcar blanca, morena, panela y destilando su jugo se obtiene alcohol, quedando como residuo bagazo que es aproximadamente 250 Kg/ton. , este se aprovecha como combustible para quemarlos en la caldera, para tener vapor para el proceso.

1.1. Recepción de caña de azúcar en la planta

Como la caña se la toma del campo con una grúa de uñas, el peso por m^3 puede asumirse 200 kg/m^3 y si es colocada en forma

ordenada hasta $300 \text{ kg} / \text{m}^3$; si se recoge en forma manual se puede considerar $400 \text{ kg} / \text{m}^3$

La caña cortada que viene esta mezclada con paja (hojas, tallos, raíces, cogollos, tierra). Para saber la dulzura de caña se necesita valores que se obtienen por diferentes métodos de laboratorio, para nuestro uso, se toma muestras aleatorias y se analiza: Fibra, sólidos totales, contenidos de sacarosa, pureza y PH. La caña para ser procesada debe tener una pureza mínima del 75 % ($\text{Brix} / \text{Pol} \times 100$).

1.2. Dimensionamiento de conductor y capacidad de molienda

Para transportar la caña se tiene el conductor de caña, consta de una parte ascendente y cabeza donde están las picadoras.

La parte inclinada que puede llegar a un máximo de 22° , porque después de esta inclinación la caña resbala, para nuestra instalación se utiliza 11° porque poseemos gran espacio físico. La diferencia de nivel de 2 m ; por usar 2 (cuchillas) picadoras, tenemos:

$$L = 2 (7 \text{ a } 8) = 14 \text{ a } 16\text{m}. \text{ Se construyó en } 15.6 \text{ m}$$

El ancho de conductor siempre es igual a la longitud de la masa inferior ver figura 1.1.

Ancho del conductor = 0.915 m.

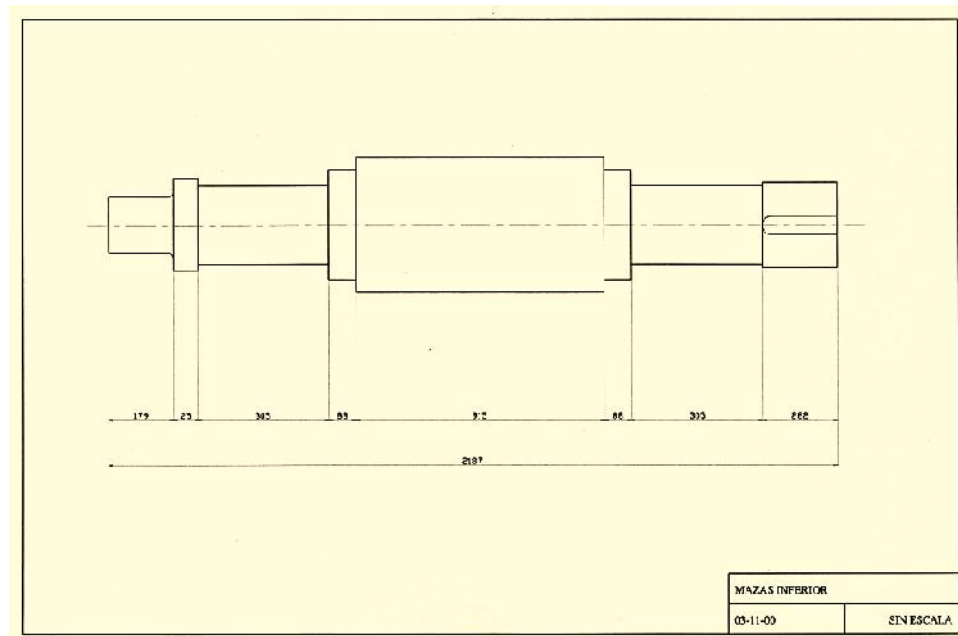


FIGURA 1.1. MASA INFERIOR

Para calcular la capacidad de caña que muele en toneladas de caña por hora, utilizamos (1) como lo refiere [1].

$$C = 0.55 \frac{c \times V \times LD^2 \sqrt{N}}{f}$$

(1)

Donde:

C = capacidad de una batería de molinos en *ton / h*

f = fibra de la caña con relación a la unidad, 13.5% de *fibra / ton*

c = coeficiente relativo a los aparatos de preparación, para 2 juegos de cuchillas es 1.2

V = velocidad de rotación de los cilindros en rpm, es 5 *rpm*

L = longitud de los cilindros en m, la longitud es 0.91 *m*

D = diámetro de los cilindros en m, el diámetro es 18 *in*

$$18 \text{ in} \times 0.0254 \text{ m / in} = 0.4572 \text{ m}$$

N = número de los cilindros de la batería 9

Reemplazando $C = 0.55 (1.2 \times 5 \times 0.91 \times 0.4572 \times 9) / 0.135$

$$C = 13.94 \text{ ton / h. Nosotros siendo conservadores}$$

para los cálculos consideramos $C = 10 \text{ ton / h}$

Para 4 molinos, $N = 12$, $C = 16.10 \text{ ton / h}$

Para 5 molinos, $N = 15$, $C = 18 \text{ ton / h}$.

Para comparar con un bagazo, con $f = 0.125$ se tiene la tabla 1., que nos indica la capacidad de molienda de caña, variando la cantidad de molinos, así que mientras más baja es la cantidad de fibra la cantidad de caña molida aumenta.

TABLA 1
CAPACIDAD DE LOS MOLINOS EN T.C.H.

Fibra= 0.125				n = 5 rpm						
Composicion de la bateria			D + 3 M	4 M	D + 4 M	5 M	D + 5 M	6 M	D + 6 M	
No. De cilindros N			11	12	14	15	17	18	20	
\sqrt{N}			3.32	3.46	3.74	3.87	4.12	4.24	4.47	
D" x L"	D mm x Lmm	LD ² (en m ³)								
42 x 84	1,065 x 2,134	2.420	204	212	230	238	253	260	274	
36 x 84	915 x 2,134	1.787	151	157	170	175	187	192	203	
36 x 78	915 x 1,980	1.638	139	145	157	162	173	178	188	
34 x 78	863 x 1,980	1.475	124	129	140	144	154	158	167	
34 x 72	863 x 1,830	1.363	114	119	129	133	142	146	154	
32 x 72	810 x 1,830	1.201	101	105	114	118	125	129	136	
32 x 66	810 x 1,675	1.099	92	98	104	108	115	118	124	
30 x 66	760 x 1,675	0.967	81	85	91	95	101	104	109	
30 x 60	760 x 1,530	0.884	74	77	84	87	92	95	100	
28 x 60	710 x 1,530	0.771	65	67	73	75	80	83	87	
28 x 54	710 x 1,370	0.691	58	60	65	68	72	74	78	
26 x 54	660 x 1,370	0.597	50	52	56	58	62	64	68	
26 x 48	660 x 1,220	0.531	45	46	50	52	55	57	60	
24 x 48	610 x 1,220	0.454	38	40	43	44	47	49	51	
24 x 42	610 x 1,070	0.398	33	35	38	39	41	43	45	
22 x 42	560 x 1,070	0.336	28	29	32	33	35	36	38	
20 x 36	510 x 915	0.238	20	21	23	23	25	26	27	
18 x 36	457 x 915	0.1910	17.15	17.85	19.29	19.60	21.25	21.87	23.06	

Para calcular la altura del colchón de caña.

$$h = 0.0223(D \sqrt{N})/f \quad \text{En metros, reemplazando:}$$

$$h = 0.0223(0.4572 \sqrt{9})/0.135 = 0.22m$$

Nos queda una altura de colchón de caña de 22 cm.

La velocidad del conductor (v) está relacionada con la velocidad de la periferia media ($V = 5 \text{ rpm}$) de los molinos, los valores que se asumen cuando tienen cuchillas $v = (0.3 \text{ a } 0.5) V$.

Escogemos $v = (0.4) V$

$$v = 0.4 \times 5 = 2 \text{ rpm}$$

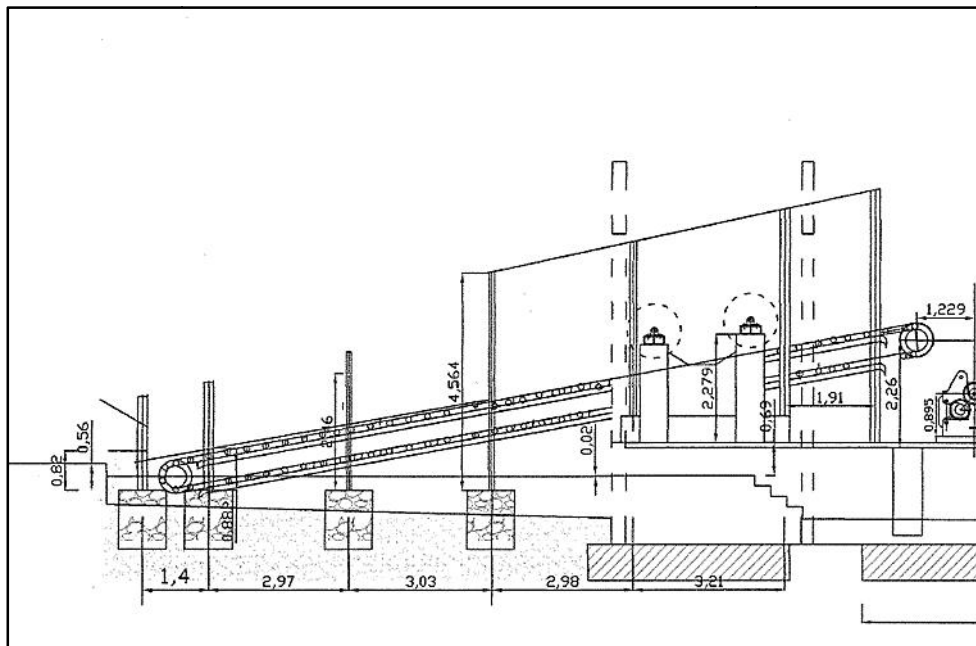


FIGURA 1.2 EL CONDUCTOR DE CAÑA

La potencia que demanda el conductor figura 1.2, tiene 2 partes, la potencia para vencer la fricción y la otra la potencia para levantar la caña

$$(P = P_f + P_e)$$

Donde, P se aproxima en la práctica a instalar = $C/2$ en HP .

$$C = 10 \text{ ton / h.},$$

$$P = 10 / 2 = 5 \text{ HP}$$

1.3. Elementos para conducción, picadores y conductores intermedios

Viendo los planos la parte primordial, es por donde se abastece la caña a la molienda, aquí la velocidad es regulada para mantener uniforme el volumen y de forma que no se atasque y de allí actúan los picadores que rompen (desfibran) en trozos los tallos usando las cuchillas. Los picadores, constan de un eje de acero de transmisión de $0.1m$, donde acoplan los machetes de acero A36 con revestimiento duro, la longitud de estos está determinada por la distancia al conductor de caña (la primera picadora está a 10 cm y la segunda a 4 cm).

El primer picador tiene un motor de 40 HP y el segundo uno de 60 HP como lo indica la tabla 2 según el ancho de conductor y la capacidad de molienda, que con diferentes poleas se pueden mover de 500 a

650 rpm, las tenía a 550 rpm. Una vez hecha astillas la caña se nivela la entrada de caña al molino (colchón de caña). La fábrica Blairs especialista en fabricación de cuchillas nos presenta la tabla 2., donde se referencia la potencia en función del tonelaje de molienda y el ancho del conductor.

TABLA 2.
POTENCIA A INSTALAR EN LOS MOTORES DE LAS CUCHILLAS
DE HOJAS HORIZONTALES

Ancho del conductor <i>plg</i> <i>mm</i>	Capacidad media en <i>ton / h</i>	Potencia del motor (motor-eléctrico) <i>H.P.</i>
30 = 760	9	50
36 = 915	12	60
39 = 1,000	15	72
48 = 1,220	18	88
54 = 1,370	24	108
60 = 1,520	36	150
66 = 1,675	48	190

Los conductores intermedios, usan cadenas para llevar el bagazo de la salida de un molino a la entrada del otro, Maxwell propone que conductor tenga una velocidad del 50 al 70% mayor que la velocidad de la periferia (5 rpm) nos da la potencia $T = 0.2 C$ en HP,

$$C = 10 \text{ ton} / h \quad T = 0.2 \times 10 = 2 \text{ HP}$$

Se instala un motor de 3 HP, con 8.5 rpm.

1.4. Sistema motriz para accionamiento de molinos

Habiendo adquirido el tándem de molinos de 3 molinos con 3 masas de 18 in x 36 in, con todo su sistema de engranajes para realizar un trabajo de sacar el jugo de la caña, procedemos al cálculo de potencia para mover el molino, el cual está basado en las toneladas de fibra / hora, que pasa por el molino de caña.

De las pruebas de laboratorio tenemos:

$$\frac{13.5\% \text{ de fibra}}{\text{ton}} \times \frac{10 \text{ ton de caña}}{\text{hora}} \times 0.135 = \frac{1.35 \text{ ton de fibra}}{\text{hora}} \quad (2)$$

Según Noel Deerr, Maxwell y Tromp página 186 [1], es necesario proveer la potencia de 25 Hp por cada tonelada de fibra / hora

$$\frac{1.35 \text{ ton de fibra}}{h} \times \frac{25 \text{ HP}}{\left(\frac{\text{ton de fibra}}{h}\right)} = \frac{32.5 \text{ HP}}{\text{molino}}$$

Para 3 molinos que están en el tren de engranajes (figura 1.3):

$$3 \times 32.5 \text{ Hp} = 97.5 \text{ HP}$$

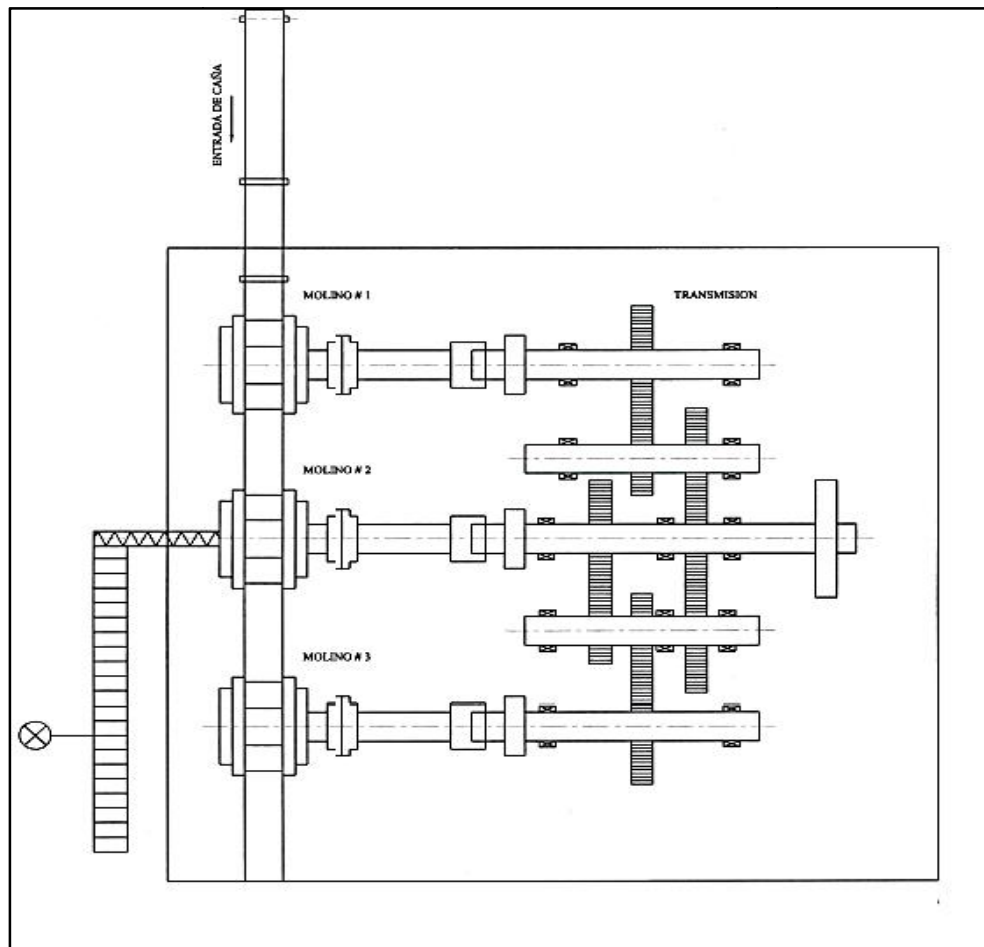


FIGURA 1.3. TREN DE ENGRANAJE DEL TÁNDEM COMPRADO

1.5. Poder calorífico del bagazo y su utilización para generación eléctrica.

El bagazo es lo que queda de la extracción del jugo en los molinos (este tiene diferentes usos desde como buen combustible, para solvente, paredes aislantes, pulpa de papel) él contenido de humedad es del 50%, el bagazo tiene fibra que es celulosa. Su valor calórico es relativamente bajo (1 850 kcal/kg)

La cantidad de bagazo está entre 28% y 24% de la caña.

Asumiendo: 25% por tonelada de caña = 250 *Kg bagazo / ton*

En $C = 10 \text{ ton} / h \rightarrow$ se tendrá bagazo $2.5 \text{ ton} / h$.

Para la generación eléctrica, se usa el vapor para mover la turbina; de las pruebas realizadas en calderas, de calor transmitido al vapor por *Kg* de bagazo y *Kg* de vapor producido por *Kg* de bagazo, en función de la temperatura t de los gases finales, se establece que la cantidad de vapor producido por unidad de peso de bagazo es de: 1.8 – 2.75 *Kg vapor / kg de bagazo*,

Para cálculo se toma 2 (*kg de vapor / kg de bagazo*).

Anteriormente se tenía que para el consumo daba $2.5 \text{ ton} / h$ de bagazo, entonces:

$$\frac{2 \text{ ton de vapor}}{\text{ton}} \times \frac{2.5 \text{ ton}}{h} = \frac{5 \text{ ton de vapor generado}}{h}$$

De la referencia del ingenio La Troncal (Ecuador) y Azucarera El Viejo (Costa Rica), Se establece que a una presión=300 *psi*, con una temperatura = 330°C, una turbina de esta capacidad requiere 15 *ton de vapor / h* por 1 *Mw / h* (en Ecuador), lo mismo sucede a 200 *psi* (en Costa Rica) con otro tipo de turbina.

Tenemos:

$$\frac{5 \text{ ton de vapor / h}}{15 \text{ ton de vapor / h}} \times \frac{1 \text{ Mw}}{h} = 0.33 \text{ Mw/h}$$

$$0.333 \text{ Mw / h} = 333 \text{ Kw / h}$$

De este cálculo concluimos que para el proceso necesitamos un

Turbogenerador de 500 Kw.

CAPÍTULO 2

2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE MOLIENDA

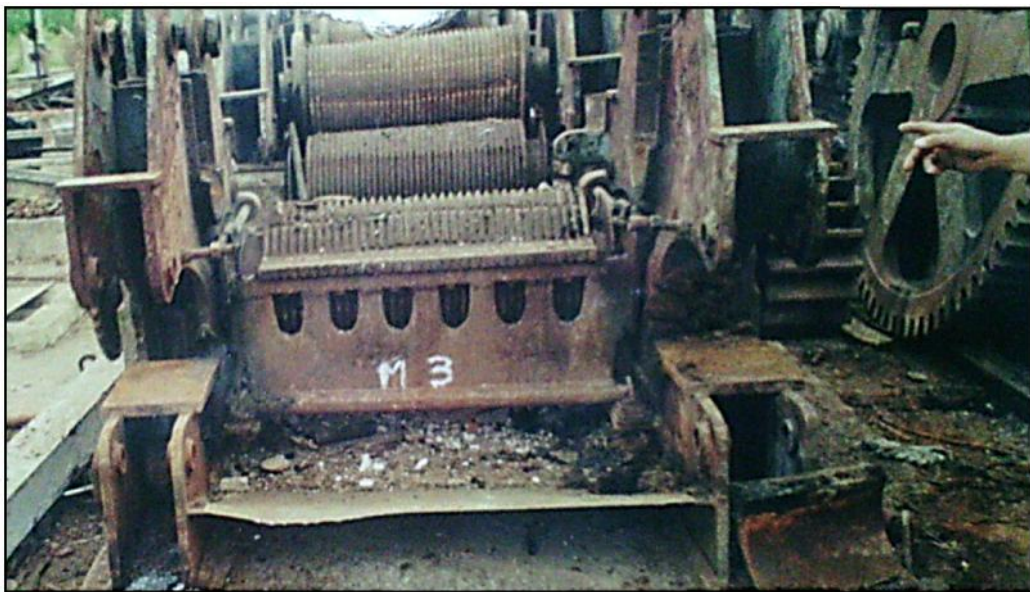


FIGURA 2.1. MOLINOS SU ESTADO ORIGINAL

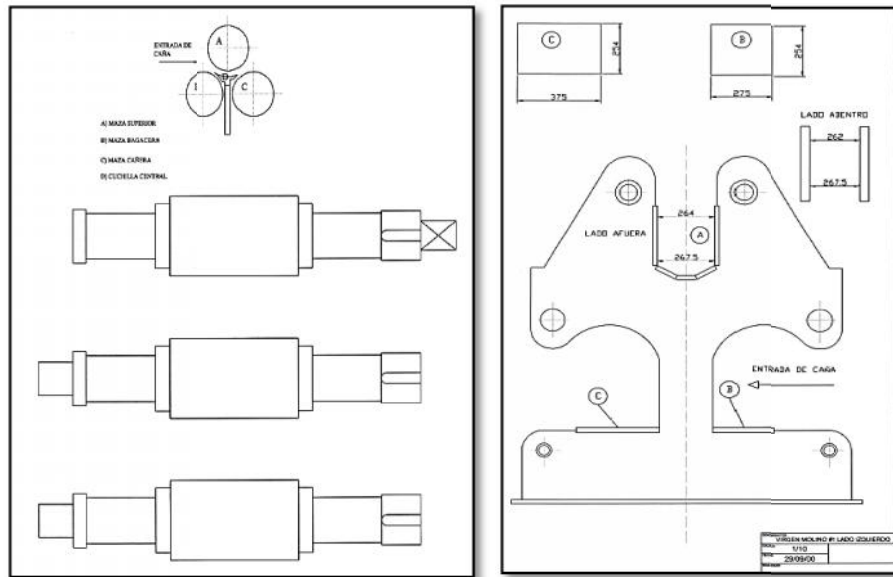
Para la reingeniería tenemos que reparar como vemos en la figura 2.1. y 2.3., cambiar piezas defectuosas de un tándem de 3 molinos, cada uno con 3 masas; comenzamos con las masas, que comprende eje de acero SAE 1045 forjado y normalizado, en el que se rectifican los muñones que se asientan en unas chumaceras (tejas refrigeradas por agua) de bronce fosfóricos que se mandan a fundir por encontrarse desgastadas, en el guijo de un eje que tenía una fisura se procedió a

soldarlo con E 7018 y con recubrimiento de Eutectic 680 con pre y pos calentamiento.

En los cilindros de las masa tenemos los dientes que son triángulos isósceles, que encajan de la masa superior, con la cañera y la bagacera (son cilindros universales), tiene un ángulo superior de 50° , las ranuras se clasifican por su altura y su paso $\frac{3}{4} \text{ in} \times 1 \text{ in}$. Estos tienen desgastes: por rozamiento (es más notorio en el centro), por acidez más sólidos insolubles del jugo, piedras y pedazos de metal que pasan, la tolerancia según Tromp es de 6 a 12 mm de diámetro (457.2 mm), de los cuales solo 2 están muy gastados (fabricación de camisas nuevas de fundición de hierro gris ASTM A48 clase 30) y el resto al taller para torneado y por último aplicar un revestimiento duro de carburo de cromo sobre los flancos y las crestas para evitar el desgaste y aumentar el agarre porque le da rugosidad y como consecuencia aumenta la extracción de jugo.

En la figura 2.1. también vemos la cuchilla central(acero fundido SAE 1040 normalizadas), que es el puente para que el bagazo no se caiga y que limpia los dientes de la masa cañera, cuya base está fijada a un eje central, el que puede regularse vertical y horizontalmente para compensar el desgaste, por lo que estas pieza se las envió al taller para limpieza, soldadura con electrodo revestido Euctectic de relleno (AbraChoc E-6060 in, E10-65 zt), aquí también en los dientes se aplica

revestimiento duro(soldadura E 318-17 Donosti) para evitar el desgaste y corrosión , en consecuencia no ameritan cambio de las mismas.



**FIGURA 2.2 ESQUEMA DE 3 MASAS (IZQUIERDA)
Y VIRGEN (DERECHA).**

Otro factor de la molienda a considerar, que la caña no cede todo su jugo, siempre tiene una humedad mínima de 45%, reteniendo jugo la mitad de su peso. Para extraer este se usa la imbibición este es que como no se puede disminuir la humedad se reemplaza el jugo por agua caliente a 60°C, si se trabaja a presión normal la extracción se obtiene

rápidamente, después de las cuchillas y el primer molino, la humedad del bagazo esta en 60%, del segundo en 50%, del tercero y cuarto ,menos de 45% si se agrega agua caliente uniformemente esta se distribuye y diluye el jugo, el molino siguiente tendría el bagazo al 45% de humedad limite y esto es jugo diluido. La imbibición es simple cuando se aplica agua caliente antes del último, entonces el jugo es casi agua, y para que el anterior no pase lo mismo se lo envía al penúltimo y esa es la imbibición compuesta.

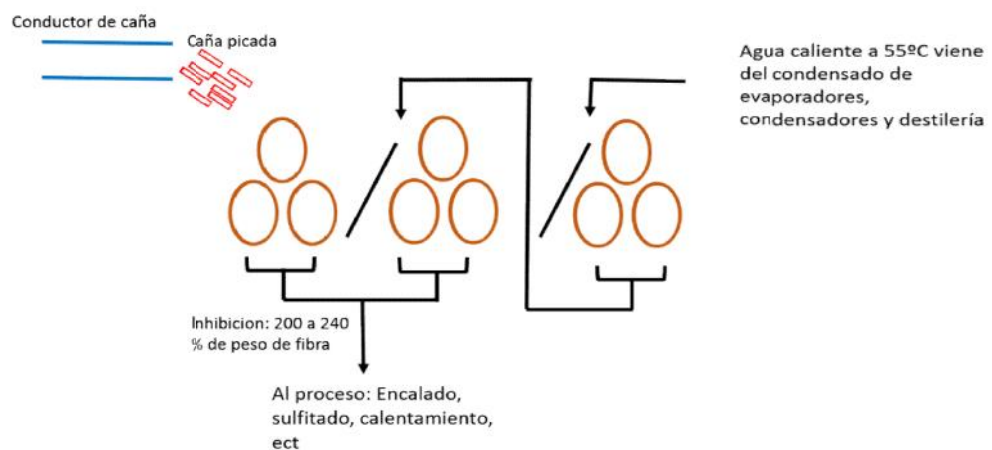


FIGURA 2.3 ESQUEMA DEL PROCESO DE IMBIBICIÓN

Para obtener la cantidad de agua se aplica un método grafico usando precio del azúcar / precio del bagazo o combustible actualizados vs. %

de agua de imbibición, tomando referencia desde 10% de agua de imbibición.

Según Hugot , Honig y Jenkins, se utiliza **2** veces la cantidad de agua de imbibición del peso de fibra de caña .

De (2) Agua de imbibición = $2 \times 1.35 \text{ ton} / h = 2.7 \text{ ton} / h$

CAPÍTULO 3

3. EFICIENCIA ECONOMICA Y UTILIDAD OPERATIVA

En cualquier empresa se considera como meta principal la eficiencia económica:

Si se considera la rentabilidad como inversión: Del registro oficial del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca la caña se compra en pie de 13 grado Brix a 30 USD (precio de ton caña el 75% del precio de venta del saco de azúcar que es 40 USD), se necesitaba

$$\frac{10 \text{ ton}}{h} \times \frac{24 h}{\text{dia}} = \frac{240 \text{ ton}}{\text{dia}}$$

$$\frac{240 \text{ ton}}{\text{día}} \times \frac{6 \text{ días}}{\text{semana}} = \frac{1440 \text{ ton}}{\text{semana}}$$

$$\frac{1,440 \text{ ton}}{\text{semana}} \times \frac{25 \text{ semanas}}{\text{zafra}} = 36,000.0 \text{ ton para la zafra}$$

Se tiene 36,000.0 ton, con un 10% de tiempo perdido = **32,400.0 ton de caña para la zafra.**

El costo de la caña 30 USD / ton:

$$32,400.00 \text{ ton} \times \frac{30 \text{ USD}}{\text{ton}} = 972,000.00 \text{ USD}$$

Azúcar de venta:

1 ton de caña = 2 sacos de azúcar de 50 kg

$$32,400.00 \text{ ton} \times \frac{2 \text{ sacos}}{\text{ton}} = 64,800.00 \text{ sacos de azúcar}$$

1 saco de azúcar = 40 USD

$$64,800.00 \text{ sacos} \times \frac{40 \text{ USD}}{\text{saco}} = 2,592,000.00 \text{ USD.}$$

Sumamos los gastos:

972,000.00 USD Caña de azúcar + 400,000.00 USD Repuestos, insumos, gastos administrativos

Tenemos de inversión: 1'372,000.00 USD de gastos

Utilidad operativa: Venta de azúcar – Gastos:

$$2,592,000 \text{ USD} - 1,372,000.00 \text{ USD} = \mathbf{1,220,000.00 \text{ USD}}$$

Para tener el valor del consumo de energía eléctrica en el proceso y estimar la necesidad de ser autosuficiente con una generación propia por medio de un turbogenerador, calculamos este rubro.

Gasto de energía eléctrica: Se Tiene según Pliego Tarifario aprobado por el Directorio del CONELEC la tarifa del costo de energía eléctrica para el

industria es $\frac{8.58 \text{ c USD}}{\text{Kw / h}}$

$$\frac{8.58 \text{ c USD}}{\text{Kw / h}} \times 333 \text{ Kw / h} = 2,857.14 \text{ c USD por hora,}$$

el consumo diario que se valora en 28.57 USD / hora ,

$$\frac{28.57 \text{ USD}}{\text{hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} = 685.71 \text{ USD diario}$$

$$685.71 \text{ USD diario} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 20,571.4 \text{ USD / mes,}$$

$$\frac{20,571.4 \text{ USD}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{\text{zafra}} = 123,428.44 \text{ USD / zafra.}$$

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

Con los trabajos realizados de repotenciación de Los equipos, logramos en lo que respecta a la molienda una mayor cantidad de caña (subiendo de 10 a 12 *ton*) con una extracción de sacarosa razonable. Todo esto se complementó con la aplicación de soldadura como describimos anteriormente, en la cara de los dientes de la masa y picotes en los filos de los mismos, lo que aumenta la capacidad de agarre que ayudo más que los chevrones originales (canales de agarre al arrastre de la caña). En los ejes con fisuras, con un adecuado procedimiento de soldeo, con pre y pos calentamiento logramos recuperarlos y una de las partes que es la cuchilla central con su fuerte desgaste por abrasión y corrosión, con el trabajo realizado evitamos su cambio, durante toda la zafra y en consecuencia nos disminuyeron las paradas para mantenimiento correctivo, aumento la producción y como todo se evalúa monetariamente, aumento las ganancias.

En lo referente al agua de imbibición al mantenerla constante a una temperatura de 60°C, obtuvimos la mayor extracción de sacarosa de la

caña, esto es 10% promedio, **100 kg (2 SACOS DE 50 kg) de azúcar por ton de caña.**

4.2. RECOMENDACIONES:

1.-Para un incremento de molienda a futuro el molino puede moler sin inconveniente $25 \text{ ton} / h$, teniendo que de lo calculado (1)

Para 4 molinos, $N= 12$, $C = 16.10 \text{ ton} / h$

Para 5 molinos, $N= 15$, $C = 18 \text{ ton} / h$.

Con la adición de un cuarto y quinto molino, con accionamiento independiente con motores eléctricos, se puede incrementar la molienda hasta $20 \text{ ton} / h$, y de allí más una cuarta masa a cada molino logramos lo estimado.

2.-Para ayudar a la extracción de sacarosa en un 2%, es necesario incrementar la potencia de los 3 molinos originales y subir la velocidad 1 rpm más, o sea 6 rpm a todos los molinos.

3.-Refiriéndose a la energía eléctrica, el costo de un turbo-generador de 500 Kw esta alrededor de $320,000.00 \text{ USD}$, el cual viendo el costo de la tarifa eléctrica ($123,428.44 \text{ USD} / \text{zafra}$) actual se pagaría en un poco

más de 2 años y considerando una vida útil alrededor de 30 años, se ve que es rentable para la planta.

4.-También hay que considerar por el continuo mantenimiento correctivo, comprar una caldera cuyo costo (de una caldera de 12 *ton / h*) está en los 600,000.00 *USD* para aumentar productividad y disminuir pérdidas por paradas y utilización de fueloil para mantener la presión de trabajo del vapor.

APÉNDICE

Para trabajar con la caña se debe que conocer que es:

Bagazo: El residuo de moler la caña en uno o más molinos. Se conoce como bagazo del primer molino, bagazo del segundo, etc., cuando se refiere al residuo procedente del último molino, se lo conoce simplemente como bagazo, se mide % humedad.

Brix: El % de materia sólida, según lo indicado por el hidrómetro "Brix" u otro dispositivo densimétrico (expresado en gramos de concentrado en 100 gramos de solución) de una solución de sacarosa pura en agua.

Chevron: Muesca tallada en los dientes y cuya sucesión describe una hélice simétrica de la primera con relación al plan mediano del cilindro.

Fibra: La materia prima seca de la caña, insoluble en el agua.

Masa: Masa cilíndrica para moler caña, se denominan masa superior, cañera y bagacera

Pol: El valor obtenido de la polarización simple o directa en un sacarímetro de una solución de peso normal. Es la concentración expresada en 100 g de solución de sacarosa pura en agua.

Primer jugo extraído: El jugo extraído del primer molino del tándem de molinos.

Sacarosa: El disacárido conocido en química como sacarosa o azúcar de caña.

Tándem: Cada molino posee 3 mazas. Los molinos se colocan de forma tal que la fibra que sale de un molino sea acarreada por un conductor intermedio y entre a un siguiente molino, de esta manera se logra extraer la mayor cantidad de sacarosa que contiene la fibra. Estos arreglos de molinos se conocen como Tándem de Molinos

Ultimo jugo extraído: El jugo extraído del último molino.

Vírgenes: Bases metálicas que brindan el soporte a los ejes que mueven las mazas

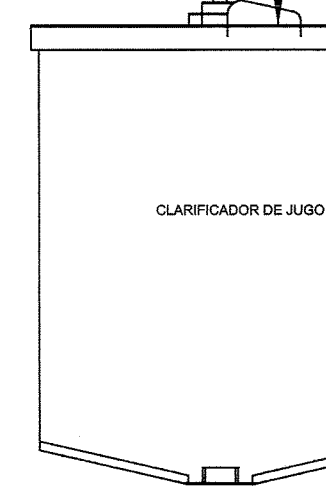
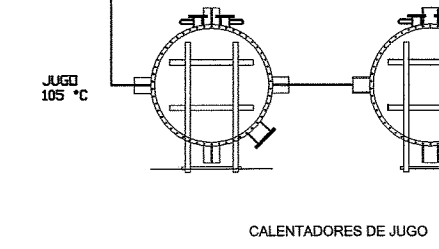
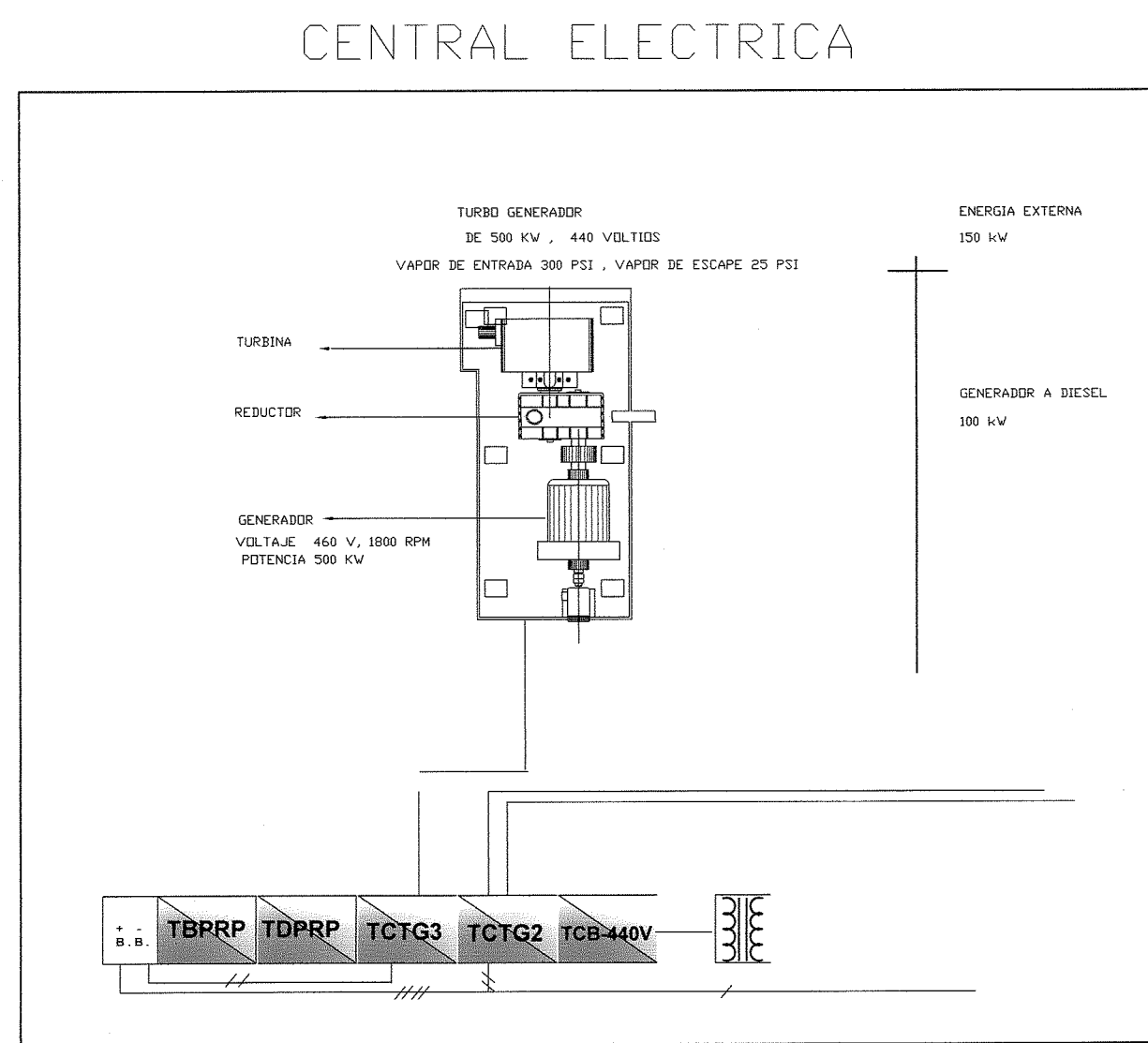
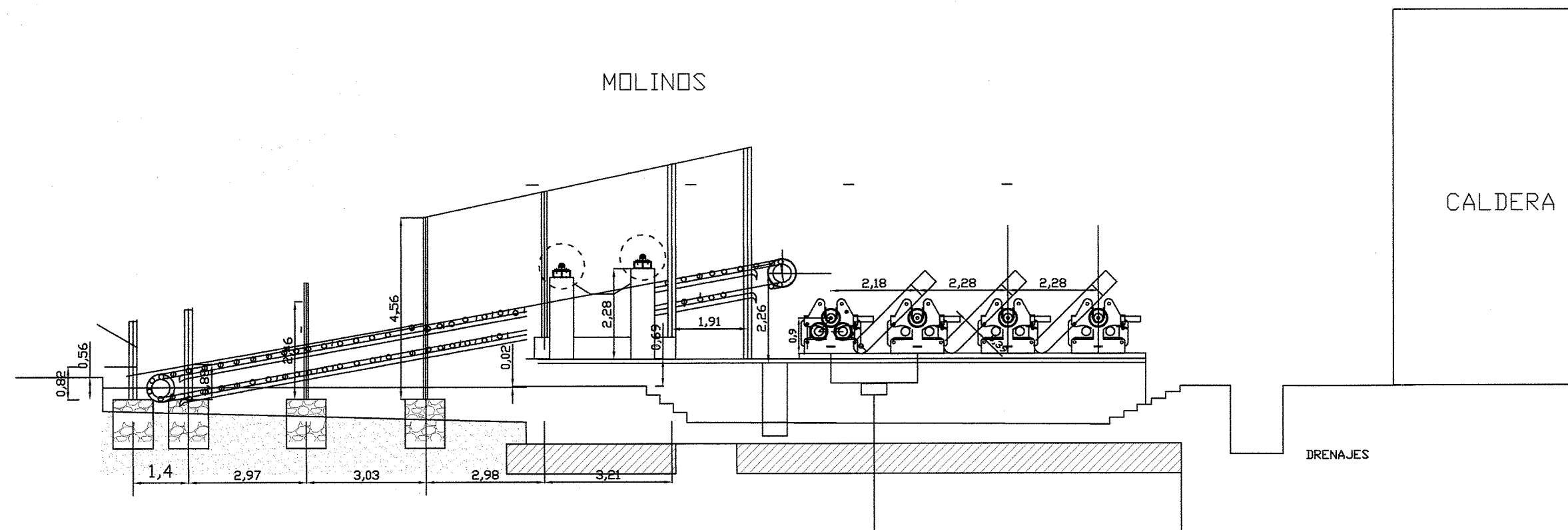
BIBLIOGRAFÍA

1. HUGOT E. , Manual Para Ingenieros Azucareros, cuarta edición
(CECSA)
2. Curso Internacional: “PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO
ENERGÉTICO DE BIOMASA”. Septiembre 8 al 12 del 2008 en
Riobamba - Ecuador
3. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV. Cultivos para
la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la
generación de empleos e ingresos. Módulo V: Caña de azúcar,
4. León Ana Lorena., Cogeneración eléctrica en la azucarera el Viejo
S.A., Coordinadora Área de Desarrollo, Dirección Sectorial de Energía,
Costa Rica.
5. Instituto Cubano del Libro, Índices de capacidades para los ingenios
de crudo de Cuba, Publicado por MINAZ, en la Unidad Productora 01
“Oswaldo Sánchez” I
6. Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros de la Caña,
Sistema de Control para Ingenios de Azúcar, Editorial Técnico
Azucarero de la Habana.

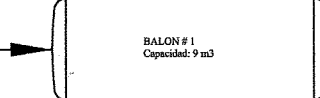
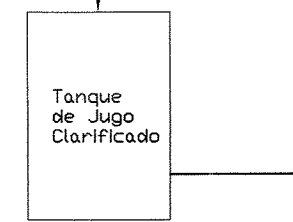
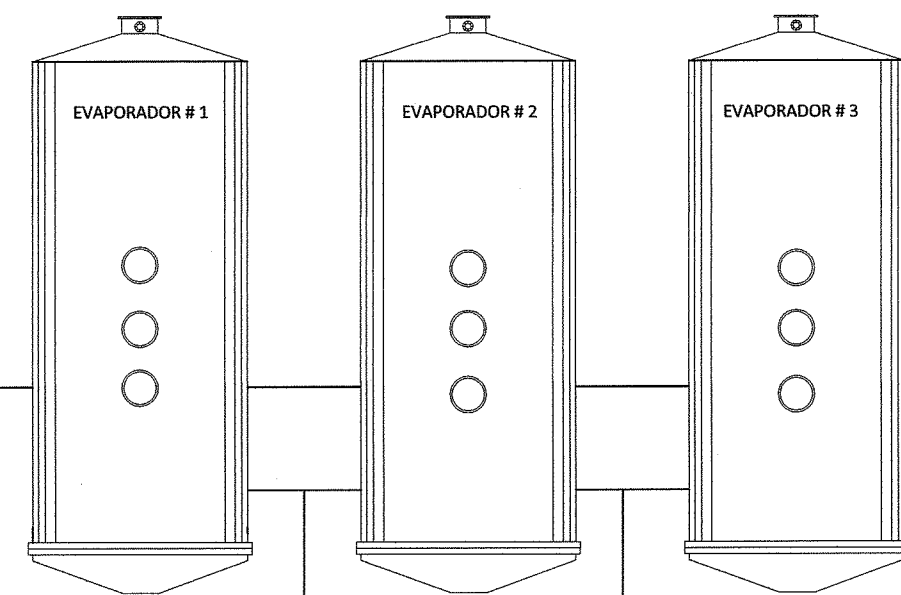
7. Navarrete Peré Editorial Pueblo y Educación, Z. Enrique
“Mantenimiento Industrial”. Tomo II, (Ciudad de la Habana)
8. MARKS, Manual del ingeniero mecánico ,octava edición
9. http://www.ecuaquimica.com.ec/info_tecnica_cana.pdf
10. Catálogo de Eutectic.

PROCESO DE ELABORACION DE AZUCAR Y ALCOHOL

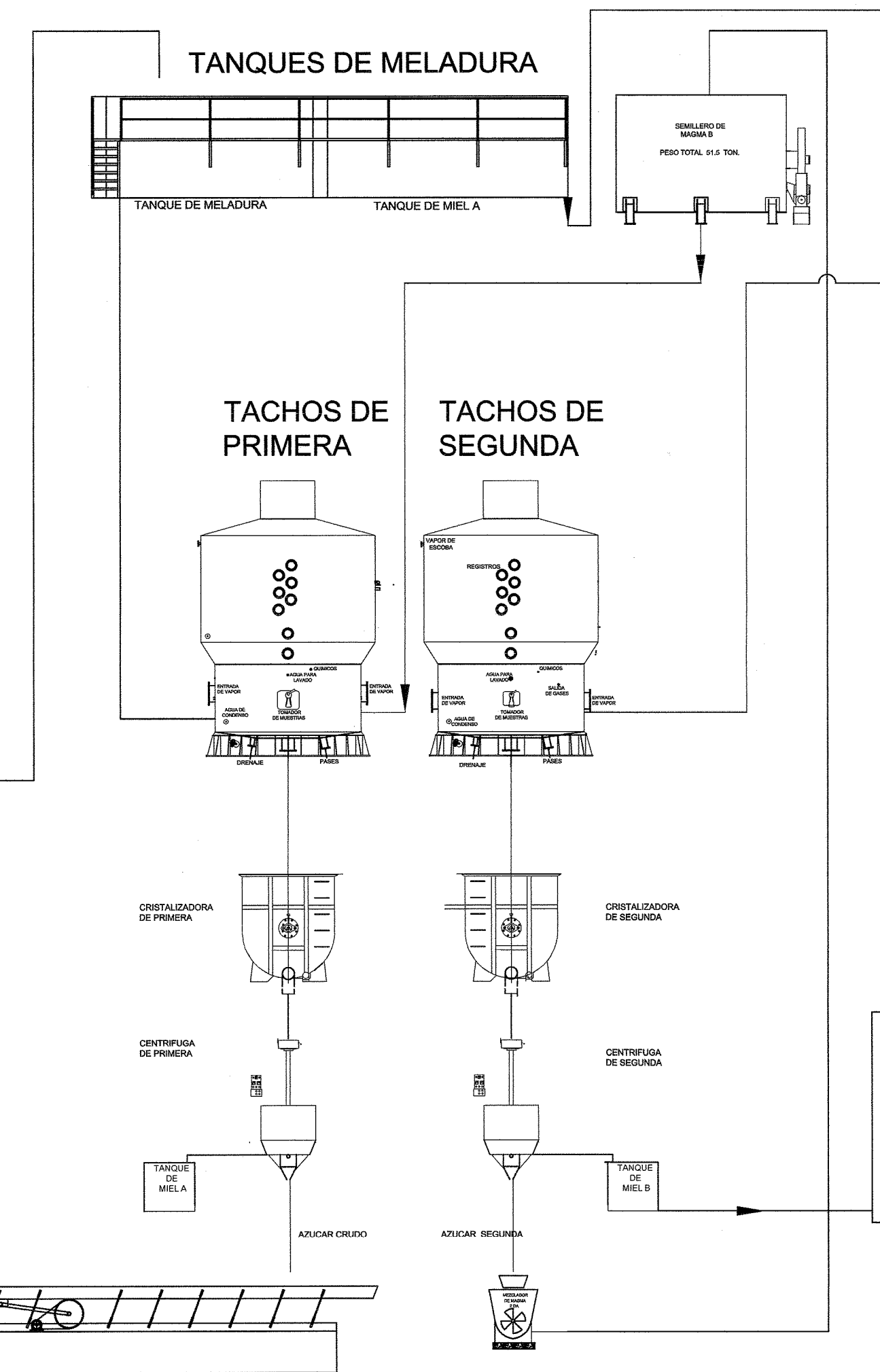
LICANZA S.A. - EMBORIENTAL



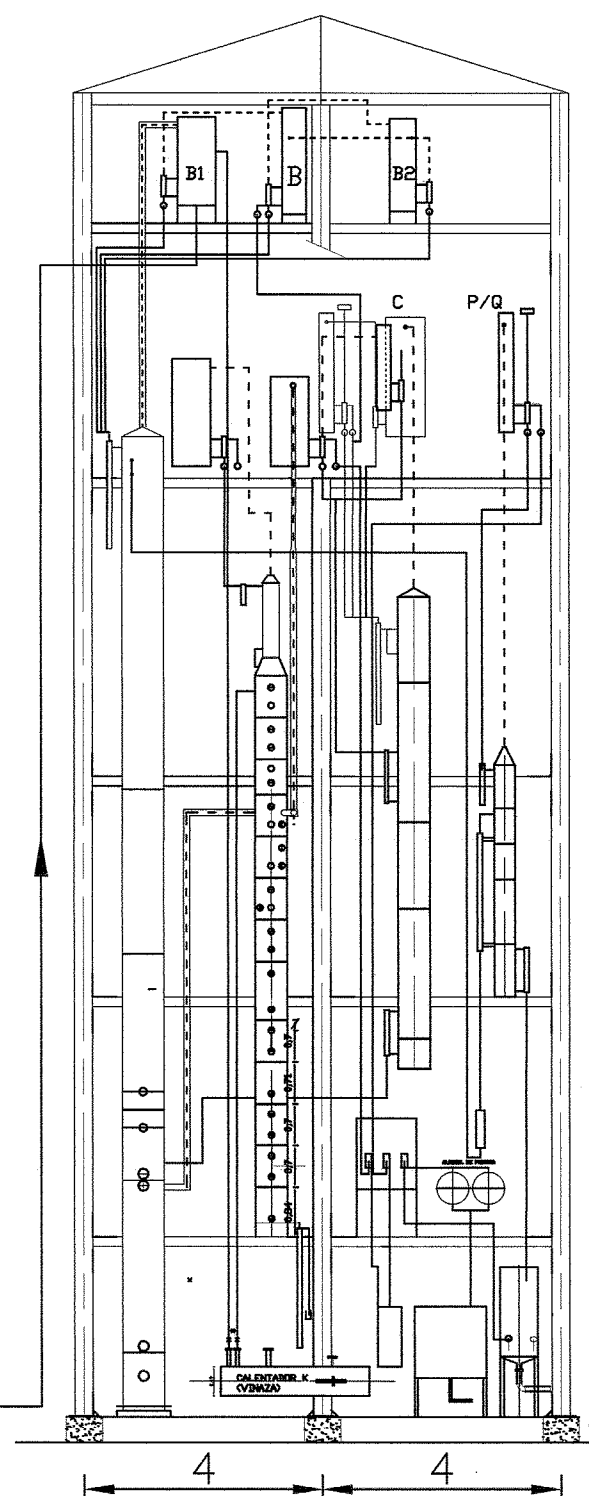
EVAPORADORES

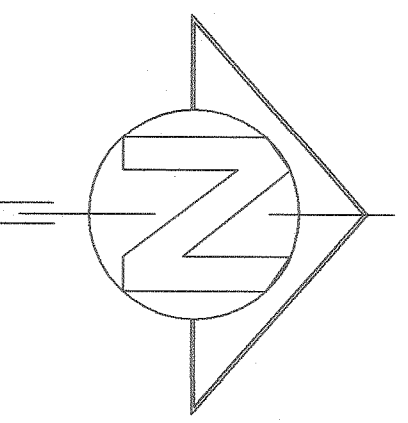


FABRICA DE AZUCAR CRUDO



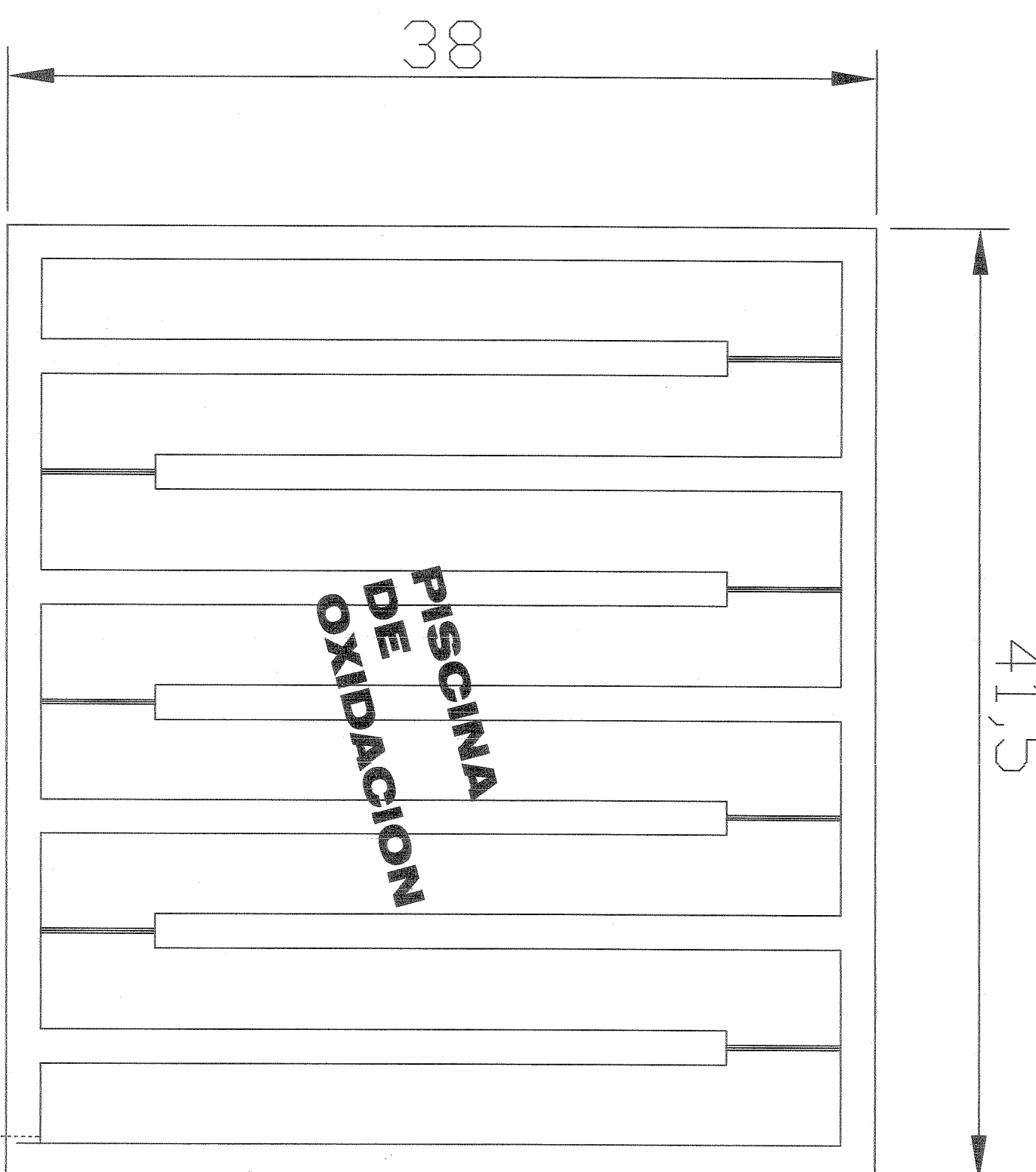
DESTILERIA





93

41,5

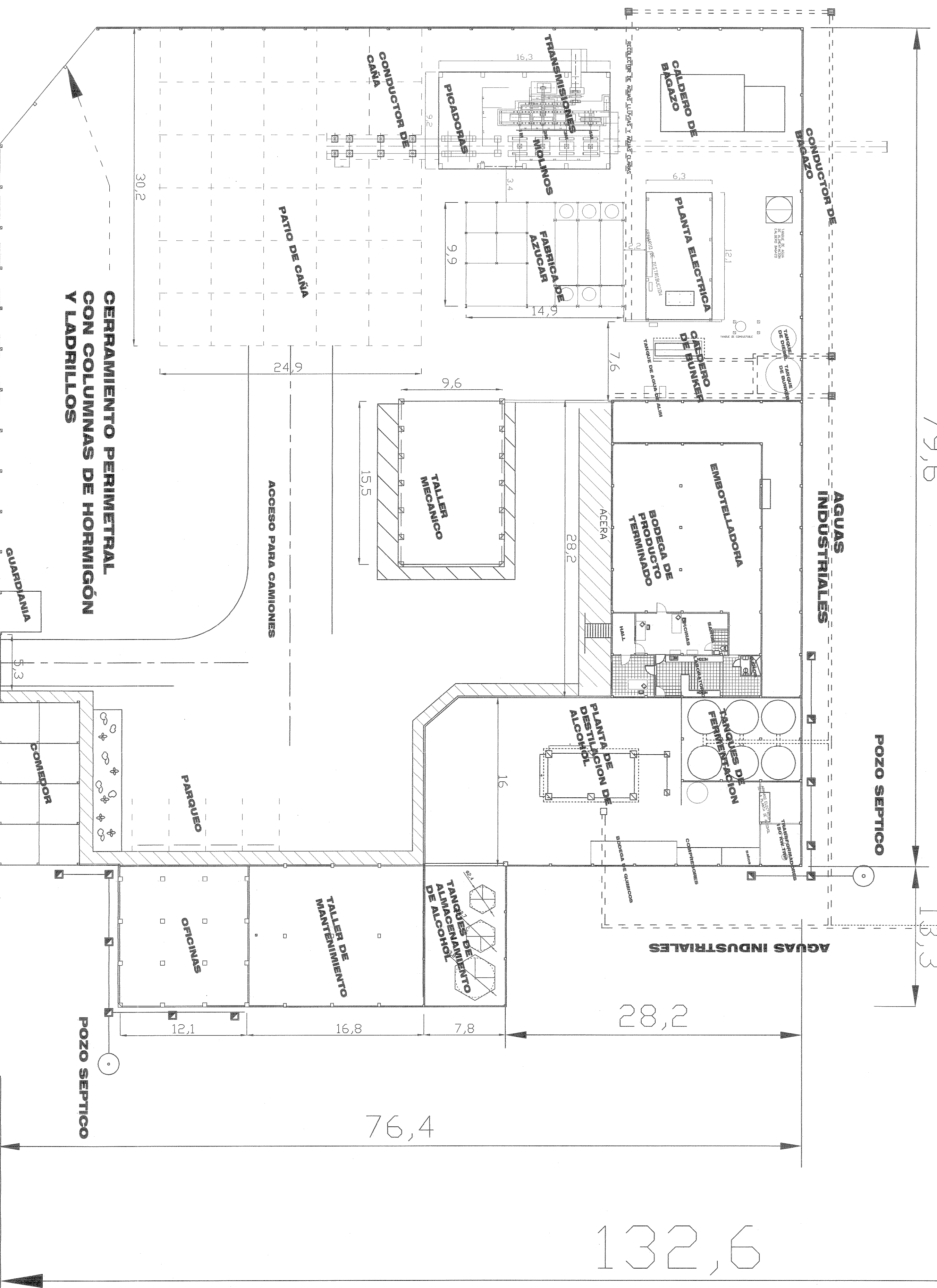


79,6

13,3

132,6

76,4



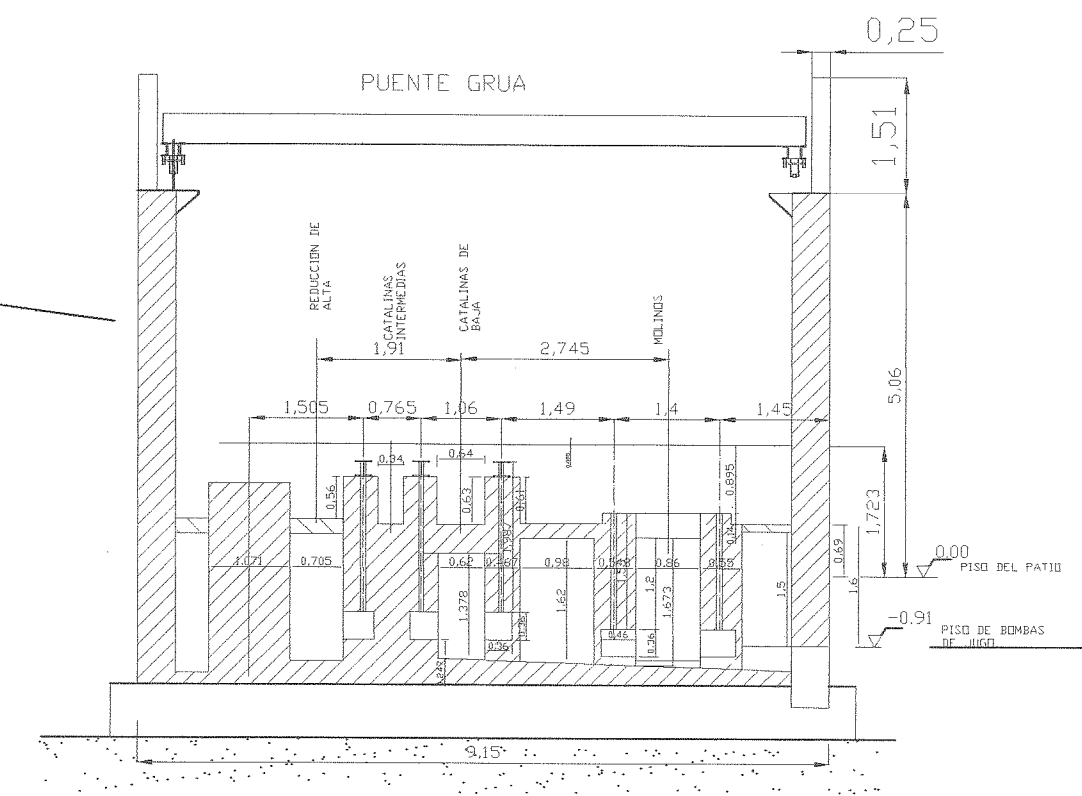
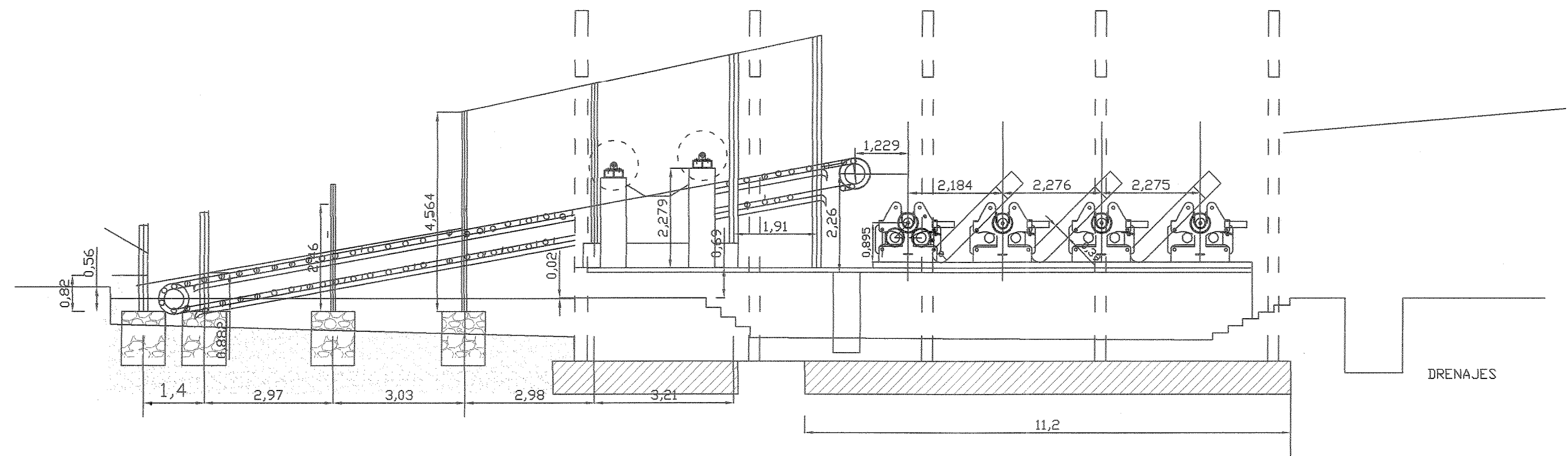
CARRETERA DURAN - TAMBO

Km 29

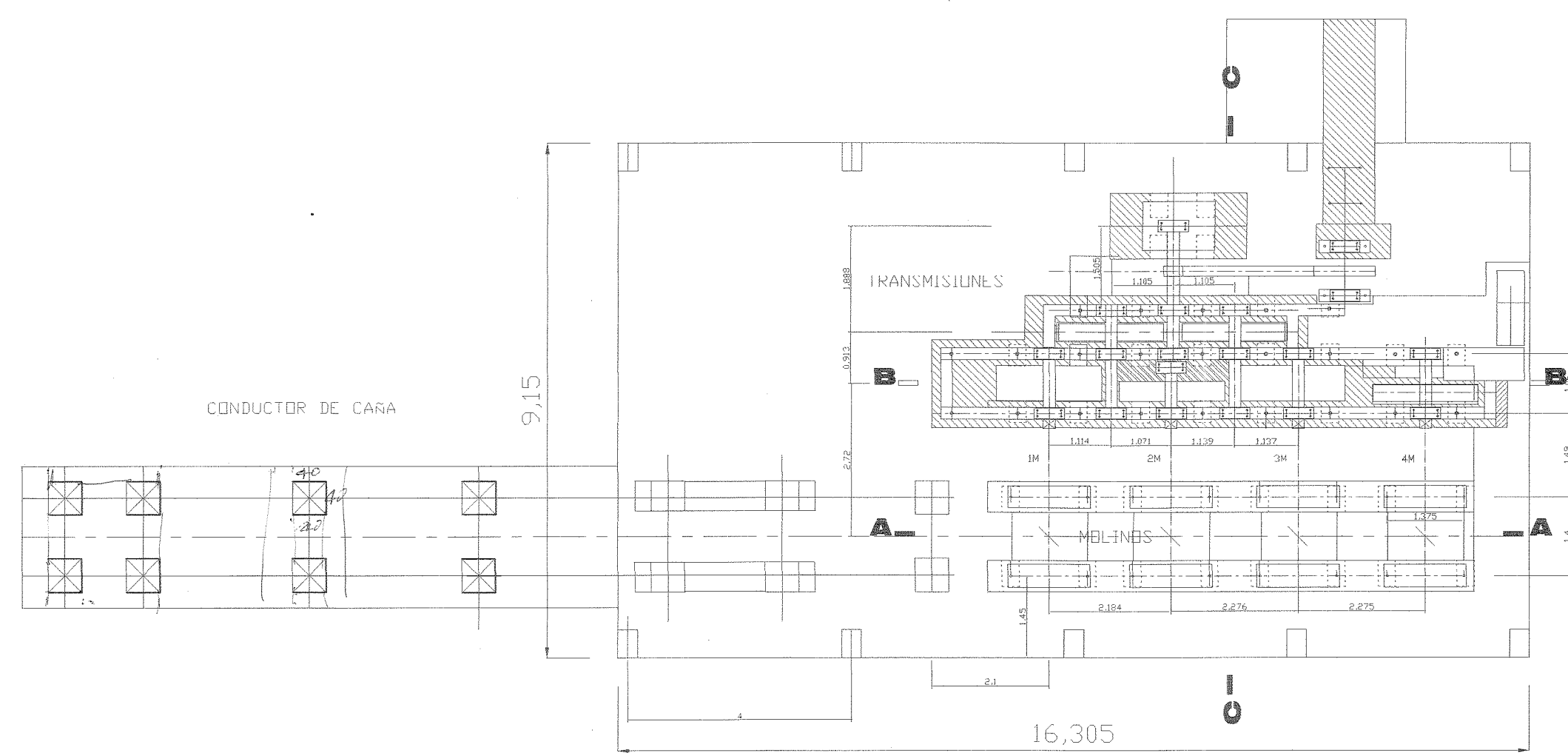
20

LIBRA		LONJAZA Y EMBOHRIENTAL	
VIA DURAN TAMBO Km 29		VIA DURAN TAMBO Km 29	
FABRICA DE AZUCAR Y ALCOHOL			
PROYECTO			
CONTINENTE	PROYECTO	ESCALA	FECHA
PLANO SANITARIO	ING TIEMPO Paro de	1:200	DICIEMBRE 2003
PROYECTO	CONSTRUCION	01/08/03	
RESP TECNICO	DISEÑO ESTRUCTURAL	LARINA	

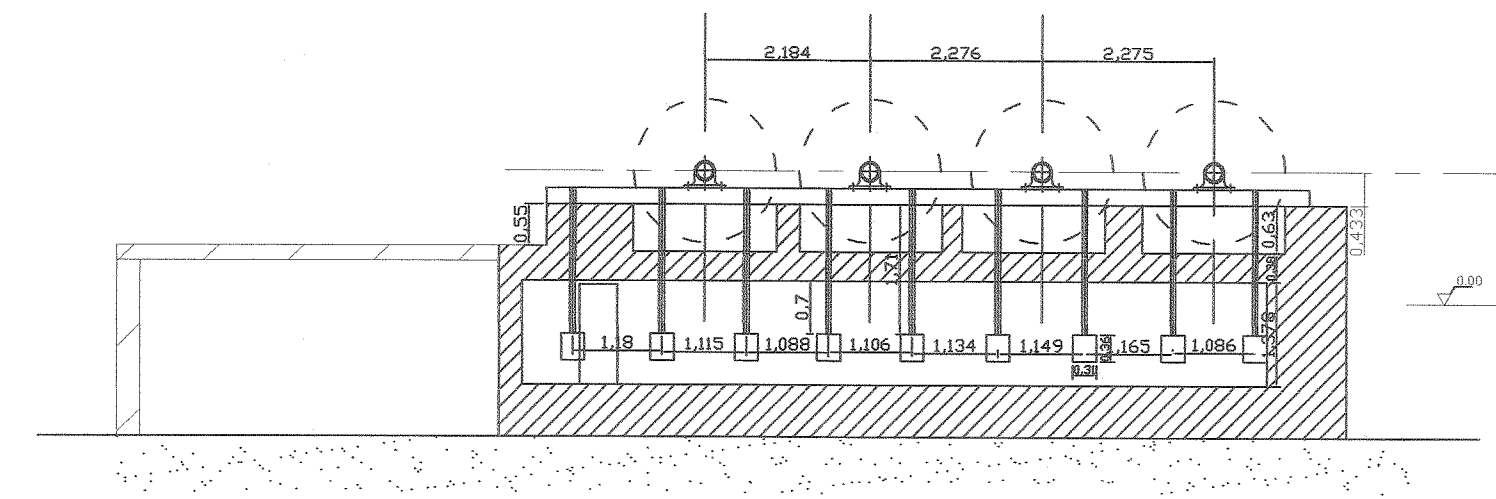
L2



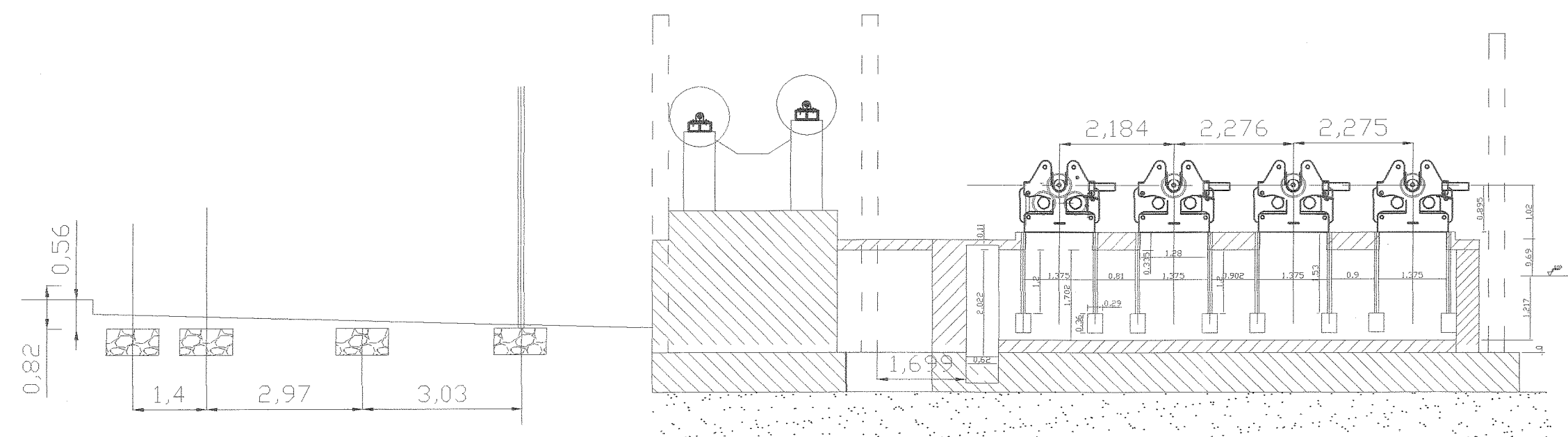
CORTE C - C



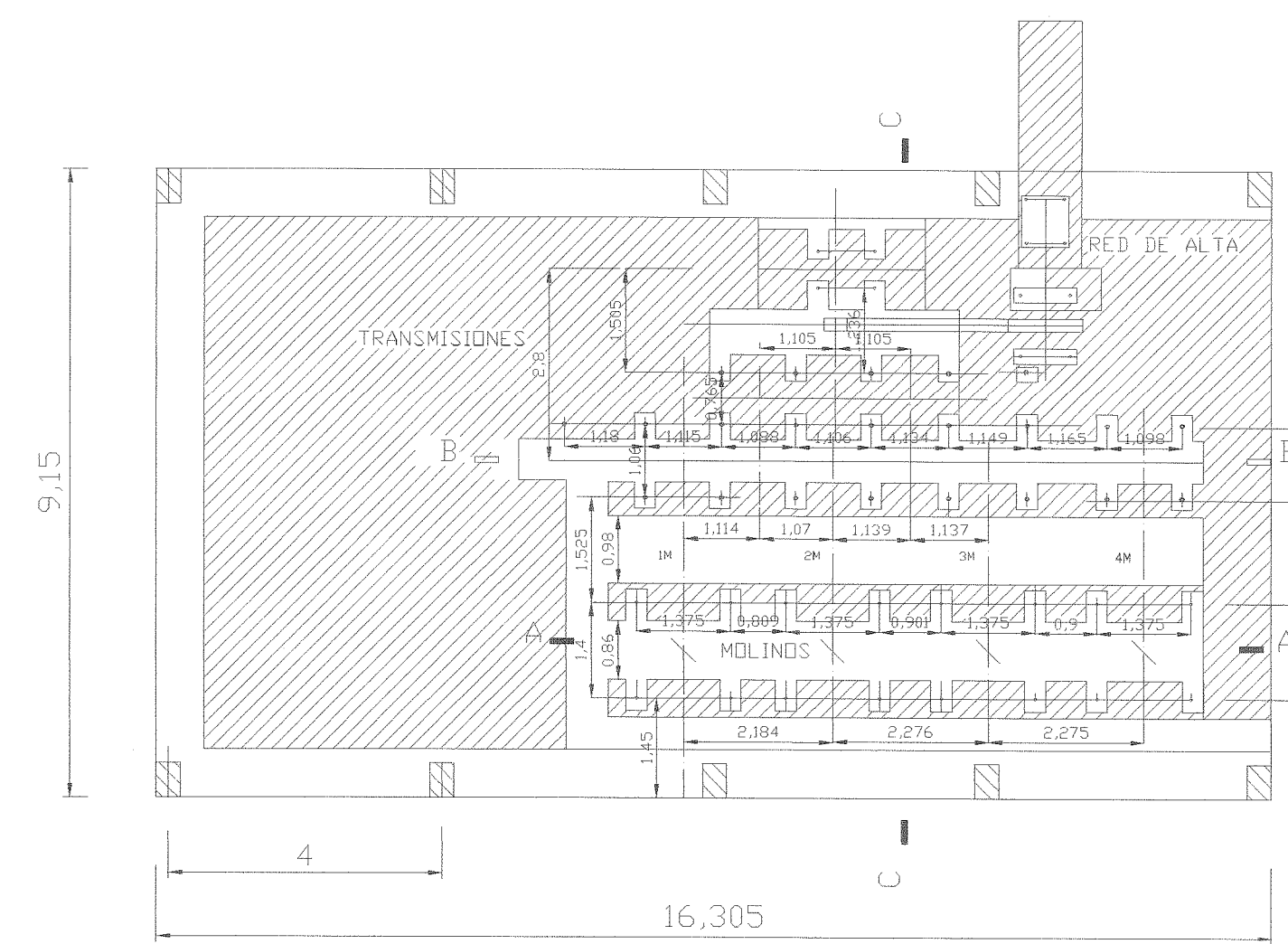
PLANTA



CORTE B - B



CORTE A - A



PLANTA - UBICACION DE ANCLAJES

LICANZA Y EMBORIENTAL			
VIA DURAN TARDÓ #4-29			
OBRA			
FABRICA DE AZUCAR Y ALCOHOL			
CONTIENE	PROPIETARIO	ESCALA	FECHA
PLANTA MOLINO	Ing. Tetmo Paredes	1 : 100	OCTUBRE /15/2009
COORTES	UBICACION	DEBIDO	
RESP. TECNICO	DISENO ESTRUCTURAL	LAMINA	
			L3