

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería Mecánica

**"Diseño y Construcción de un Secador de Arroz"**

**Tesis de Grado**

**Previa a la obtención del Título de  
INGENIERO MECANICO**

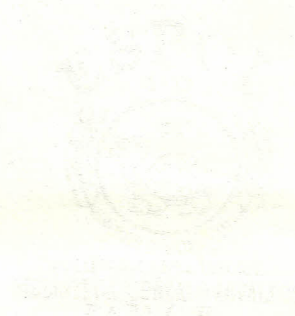
Presentado por:

**LUIS JOSUE GAVILANES JIMENEZ**

Guayaquil - Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO



Al DR. HANS P. LOHRLEIN  
Director de Tesis, por su  
ayuda y colaboración para  
la realización de este tra  
bajo.

DEDICATORIA

DECLARACION EXPRESA



POLITECNICA DEL LITORAL  
BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'  
F.I.M.C.P.

A MIS HIJAS

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI MISMO

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas  
expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente;  
y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA  
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

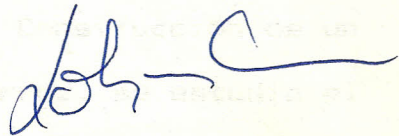
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la  
ESPOL).


Ing. Víctor Hugo González  
MILAGROS, LITORAL

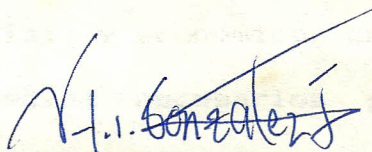
Ing. Víctor Hugo González  
MILAGROS, LITORAL

-----  
Luis Josue Gavilanes Jimenez

-----  
Ing. Marcos Tapia Q.  
SUBDECANO

  
-----  
Dr. Hans P. Lohrlein  
DIRECTOR TESIS

  
-----  
Ing. Manuel Helguero  
MIEMBRO TRIBUNAL

  
-----  
Ing. Victor Hugo Gonzalez  
MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

En el siguiente proyecto: Diseño y Construcción de un prototipo experimental de secador de arroz, se estudia el problema de secado en nuestro medio, y se trata de dar solución usando métodos que con poca inversión den excelentes resultados.

Se presentan tablas y cuadros de producción de esta gramínea en nuestro País, y se compara con la capacidad de secado que posee el agricultor en base de secadores importados y nacionales.

Además se analiza el carácter social y económico en el agricultor que no posee los medios necesarios para adquirir un sistema fabricado o importado.

Este proyecto también brinda nuevas ideas y soluciones tanto al agricultor como al profesional agroindustrial, acoplando nuestra técnica a las verdaderas necesidades, ésto es, creando tecnología apropiada para nuestro medio.

## INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE PLANOS

INTRODUCCION

1.- ANTECEDENTES

1.1. Situación de la Post-Cosecha del Arroz

1.2. Justificación

2.- FUNDAMENTOS Y SELECCION DEL SISTEMA DE SECADO

2.1. Fundamentos Teóricos y Técnicos del Secado

2.2. Sistemas Posibles de Secado

2.3. Selección del Sistema

2.4. Determinación de la capacidad de secado

3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE SECADO

3.1. Descripción del Sistema Elegido

3.2. Diseño del Prototipo Experimental

3.3. Cálculo de Resistencia de Materiales

3.4. Cálculo de los cimientos

4.- CONSTRUCCION DEL SECADOR

4.1. Construcción de las Diferentes Partes

4.2. Ensamblaje del Sistema

5.- ANALISIS ECONOMICO

5.1. Cálculo de gastos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICES

SIMBOLOGIA

BIBLIOGRAFIA

El presente estudio tiene como finalidad principal proporcionar información sobre el estado actual de la producción de azúcar en el país, así como los aspectos más importantes de su desarrollo.

El sector azucarero es uno de los más importantes de la economía nacional, ya que de él depende en gran parte la obtención de divisas y el bienestar de una gran parte de la población. Sin embargo, el sector enfrenta serios problemas que impiden su desarrollo pleno.

Entre los principales problemas que enfrenta el sector azucarero se encuentran: la falta de inversión en tecnología y maquinaria, la baja productividad, la dependencia de insumos importados y la competencia desleal de otros productos.

Para superar estos problemas es necesario implementar una serie de medidas que permitan mejorar la eficiencia y la competitividad del sector. Entre ellas se encuentran: la inversión en tecnología, la capacitación de los trabajadores y la promoción de la exportación.

## INTRODUCCION

Aunque el arroz es el principal cultivo agrícola en la mayoría de los países tropicales y en especial el nuestro, el tratamiento del grano en la etapa de post-cosecha en nuestro país no ha sido aún desarrollado.

El secado es tal vez el proceso más importante de la post-cosecha ya que de éste depende en gran parte la calidad final del producto y su buena preservación si éste no va a consumirse o comercializarse inmediatamente después del secado.

La mayoría de los pequeños agricultores usan el sistema tradicional de "secado al aire", el arroz se extiende sobre el suelo expuesto a los rayos solares y al movimiento natural del aire ambiente, este método aunque barato posee muchas desventajas por lo que no es conveniente.

Es pues una necesidad la de tratar de usar tecnología que esté a nuestro alcance para resolver este problema y así beneficiar a un amplio sector que por razones que no vamos a analizar se encuentra sin el necesario aporte gubernamental.

## CAPITULO 1

### ANTECEDENTES

#### 1.1. SITUACION DE LA POST-COSECHA DEL ARROZ

Los procedimientos de post-cosecha de arroz poseen igual o mayor importancia que la cosecha misma, ya que de estos procedimientos depende en gran parte la calidad final de la gramínea.

En la post-cosecha del arroz encontramos tres pasos importantes, los cuales son:

a. Secado

b. Almacenamiento

c. Pilado

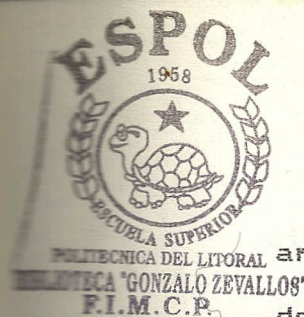
Podemos decir que el secado y el almacenado son los más importantes.

El arroz trillado con la cáscara se denomina "arroz palai". El grano de arroz descascarado por medio de la molienda se denomina "arroz descascarado".

Resulta más conveniente almacenar arroz sin descascarar, puesto que la cáscara protege a los granos no solo de las insectos que puedan encontrarse, sino también de hongos y bacterias que atacan al grano almacenado.

No obstante, el almacenamiento del arroz sin descascarar requiere de precauciones especiales, ya que no se trata de un producto inerte, sino vivo, con calor latente y con respiración.

Desgraciadamente esta propiedad muy importante del



arroz se pasa frecuentemente por alto, debido al desconocimiento de la misma, al diseñar y manejar sistemas de almacenamiento y secado de granos.

Los deficientes procesos de secado y almacenamiento representan a la larga una pérdida cuantiosa tanto para el agricultor como para el Estado; al Estado, ya que al encontrarse el país con déficit de arroz se ve la necesidad de importarlo; y al agricultor, porque además de haber perdido parte de su cosecha, por el mal manejo del grano, tiene que entrar a competir con un arroz importado y hasta subvencionado. Esta política gubernamental es altamente irresponsable, pudiéndose corregir esto con un buen plan de post-cosecha implementado no tan solo al arroz sino a otros productos.

Ya hemos dicho que el grano de arroz es un ser vivo y por lo tanto respira, lo mismo sucede con los posibles microorganismos e insectos presentes junto al arroz, que al realizar la respiración consumen oxígeno y desprenden anhídrido carbónico. La atmósfera intergranular del arroz, almacenado en lugares herméticamente cerrados, tiende a enriquecerse de anhídrido carbónico y a empobrecerse en oxígeno.

Esto al principio ralentiza los procesos respiratorios del grano de arroz, microorganismos e insectos y en consecuencia controla el incremento perjudicial de la temperatura y humedad derivado del proceso



biológico de la respiración.\* Este proceso frena el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos y las transformaciones químicas reductoras, produciéndose el deterioro del arroz, lo que afecta negativamente la futura germinación de las semillas.

Ya hemos dicho que la temperatura y humedad favorecen el desarrollo y crecimiento de los insectos, hongos, bacterias y microorganismos, acelerando las transformaciones químicas del embrión con la consiguiente disminución del poder germinativo. Es pues, de una gran importancia el efecto conjunto de la temperatura y la humedad sobre el desarrollo de insectos y hongos y sobre la pérdida de germinación. (1).

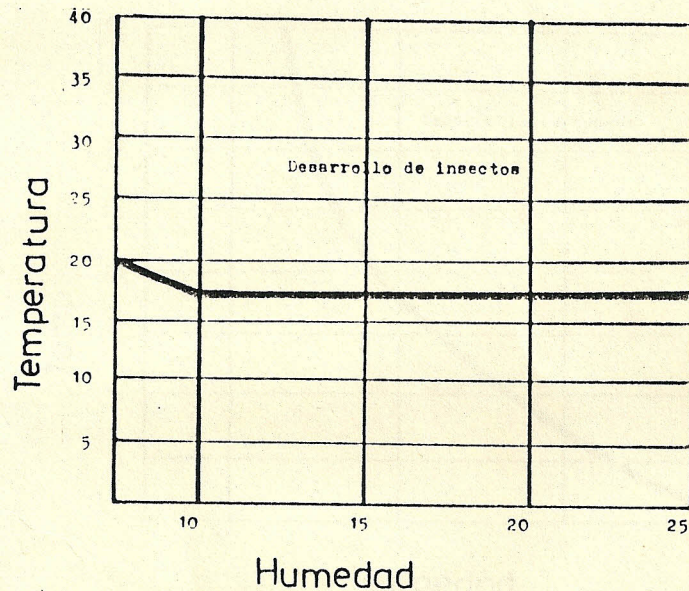


FIG. 1.1. DESARROLLO DE INSECTOS CON RELACION A TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ALMACENAMIENTO (2).

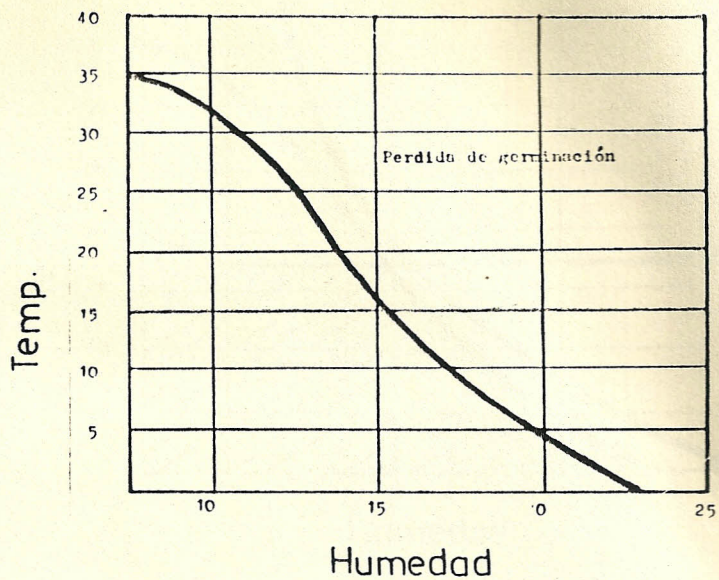


FIG. 1.2. PERDIDA DE GERMINACION DE ARROZ ALMACENADO EN RELACION CON TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ALMACENAMIENTO (2).

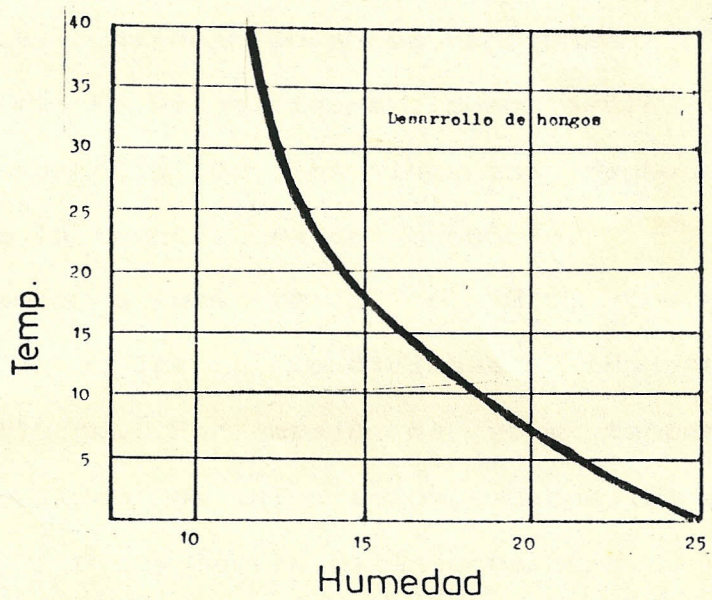


FIG. 1.3. DESARROLLO DE HONGOS EN RELACION CON TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ALMACENAMIENTO (2).

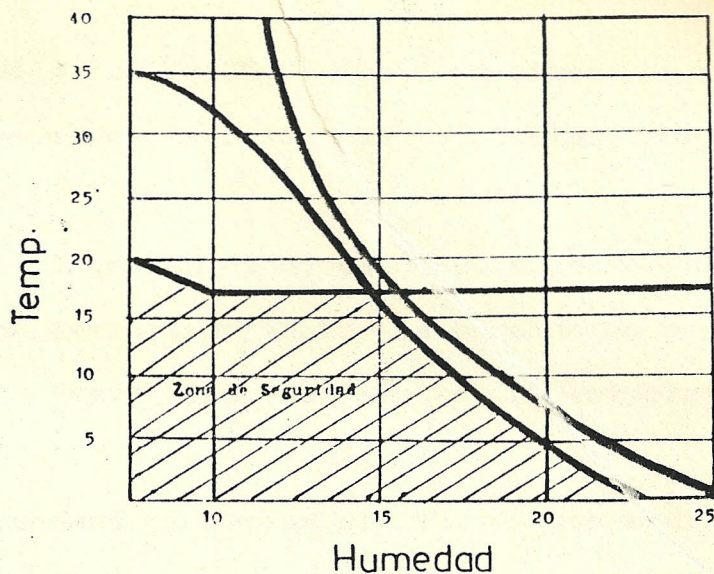


FIG. 1.4. ZONA DE SEGURIDAD EN EL ALMACENAMIENTO DE CEREALES, EN RELACION CON LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ALMACENAMIENTO. (2).

Los datos experimentales mostrados en las figuras 1.1 a 1.4, confirman lo antes mencionado; realizando un análisis de estas figuras, puedo decir:

- El desarrollo de los insectos depende en gran parte de la temperatura del producto.
- Solamente a más de 17 ó 18°C, los parásitos encuentran las condiciones idóneas para desarrollarse. Por abajo de esta temperatura no existe peligro de infestación, aunque los insectos, sus huevos o sus larvas estén presentes.
- La pérdida de germinación y el desarrollo de hongos se realiza cuando existe una cierta relación entre la temperatura y la humedad.




- Más allá de 30-35°C de temperatura se tiene una pérdida de germinación aún a niveles muy bajos de humedad.
- Si el contenido de humedad es superior al 24-25%, se puede verificar tanto la pérdida de germinación como el desarrollo de hongos a temperaturas muy bajas.
- Con humedad inferior al 12%, el desarrollo de los hongos, bacterias y microorganismos no se realiza ni a temperaturas elevadas.
- Si consideramos las tres curvas en conjunto vemos que la zona de seguridad en la conservación de los cereales se extiende como máximo hasta los 18°C de temperatura, cuando la humedad de los granos no supera 13.5-14%, a humedades superiores la temperatura de seguridad va descendiendo.

## X 1.2. JUSTIFICACION.

De lo expuesto en la sección 1.1 es claro que el manejo de la gramínea en la etapa de post-cosecha es de suma importancia y considerando que el Ecuador es un país eminentemente agrícola, debemos de enfocar nuestros esfuerzos como futuros profesionales al desarrollo e implementación de las técnicas en este campo.

En el Ecuador se disponen de varias técnicas primitivas, como la de esparcir el grano sobre

6



superficies de cemento para secarlos por asolamiento o almacenarlos en lugares más o menos ventilados, estas soluciones son muy baratas pero no pueden aplicarse con buenos resultados en climas húmedos como el nuestro, ya que en este sistema se está a expensas de las condiciones meteorológicas y climáticas, y por no contar en el medio agrícola de un sistema de información, las pérdidas por hectáreas son realmente significativas y cuestan al país un rubro irrecuperable, además del factor socio-económico que se produce al verse el agricultor sin su medio de subsistencia.

Para resolver este tipo de problema, en nuestro país se debería implementar una política agro-industrial en la que se provea al sector de secadoras de bajo costo y de alta eficiencia.

Existen dos posibilidades, la una es importarla y la otra es fabricarla localmente. X

La primera alternativa, la importación, puede resultar muy costosa obteniéndose un producto que por poseer demasiada tecnología no se ajuste a las necesidades de nuestro medio. La segunda alternativa, nuestro medio metal-mecánico posee la infraestructura necesaria para una construcción que se ajuste a las necesidades reales de nuestro medio, por lo que el estado debe de canalizar el apoyo a la agricultura en lo que se refiere a secadoras a

través del sector metal-mecánico nacional, que además de obtener secadoras idóneas se estaría creando fuentes de trabajo.

A continuación en la tabla I podemos observar datos sobre importación de secadoras.

De esta tabla vemos que el precio de las secadoras importadas es muy alto y los sectores agrícolas no privilegiados o el pequeño agricultor no está en capacidad económica para adquirirla.

TABLA I

DATOS SOBRE IMPORTACIONES DE SECADORAS 1988 (3)

PAIS	TON. SECADO	FOB(€/TON)	CIF	Q
EE.UU	56.8	445.3	497.4	671.490
MEXICO	3.6	10.0	14.1	19.035
COLOMBIA	2.0	23.2	24.3	32.805
CHILE	85.0	317.7	334.4	451.440
BELGICA				
LUXEMB.	0.1			
ESPAÑA	0.1			
ITALIA	2.7	32.0	36.9	49.815
HOLANDA	15.0	63.4	70.1	94.635
CHINA Y TAIWAN	3.2	20.2	22.6	30.510
JAPON	0.2			

\* Precios en dólares

Q PRECIO + 10% recargos arancelarios + 10% estabilización monetaria + 1% tasa de servicio + gastos de desaduanización + bodegaje + despachador + 10% ITM.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS Y SELECCION DEL SISTEMA DE SECADO

#### 2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS Y TECNICOS DEL SECADO

Los granos de los cultivos son de naturaleza higroscópica, esto significa que se humedecen o se secan dependiendo de la temperatura y humedad relativa del aire que los rodea.

Si la presión de la humedad en el interior de los granos es mayor que la de la humedad atmosférica, el grano perderá su humedad que pasará al aire circundante. En efecto, el grano pasa por un proceso de secado. A la inversa, si el grano está seco y la atmósfera circundante está húmeda, se produce el proceso contrario y el grano absorbe humedad.

La presión real del vapor del aire en relación a la saturación se denomina humedad relativa (RH). La humedad relativa se expresa en porcentaje (%). En el proceso de secado por convección común, el aire debe tener una humedad relativa suficientemente baja para poder absorber la humedad del grano.

Un método simple para reducir la humedad relativa del aire es su calentamiento. Al aumentar la temperatura del aire en 20°F se reducirá la humedad relativa a la mitad de su valor original, otra forma de decirlo es que por cada grado centígrado que aumentamos, la humedad bajará aproximadamente un 5%.

1.5

Cuando se encuentra en contacto con grano húmedo, el aire caliente eleva la temperatura del grano y hace aumentar la presión de vapor de la humedad que se encuentra en su interior. El calentamiento acelera la transformación de humedad del grano al aire circundante, por otra parte al calentar el aire que posee una determinada cantidad de agua, disminuye su humedad relativa y por lo tanto aumenta su capacidad para cargarse de agua (4).

Pero, qué temperatura del aire es la más adecuada para realizar el proceso de secado?. En el secado artificial del arroz, este es un aspecto de máxima importancia.

Se el secado se realiza demasiado rápido mediante un flujo de aire excesivamente caliente, en la estructura interna del grano, se forman numerosas hendiduras que en el momento de la elaboración industrial impiden mantener el grano entero. La figura 2.1 nos muestra la relación entre la humedad relativa  $R_H$  y la temperatura máxima admisible. X

Para evitar esto, no es posible prefijar una temperatura válida en cualquier circunstancia, ya que la temperatura por sí sola no expresa la eficacia del secado, habrá que tomar en cuenta la humedad relativa.

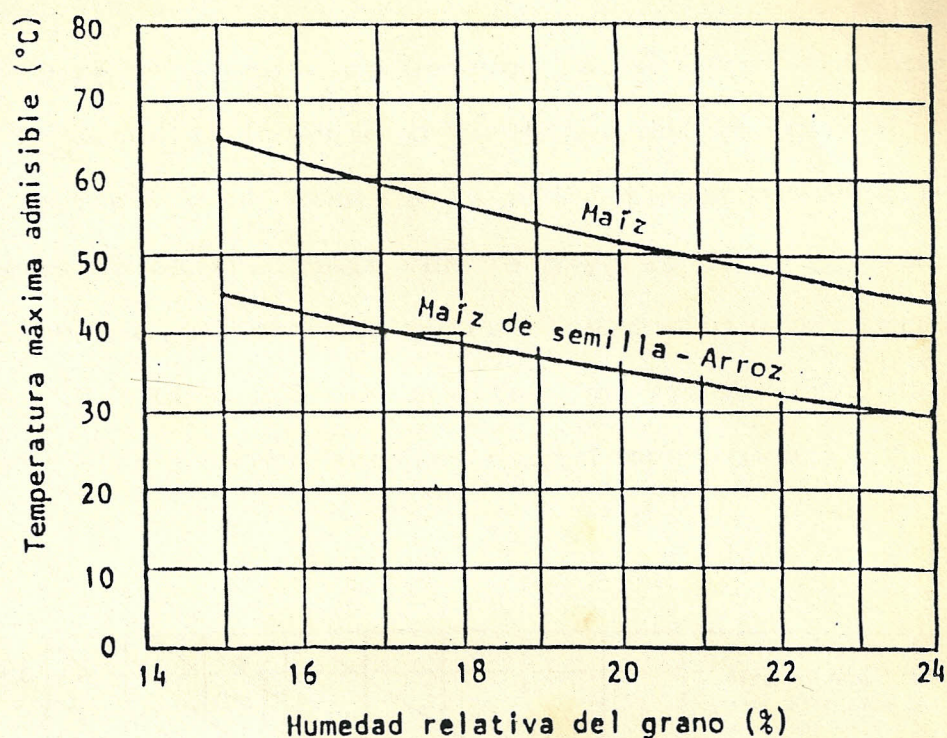


FIG. 2.1.-  $R_H$  DEL GRANO Vs. TEMP. MAX. ADMISIBLE (5)  
PARA NO FORMAR HENDIDURAS EN EL GRANO

De hecho, no es la temperatura en sí misma la que provoca que el grano se agriete cuando se emplean flujos de aire excesivamente calientes, sino el contenido de humedad excesivamente bajo que el aire llega a tener normalmente en tales condiciones. (6).

Para evaporar el agua presente en el grano, hay que poner en contacto a éstos con un aire adecuado. El peso del agua que se puede evaporar teóricamente está indicado en el diagrama psicrométrico. En la práctica, la evaporación es inferior, por cuanto el aire y los granos deben respetar las curvas de equilibrio

específicas.

Durante el proceso de secado, la necesidad de aire varía según la humedad instantánea del grano.

El secado con aire a la misma temperatura de los granos no es frecuente. En la mayoría de los casos, existe una diferencia entre los dos niveles térmicos. La figura 2.3 muestra las curvas de equilibrio entre aire y grano a diferentes temperaturas.

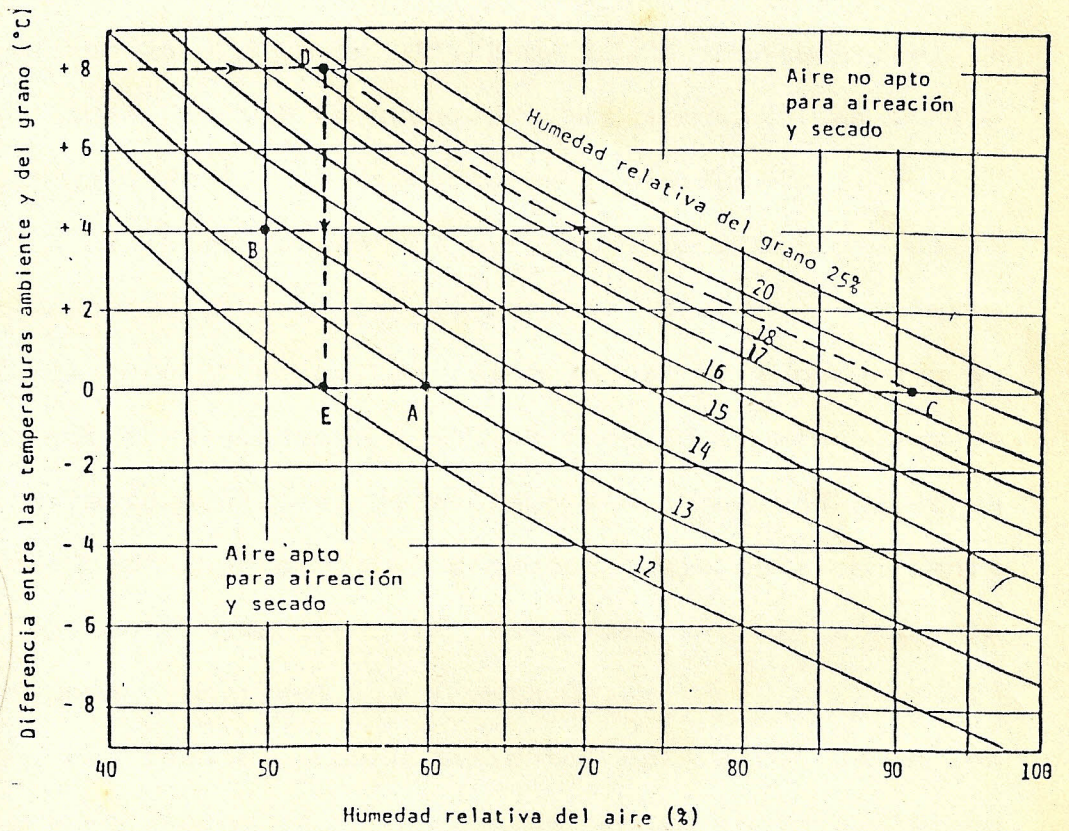


FIG. 2.3.- CURVAS EQUILIBRIO AIRE-GRANO PARA DIFERENTES TEMPERATURAS (5)

El gráfico puede ser utilizado de diferentes formas:

1.> Las temperaturas del aire y del producto son iguales, a una humedad del aire del 60% corresponde por ejemplo, un punto de agua de equilibrio del grano del 13% (punto A). Si la humedad del producto es del 15%, parte del agua se evaporará y si es del 12% se incorporará agua.

2.> La temperatura del aire insuflado es superior a la temperatura del grano, por ejemplo, con aire a temperatura superior de 4°C a la temperatura del producto y humedad del 50% el producto no puede ser secado más allá de 13.7% o 13.8% (Punto B), si la humedad inicial es superior, el producto se seca y si es inferior el producto se humidifica.

3.> La temperatura del aire insuflado difiere de la del cereal, pero la diferencia tiende a anularse durante el secado, por ejemplo, si se supone que se tiene aire ambiente a 91% de humedad (Punto C) y se calienta a 8°C, el aire llega a una humedad relativa de 53.5% (Punto D). El producto bajo esta corriente constante adquiere la temperatura del aire y la humedad final del 12% (Punto E).

En realidad el comportamiento del aire y de los granos resultan intermedios entre los dos últimos ejemplos citados, la diferencia de temperatura inicial varía durante el secado y los granos no llegan al nivel térmico del aire insuflado.

Hasta ahora hemos dicho que para que el arroz

13

desprenda su humedad en exceso se debe de calentar, esta función la realiza el aire caliente que transmite calor al producto y eleva su temperatura, pero el aire ha de realizar otro cometido, el de transportar fuera de la masa de arroz la humedad en exceso bajo la forma de vapor. El aire se carga de humedad, teóricamente absorbe agua hasta su saturación (100% de humedad) y lo transporta mediante la VENTILACION que al desplazar el aire saturado en contacto con el arroz, permite la llegada de aire nuevo, de baja humedad relativa, que iniciará nuevamente el proceso de acarreo y transporte de vapor de agua.

X La ventilación debe de ser siempre abundante, aproximadamente 100 a 300 m<sup>3</sup> de aire/hora/100 Kg de arroz, según el tipo de secador. El ventilador debe de proporcionar una presión estática, suficiente para vencer la resistencia que el arroz y el sistema de distribución ofrecen al flujo de aire. Como ya habíamos dicho anteriormente, el perjuicio que se presenta al secar bruscamente las capas periféricas antes que las internas, el desequilibrio que se produce no es siempre igual ya que depende de la variedad del arroz, del grado de maduración, de la humedad inicial y de la velocidad del flujo de aire que seca. El desequilibrio es mayor mientras más ancho es el grano, cuanto más amorfa es su

14  
estructura amilácea, cuanto más elevada es su humedad inicial, cuanto más incompleta es su maduración y cuanto más veloz es el flujo de aire y mayor su temperatura. X

Para todo esto, en el proceso de secado, tiene una gran importancia el REVENIDO, es decir el fenómeno que mediante la difusión de la humedad del interior hacia la superficie del grano, establece nuevamente el equilibrio, del contenido de humedad entre las diversas capas internas y externas del grano.

Para que se realice el revenido es necesario un período de reposo o enfriamiento, durante el cual la humedad interna del grano tiene tiempo de llegar a la superficie, lográndose una uniformidad de la humedad en toda la masa de arroz y un secado más suave y regular. Lo ideal sería el secado en diversas etapas pasando el arroz a través de dos tres o cuatro cuerpos de secado intercalados por períodos de reposo en silos adecuados con el fin de favorecer el revenido del producto. (6).

X En el proceso de secado resulta necesario conocer la cantidad de agua a evaporarse, si se llaman  $P_i$  y  $P_f$  a los procesos inicial y final del producto;  $V_i$  y  $V_f$  a la humedad inicial y final;  $S$  (en peso) a la materia seca; y  $Q$  a la cantidad de agua a evaporarse.

$$V_i = ((P_i - S) * 100 / P_i)$$

$$V_f = ((P_f - S) * 100 / P_f)$$

$$P_f = ((100 - V_i) / (100 - V_f))$$

$$Q = (V_i - V_f) / (100 - V_f)$$

Con estas fórmulas se puede obtener los valores de agua a evaporar durante el secado.

En la tabla II se muestra un ejemplo.

HUMEDAD INICIAL DEL GRANO (%)	16.00	17.50	20.00	22.50
AGUA A EVAPORAR Q (Kg)	344.00	517.00	805.00	1092.00

HUMEDAD INICIAL DEL GRANO (%)	25.00	27.50	30.00	32.5
AGUA A EVAPORAR Q (Kg)	1379.00	1667.00	1954.00	2241.00

TABLA II.- AGUA A EVAPORAR DURANTE EL SECADO (5)

$$P_i = 10 \text{ t}; V_f = 13\%$$

Para las secadoras se dibujaron tres ábacos, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas, las condiciones de humedad del grano y la característica de la planta, los ábacos permiten conocer el rendimiento de la secadora (Kg de gas oil necesarios para evaporar un Kg de agua), la capacidad de trabajo (Kg de agua evaporada por hora, temperatura del producto secado por día). X

Los abacos corresponden a las figuras 2.4, 2.5 y 2.6.

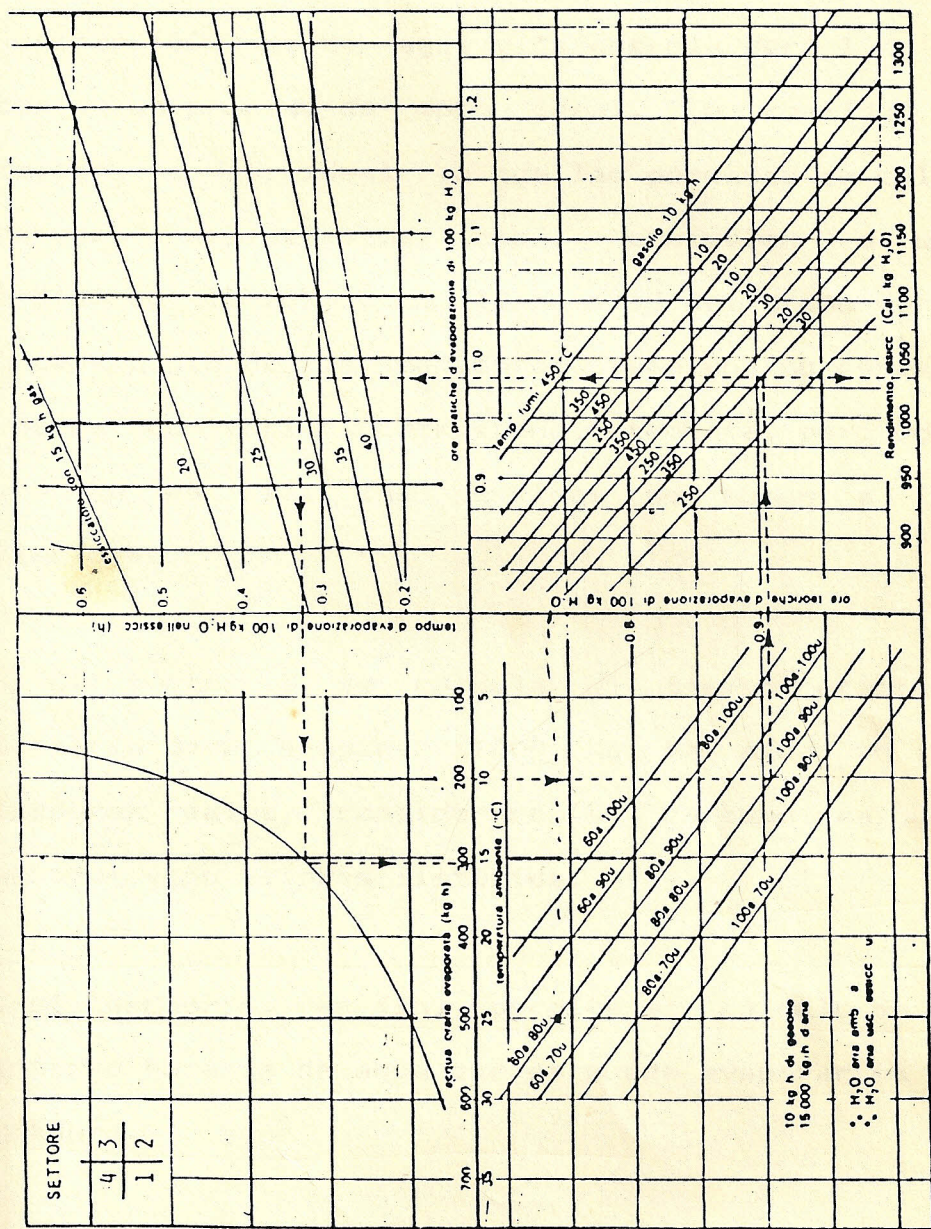


FIG. 2.4.- ABACO PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS GENERALES DE SECADO (5).

El sector 1 permite el cálculo del flujo para evaporar teóricamente 1000 Kg de agua en función de la temperatura ambiente, de la humedad relativa del aire a la salida de la secadora.

En el sector 2 se calcula el tiempo necesario para evaporar 1000 Kg de agua y la energía para 1 Kg de agua en un proceso de modo ideal. En realidad el proceso no es ideal ya que las pérdidas de calor (paredes, aislamientos, etc.) equivalen a una pérdida de 15-20%, como la humedad del grano varía en cada punto de la secadora, también su espesor debería de variar correspondientemente, pero como esto no es así, las pérdidas se suman a las anteriores.

En el sector 3 se calcula el tiempo practico necesario para evaporar 1000 Kg de agua en las secadoras reales, considerando el consumo real del quemador y no valores ficticios.

En el sector 4, en fin, permite el cálculo de la cantidad horaria de agua que se puede evaporar en la secadora.

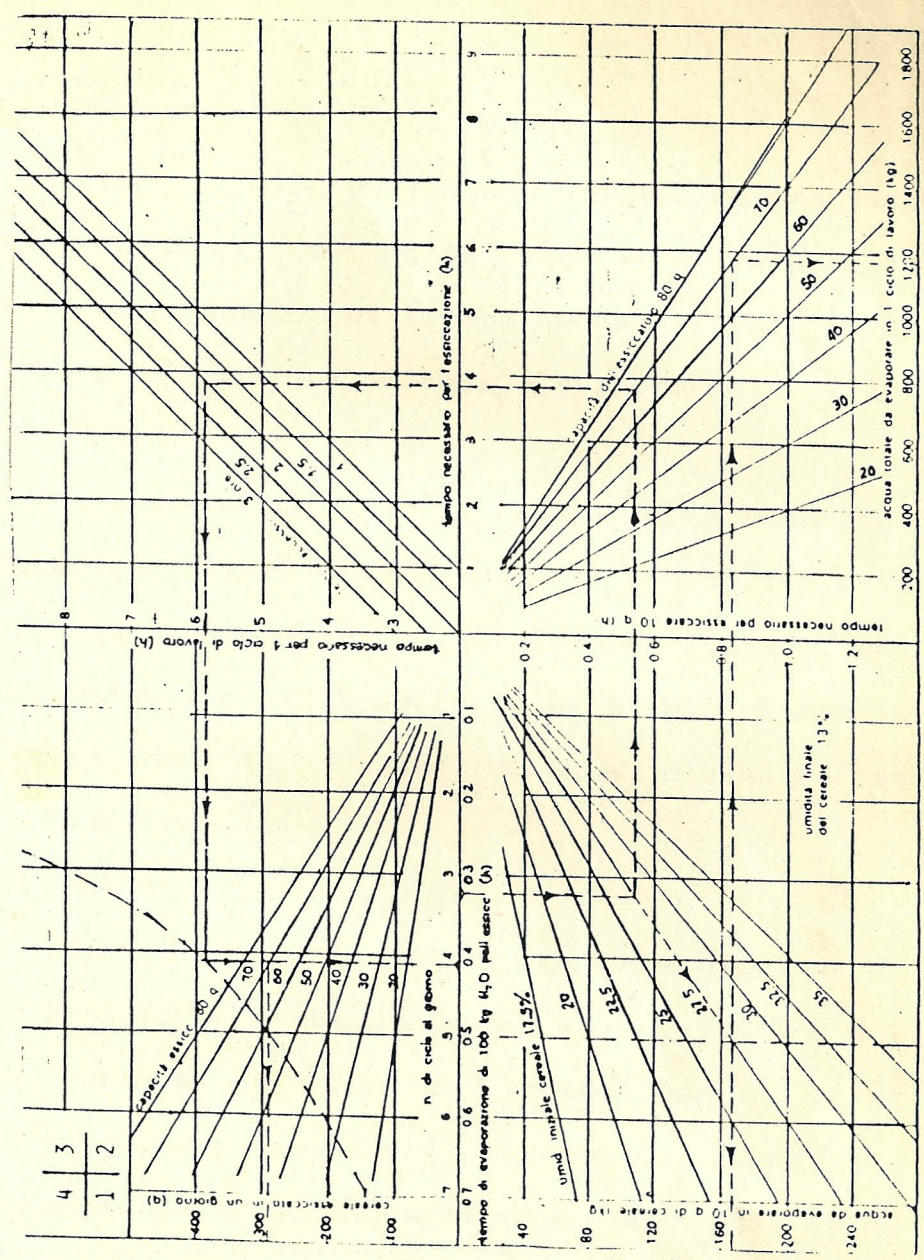
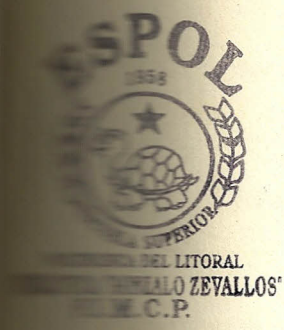


FIG. 2.5.- ABACO PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS ESPECIFICOS DE SECADO DE UNA SECADORA DE FLUJO DISCONTINUO (5).

La figura 2.5, permite obtener los parámetros de trabajo para una secadora de flujo discontinuo, y se toma como ejemplo una secadora de 10 t. de capacidad de secado

En el sector 1 se lee en función del tiempo práctico de evaporación de 1000 Kg de agua y de la humedad inicial del producto, el tiempo necesario para secar las 10 t a la cantidad de agua a evaporarse.

En el sector 2 se obtiene la capacidad efectiva de la secadora comprendida entre 2 y 8 t; esta capacidad corresponde a un ciclo de trabajo, por consiguiente es posible calcular el tiempo necesario para el secado y la cantidad de agua a evaporar en un ciclo de trabajo.

En el sector 3 se calcula el tiempo para efectuar un ciclo completo de trabajo, este valor difiere del tiempo para el proceso de secado por un valor constante que representa los tiempos de la carga y la descarga de la secadora (tiempos muertos). Estos valores son independientes de los valores de humedad inicial del producto.

En el sector 4 se observa los ciclos de secado que se pueden efectuar en 24 horas y la capacidad de trabajo de la secadora, en los términos de cantidad de grano húmedo que se puede secar en un día.

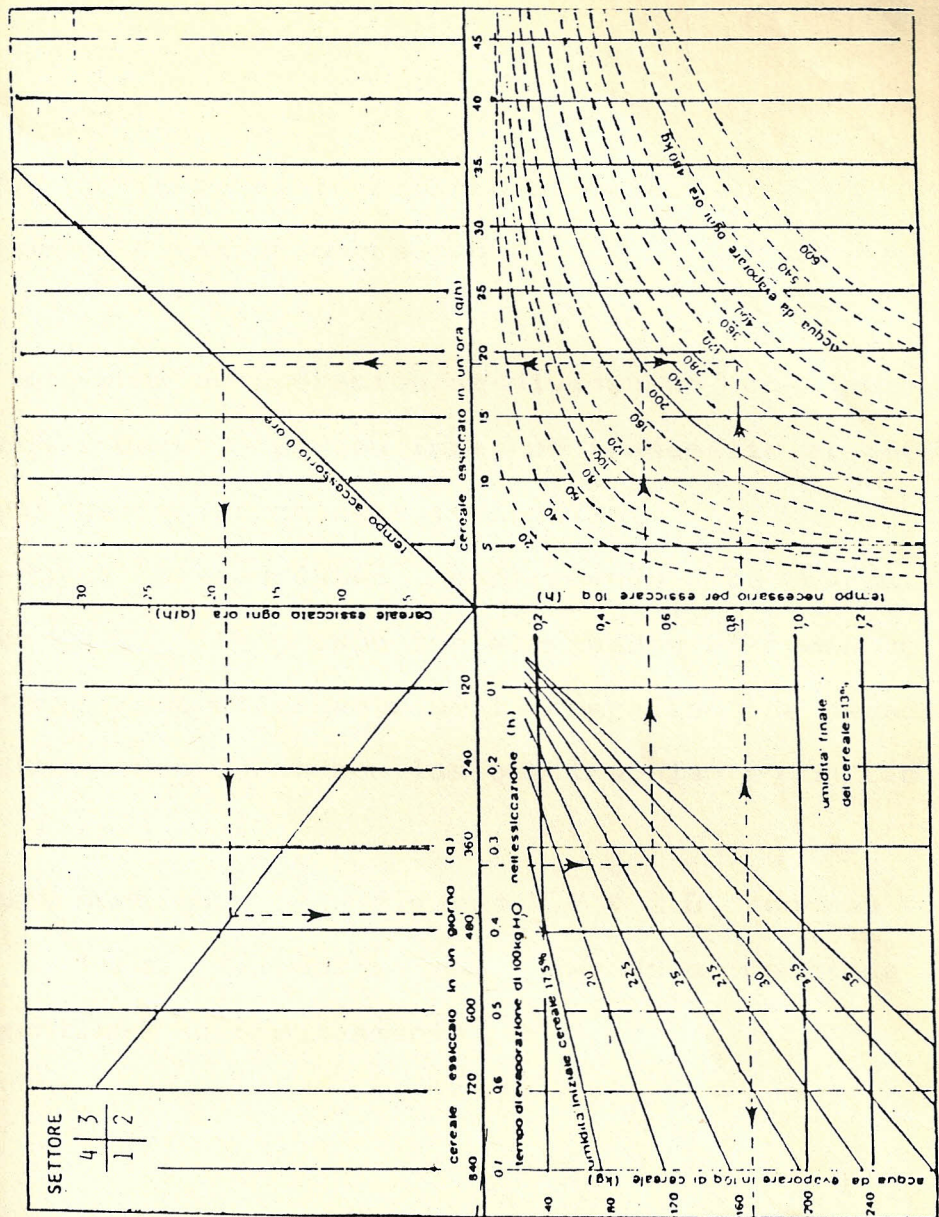


FIG. 2.6.- ABACO PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS ESPECIFICOS DE SECADO DE UNA SECADORA DE FLUJO CONTINUO (5).

Esta figura representa los parámetros específicos de una secadora de flujo continuo. La diferencia fundamental entre una secadora de flujo continuo con una de flujo discontinuo es que en cada punto los parámetros físicos (humedad, temperatura, etc.) del

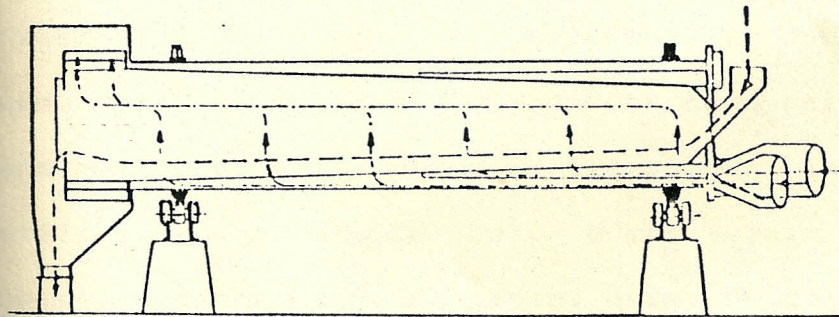
## *Factores de Selección de Secador*

1. Por su forma de transmitir el calor
2. Por su forma de operación

Por su forma de operación se dividen en continuas y discontinuas, y por su forma de transmitir el calor se dividen en directas e indirectas.

Secadoras Discontinuas son cuando la carga y descarga de los granos son efectuados al comienzo y al final respectivamente de la operación de secado. Secadoras Continuas son las que trabajan en un ciclo sin interrupción.

A continuación en las figuras 2.7 y 2.8, podemos ver dos claros ejemplos de secadora continua y discontinua respectivamente.



Secador Rotativo.

FIG. 2.7.- SECADOR DE TUBO DE FLUJO CONTINUO

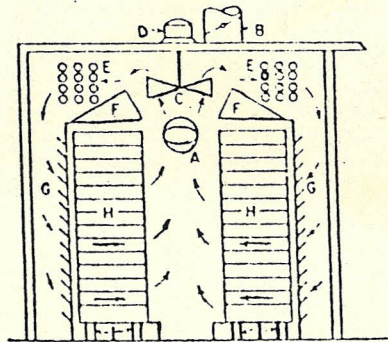


FIG. 2.8.- SECADOR DE FLUJO DISCONTINUO

En las secadoras directas la desecación depende de la transmisión del calor al sólido húmedo en un gas caliente, llevándose este último el líquido evaporizado. En las secadoras indirectas la transmisión del calor es diferente y se realiza desde ésta al material húmedo por conducción y usa para este caso una pared macisa, por lo general metálica, su fuente de calor puede venir de vapor que se condensa, agua caliente, gases de combustión, aceite caliente, energía solar, etc.

A continuación en la figura 2.9 y la figura 2.10 observamos dos claros ejemplos de secadoras directas e indirectas respectivamente.

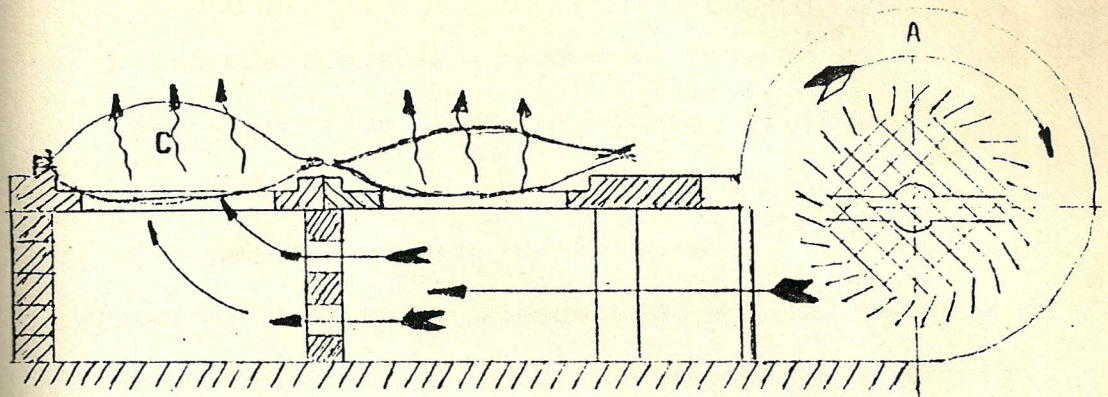


FIG. 2.9.- SECADOR DE TIPO DIRECTO

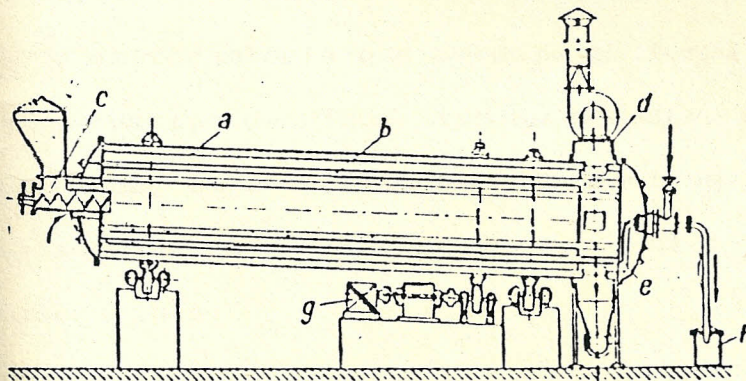


FIG. 2.10.- SECADOR DE TIPO INDIRECTO

Otra forma de diferenciar las secadoras por su forma de aportar calor es la siguiente:

1. Secado por convección
2. Secado por contacto, el calor se transmite por conducción
3. Secado por radiación



4. El secado dieléctrico, que se produce al utilizar el calor generado por un campo alterno de alta frecuencia

5. El secado usando calentamiento al vacío por pulsaciones, el calor almacenado en la materia se libera mediante descensos temporales de la presión, aportando la energía necesaria para una rápida evaporación.

Todas las formas de secadoras y sistemas de secado aquí nombradas tienen sus ventajas y desventajas dependiendo de la zona, uso (tipo de material), cantidad a secarse, facilidad de disponer cierto tipo de tecnología que permita en forma económica la construcción de algún tipo de secadora en especial o por sus características (parámetros), tales como capacidad de producción o alto consumo de combustible.

*Tipos de secado que se pueden seleccionar*  
**SELECCION DEL SISTEMA**

Como ya habíamos explicado antes, la selección del sistema de secado debe ser tal que éste se adapte a las necesidades de nuestro medio, usando tecnología que esté a nuestra disponibilidad y económicamente a nuestro alcance, tomando en cuenta los costos de operación y mantenimiento.

A continuación se presenta un resumen de las posibilidades que existen con sus respectivas

24

ventajas y desventajas.

TIPO DE FLUJO:

Continuo

Ventaja: no existen tiempos muertos, se puede controlar mejor los parámetros de entrada según los datos de la salida.

Discontinuo

Desventaja: Los parámetros físicos de humedad y temperatura no se mantienen constantes durante el proceso de secado.

TIPO DE SECADOR:

De bandeja

Desventaja: Corriente de aire no es uniforme

Ventaja: Fácil montaje

Rotativo

Ventaja: Fácil construcción

Desventaja: Poca capacidad con relación a otros

Al vacío

Desventaja: Muy costoso debido a los materiales

Ventaja: Alta eficiencia

Eléctricos

Desventaja: Usan energía muy costosa que no está al alcance en todos los casos

De techo

Ventaja: Construcción barata, buena transmisión del calor y alta eficiencia

Desventaja: De difícil construcción y mantenimiento



POLITECNICA DEL LITORAL  
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F.I.M.C.P.

Con frío

Ventaja: Eficiente sistema y limpio

Desventaja: Altos costos de mantenimiento, operación y montaje

TIPO DE ENERGIA:

Solar

Ventaja: La energía es barata

Desventaja: No está disponible todo el año

Los colectores solares son costosos.

✓ Quemador Diesel

Ventaja: Combustible barato, no necesita de mucho mantenimiento. Buen poder calorífico. \*

Motor diesel o gasolina

Ventaja: Se usa calor de combustión

Desventaja: Motor caro en el mercado y alto costo de mantenimiento

Eléctrica

Desventaja: Cara y no disponible en todas partes

Gas Metano

Desventaja: Dificil de conseguir

Ventaja: Fácil manipulación y alto poder calorífico

TIPO DE EVACUACION DE LOS GASES:

Con chimenea

Ventaja: Barata

Desventaja: No llega a salir todo el vapor

Ventilador tiro forzado

Desventaja: Se debe de usar un intercambiador ya que

los gases pueden entrar con llama

✓ Ventilador tiro inducido

Ventaja: Saca los gases más eficazmente y crea una presión negativa dentro de la secadora, i sacan los gases de la zona fría i caliente al mismo tiempo.

TIPO DE VENTILADOR:

✓ Axial

Centrífugo

TIPO DE CONTROL DE SALIDA:

Tornillo

Desventaja: Construcción costosa y se desgasta con la abrasión

Por vibración

Desventaja: Construcción dificultosa y trae problemas de desgaste por su tipo de movimiento

✓ Tipo zaranda

Ventaja: Fácil construcción y mantenimiento, posee más vida útil.

Con todas las alternativas presentadas el siguiente paso es con un criterio técnico escoger la más ideal en función de nuestros requerimientos específicos.

Para elegir la más adecuada se realiza la tabla III con todas las alternativas posibles dando un puntaje sobre 100 (100% = ideal) a cada una de éstas, el puntaje se basará en varias características de costo, diseño, operación, etc. Se harán diferentes

combinaciones para determinar la mejor alternativa posible.

TABLA III

VALORES PARA LAS ALTERNATIVAS POSIBLES PARA LA ELECCION DE LA SECADORA IDEAL

		COSTO INIC.	DISPON. MATER.	FACIL. OPER.	GAST. OPER.	GAST. MANT.	TOT
TIPO FLUJO	CONTINUO	16	16	18	16	16	82
	DISCONT.	16	16	14	16	14	76
TIPO SECAD.	BANDEJA	16	16	17	17	16	82
	ROTATIV.	13	14	14	14	14	69
	AL VACIO	6	10	12	14	12	54
	ELECTRIC.	10	14	16	8	14	62
	DE TECHO	16	16	16	18	16	82
TIPO ENERG.	FRIO	6	8	14	12	12	52
	SOLAR	12	11	18	17	17	75
	DIESEL	14	16	18	16	18	82
	GASES MOT	10	16	14	12	14	66
	ELECTRIC.	10	16	14	10	16	56
TIPO ENAC. GASES	GAS MET.	10	10	16	12	15	63
	CHIMEN.	9 *	18	18	16	16	77
	TIRO FORZ	14	16	18	16	16	78
TIPO VENT.	TIRO IND.	14	16	18	16	16	80
	AXIAL	12	16	18	16	18	80
TIPO CONT. SALID. GRANOS	CENTRIF.	12	17	18	16	16	79
	TORNILLO	12	12	16	16	14	70
	VIBRAC.	10	14	14	14	12	64
	ZARANDA	14	16	18	17	16	81

\* Valor bajo debido a que para la cantidad de gases que deben de sacarse para nuestro caso, la chimenea resulta demasiado grande.

Escogeremos algunas alternativas para hacer las combinaciones posibles:

Flujo discontinuo .....	76
Secador de bandeja .....	82
Energía solar .....	75
Vent. tiro forzado .....	78
Ventilador axial .....	80
Salida de granos por vibración .....	64
TOTAL .....	455

Flujo discontinuo .....	76
Secador rotativo .....	69
Gas metano .....	63
Vent. tiro forzado .....	78
Ventilador centrífugo .....	79
Salida de granos por tornillo .....	70
TOTAL .....	435

Flujo continuo .....	82
Secadora de techo .....	82
Quemador diesel .....	82
Vent. tiro inducido ...	80
Ventilador axial .....	80
Salida de granos	



por zaranda ..... 81

TOTAL ..... 487

Flujo continuo ..... 82

Secadora de frío ..... 52

Energía eléctrica ..... 56

Vent. tiro inducido ... 80

Ventilador axial ..... 80

Salida de granos

por zaranda ..... 81

TOTAL ..... 431

Flujo discontinuo ..... 76

Secadora eléctrica ..... 62

Energía eléctrica ..... 56

Vent. tiro inducido ... 80

Ventilador centrífugo . 79

Salida de granos

por vibración ..... 64

TOTAL ..... 417

Realizando las posibles combinaciones se establece la más ideal que consta de los siguientes parámetros:

- Flujo continuo
- Secadora usando "techos"
- Quemador a diesel

- Ventilador de tiro inducido
- Ventilador axial
- Salida del grano usando una zaranda

Otro parámetro que se debe de conocer es la humedad con la que el grano va a entrar a la secadora. En la tabla IV podemos ver la humedad promedio en el transcurso del año del arroz en la zona del Litoral Ecuatoriano.

MES	HUMEDAD
ENERO	24%
FEBRERO	24%
MARZO	23%
ABRIL	22%
MAYO	22%
JUNIO	20%
JULIO	20%
AGOSTO	21%
SEPTIEMBRE	21.5%
OCTUBRE	21%
NOVIEMBRE	21%
DICIEMBRE	22%

TABLA IV.- HUMEDAD RELATIVA DEL ARROZ DURANTE EL TRANSCURSO DEL AÑO. (7).

Podemos observar en la tabla que la mayor humedad es del 24% y la menor humedad es del 20% y este valor del 24% será el parámetro para realizar los cálculos para escoger el tipo de quemador y el

33  
ventilador ideal.

#### 2.4. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SECADO \*

La determinación de la capacidad de nuestra secadora es de mucha importancia. Para esto debemos de partir de 3 datos: humedad relativa inicial, final y la capacidad de almacenamiento de la secadora.

El valor de la humedad relativa del grano para un almacenamiento seguro que es el valor que debemos obtener después de nuestro proceso de secado, lo podemos obtener en la tabla V.

PRODUCTO	TENOR DE HUMEDAD
TRIGO	12%
AVENA	13%
CEBADA	13%
SORGO	12%
MAIZ	13%
SOJA	11%
ARROZ CON CASCARA	12%

TABLA V.- VALOR MAXIMO DE HUMEDAD PARA DISTINTOS GRANOS PARA LARGO PERIODO DE ALMACENAJE. (8).

Este valor del 12% coincide con el dato obtenido de la figura 1.3 y es el valor de la humedad final.

La humedad con la que entra el grano a la secadora dependerá de la estación del año como lo observamos en la tabla IV, en verano la humedad es de 20% y en invierno de 25%. La capacidad de nuestra secadora es de <sup>21</sup> ~~10~~ toneladas.

#### 2.4.1 TEMPERATURA DE SECADO

En el secado debemos de considerar inicialmente tres temperaturas:

1. Temperatura de entrada del aire caliente en la cámara de secado.
2. Temperatura del producto
3. Temperatura del aire a la salida de la secadora

La primera y la tercera se relacionan con la cantidad de calor requerido para evaporar el agua de los granos. La segunda influye acentuadamente sobre la calidad del producto.

Trabajos experimentales demuestran que, cuanto más húmedo esté el producto, tanto menor deberá ser la temperatura de secado.

Un producto con alto valor de humedad posee mayor cantidad de agua libre, la que funciona como un verdadero disolvente, y cuanto más alta sea su temperatura, mayor será su poder disolvente. Debido a la evaporación del agua, los solutos se van acumulando en la periferia del producto. Así, hay una migración del centro a la periferia de las sustancias solubles en agua caliente. Es evidente que un producto que sufre este fenómeno en gran escala quedará afectado al final del proceso de secado.

La temperatura empleada en el secado la podemos determinar a través de la tabla VI.

---

Producto y destino

Temperatura  
C

---

CEREALES

Maíz	- semillas . . . . .	44
	- almidón . . . . .	55
	- alimentación animal . . . . .	82
Arroz con cáscara	hasta 20% de humedad . . . . .	44
	más de 20% de humedad . . . . .	40
Sorgo	- semillas . . . . .	44
	- almidón . . . . .	60
	- alimentación animal . . . . .	82
Panizo	- semillas . . . . .	44
	- alimentación . . . . .	65
Trigo	- semilla hasta 24% de humedad . . . . .	49
	- semilla con más de 24% de humedad . . . . .	44
	- molienda . . . . .	66

LEGUMINOSAS

Porotos	- semillas . . . . .	36
	- alimentación animal . . . . .	45
Soja	- semillas . . . . .	36
	- agroindustria . . . . .	45
Maní	- semillas . . . . .	37

---

TABLA VI.- TEMPERATURA MAXIMA DE SECADO PARA DIVERSOS PRODUCTOS. (9).

El arroz con cáscara según la tabla VI, hasta el 20% de humedad no debe sobrepasar de 44°C para más de 20% (24% de humedad para nuestro arroz en invierno), su temperatura no debe de sobrepasar de 40°C.

El arroz con cáscara se considera el producto con mayores dificultades para el secado, debido principalmente a la necesidad de obtener un alto índice de granos enteros después del secado. El secado rápido con altas temperaturas puede causar el resquebrajamiento del grano (cracking), para esto se recomienda proceder al secado progresivo con dos pasadas por la secadora. (10).

#### 2.4.2 ESTIMACION DEL TIEMPO DE SECADO

No es posible calcular con exactitud el tiempo de secado debido a las muchas variables que rodean al producto. Los elementos variables incluyen:

- Variación de la humedad relativa
- Variación en la temperatura del aire ambiente
- La humedad del aire secante que sale de la secadora después de su pasaje por la masa de granos
- El grado de limpieza de los granos
- La intensidad del aire secante de los granos

Por todo lo anteriormente dicho, el proceso debe estar siempre vigilante.

El tiempo de secado puede estimarse en función de la cantidad de agua a extraer de los granos, el calor necesario para extraer ésta, y la cantidad de calor entregado.

Vamos a trabajar inicialmente con 24% de humedad relativa y la humedad final será de 13%.

Usando la fórmula para cálculo de porcentaje de pérdida de peso:

$$\% \text{ pérdida de peso} = (V_i - V_f) / (100 - V_f)$$

Obtenemos:

$$\% \text{ pérdida de peso} = 12.64\%$$

Para 10 t de arroz:

$$10000 \text{ Kg de arroz} (0.1264 \text{ Kg agua/Kg arroz}) = 1264.368$$

De la tabla VII, podemos sacar la cantidad de energía necesaria para evaporar 1 Kg de agua.

Temp. de operación	Cantidad de KJ		
	27%	25%	20%
(38-50)°C	3138.0	3493.7	3723.8
(70-82)°C	4075.32	4075.32	4309.6
(82-105)°C	4075.32	4309.6	5104.6

TABLA VII.- ENERGIA NECESARIA PARA EVAPORAR 1 KG DE AGUA (8).

De la tabla VII obtenemos el valor de 3493.7 KJ necesarios para evaporar 1 Kg de agua a 25% de humedad y 40°C de temperatura.

Para 1264.368 Kg de agua la energía necesaria será:

Energía necesaria = 4420202.067 KJ.

Este valor es solo el necesario para secar el grano sin considerar la energía que se pierde en forma de calor por las paredes del secador, tenemos que evaluar este valor considerando la eficiencia de la secadora.

Según los datos experimentales podemos establecer que la eficiencia de nuestra secadora se sitúa alrededor del 80%.

La energía necesaria entregada por el quemador será: 5525.252 MJ

Como vamos a usar un quemador diesel, el poder

calorífico del diesel es:

42 MJ/ kg

Si las 10 t se las va a secar en 24 horas tenemos:

5525.252 MJ/24 hrs = 230.2189 MJ/hr

El quemador va a tener las siguientes características:

(230.2189 MJ/hr) (1 Kg<sub>diesel</sub>/42 MJ)

esto es igual a:

5.48 Kg<sub>diesel</sub>/hr

El flujo másico del ventilador deberá ser tal para que no sobrepase los 40°C, y lo obtenemos de la fórmula:

$$Q = m C_p \Delta T$$

$$m = Q / C_p \Delta T$$

donde  $m = \text{Kg}_{\text{aire}}/\text{hr}$

$Q = 4420202. \text{ KJ}/24 \text{ hrs} = 184175. \text{ KJ}/\text{hr}$

$C_{p\text{aire}} = 1.004832 \text{ KJ}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}$

$\Delta T = 40 - 30 = 10^\circ\text{C}$

Reemplazando:

$m = 18329 \text{ Kg}_{\text{aire}}/\text{hr}$

$\delta_{\text{aire a } 40^\circ\text{C}} = 1.28133 \text{ Kg}_m/\text{m}^3$

Area de flujo de aire

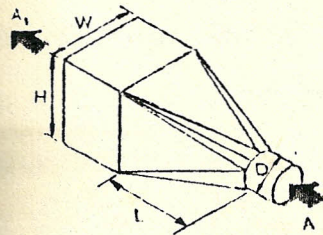
Area = 2537600 mm<sup>2</sup>



Multiplicando la pérdida por metro obtenida, por la altura de la cama de arroz que es aproximadamente 0.5 m, obtenemos:

160 mm de agua

Para calcular las pérdidas en la entrada, usamos la tabla VIII.



$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1.13\sqrt{HW} - D}{2L}$$

A <sub>1</sub> /A	θ							
	16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.58	0.68	0.72	0.76	0.76	0.75
≥ 10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.80	0.87	0.85	0.85

TABLA VIII.- VALORES PARA CALCULAR PERDIDAS A LA ENTRADA (14).

Donde:

$$A = 700^2 * \pi/4 = 384845.1 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 1800 \times 1500 = 2700000 \text{ mm}^2$$

$$H = 1500 \text{ mm}$$

$$W = 1800 \text{ mm}$$

$$D = 700 \text{ mm}$$

$$L = 1800 \text{ mm}$$

$$\tan(\theta/2) = [1.13 \sqrt{HW - D}] / 2L$$

Entonces:

$$\tan(\theta/2) = 0.32132763$$

$$\theta/2 = 35.6273^\circ$$

$$A1/A = 7.0158$$

$$C = 0.6133$$

La pérdidas en mm. de agua será:

$$Tp = C * Vp * 25.4$$

$$Tp = 0.6133 * (\text{Velocidad}/4005)^2 * 25.4$$

Si el caudal por nivel es 79.47 m<sup>3</sup>/min, en los dos niveles será:

$$158.98 \text{ m}^3/\text{min}$$

La velocidad será:

$$(158.98 \text{ m}^3/\text{min}) / (0.3848451 \text{ m}^2) = 413.1012711 \text{ m/min}$$

que es la velocidad de entrada del aire.

Entonces Tp será:

$$Tp = 1.783958625 \text{ mm de agua}$$

Ahora vamos a calcular la pérdida por entrada al secador.

El caudal por cada nivel es:

$$79.47 \text{ m}^3/\text{min}$$

Entonces por cada hueco pasa:

$$39.375 \text{ m}^3/\text{min}$$

La velocidad a la entrada será:

$$(39.375 \text{ m}^3/\text{min}) (1/[\pi(0.15\text{m})^2])$$

$$V_{\text{entrada}} = 562.135259 \text{ m/min}$$

Pérdida en la entrada = 0.93 Vp

$$= 0.93 [1844.2757/4005]^2 * 25.4$$

$$= 5.009 \text{ mm de agua}$$

$$\text{Presión total a vencer} = 160 + 1.78396 + 5.009 =$$

$$166.79296 \text{ mm de agua.}$$

POTENCIA DEL MOTOR

$$\text{Pot} = \frac{[0.011364116 \text{ m}^3/\text{min} * \text{Pérdida en mm. de agua}]}{\text{Eficiencia del ventilador}}$$

$$\text{Pot} = 13. \text{KW}$$

43  
Acople P35

Brazo de biela P34

#### 4.1.1. CONSTRUCCION DE LAS PAREDES DEL SECADOR

Las 16 planchas que conforman el cuerpo de la secadora y las 8 de la caja extractora de aire tienen sus agujeros de sujeción a las bases de las mismas dimensiones de diámetro y separación.

Para un mejor trabajado mecánico, rápido y preciso, se usará una plantilla; se taladrará usando broca de 10 mm de diámetro.

La plancha P6 y P7 se taladrarán como se observa en los planos, estas son las que conforman la pared frontal y trasera de la caja extractora de aire.

Luego se taladran las planchas restantes como se observa en los planos P1, P2, P3, P4 y P5.

De las planchas taladradas, separamos 6 planchas, de las cuales 5 van a conformar el nivel I y una plancha el lado derecho de la caja extractora de aire.

Para la construcción de las tres planchas P5, se van a cortar dos agujeros con autógena, como lo muestra el plano, luego se perforan los agujeros de sujeción de los techos longitudinales, estos serán de 10 mm de

## CAPITULO III

### DISEÑO DEL SISTEMA DE SECADO

#### 3.1. DESCRIPCION DEL SISTEMA ELEGIDO

Como ya habíamos establecido anteriormente las principales características de nuestro secador vamos ahora a describir su funcionamiento de una forma un poco más general, para más adelante, describirlo detalladamente en todas sus partes.

El parámetro principal a establecer es la capacidad de nuestra secadora en base a las necesidades del usuario.

Con este dato y con los anteriormente establecidos como son:

1. Secadora de flujo continuo
2. Sistema de secado usando "techos"
3. Ventilador de tiro inducido para el escape del aire húmedo
4. Capacidad
5. Humedad esperada
6. Control de salida del grano por un dosificador tipo zaranda

Tenemos todos los datos necesarios para "armar" la secadora.

En la figura 3.1 podemos observar a manera general el funcionamiento de la secadora.

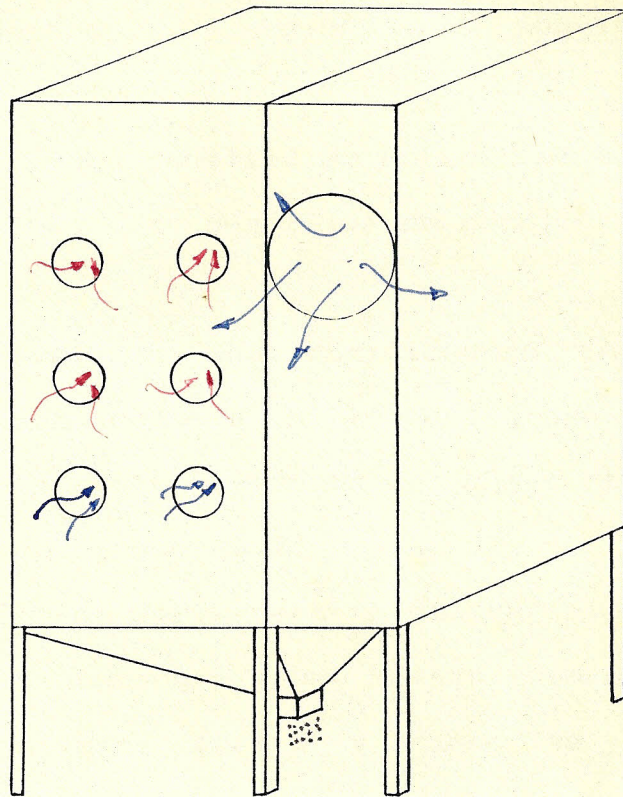


FIGURA 3.1.- ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SECADORA

Los materiales es una parte importante en la construcción de todo sistema mecánico, el cálculo de los materiales a usarse serán materia que más adelante será tratada; en nuestra construcción éstos tratarán de usarse en su forma estandar, o sea como se lo consigue en el mercado, para así ahorrarnos dinero en mano de obra por el trabajado mecánico, además del ahorro por el tiempo de maquinado.

Las planchas que se usarán tendrán las medidas de

2440 x 1220, tanto para las paredes del secador como para los "techos". Las bases serán ángulos enteros de 6 metros de longitud.

El secador estará constituido de seis niveles:

1. Este nivel es una tolva de recolección de los granos
2. Este nivel es una dosificadora en forma de zaranda, para que la salida del grano sea lo más uniformemente posible, consta de una parte móvil y otra fija, ver figura 3.2.
3. El nivel tres sirve para refrigerar el grano para sacarlo de la secadora a una temperatura manejable.
4. En los niveles cuatro y cinco se realiza el proceso de secado mismo.
5. El último nivel aparte de ser sólo un depósito de arroz a secarse, también sirve para que el arroz que se encuentre en este nivel se caliente y "sude" para entrar al siguiente paso que es el secado mismo con una temperatura más apropiada.

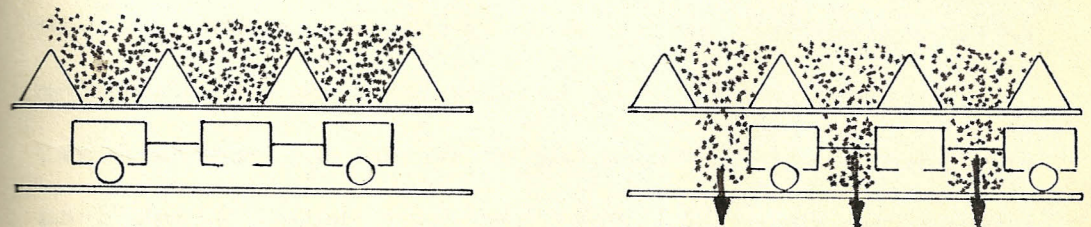


FIG. 3.2.- TIPO DE MOVIMIENTO DE LA ZARANDA

Para la extracción tanto del aire caliente como del aire que se usa para refrigerar el arroz, vamos a utilizar una caja de aire o una caja extractora de aire que estará conectada a la secadora, y el aire será inducido a salir por medio de un ventilador. Ver figura 3.1.

### 3.2. DISEÑO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

En esta sección del capítulo se va a describir la secadora detalladamente en todas sus partes, tanto en su parte mecánica como en su forma de secar el arroz. Como se ha dicho anteriormente la secadora está constituida de seis niveles y una caja extractora de aire. El nivel tres, cuatro y cinco son idénticos, en cada uno de estos tres niveles van a colocarse cuatro techos, dos techos en la parte superior del nivel y dos techos cruzados en la parte inferior del mismo nivel, ver figura 3.3.

Las paredes y los techos son construidos de planchas enteras; para sujetar los techos a las paredes se usará pernos pasantes y en los techos estarán soldadas placas triangulares para tal propósito.

Las planchas que hacen de paredes serán diamantadas para darle mayor rigidez y todas estarán empernadas a los ángulos base, las planchas estarán traslapadas de tal forma que la superior quede encima de la inferior, usando el mismo perno inferior de la

47  
plancha superior para sujetar la plancha inferior.  
Ver figura 3.3, las planchas se colocan de esta  
forma para que en caso de lluvia el agua no se  
filtre.

El nivel seis no posee techo.

El nivel dos es una zaranda que consta de una parte  
móvil y una parte estática, el movimiento de la  
parte móvil permite el paso del arroz como se  
observa en la figura 3.2. La parte estática consta  
de techos soldados a la viga que sirve de riel de la  
parte móvil, ver figura 3.4.

El nivel uno es una tolva de recolección de granos.  
Junto a todo el cuerpo de la secadora encontramos  
una caja extractora de aire en donde se halla un  
motor con ventilador que saca o induce los gases a  
salir. Las planchas que se usarán como paredes de  
esta caja extractora serán planchas estándares en  
sus medidas, igual en lo que respecta a sus bases,  
serán ángulos de 6 m de largo, ver figura 3.6.

La caja extractora de aire se encuentra empernada en  
su totalidad al cuerpo de la secadora usando los  
mismos pernos pasantes que unen las paredes de la  
secadora con los ángulos base, ver figura 3.6.

La carcasa del motor está sujeta a la caja  
extractora mediante ángulos empernados formando una  
base que a su vez está sujeta a los ángulos de las  
esquinas, ver figura 3.7.

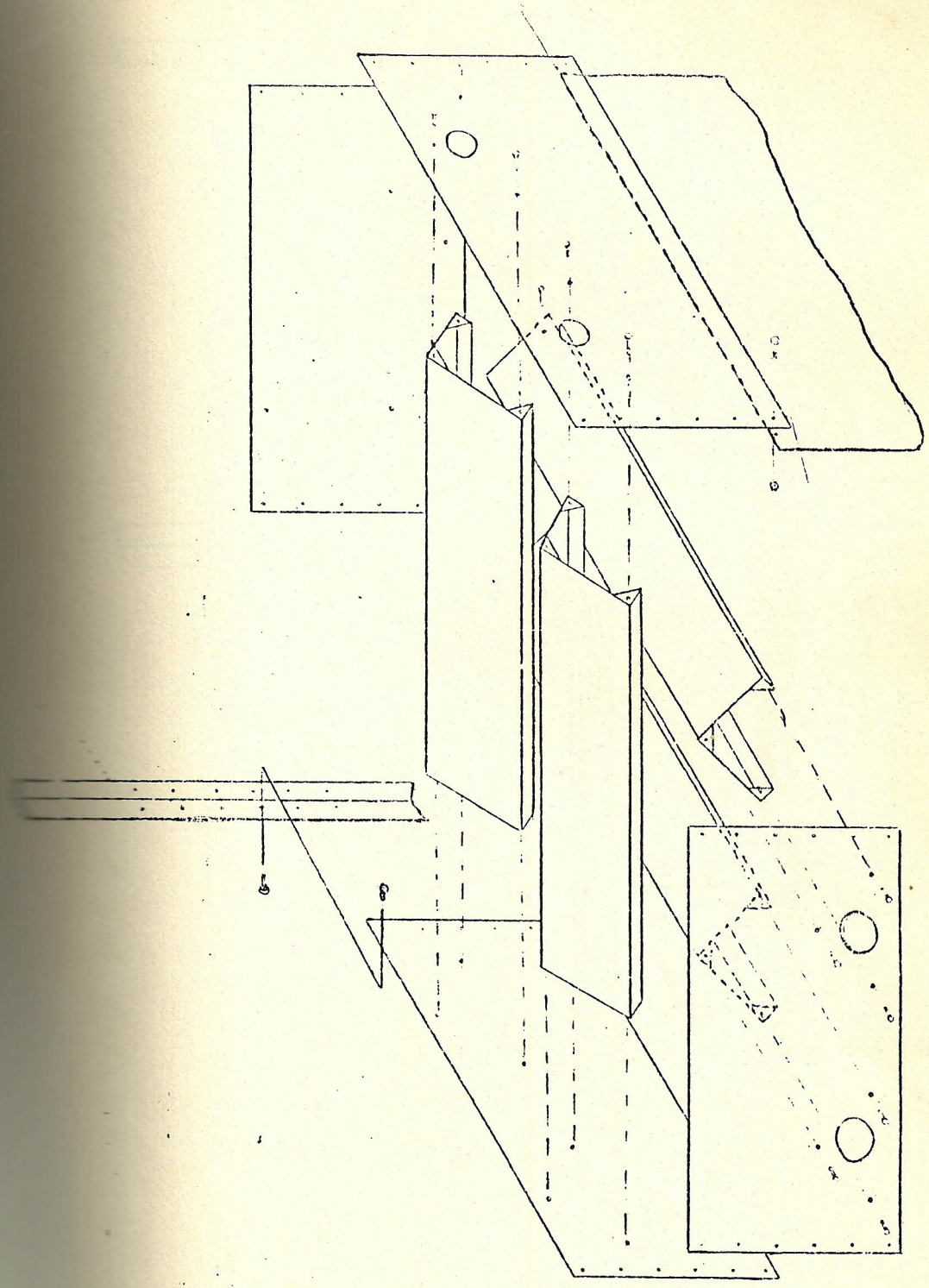


FIG. 3.3.- COLOCACION DE LOS TECHOS EN LOS NIVELES III, IV Y V. COLOCACION DE LAS PLANCHAS.

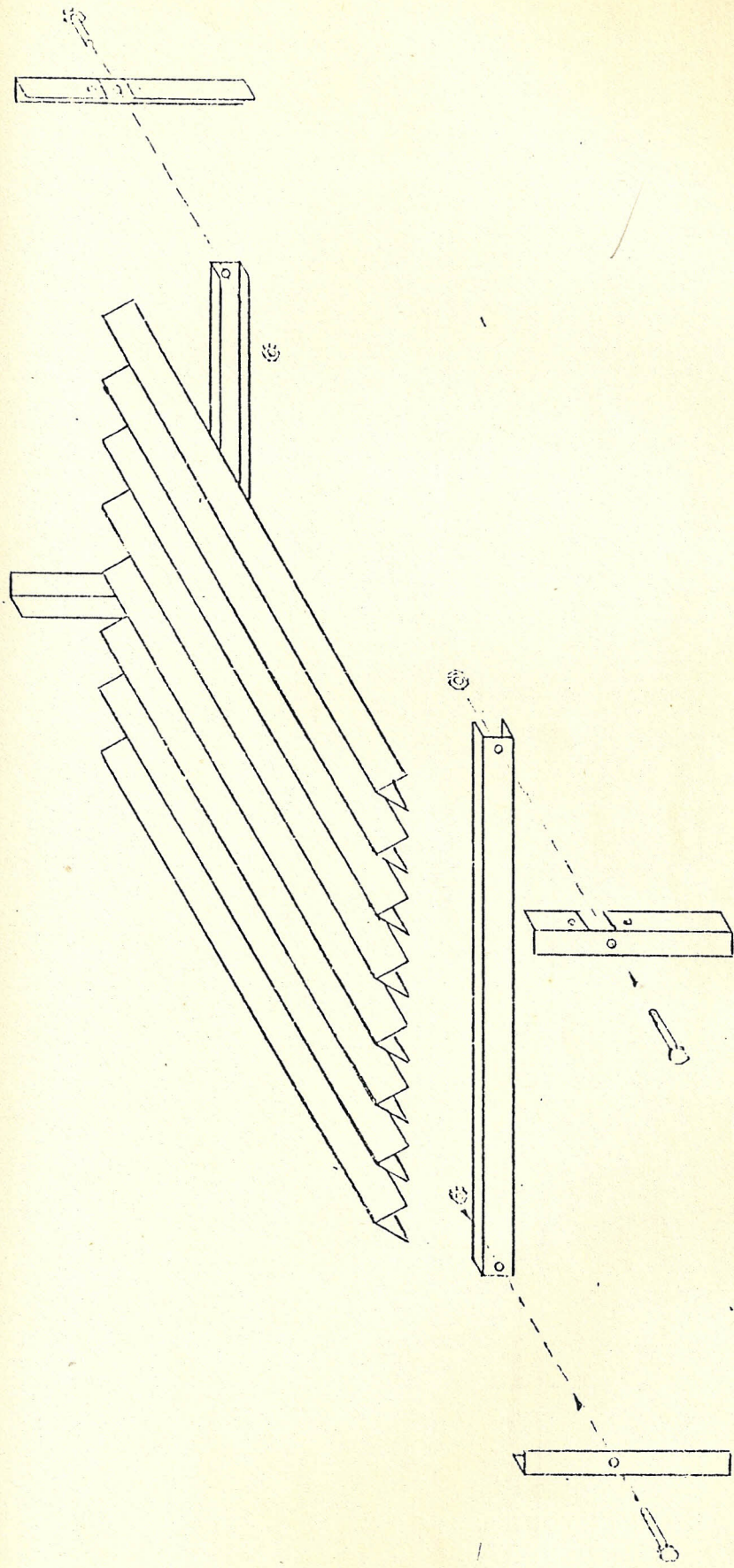


FIG. 3.4.- COLOCACION DE LAS PARTES EN EL NIVEL II (PARTE ESTATICA)

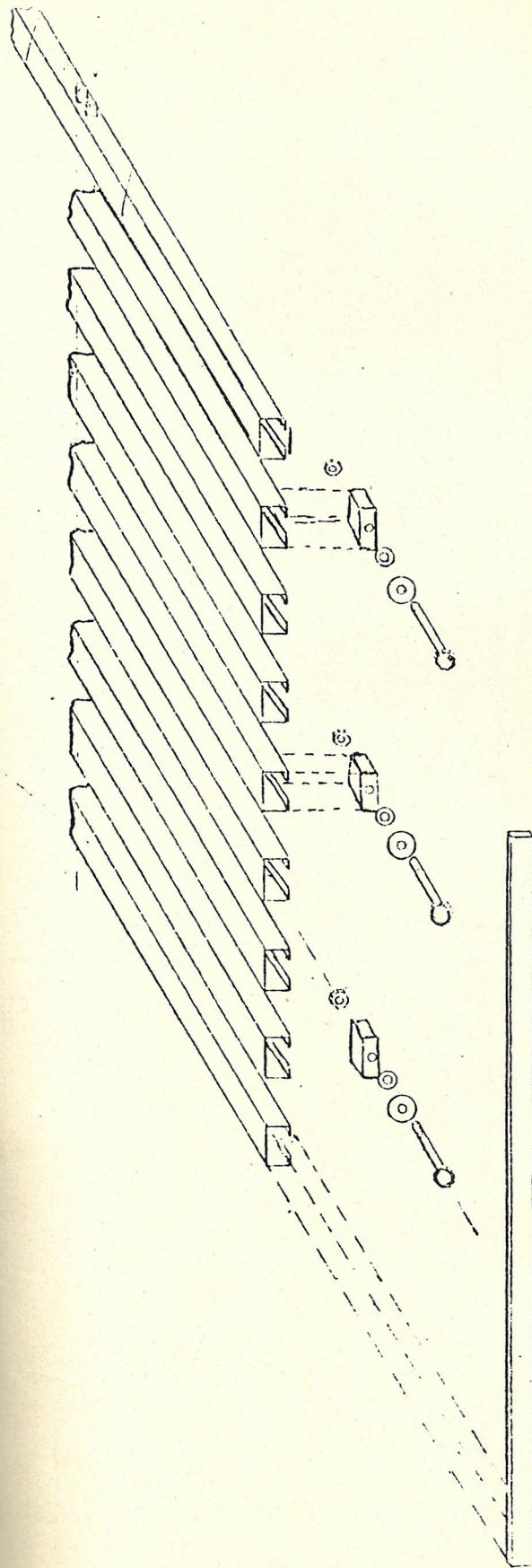


FIG. 3.5.- COLOCACION DE LAS PARTES DEL NIVEL II (PARTE MOVIL) .

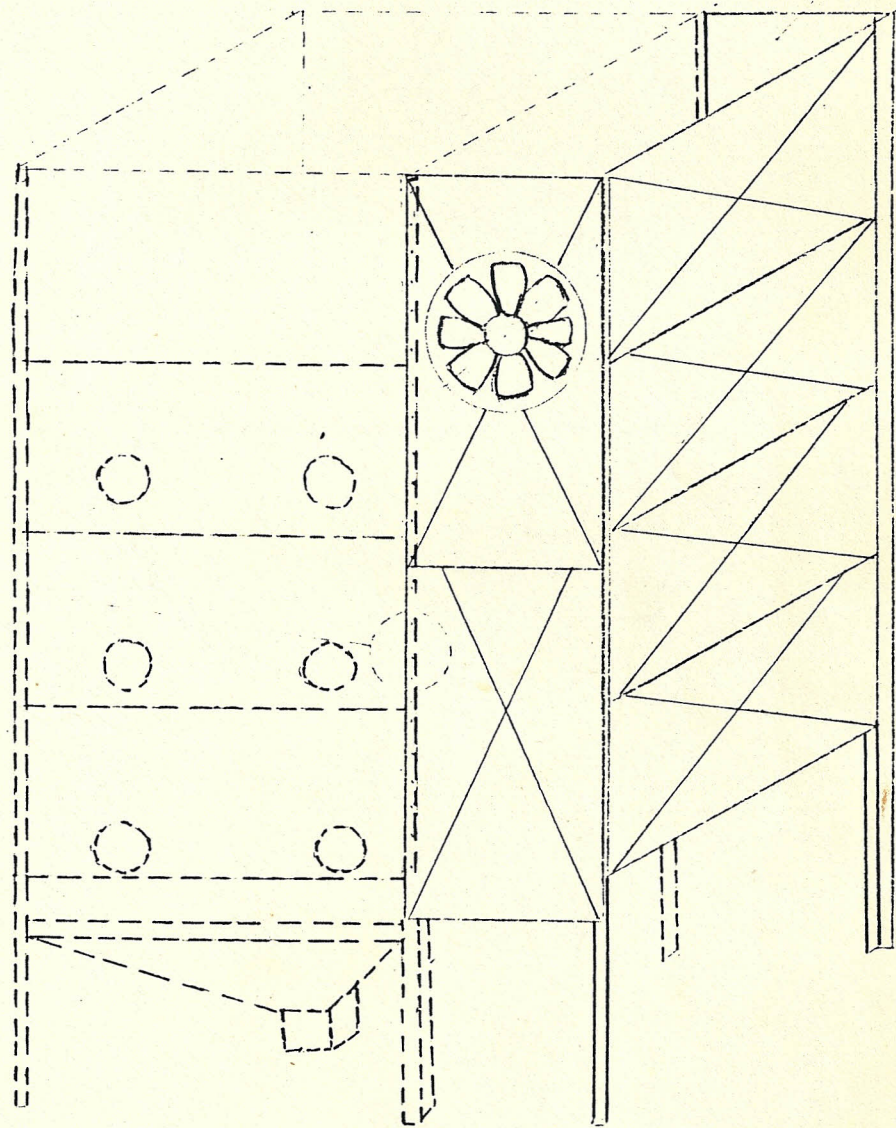


FIG. 3.6.- FIJACION DE LA CAJA EXTRACTORA DE AIRE AL CUERPO DE LA SECADORA.

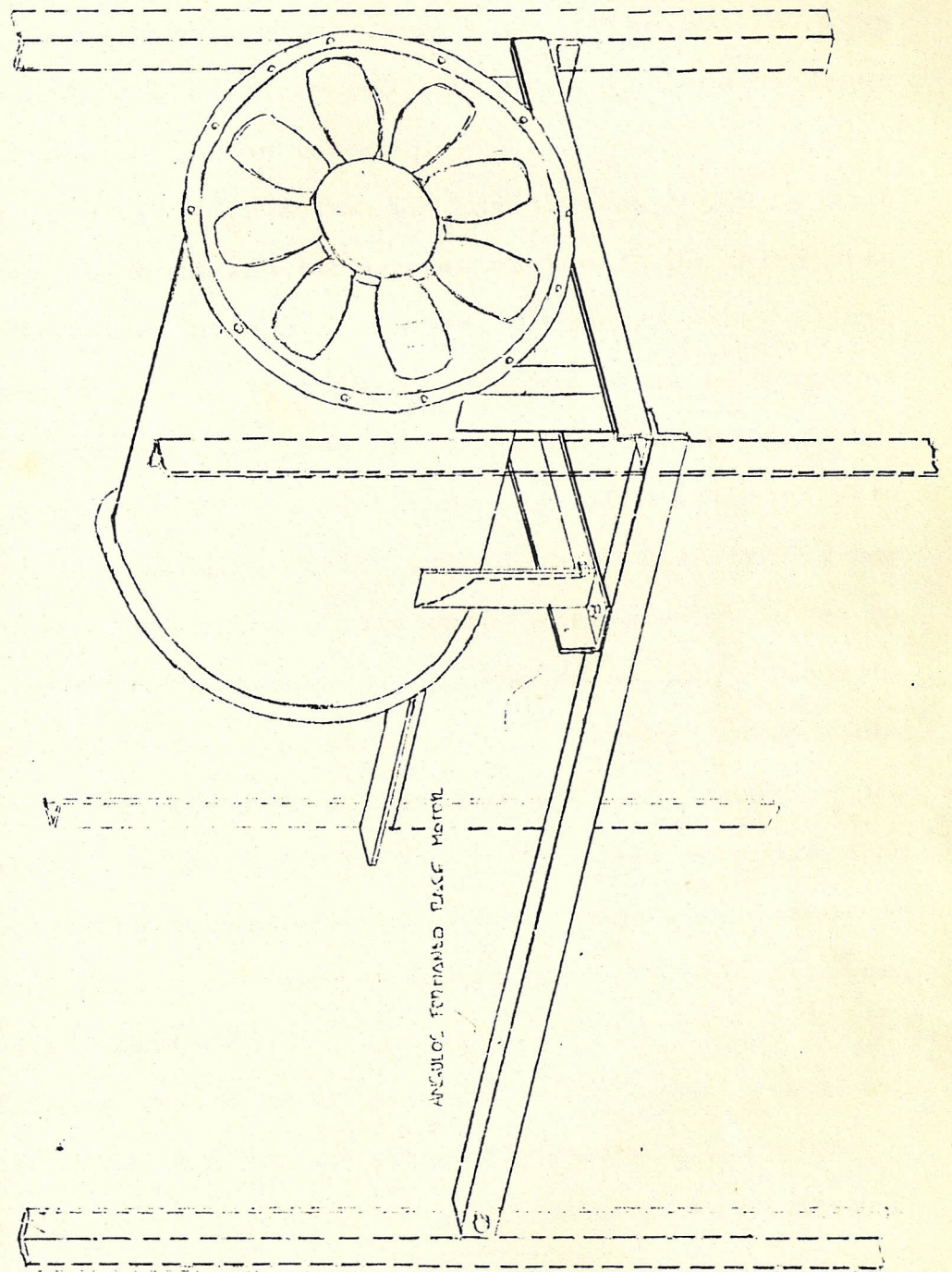
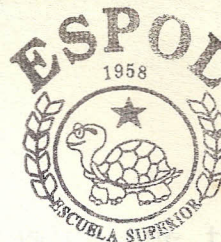


FIG. 3.7.- COLOCACION DE LA CARCASA DEL MOTOR A SUS BASES.



POLITECNICA DEL LITORAL  
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
E.L.M.C.B.

## EL PROCESO DE SECADO

El arroz entra por el nivel superior (nivel 6) y va cayendo dividiéndose en su trayectoria de descenso por acción de los techos.

El aire caliente entra por los niveles 4 y 5 y pasa por debajo de los techos, estos además de calentarse y calentar el arroz que se encuentra sobre ellos, permite que el aire caliente entre hasta el fondo de la secadora para una mejor distribución de éste. Luego que se ha saturado de aire caliente esta sección, el aire sale por debajo del techo, por debajo de éste y asciende atravesando el arroz húmedo produciéndose el proceso de secado; luego de que el aire ha atravesado el arroz, se encajona parte de este aire caliente en el techo superior del nivel correspondiente y un pequeño porcentaje de este aire sube hasta el nivel superior, donde se combina con el aire caliente que sale del techo del nivel superior.

El aire que se ha encajonado en el techo superior al techo de entrada de aire es inducido a salir por la caja extractora de aire y de allí a la atmósfera, ver figura 3.8.

Para que el arroz no salga de la secadora con una temperatura que sea muy alta y difícil de manejar, se hace necesario refrigerar el arroz a su salida, por lo tanto en el nivel tres va a entrar aire a

temperatura ambiente y el camino que tendrá éste va a ser el mismo que el aire caliente, la salida del aire refrigerante se va a realizar de igual forma por la caja extractora de aire.

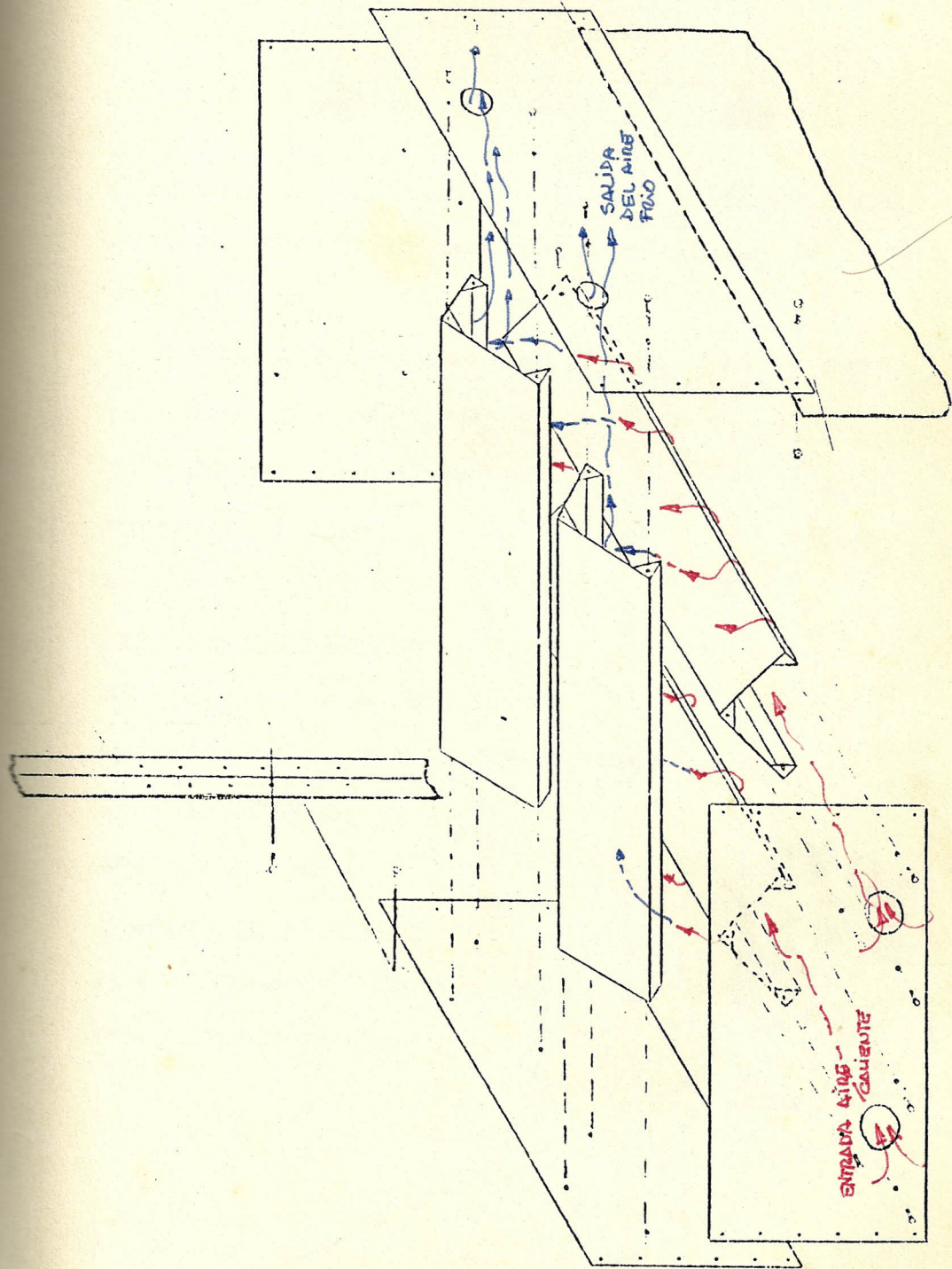
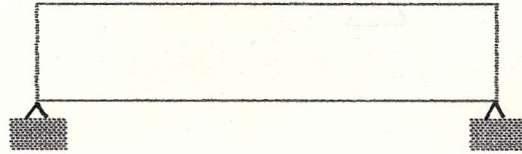


FIG. 3.8.- DISTRIBUCION DEL AIRE EN LOS NIVELES

### 3.3. CALCULO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

CALCULO DE FALLA DEL TECHO (PRESION DEBIDA AL ARROZ)

FALLA POR PANDEO



Primero hay que calcular el peso total de arroz.

Volumen arroz = Volumen total - Volumen de techos

$$V_A = V_T - V_t$$

$$V_T = 4520 * 2440 * 2440 = 2.6910 \times 10^{10} \text{ mm}^3$$

$$V_t = 2.6521 \times 10^{10} \text{ mm}^3$$

$$V_A = 2.6521 \times 10^{10} \text{ mm}^3$$

$$W_{\text{arroz}} \approx 11 \text{ t}$$

$$W_{\text{arroz}} = 110000 \text{ N}$$

Peso de una Plancha

$$W_p = L * h * e * 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$W_p = [244 * 1.22 * 2 \times 10^{-3} * 7850] [\text{Kg}]$$

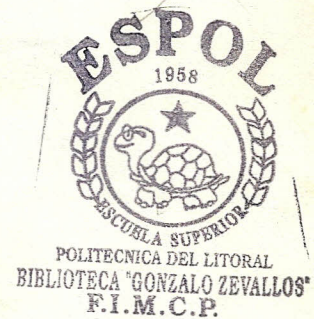
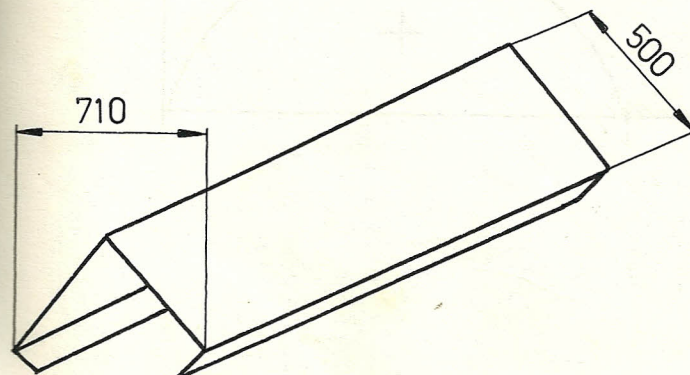
$$W_p = 46.7358 \text{ Kg}$$

$$W_{Fp} = 467.358 \text{ N}$$

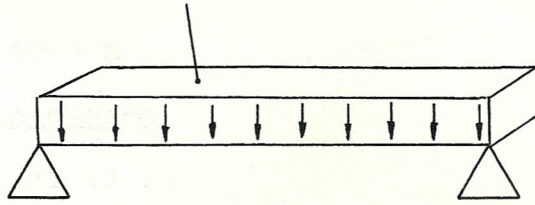
Presión en el fondo

$$P = (110000 \text{ N}) / [(2440)^2 \text{ mm}^2]$$

$$P = 0.0184762 \text{ N/mm}^2$$

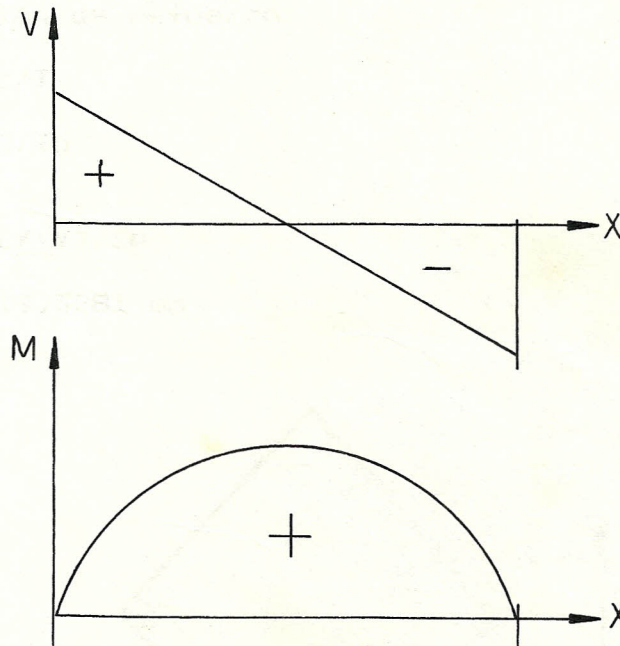
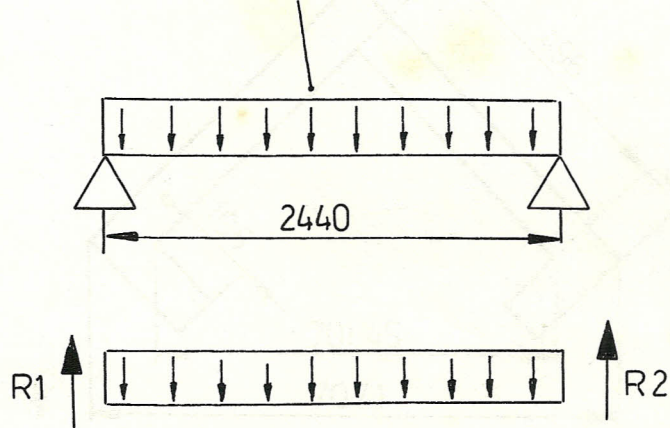


$$W/mm = 0.0184762 \text{ N/mm}^2$$



Multiplicamos por la longitud proyectora (710)

$$W = 13118 \text{ N/mm}$$



$$R_1 = R_2 = W/2 \text{ (Reacción)}$$

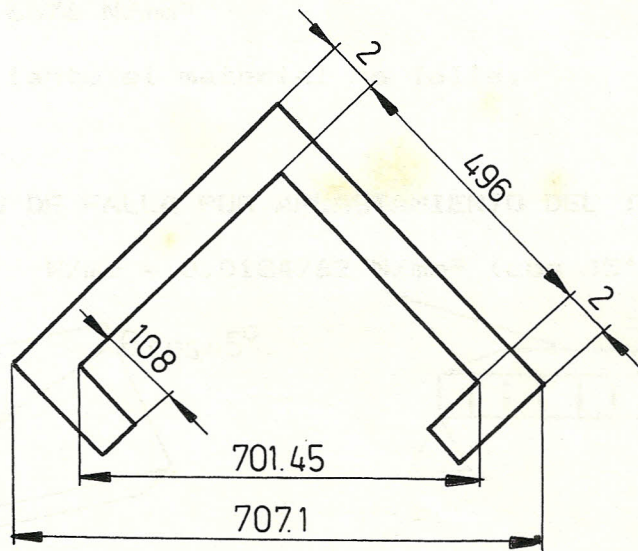
$$R_1 = 16004 \text{ N}$$

Momento máximo

$$M = W(x/2)(1-x)$$

Para  $x = 1/2$  el momento es máximo.

$$M = 9762415.6 \text{ N-mm}$$



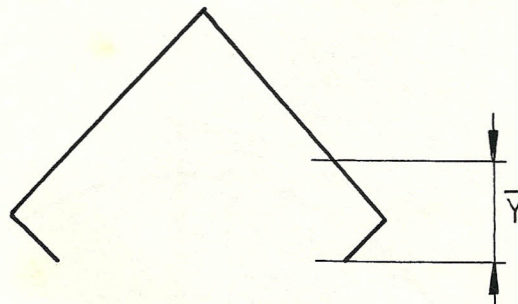
Ecuación de esfuerzo

$$\sigma = Mc/I$$

$$\tau = VQ/Ib$$

$$Y = \frac{\sum [A_i \bar{y}_i]}{\sum A_i}$$

$$Y = 219.3281 \text{ mm}$$



$$I = bh^3/36$$

Por el teorema de ejes paralelos

$$I_x = I_o + A_o Y^2$$

$$I = 1.453789 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

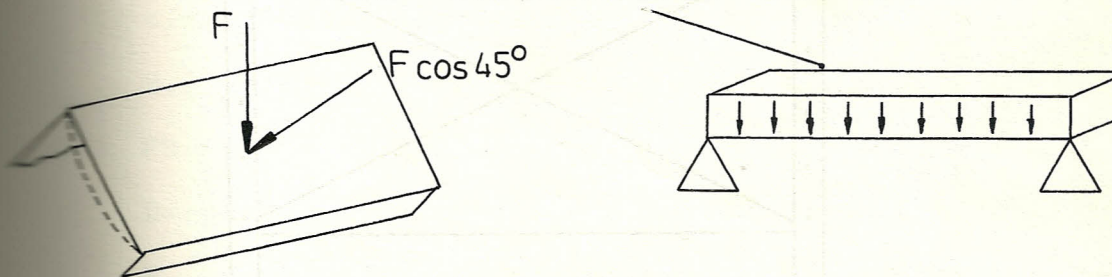
$$\sigma = Mc/I$$

$$\sigma = 14.6676 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto el material no falla.

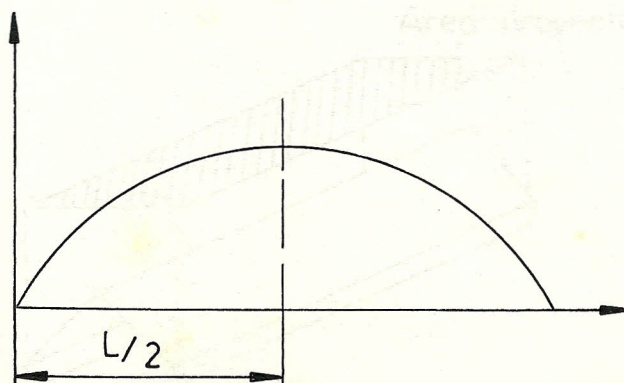
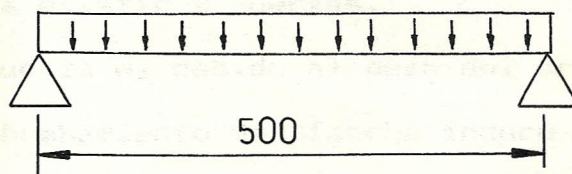
### CALCULO DE FALLA POR APLASTAMIENTO DEL TECHO

$$W/mm = 0.0184762 \text{ N/mm}^2 (\cos 45^\circ)$$



$$W = 0.0184762 \text{ N/mm}^2 * 2440 \text{ mm} * \cos 45^\circ$$

$$W = 31.7743 \text{ N/mm}$$



$$M = (Wl/4)[1-(1/2)] = Wl^2/8$$

$$M = 992946.0338 \text{ N-mm}$$

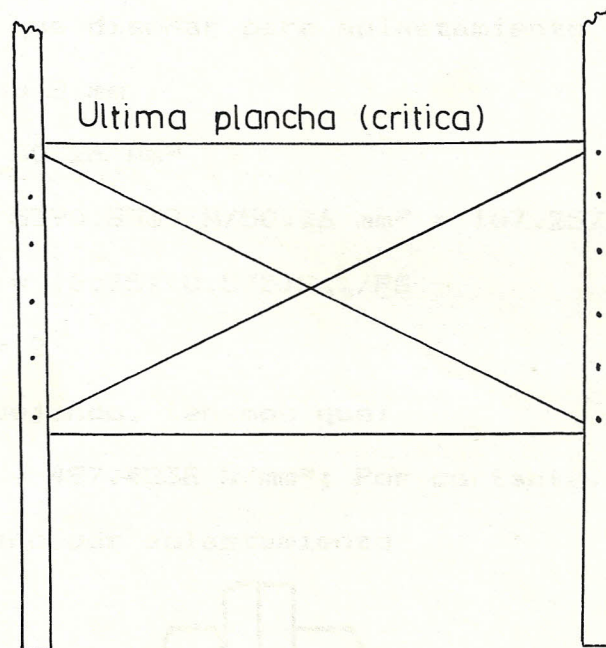
$$I = bh^3/12$$

$$I = 1626.6667 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = Mc/I$$

$$\sigma = 610.4176 \text{ N/mm}^2$$

#### CALCULO DE PERNOS EN EL TECHO

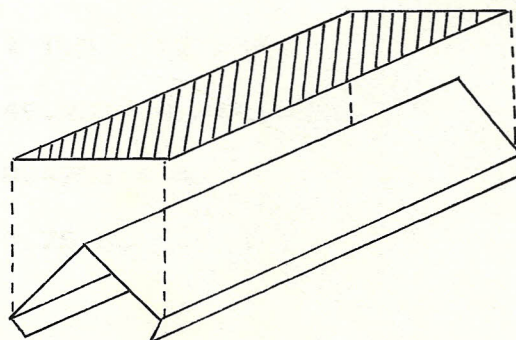


Van a existir 2 fuerzas.

1. Fuerza  $W_1$  debido al peso del arroz y plancha
2. Abombamiento de plancha induce cortante en rosca

#### Cálculo de $W_1$

Area proyectada



$$\text{Area total} = (2440)^2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area proyectada} = 1725340.592 \text{ mm}^2$$

$$W_{1A} \approx 31877.7656 \text{ N}$$

$$W_{1T} = 467.358 \text{ N}$$

$$W_1 = W_{1A} + W_{1T}$$

$$W_1 = 32345,1236 \text{ N}$$

$$F_{\text{cada perno}} = 5390.8539 \text{ N}$$

Hay que diseñar para aplastamiento y cortante.

Ferno 8 mm

$$A = 50.26 \text{ mm}^2$$

$$\tau = 5390.8539 \text{ N} / 50.26 \text{ mm}^2 = 107.257 \text{ N/mm}^2 = S_{sy}$$

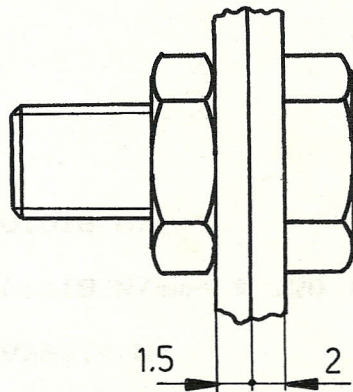
$$S_{sy} = (0.75)(0.575)S_{ut}/FS$$

$$FS = 2$$

Despejando, tenemos que:

$$S_{ut} = 497.4238 \text{ N/mm}^2; \text{ Por cortante.}$$

Diseño por aplastamiento



$$A = 8 * 1.5 = 12 \text{ mm}^2$$

$$\tau = (449.2378 \text{ N/mm}^2)(FS)$$

$$\tau = 898.4756 = S_y$$

$$S_{ut} = 0.75 S_y$$

$S_{ut} = 673.8567 \text{ N/mm}^2$ ; Por aplastamiento

Cortante en la rosca del:

Perno

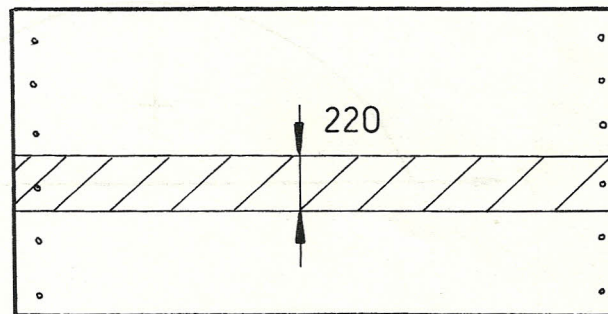
Tuerca

$$\tau = 2F/\pi d r h$$

$$\tau = 2F/\pi d h$$

Para calcular F, vamos a calcular  $\Delta X$  y F con el momento.

$$F = ?$$

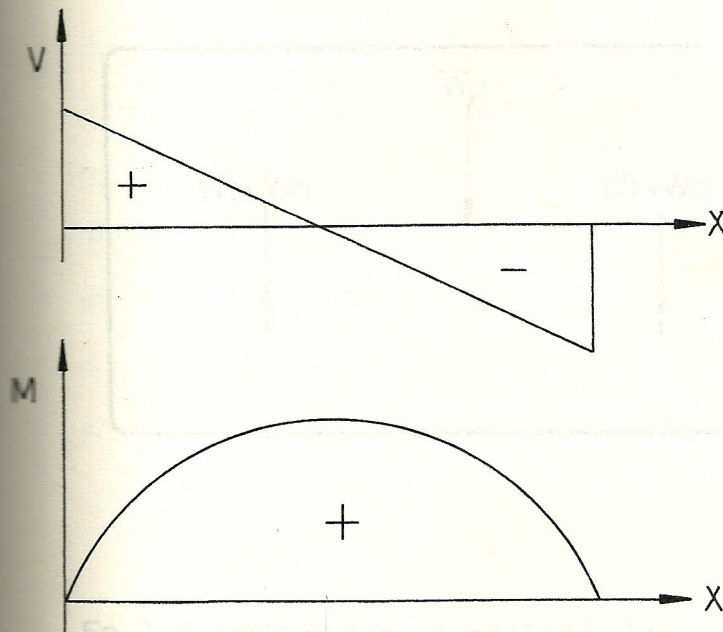
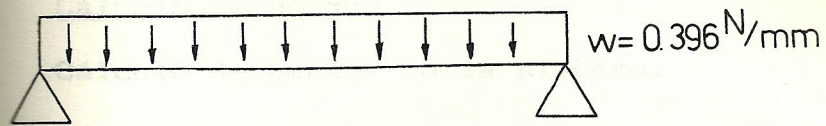


ÚLTIMA PLANCHA

$$P = 0.018 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 0.018 \text{ N/mm}^2 * 220 * 2440$$

$$F = 9662.4 \text{ N}$$



$$R = (0.3960)(2440)/2$$

$$R = 483.12 \text{ N}$$

$$M_{\max} = (0.3960)(2440)^2/8$$

$$M_{\max} = 294703.2 \text{ N-mm}$$

$$\Delta_{\max} = 5(0.3960)(2440)^4/(384)(EI)$$

$$I = bh^3/12 = 2(22)^3/12 = 1774.6667$$

$$\Delta_{\max} = 48.72427$$

Cortante rosca

$$\tau = 2(483.12)(3)/\pi(6.4624)(16.12)$$

$$\tau = 8.8572 \text{ N/mm}^2; \text{ El material no falla.}$$

El caso más crítico va a ser por aplastamiento.

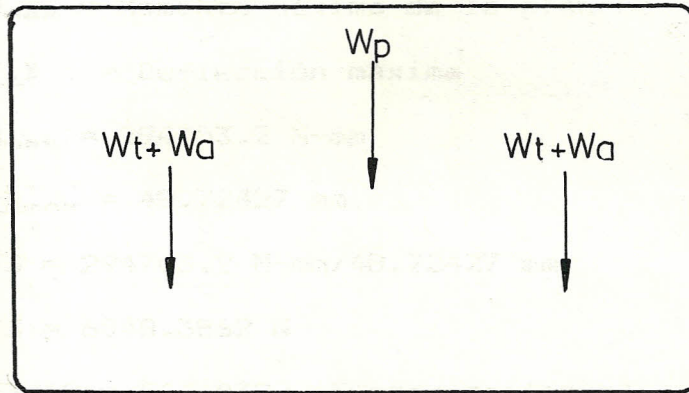
$$S_{ut} = 673,85567 \text{ N/mm}^2$$

Escogo M8 grado métrico 8.8.

### Cálculo de pernos

Cálculo de pernos en la plancha.

Dados:



En los pernos van a existir las siguientes fuerzas:

1. Peso de la plancha
2. Peso de un techo + peso arroz sobre dicho techo ( $W_T + W_A$ )
3. Fuerza tirante (tensión) debido al abombamiento de la plancha ( $F_3$ )

Cortante debido a las fuerzas  $W_p$  y  $W_T + W_A$

Pero como  $W_p = W_T$ ; entonces:

$$W_T = 2 W_p + W_A$$

$$W_p = 467.358 \text{ N (peso de la plancha)}$$

$$W_{\text{arroz}} \approx 31877.7656$$

$$W_T = 2(467.358) + 31877.7656$$

$$W_T = 32812.4816 \text{ N}$$

Como son 12 pernos lo dividiremos para 12.

$$W_T/12 = 2734.3735 \text{ N}$$



Cortante debido a F3

$$F3 = M_{max} / \Delta X$$

Donde:

$M_{max}$  = Momento máximo de la plancha

$\Delta X$  = Deflección máxima

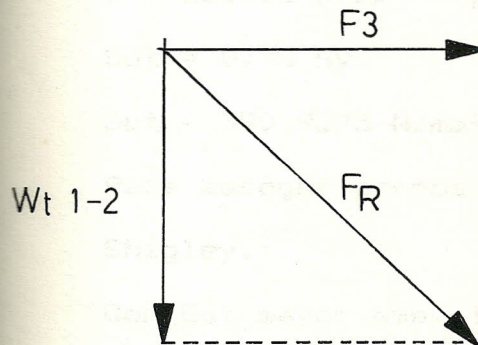
$$M_{max} = 294703.2 \text{ N-mm}$$

$$\Delta_{max} = 48.72427 \text{ mm}$$

$$F3 = 294703.2 \text{ N-mm} / 48.72427 \text{ mm}$$

$$F3 = 6048.3862 \text{ N}$$

$$F3/12 = 504.0322 \text{ (Fuerza cortante)}$$



$$F_R = \sqrt{(W_{T1-2})^2 + (F3)^2}$$

$$F_R = 2780.4401 \text{ N}$$

Voy a escoger pernos de 8 mm.

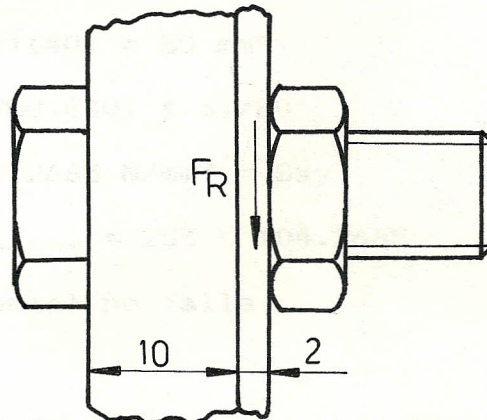
$$A = d^2 \pi / 4 = 50.2655 \text{ mm}^2$$

$$S_{sy} = 2780.4401 / 50.2655 = 55.3151 \text{ N}$$

$$S_{ut} = (F_S)(S_{sy}) / (0.75)(0.575)$$

$S_{ut} = 384.8005 \text{ N}$ . Resistencia Ultima por fuerzas cortantes ( $W_{T1-2} + F3$ ).

Por aplastamiento



$$\sigma = (FR/a)(FS)$$

$$A = (2 \times 8)(\text{mm}^2) = 16 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = (2780.4401/16)(3)$$

$$\sigma = 521.25 \text{ N/mm}^2 = Sy$$

$$Sut = 0.75 Sy$$

$$Sut = 390.9375 \text{ N/mm}^2$$

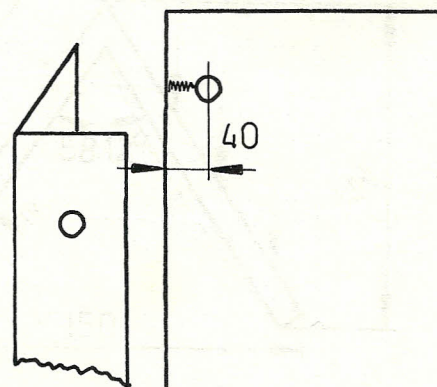
Para escoger pernos voy a la tabla de pernos de Shigley.

Con Sut mayor que el calculado:

$$Sut \text{ mayor} = 390.9375$$

Escojo pernos de 8 mm ( $\varnothing$  8) grado métrico 8.8.

Cálculo que falla la plancha por aplastamiento



$$\sigma = FR/A_p$$

$$A_p = (2)(40) = 80 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = (2780.4401 * 3)/80$$

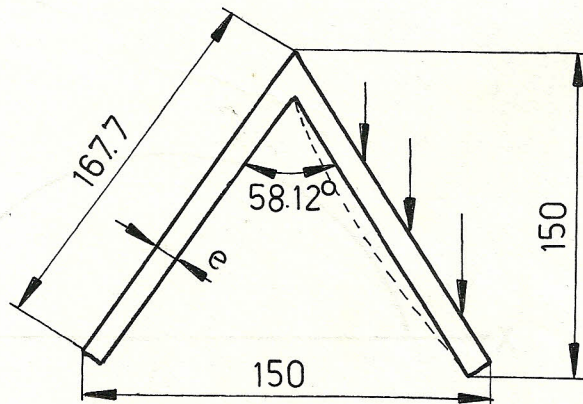
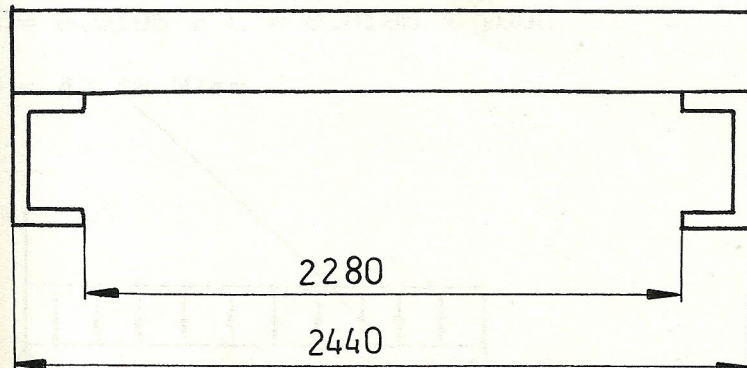
$$\sigma = 104.2665 \text{ N/mm}^2 = S_{sy}$$

$$S_{sy \text{ plancha}} = 253 < 104.2665$$

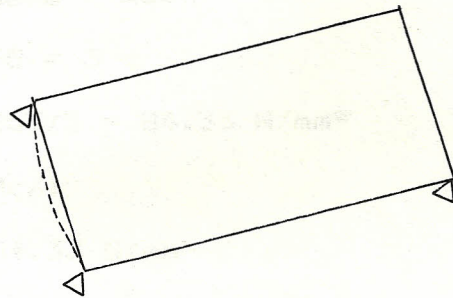
El material no falla.

CALCULO DE FALLAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ZARANDA.

1. Cálculo del espesor del techo para que no falle por pandeo ni aplastamiento



Cálculo para que no falle por pandeo

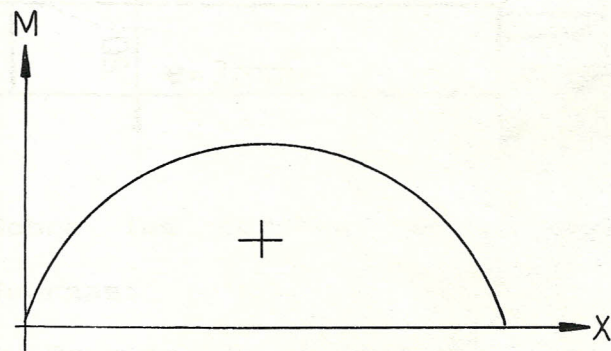
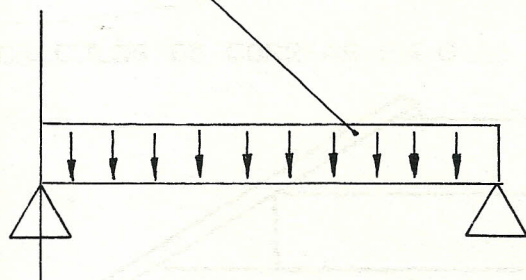


$$P = (110000 \text{ N}) / (2440 \text{ mm})^2$$

$$P = 0.0185 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 0.0185 \times L = 0.0185 \times 2880$$

$$W = 42.18 \text{ N/mm}$$



$$M = (42.18 \text{ N/mm})(167.7)^2/8$$

$$M = 148280.04 \text{ N-mm}$$

$$\sigma_{\text{plancha}} = 253$$

$$N = FS = 3$$

$$\sigma = 253/3 = 84.33 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = Mc/I$$

$$\sigma = 84.33 \text{ N/mm}^2$$

$$c = e/2$$

$$I = bh^3/12 = (2280)e^3/12 = 190e^3$$

$$\sigma = Me/2190e^3$$

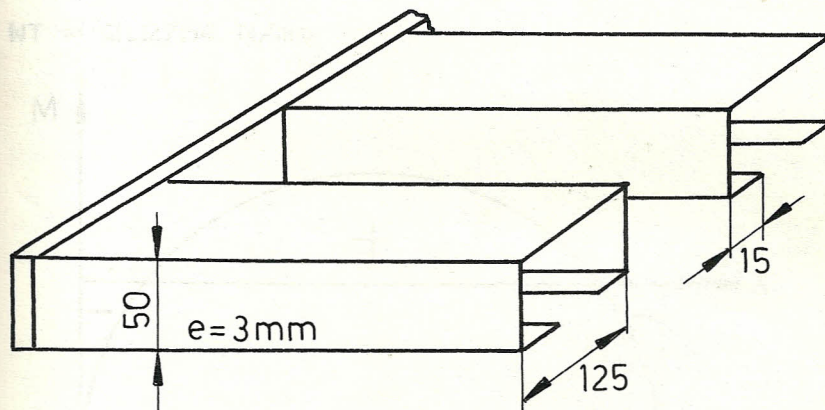
$$e^2 = M/2\sigma$$

$$e^2 = 4.6272 \text{ mm}^2$$

$$e = 2.15 \text{ mm}$$

$$\text{Escojo } e = 3 \text{ mm}$$

#### CALCULOS DE CORREAS EN C



Sobre las correas van a existir las siguientes fuerzas:

1. Peso de las correas,  $W_c$
2. Peso de la columna de arroz,  $W_{Ac}$

Cálculo de  $W_c$

Según tabla el peso de la correa = 5.54 Kg/metro

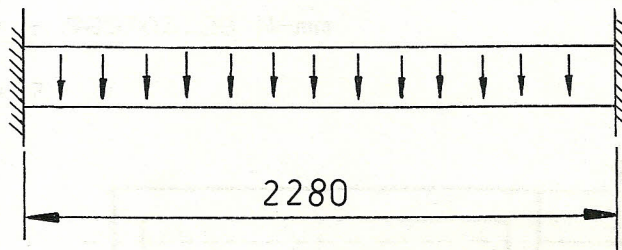
$$W_c = 126.312 \text{ N}$$

$$W = 126.312 \text{ N} / 2280 \text{ mm}$$

$$W = 0.0554 \text{ N/mm}$$

Cálculo de  $W_{Ac}$

$$w = 2.2754 \text{ N/mm}$$



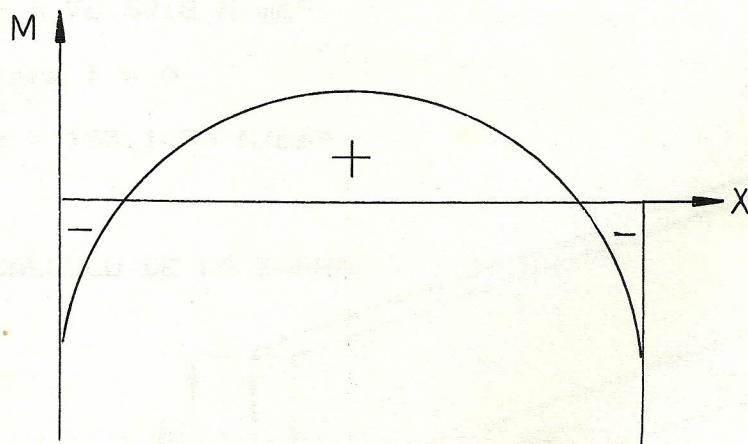
$$P = (0.0185 \text{ N/mm}^2) (120 \text{ mm})$$

$$W = 2.22 \text{ N/mm}$$

$$W_T = W_c + W_{Ac} \text{ (por superposición)}$$

$$W_T = (0.0554 + 2.22) \text{ [n/mm]}$$

$$W_T = 2.2754 \text{ N/mm}$$



$$M = (W/12)(6lX - 6X^2 - l^2)$$

Evaluada en  $l/2$

$$M = Wl^2/24$$

Evaluada para  $l = 0$

$$M = - Wl^2/12$$

Reemplazando valores:

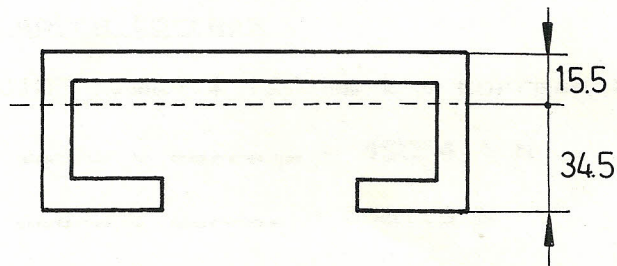
Para  $X = l/2$ :

$$M = 492851.64 \text{ N-mm}$$

Para  $X = 0$

$$M = - 985703.28 \text{ N-mm}$$

$$I = ?$$



$$I = 22.20 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = Mc/I$$

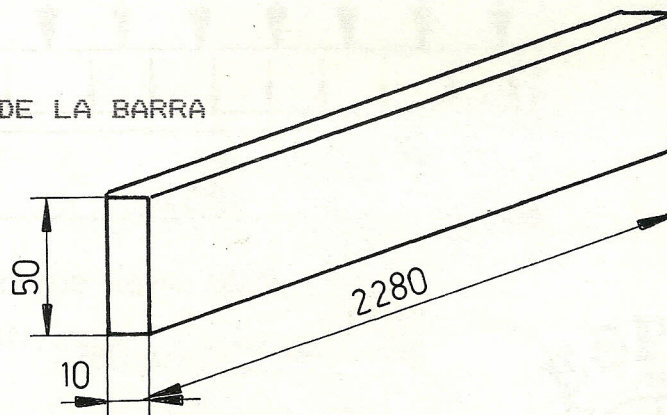
Para  $X = l/2$

$$\sigma = 76.5918 \text{ N/mm}^2$$

Para  $l = 0$

$$\sigma = 153.1836 \text{ N/mm}^2$$

CALCULO DE LA BARRA



$$W_{total} = W_{barra} + W_{correas} + W_{arroz\ sobre\ correas}$$

Wcorreas

$$W_{correas} = F_{correas} \cdot \#correas = 126.312\ N \cdot 9\ correas$$

$$W_{en\ 9\ correas} = 1136.8080\ N$$

$$W_{icorrea} = 126.312\ N$$

Como el peso se reparte en 2 barras, se considero solo la mitad.

$$W_{correa\ en\ 1\ barra} = 63.156\ N$$

Warroz sobre correas

$$P = 0.0185\ N/mm^2 \cdot 120\ mm \cdot 9\ correas \cdot 2250\ mm$$

$$W_{arroz\ sobre\ 9\ correas} = 45554.4\ N$$

$$W_{arroz\ sobre\ 1\ correa} = 5061.6\ N$$

$$W_{arroz\ sobre\ 1\ barra\ a\ traves\ de\ la\ correa} = 2530.8\ N$$

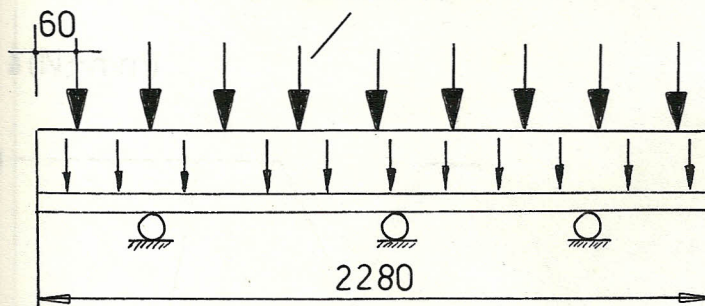
Wbarra

Vamos a escoger una barra de 10 X 50 X 2280

$$V = 0.0011\ m^3$$

$$Peso = 0.0011\ m^3 \cdot 7850\ Kg/m^3 = 89.49\ N$$

$$P = 2530.8\ N$$



P = peso arroz sobre barra

$$w = 89.49\ N / 2280\ mm = 0.0393\ N/mm$$



$W_T = 22866.69 \text{ N}$

$R_1 = R_2 = R_3 = W_T/3 = 7622.23 \text{ N}$

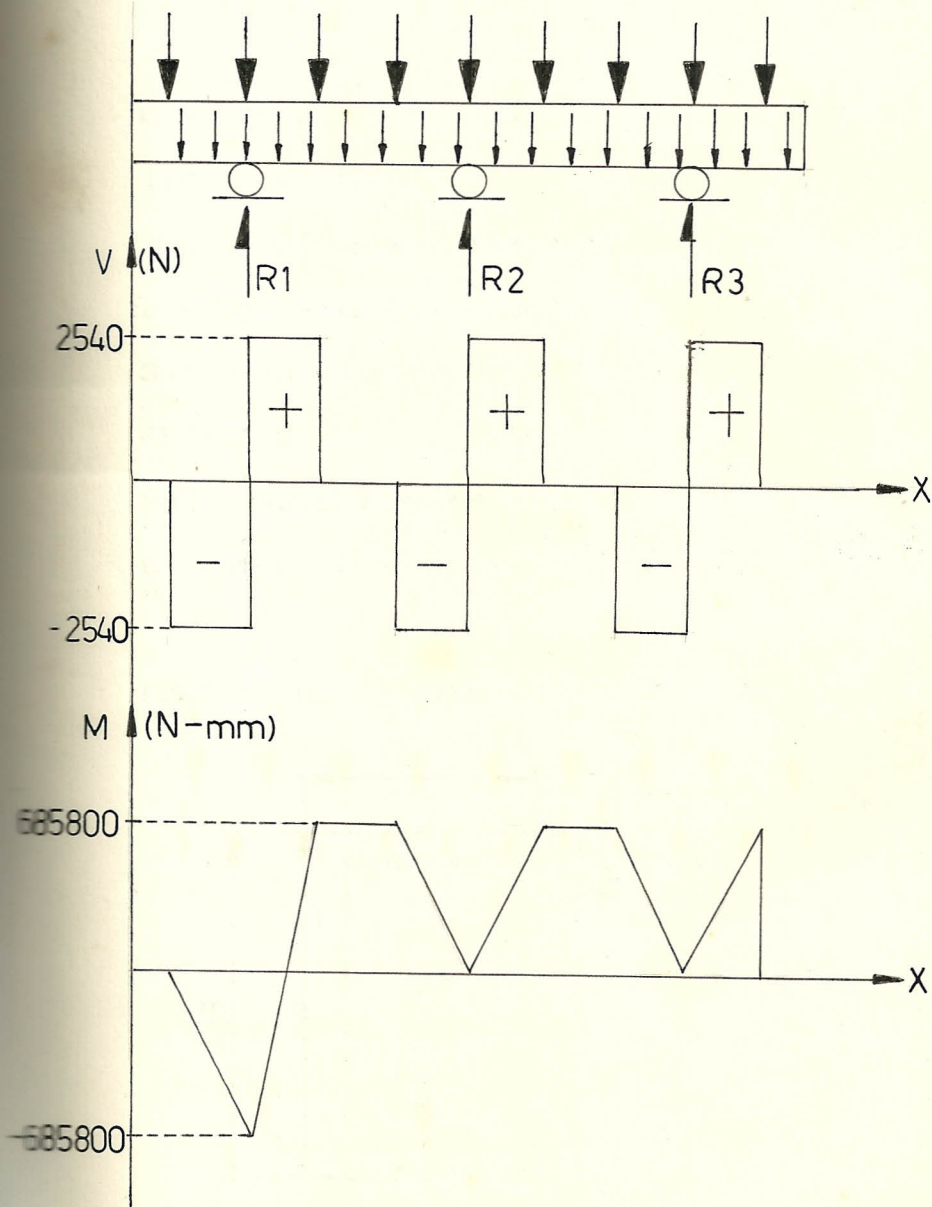
Voy a aproximar los 69.49 N de la barra a cargas concentradas en 9 partes de las correas.

$W_{barra}/9 = 9.943 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$

$P = 2530.8 \text{ N} + 10 \text{ N}$

$P = 2540 \text{ N}$

$R_1=R_2=R_3 = 7620 \text{ N}$

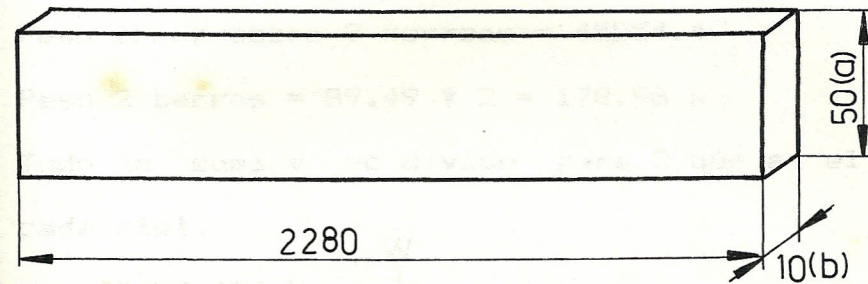


$$M = + 685800 \text{ N-mm} + \text{peso propio sobre correas} + \text{pe}$$

$$\sigma = S_{sy} = Mc/I$$

$$\text{Peso de correas} = 9 \times 125 \times 12 \text{ N} = 1350 \text{ N}$$

$$\text{Peso propio sobre correas} = 5019,5 \text{ N}$$



$$c = Y = 25$$

$$I_{xx} = ba^3/12$$

$$I_{xx} = 104166.667 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = S_{sy} = 164592 \text{ N/mm}^2$$

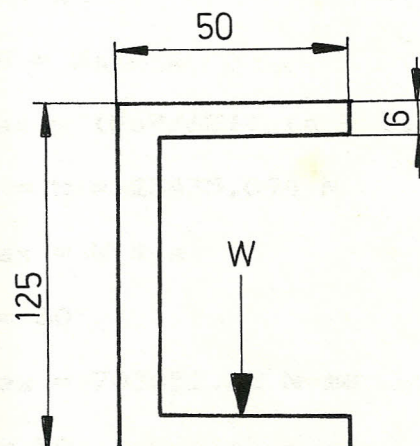
$$S_{ut} = FS (S_{sy})/0.75$$

$$FS = 1.5$$

$$S_{ut} = 329184 \text{ N/mm}^2$$

El material no falla

#### CALCULO DE LA RIEL



$$W = (\text{Peso } 9 \text{ correas} + \text{peso arroz sobre correas} + \text{peso barra})/2$$

$$\text{Peso } 9 \text{ correas} = 9 * 126.312 \text{ N} = 1136.808 \text{ N}$$

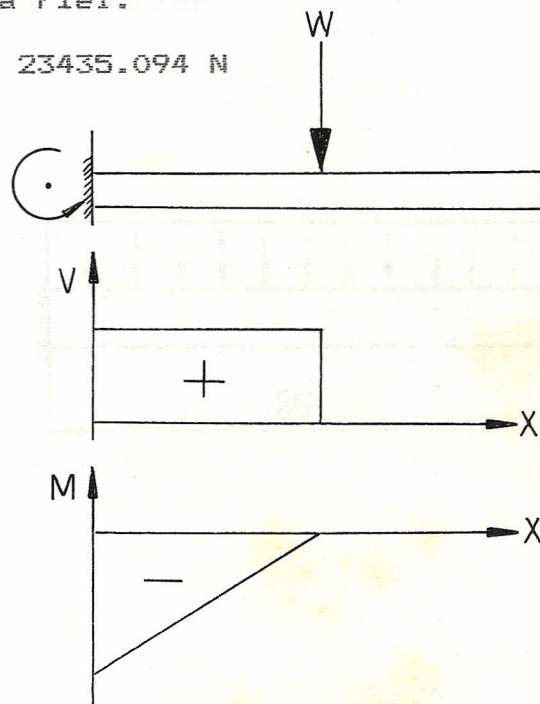
$$\text{Peso arroz sobre correas} = 5016.6 \text{ N}$$

$$\text{Peso arroz sobre } 9 \text{ correas} = 45554.4$$

$$\text{Peso } 2 \text{ barras} = 89.49 * 2 = 178.98 \text{ N}$$

Todo se suma y se divide para 2 que es el peso en cada riel.

$$W = 23435.094 \text{ N}$$



$$R_1 = W$$

$$M_{AB} = Wa$$

$$Y_{max} = (Fa^2/6EI) (a - 3l)$$

$$R_1 = W = 23435.094 \text{ N}$$

$$M_{max} = W * a$$

$$a = 30$$

$$M_{max} = 703052.82 \text{ N-mm}$$

$$l = 50$$

$$I = bh^3/12 = 43920 \text{ mm}^4$$

$$E = 210 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$Y_{\text{max}} = -0.0457 \text{ mm}$$

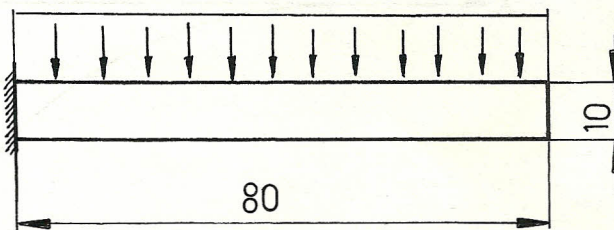
$$\sigma = Mc/I$$

$$\sigma = 48.0227 \text{ N/mm}^2$$

El material no falla

PESO DE LOS TECHOS + PESO DEL ARROZ SOBRE TECHOS

Parte superior



$$w = 18276.0415 \text{ N/m}^2 \text{ (peso arroz sobre techos)}$$

$$M = -wL^2/2 = -1757.766 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$e = 0.0457$$

Para los techos se usan 2.5 planchas.

$$\text{Peso planchas } 3 \text{ mm} = 701.0364 \text{ N}$$

$$\text{Peso total techos} = 1752.5910 \text{ N}$$

Peso arroz sobre techo = 110000 N - peso arroz sobre correas

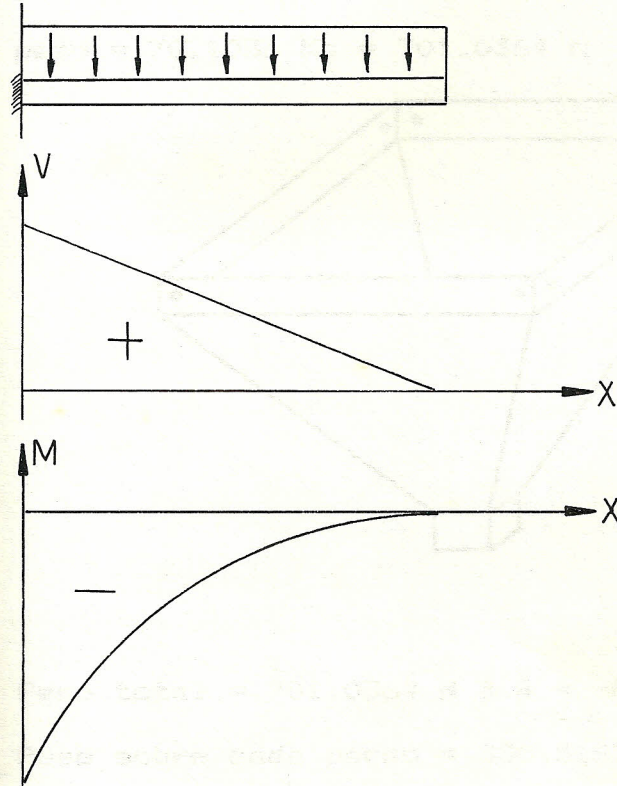
$$\text{Peso arroz sobre techo} = 110000\text{N} - 3.6629\text{N/mm} * 2280\text{mm} * 9$$

$$\text{Peso arroz sobre techo} = 34837.2920 \text{ N}$$

$$\text{Peso total} = 36589.8830$$

Peso ala = peso total/2

peso ala = 18294,9415 N



$$w = 18294,9415 \text{ N}/80 \text{ mm} = 228,6868 \text{ N/mm}$$

$$M = - w l^2 / 2 = - 731797,66 \text{ N-mm}$$

$$\sigma = M c / I$$

$$c = 5$$

$$I = 203333,33 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = 17,99 \text{ N/mm}^2$$

$$y_{\max} = 0,0274 \text{ mm}$$

CALCULOS DE LOS PERNOS DE LA TOLVA

# pernos = 8

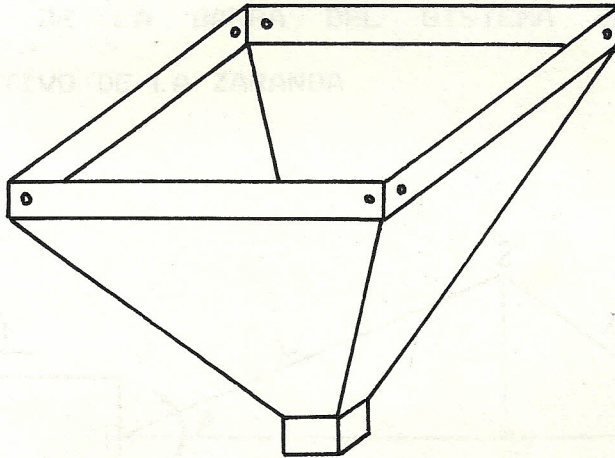
# planchas = 4

Espesor plancha = 3 mm

$\varnothing$  escogido = 1" = 25.4 mm

peso =  $b \times l \times h \times 7850 \text{ Kg/m}^3$

peso = 70.1036 Kg = 701.0364 N



Peso total = 701.0364 N \* 4 = 2804.1456 N

Peso sobre cada perno = 350.5182 N

Diseño por cortante

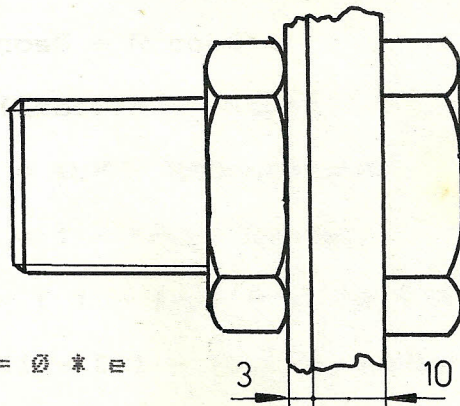
$$A = \pi \varnothing^2 / 4 = 506.7075 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = W/A = 350.5182 \text{ N} / 506.7075 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 0.6918 \text{ N/mm}^2$$

El material no falla

Diseño por aplastamiento



$$\text{Area} = \varnothing * e$$

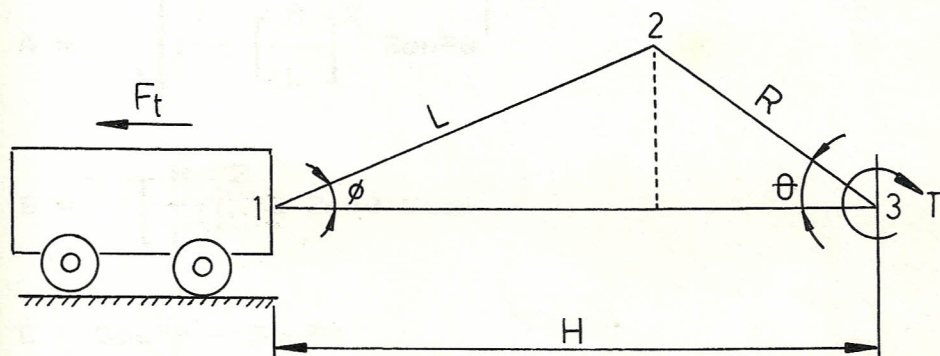
$$\text{Area} = (25 * 3) \text{ mm}^2 = 75 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = W/A = 350.5182 \text{ N}/75 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 1.1679 \text{ N}/\text{mm}^2$$

El material no falla

CALCULO DE LA BARRA DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO  
ALTERNATIVO DE LA ZARANDA



$$\text{Carrera } S_{\text{max}} = 2r$$

$$H - R \cos \theta = L \cos \phi$$

$$\text{Sen} \phi / R = \text{Sen} \theta / L$$

$$\text{Sen} \phi = (R/L) \text{Sen} \theta$$

$$L^2 = (H - R \cos \theta)^2 + (R \text{sen} \theta)^2$$

$$H = L \cos \phi + R \cos \theta$$

$$L^2 = (L \cos \phi)^2 + (R \text{sen} \theta)^2$$

$$\text{Cos}^2 \phi = (L^2 - R^2 \text{Sen}^2 \theta) / L^2$$

$$\text{Cos}^2 \phi = 1 - (R/L)^2 \text{Sen}^2 \theta$$

$$\text{Cos} \phi = [1 - (R/L)^2 \text{sen}^2 \theta]^{1/2}$$

$$S = L(1 - [1 - (R/L)^2 \text{sen}^2 \theta]^{1/2}) + R(1 - \cos \theta)$$

Velocidad:

$$\frac{dS}{dt} = \left[ \frac{\left[ \frac{R}{L} \right]^2 2 \operatorname{Sen} \theta \operatorname{Cos} \theta}{\sqrt{1 - \left[ \frac{R}{L} \right]^2 \operatorname{Sen}^2 \theta}} + R \operatorname{Sen} \theta \right] \frac{d\theta}{dt}$$

Aceleración:

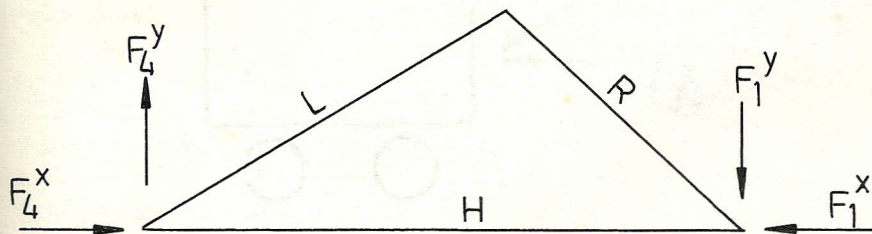
$$A = \sqrt{1 - \left[ \frac{R}{L} \right]^2 \operatorname{Sen}^2 \theta}$$

$$B = \left[ \frac{R}{L} \right]^2 2 \operatorname{Sen} \theta \operatorname{Cos} \theta$$

$$C = \operatorname{Cos}^2 \theta - \operatorname{Sen}^2 \theta$$

$$D = \operatorname{Sen} \theta \operatorname{Cos} \theta$$

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = \left[ \frac{R^2}{L} \left[ \frac{C A + D(B/2A)}{A^3} \right] + R \operatorname{Cos} \theta \right] \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$



$$\Sigma M_4 = -F_1^y H + T = 0$$

$$F_1^y = T/H$$

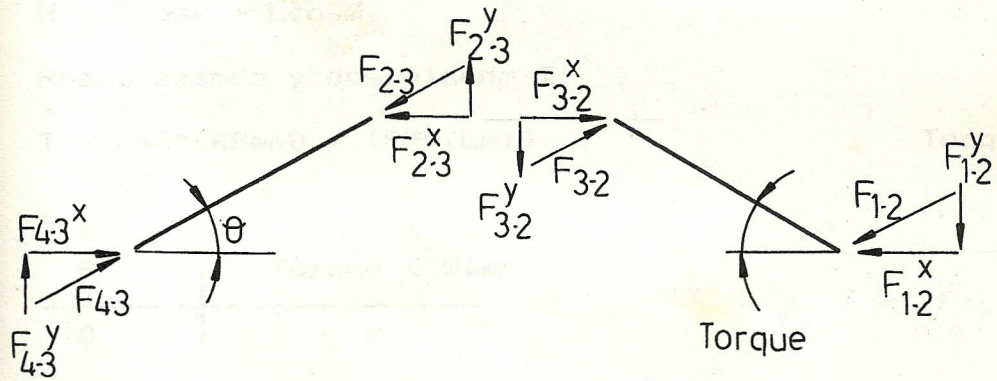
$$\Sigma F_y = F_4^y + F_1^y = 0$$

$$F_1^y = -F_4^y$$

$$F_{4y} = - T/H$$

$$\Sigma F_x = F_{4x} + F_{1x} = 0$$

$$F_{1x} = F_{4x}$$

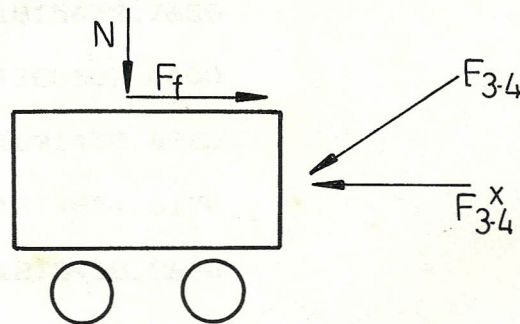


$$F_{43} = (F_{43y} / \text{Sen}\theta) = - (T/H) / \text{Sen}\theta$$

$$F_{43} = - TL/HR \text{ Sen}\theta$$

$$F_{43} = F_{32}$$

CALCULAR FUERZA A VENCER DEBIDO AL PESO DEL ARROZ  
(ROZAMIENTO ARROZ CON CORREAS).



$$F_{34} = f_r = N(0.39) = 29676.7832 \text{ N}$$

$$F_{34} = 29676.7832 \text{ N} = F_{43}$$

$$F_{43} = F_{43} \text{ Cos}\theta$$

$$F_{43} = TL/HR \text{ Sen}\theta$$

$$\cos\theta = \sqrt{1 - \left[\frac{R}{L}\right]^2 \text{Sen}^2\theta}$$

$$F43^* = (T1/HR\text{Sen}\theta)[1 - (R/L)^2\text{Sen}^2\theta]^{1/2}$$

$$H = R\cos\theta + L\cos\theta$$

Reemplazando y despejando T:

$$T = F43^*[R\text{Sen}\theta + (R^2D/LA)]$$

Torque

$\theta$	Torque < N*mm >
0	0
10	370136.2758
20	723727.4070
30	1045285.4700
40	1321374.9710
50	1541474.7030
60	1698622.4810
70	1789755.0130
80	1815672.7650
90	1780607.0400
100	1691438.4710
81	1814814.6170
79	1815918.8660
78	1815547.2710

$$T_{\max} = 1815918.8660 \text{ N*mm}$$

$$\text{Potencia del motor} = 2.7870 \text{ HP} \approx 3 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 2.079102 \text{ KW}$$

## CALCULO DE EJE Y BARRA

Diseño barra

$$H = 202.5796$$

$$\theta = 17.1268$$

$$\sigma = F43 \cdot n/A = S_y$$

$$A = F43 \cdot n/\sigma$$

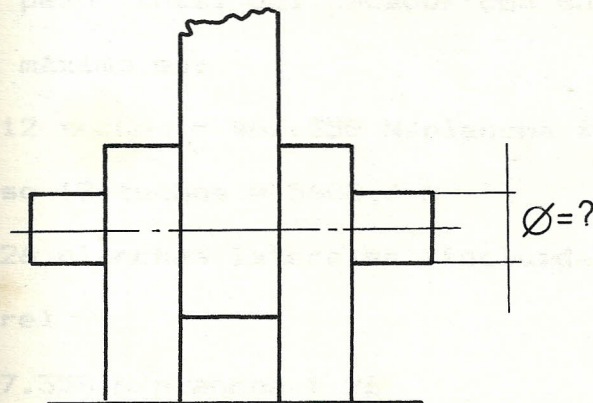
$$F43 = F43^*/\cos(17.1268) = 29676.7832 \text{ N}/\cos(17.1268)$$

$$F43 = 31053.8548 \text{ N}$$

$$\text{Area neta de la barra} = 31053.8548(1.5)/253$$

$$\text{Area neta de la barra} = 184.1138 \text{ mm}^2$$

Area del pin



Por cortante

$$\tau = F/A$$

$$A = F/\tau$$

$$A = 3(15526.9274)/[2 \cdot 253 \cdot 0.575]$$

$$A = 160.0989 \text{ mm}^2$$

$$\theta = 14.2774$$

$$\theta = 14.5 \text{ mm}$$

Por aplastamiento

$$F = 15526.9274$$

$$A = 14.5 * e$$

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = F(n)/145 * e$$

$$\sigma = 253$$

Entonces:

$$e = 12.6975 \text{ mm}$$

$$e = 13 \text{ mm}$$

3.4. CALCULO DE CIMIENTOS

El peso total del secador con su capacidad de arroz al máximo es:

- 12 techos =  $467.358 \text{ N/plancha} * 12 \text{ planchas}$

Peso 12 techos =  $5608.3 \text{ N}$

- 26 planchas laterales (incluidas las de la caja de aire)

$467.358 \text{ N/plancha} * 26$

peso de 26 planchas =  $12151.308 \text{ N}$

- 75 ángulos de  $6 \text{ m} * 100 * 100 * 10$

$942 \text{ N/ángulo} * 7.5$

Peso ángulos =  $7065 \text{ N}$

- Peso de las correas de la zaranda

$332.4 \text{ N/correa} * 3.5 \text{ correas}$

Peso correas =  $1163.4 \text{ N}$

- Peso de la tolva

$701.0364 \text{ N/plancha} * 4 \text{ planchas} = 2804.1456 \text{ N}$

Peso tolva = 2804.1456 N

- Peso de las rieles

Peso rieles = 517.1580 N

- Peso del motor con ventilador y carcasa

Peso aproximado  $\approx$  2000 N

- Peso del arroz

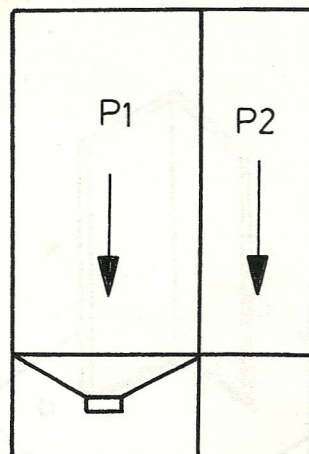
Si decimos que todo el sistema está lleno de arroz

peso arroz  $\approx$  110000 N

PESO TOTAL = 141309.3116 N

peso varios (pernos, tornillos, soldadura, rodamientos, etc.)  $\approx$  600 N

GRAN TOTAL = 141909.3116 N



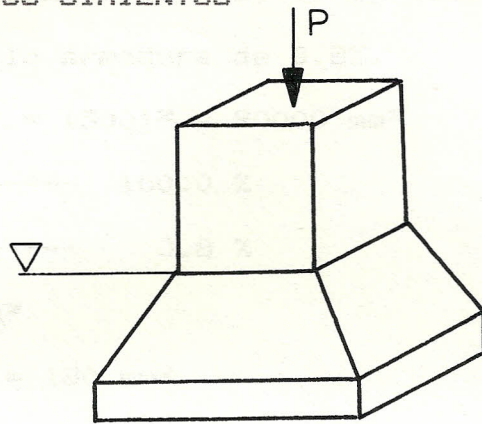
$P2 \lll P1$

Por lo que considero que el gran peso (gran total) está asentando sobre los ángulos 1, 2, 3, 4.

Peso sobre cada ángulo

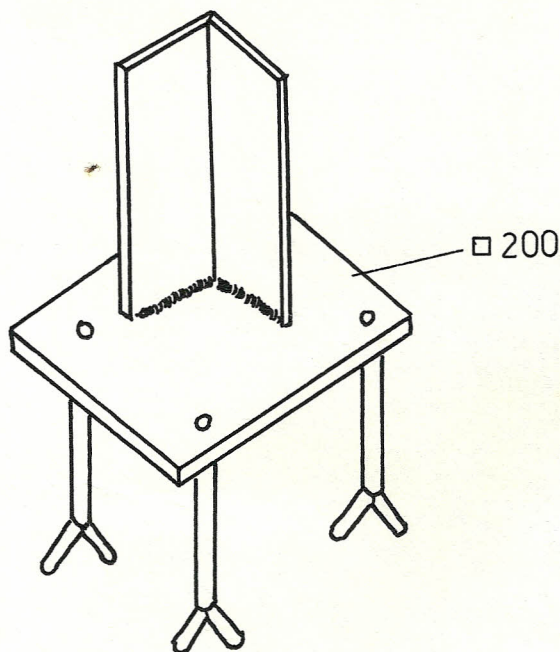
$141909.3116 \text{ N} / 4 = 35477.3279 \text{ N}$

FORMA DE LOS CIMIENTOS



Tenemos que verificar que en las medidas dadas no falle por "estallido" o como comunmente se le denomina "embarrilamiento" ya que por pandeo no va a fallar.

Partiendo por otro punto en cada pata vamos a tener 35477.3279 N.



$e$  = espesor de la placa = 12 mm

Vamos a calcular el  $\emptyset$  de la varilla, tomando un % de hierro en la armadura de 0.8%.

$$\begin{array}{r} \text{Area total} = (300)^2 = 90000 \text{ mm}^2 \\ 90000 \text{ ----- } 100.0 \% \\ X \text{ ----- } 0.8 \% \end{array}$$

$$X = 720 \text{ mm}^2$$

$$720 \text{ mm}^2 / 4 = 180 \text{ mm}^2$$

$$d = 15.1388 \text{ mm}$$

Vamos a determinar si con las dimensiones que tenemos nos va a fallar el pilar con la carga axial.

### CARGA MAXIMA QUE SOPORTA EL PILAR

$$\text{Raz3n de esbeltez} = h/d$$

$$h = \text{altura} = 80 \text{ cm}$$

$$d = \text{lado menor} = 30 \text{ cm}$$

esbeltez = 2.67

$$P = 20000 \text{ kg}$$

$$P = 19600 \text{ kg}$$

Puede soportar 19600 kg

Puede soportar la carga de 20000 kg

El material no falla.

Recalcular el  $\emptyset$  de varilla

$$A = 4000 \text{ cm}^2$$

$$A = 4000 \text{ cm}^2$$

$$A = 3200 \text{ cm}^2$$

$$A = 1600 \text{ cm}^2$$

## CALCULO DE LA ZAPATA

Para fines de cálculo asumimos que el terreno que se va a utilizar está bien cementado, la carga admisible a la compresión  $\approx 3 \text{ Kg/cm}^2 = 0.3 \text{ N/mm}^2$ .

La fórmula de Rankine nos determina la carga en kilogramos/cm<sup>2</sup> que puede soportar un terreno:

$$p = h d K$$

$h$  = Profundidad de cimentación, mm

$d$  = Densidad de terreno ( $\text{Tm/m}^3$ )

$K$  = Coeficiente depende del talud

$$P = 0.3 * 1.8 * 9.73$$

$$p = 5.2542 \text{ Kg/cm}^2$$

El ancho de la zapata =  $B$  = a la división de la carga por metro final de la base de cimentación por el coeficiente de talud del terreno.

$$B = P/100p$$

$$B = 34 \text{ cm}$$

$$\text{Espesor mínimo de zapata} = d \approx (B - b)/3$$

$$e_{\text{minimo}} = 5 \text{ cm}$$

## CALCULO DE LA ARMADURA DE LA ZAPATA

Una vez hallados el ancho y el espesor de la zapata

4.1. falta determinar la sección de hierro necesaria de la armadura.

El momento flector producido sobre las fojas laterales:

$$M = [P(B - b)^2] - [d^2/8B]$$

$$M = [P(B - b)^2]/9B, \text{ en Kg-m}$$

La sección necesaria por metro lineal del hierro de la armadura será:

$$F = M/10d = (3M)/[10(B - b)], \text{ en cm}^2$$

$$B = 0.34 \text{ m}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$P = 17738.664 \text{ Kg}$$

$$p = 5.2542 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M = 113.6202 \text{ Kg-m}$$

Entonces:

$$F = 2.4347 \text{ cm}^2$$

Entonces:

5 barras de  $\emptyset = 8 \text{ mm}$  por metro lineal, equivalen a  $243.47 \text{ mm}^2$ .

### Ángulos de inclinación

Viga 51. Plano de inclinación del cuerpo de la zapata.

Viga 52. Plano de inclinación del cuerpo de la zapata.

## la secadora CONSTRUCCION DEL SECADOR

### 4.1. CONSTRUCCION DE LAS DIFERENTES PARTES del cuerpo

En una construcción de maquinaria las partes a construirse o maquinarse deben de programarse para que esta resulte lo menos costosa y lo más rápida.

En casi cualquier producto, pieza o elemento de máquina a manufacturarse, es posible especificar un material más fuerte, más resistente a la corrosión y de mayor duración, pero es deber del ingeniero conciliar el criterio de producción económica.

Para producir partes con cierto grado de precisión se hace necesario usar máquinas herramientas y operaciones mecánicas más costosas, por lo tanto, los productos no deberán ser construidos con más precisión que las demandadas por las necesidades de su servicio.

debemos hacer una lista primeramente de todas las partes y piezas que intervienen en la secadora para poder clasificarlos por el tipo de material que intervienen, por el tipo de maquinado y por la secuencia de ensamblaje de estas piezas.

#### Angulos 100 x 100

Viga #1, plano # P12: Delantera izquierda del cuerpo de la secadora.

Viga #2, plano # P13: Trasera izquierda del cuerpo de la secadora.

Viga #3, plano # P14: Trasera derecha del cuerpo de la secadora.

Viga #4, plano # P15: Delantera derecha del cuerpo de la secadora.

Viga #3, plano # P14: Delantera de la caja extractora de aire.

Viga #4, plano # P15: Trasera de la caja extractora de aire.

Viga soporte # 1A, plano # P16: Viga que soporta la base de la carcasa del ventilador extractor.

Viga soporte # 1B, plano # P17: Viga que soporta la base de la carcasa del ventilador extractor.

Viga soporte # 2, plano # P18: Dos vigas que forman la base de la carcasa del ventilador extractor.

Viga soporte motoreductor #, plano # P19: Viga que soporta motoreductor.

Planchas 2mm

Plancha P1: 5 planchas, 4 del sexto nivel, 1 de la parte superior de la caja extractora de aire.

Plancha P5: 3 planchas delanteras, niveles II, IV, V.

Plancha P2: 3 planchas costado izquierdo, niveles III, IV, V.

Plancha P3: 3 planchas traseras, niveles III, IV, V.

Plancha P4: 6 planchas, 3 del costado derecho, niveles III, IV, V; 3 del costado derecho de la caja extractora de aire.

Plancha P7: Delanter superior de la caja extractora de aire.

Plancha P6: 3 planchas, 1 plancha delantera inferior y 2 planchas (superior e inferior) traseras de la caja extractora de aire.

Techo P10: 12 techos, 4 por cada nivel, niveles III, IV, V.

Techo P20: 9 techos, 4 por cada nivel, niveles II.

Tolva P11: Nivel I.

Viga C (120x50x6)

Riel P21: Riel de la parte móvil de la zaranda, nivel V.

Correa G (125x50x15x3)

Zaranda P23: Zaranda parte móvil, nivel II.

Platina (50x9)

Platina lateral P22: Platina lateral que une la parte móvil de la zaranda, nivel II.

Otros

Eje P24: Eje de la parte móvil de la zaranda, nivel II.

Tuerca P26-28: Tuerca que asegura el eje, nivel II.

Portaeje P27: Base para el eje, nivel II.

Sistema biela-manivela

Oreja 1, oreja 2 P29-30

Pin 1 P31

Pin 2 P32

Bocina P33

diámetro y para el efecto se usará una plantilla.

Para la construcción de las planchas P2, se les perforará solo los agujeros para sujetar los techos transversales, como se observa en el plano.

Para la construcción de las planchas P3 se les perforará solo los agujeros para sujetar los techos longitudinales.

A las seis planchas que conforman el lado derecho de la secadora y el lado derecho de la caja extractora de aire se les cortará dos agujeros como lo muestra el plano P4, se usará corte oxiacetilénico, también a estos se les taladrará los agujeros para la sujeción de los techos transversales.

A la plancha P7 que conforma la pared superior frontal de la caja extractora se le corta con autógena un agujero como lo muestra el plano, que sirve para la salida del aire que saca el ventilador, las otras tres planchas que conforman la parte posterior y frontal inferior de esta caja no llevan ninguna otra perforación que no sea para sujetarlas a las bases.

Todas estas planchas están "diamantadas" para darle mayor rigidez.

#### 4.1.3. CONSTRUCCION DE LA TOLVA

La tolva será construida de plancha de 2 mm. Para el efecto se cortan las partes que intervienen según las especificaciones del plano P11. El filo de la tolva se lo dobla y se sueldan las partes, luego se marca donde se debe de cortar los agujeros para la sujeción de la tolva en las bases, esta operación se la realiza con oxicorte.

#### 4.1.4. CONSTRUCCION DE LOS TECHOS

Los techos están hechos de una plancha completa de 2 mm y se los mandó a doblar a la compañía AMERIN según las especificaciones del plano P20.

Estos techos conforman la parte estática de la zaranda (nivel V).

Además se construyeron dos medios techos que son para los extremos de la zaranda.

#### 4.1.5. CONSTRUCCION DE LAS BASES

La construcción de las bases será con ángulos de 100x100x10.

Lo primero que debemos establecer es cuantos ángulos debemos utilizar; los cuales son: 6 ángulos para la base del cuerpo de la secadora y la caja extractora de aire; 2 ángulos para la base de la carcasa del

ventilador y para la base del motoreductor.  
En total son 8 ángulos.

Los seis ángulos que conforman la base tienen como característica común los agujeros donde van a ser emperanadas las planchas, estos agujeros tienen 10 mm de diámetro y son perforados usando la misma plantilla que se usó para perforar las planchas.

Todos los ángulos son diferentes y difieren solamente por las perforaciones de 1 pulgada para sujetar las diferentes partes como son la tolva, zaranda, ángulos base de la carcasa del ventilador.

Las especificaciones de cada ángulo lo podemos encontrar en los planos P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19.

#### 4.1.6. CONSTRUCCION DE LA BASE DE LA CARCASA DEL VENTILADOR Y MOTOREDUCTOR.

En la construcción de las bases se usan ángulos de 100x100x10, veáse los planos P16, P17, P18 y P19, éstos se los corta a la medida indicada usando sierra mecánica, luego se traza y se taladra el ángulo usando brocas de menor diámetro hasta llegar al agujero final de 25.4 mm.

#### 4.1.7. CONSTRUCCION DE LA ZARANDA (PARTE MOVIL)

En esta construcción intervienen las

siguientes partes:

1. Riel, plano P21
2. Platina lateral, plano P22
3. Viga G para zaranda, plano P23
4. Rodamientos, P25
5. Eje con tuerca, plano P24, P28, P26
6. Portaeje, plano P27

1. La riel es una viga C de 125 x 50 x 6 que se corta con sierra mecánica y sus perforaciones se las realiza en 3 pasos hasta su diámetro final, ver plano P21.

2. La platina lateral se la corta con sierra mecánica a la medida indicada en el plano P22.

3. Esta está constituida por nueve correas G cortadas con sierra mecánica a la medida indicada en el plano P23.

4. Los rodamientos se los compra en el mercado local según las especificaciones de carga y espacio disponible.

5. Los ejes son construidos de acero de transmisión y maquinados en torno, lo mismo que las tuercas y los separadores, las medidas están dadas en los planos P24, P28 y P26.

6. El portaeje es de acero maciso, la

perforación se la realiza en tres pasos hasta llegar a su diámetro final. Las medidas están especificadas en el plano P27.

#### 4.1.8. CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO

En este sistema intervienen las siguientes partes:

1. Brazo, plano P34
- 2 y 3. Oreja 1, oreja 2, plano 29, 30
4. Placa portaoreja, plano P39
5. Bocines, plano P33
6. Pin 1, plano P31
7. Pin 2, plano P32
8. Acople, plano P35

1. El brazo es construido de acero, y en el proceso de fabricación intervienen el corte oxiacétilénico para dejarlo a sobremedida para luego darle el acabado final con esmeril y lima. Los agujeros se los realiza con taladro en varios pasos hasta dejarlo a la medida especificada en el plano P34.

2. 3. Las orejas se las corta de un pedazo de plancha del espesor especificado con oxicorte y luego con sierra mecánica se les da el siguiente acabado, para el acabado fonal se esmerila sus contornos, vease plano P29-30.



4.2. ENCOXO Luego se taladra en varios pasos hasta  
para dejarlo a su medida final.

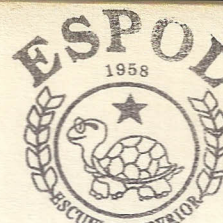
4. Las placas portaorejas se usan para  
intercalar una franja de caucho para  
amortiguar el movimiento alternativo, los  
agujeros son realizados en taladro.

5. Los bocines son de bronce fosfórico, estos  
serán torneados con las especificaciones de  
superficie (tolerancia y acabado) y  
dimensiones especificadas en el plano P33.

6. El pin número 1 es de acero inoxidable y  
será trabajado en el torno hasta dejarlo a  
las medidas dadas en el plano P31.

7. El pin número 2 es de acero inoxidable y  
será trabajado en torno hasta dejarlo a las  
medidas finales como lo especifica el plano  
P32, por el hueco del centro se va a colocar  
un perno de 8 mm sujetando el brazo (#34) al  
acople (#35), el perno va a servir de fusible  
en caso de trabamiento del sistema.

8. El acople es de acero inoxidable y sirve  
para acoplar el motoreductor con el brazo, la  
medida exterior e interior se la maquina en  
torno, para darle al brazo 3 avances  
distintos se hace rosca a tres diferentes  
medidas como lo muestra el plano P35.



POLITECNICA DEL LITORAL  
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F.I.M.C.P.

#### 4.2. ENSAMBLAJE DE LA SECADORA

Para ensamblar cualquier maquinaria, es necesario realizar una programación para ganar tiempo y abaratar los costos.

Hay que tener las herramientas a mano y cualquier tipo de elemento auxiliar debe estar preparado para cuando se inicie la tarea, igualmente todos los elementos de sujeción, tanto pernos, tuercas, anillos, soldadura, etc. debe de tenerse listo.

##### 4.2.1. ELEMENTOS Y HERRAMIENTAS A USARSE EN EL ENSAMBLAJE.

- 252 pernos de 8 mm x 30 mm con tuerca y anillo plano, grado 8.8
- 84 pernos de 8 mm x 20 mm con tuerca y anillo plano, grado 8.8
- 26 pernos de 1 x 2 1/2" con tuerca y anillo de presión, grado 8
- 6 rodamientos SKF # 6305
- 5 kilos de soldadura 7018
- 2 llaves para perno de 8 mm
- 2 llaves de 1"
- Un esmeril portátil
- Un taladro portátil
- Un tecla de 2 toneladas
- Cabos y estrobo
- Pintura anticorrosiva

PERSONAL A USARSE las planchas del nivel VI.

- Un soldador de las planchas delanteras
  - 4 Obreros de categoría superior a la categoría de la
- Primeramente antes de comenzar a armar nuestra secadora, debemos asegurarnos de preparar el terreno donde este va a ser erectado. El terreno debe de estar nivelado para que ninguna de las bases quede más arriba o más abajo y luego las planchas no encajen.

El programa de ensamblaje es el siguiente:

1. Ensamblado de la zaranda (parte móvil y estática).
2. Colocación de la tolva a la altura de trabajo.
3. Colocación de los andamios en las esquinas de la tolva.
4. Erección de las bases y fijación a la tolva.
5. Fijación de la parte estática de la zaranda a las bases.
6. Colocación de las planchas del nivel III con sus respectivos techos.
7. Colocación de las planchas del nivel IV con sus respectivos techos.
8. Colocación de las planchas del nivel V con sus respectivos techos.

9. Colocación de las planchas del nivel VI.
10. Fijación de las planchas delantera inferior y trasera superior e inferior de la caja extractora de aire.
11. Erección de las bases de la caja de aire y su fijación a las planchas y la colocación de las bases para la carcasa del ventilador.
12. Colocación de las planchas del costado derecho de la caja extractora de aire.
13. Colocación, elevación de la carcasa del ventilador hasta su sitio de trabajo.
14. Colocación de la plancha delantera superior de la caja de aire.
15. Introducción de la zaranda (parte móvil) dentro del cuerpo de la secadora.
16. Fijación del motoreductor y su base.
17. Conexión del sistema de movimiento alternativo de la zaranda.

1. Para ensamblar la zaranda como las otras partes es necesario contar con un plano armado de las partes.

Para armar la parte estática debemos colocar los techos pequeños sobre las rieles, teniendo en cuenta la distancia y el paralelismo, primero se sueldan los techos de los extremos para luego soldar los que van en

medio, para darle mayor resistencia a estos techos se les suelda varilla entre sí para armar la parte móvil debemos de soldar la platina lateral a las correas G, primero la de los extremos, tomando en cuenta el paralelismo, para luego soldar las correas intermedias.

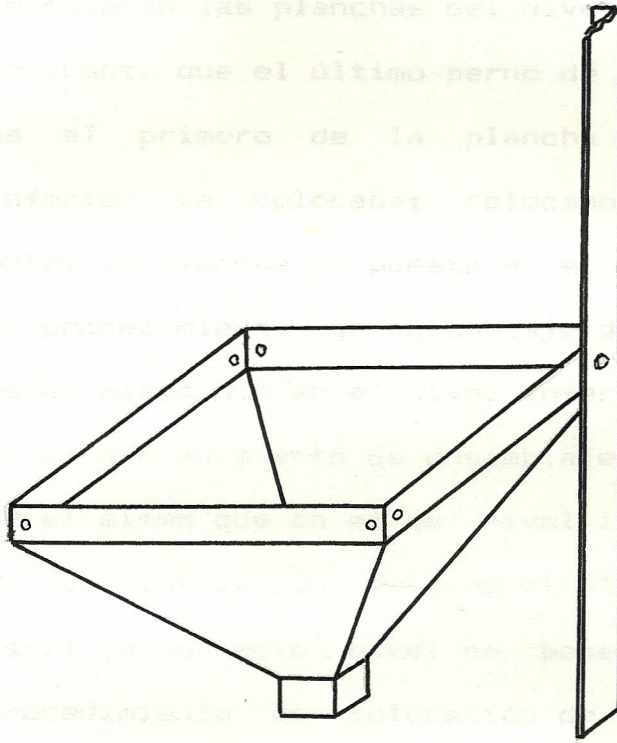
La soldadura se la debe de aplicar en tres partes, ya que si soldamos corrido podemos deformar la platina.

Luego soldamos los portaejes (tres por lado) como lo muestra la figura 3.4 y colocamos los ejes con los rodamientos asegurandolos con la tuerca.

2. El siguiente paso es colocar la tolva a la altura donde va a trabajar usando para esto tucos de madera, luego colocamos un andamio en cada esquina de la tolva.

3. Luego colocamos cada base en su esquina en el suelo y atamos la punta superior con cabos, una persona subida en el andamio tira del cabo mientras que los otros ayudan a subir el ángulo desde abajo, luego que se lo ha erectado, el ángulo se lo emperna a la tolva, ya que para eso es que se elevó la tolva hasta la altura de trabajo, además se amarra el ángulo al andamio para que no

caiga. A los otros tres ángulos se los trabaja de igual forma quedando todo como lo muestra la figura abajo.



5. El siguiente paso es meter la parte estática de la zaranda (riel con techos) y las empernamos a los ángulos.

6. Se van a colocar primeramente las planchas del nivel IV y luego colocamos los techos, primero se empernan los techos longitudinales ya que estos están debajo de los transversales y para ensamblar es más fácil ya que solamente nos paramos sobre los techos. Las planchas se las emperna usando los pernos M8x30 y los techos con los pernos

M8x20. Los pernos se los coloca con la cabeza por dentro y la tuerca por fuera.

7. Después de que está colocado el nivel III se colocan las planchas del nivel IV teniendo en cuenta que el último perno de esta plancha es el primero de la plancha del nivel inferior ya colocada; colocamos la plancha entre la plancha ya puesta y el ángulo base. El procedimiento de ensamblaje de los techos es el mismo que en el nivel inferior.

8. El procedimiento de ensamblaje del nivel V es el mismo que en el del nivel inferior.

9. La colocación del nivel VI resulta más fácil ya que este nivel no posee techos, el procedimiento de colocación de las planchas es igual que en los otros niveles.

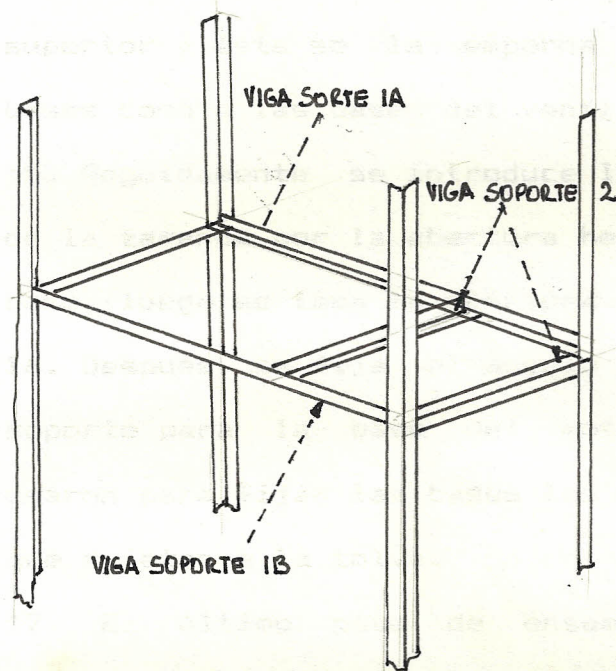
10. El siguiente paso es colocar las planchas de la caja extractora, la delantera inferior y las dos traseras; debido a que las planchas están empernadas por el lado de afuera del ángulo es que colocamos la tuerca por el lado de afuera y así solamente la sacamos y colocamos la plancha.

11. Luego se colocan los andamios en los costados de las planchas que acabamos de colocar y se amarran con cabos los extremos de la base que vamos a erectar y se las iza

como se hizo con los ángulos anteriores y se procede a empernar las planchas de la caja extractora que ya están colocadas.

También se coloca la viga soporte 1A, 1B, y #2 y se la asegura usando los pernos de 1".

Abajo podemos apreciar la distribución de los ángulos.



12. Luego colocamos las cuatro planchas que conforman el lado derecho de la caja extractora de aire ayudandonos para esto con los andamios. La colocación de las planchas se las realiza de abajo hacia arriba.

13. El siguiente paso es colocar el motor frente a la caja de aire y armar el andamio usando más cuerpo para darle más altura,

arriba se coloca un tubo cruzado como soporte del tecele, se stroba la carcasa del ventilador y se la prepara para ser izada.

El motor es izado con el tecele y luego que está al nivel de su lugar de trabajo, se lo hala con cabos hasta su posición y es emperrada usando los pernos de 1".

14. Seguidamente se coloca la plancha frontal superior y ésta se la emperna tanto a las bases como a las bases del ventilador.

15. Seguidamente se introduce la parte móvil de la zaranda por la abertura hecha para este caso, luego se tapa la abertura.

16. Después se fija el ángulo que sirve de soporte para la base del motoreductor, se usaron para fijar las bases los mismos pernos que sujetan a la tolva.

17. El último paso de ensamblaje es la conexión del sistema de movimiento alternativo, para esto se colocan las placas que están intercaladas con el caucho y se arma el sistema como lo muestra el plano Pi6.

CAPITULO V

CANTIDAD	DENOMINADOR	ANALISIS ECONOMICO		VALOR/KG	VALOR TOT.
		Kg	Kg		

5.1. CALCULO DE GASTOS

metros	100/10	15.7	699.278	325042
--------	--------	------	---------	--------

43 Para poder realizar un estimativo aproximado del  
 costo de la secadora, vamos a clasificar los  
 4.9 elementos que intervienen en la construcción. 21100

21.94 A cada uno de éstos se les dará su valor para así  
 21.94 tener un gran total. Los elementos que intervienen  
 6 en los gastos de la construcción son los siguientes:

- Material físico 40 2.40 4800 11820
- Material humano 30 0.20 4500 1800
- Costo hora-máquina 1200
- Varios 800

5.1.1. MATERIAL FISICO

Los materiales que intervienen en la construcción son los siguientes:

MATERIALES TERMINADOS ADQUIRIDOS EN MERCADO LOCAL

CANTID.	DENOMINACION	P.UNIT. Kg	P. TOTAL Kg	VALOR/Kg S/.	VALOR TOT. S/.
44.54 metros	Angulo 100x100 100x10	15.7	699.278		325842
43	Plancha 2mm	46.74	2009.82		864300
4.9 m	Viga C 125x50x5	8.19	40.131		23190
21.96 metros	Correa 6 125x50x15x3	5.54	121.66		8142
6	Bloques Fe 125x56x44	2.41	14.5068		6960
1	Eje inox. Ø 60x105	2.40	2.40	4800	11520
1	Eje inox. Ø 40x32	0.30	0.30	4800	1440
1	Eje bronce Fos. Ø36x72	0.72	0.72	3000	2160
1	Eje transm. Ø40x110	1.085	1.085	600	651
1	Eje transm. Ø37x780	6.5835	6.5835	600	3950.1

MATERIALES TERMINADOS ADQUIRIDOS EN MERCADO LOCAL

CANTID.	DENOMINACION	VALOR APROXIM. S/.
252	Pernos 8x30mm c/tuerca y anillo plano grado 8.8	50400
84	Pernos 8x20mm c/tuerca y anillo plano grado 8.8	15120
26	Pernos 1x2 1/2" c/tuerca y anillo de presión grado 8.8	26400
6	Rodamientos SKF 6305	36000
5	Kilos de soldadura 7018	6300
5	Galones pintura anticorrosiva	35000
1	Motor 30HP con carcasa y ventilado (220 trifásico)	2'000000
1	Motoreductor	350000
1	Quemador	300000

El precio colocado corresponde a un motor y a un reductor nuevos, para abaratar los costos se los puede adquirir de segunda mano.

Para nuestro caso estos dos artículos fueron adquiridos muy baratos y usados.

### 5.1.2. MATERIAL HUMANO

Para el ensamblaje de la secadora por su facilidad de ensamble no es necesario de personas o mecanicos especializados.

Para la dirección del montaje es indispensable de una persona, el número de obreros a usarse en el ensamblaje es de 4. La mano de obra por día para un personal contratado es de S/. 2000,00 sucres como promedio.

Si tenemos 4 obreros durante 15 días hábiles a razón de de S/. 2000 sucres diarios por obrero nos dá un total de S/. 120.000,00 sucres.

### 5.1.3. COSTO HORA-MAQUINA

Para la construcción de las diversas partes que intervienen en la secadora se han utilizado diversas máquinas, las cuales tienen su costo por hora de trabajo.

La hora-máquina en nuestro medio es de S/. 2000 sucres, las máquinas que se usaron fueron las siguientes:

Torno

Taladro

Soldadora eléctrica y corte oxiacetilenico.

En el torno se realizaron los siguientes trabajos:

Acople # 35

Separador # 28

Eje # 24

Pin 1 # 31

Pin 2 # 32

Bocines # 33

VALOR S/.

El tiempo de trabajo global estimado es de 40 horas.

En el taladro se realizaron los siguientes trabajos:

Agujeros para sujeción en las vigas de soporte 1B y 1A, viga soporte 2 #18, vigas # 12, 13, 14, 15; riel #21, portaeje #27; Oreja 1 #29; oreja 2 #30.

El tiempo de trabajo estimado es de 45 horas.

Soldadura eléctrica y corte oxiacetilenico

La soldadura eléctrica se usó para la construcción de la zaranda, tanto para la parte móvil como para la parte estática.

El corte oxiacetilenico se lo usó para realizar los agujeros en las planchas #7. 5 y 4.

El tiempo de trabajo global estimado es de 10 horas.

Tenemos entonces 95 horas de trabajo que a razón de 2000 sucres la hora nos da un gran total de S/. 195.000,00 sucres.

5.1.4. VARIOS

INDICE DE FIGURAS

- 1.1.- Entre los varios encontramos las partes complementarias de la secadora que son básicamente los controles y protecciones eléctricas.
- 1.2.- a y humedad de almacenamiento (2)

1.3.-	VARIOS	VALOR S/.
1.4.-	1 arrancador 30 HP directo	180000
	1 arrancador 10 HP directo	64200
	1 caja de control	27000
	1 breaker 3 fases 100 amp.	90000
2.1.-	1 breaker 3 fases 30 amp.	84000
	1 breaker 1 fase 15 amp.	42000
2.3.-	1 detector de ausencia de fase	108000
	Cable #4 a S/.950/m (200 m)	190000
2.4.-	TOTAL	785200

El costo de la secadora es de 5'000000 sucres.

- 2.5.-
- 2.6.-
- 2.7.-
- 2.8.-
- 2.9.-
- 2.10.-

## INDICE DE FIGURAS

- 1.1.- Desarrollo de insectos con relación a temperatura y humedad (2)
- 1.2.- Pérdida de germinación de arroz almacenado en relación a temperatura y humedad de almacenamiento (2)
- 1.3.- Desarrollo de hongos en relación con temperatura y humedad de almacenamiento (2)
- 1.4.- Zona de seguridad en el almacenamiento de cereales en relación con la temperatura y humedad de almacenamiento (2).
- 2.1.- Humedad relativa del grano Vs. temperatura máxima admisible (5)
- 2.3.- Curvas equilibrio aire-grano para diferentes temperaturas (5)
- 2.4.- Abaco para la determinación de los parámetros generales de secado (5)
- 2.5.- Abaco para la determinación de los parámetros específicos de secado de una secadora de flujo discontinuo (5)
- 2.6.- Abaco para la determinación de los parámetros específicos de secado de una secadora de flujo continuo (5)
- 2.7.- Secador de tubo de flujo continuo
- 2.8.- Secador de flujo discontinuo
- 2.9.- Secador de tipo directo
- 2.10. Secador de tipo indirecto

2.11. Resistencia al flujo de aire de cultivos almacenados

3.1.- Esquema de funcionamiento de la secadora

3.2.- Tipo de movimiento de la zaranda

3.3.- Colocación de los techos en los niveles III, IV y V

3.4.- Colocación de las planchas secadoras

3.4.- Colocación de las partes en el nivel II (parte estática para evaporar (5))

3.5.- Colocación de las partes en el nivel II (parte móvil)

3.6.- Fijación de la caja extractora de aire al cuerpo de la secadora

3.7.- Colocación de la carcasa del motor a sus bases para

3.8.- Distribución del aire en los niveles

VI.- Temperatura ambiente de entrada para diferentes niveles (9)

VII.- Energía necesaria para evaporar 1 Kg. de agua en harina a la humedad inicial (8)

VIII.- Valores de pérdidas a la entrada

INDICE DE TABLAS

P1: PLANCHAS 81

P2: PLANCHAS 82

P3: PLANCHAS 83

INDICE DE TABLAS

P4: PLANCHAS 84

P5: PLANCHAS 85

I6: . Datos sobre importación de secadoras

II0: . Ejemplo de aplicación de fórmula para el cálculo

P12: del agua a evaporar (5)

III: . Tabla de valores de las diferentes alternativas a

P14: elegir

IV5: . Humedad relativa del arroz durante el transcurso

P16: del año (7)

V17: . Valor máximo de humedad para distintos granos para

P18: largo período de almacenaje (8)

VI0: . Temperatura máxima de secado para diversos produc-

P21: tos (9)

VII: . Energía necesaria para evaporar 1 Kg de agua en ba-

P23: se a la humedad inicial (8)

VIII. Valores para calcular pérdidas a la entrada

P26: PLANCHAS 86

P27: PLANCHAS 87

P29: PLANCHAS 88

P31: PLANCHAS 89

P32: PLANCHAS 90

P33: PLANCHAS 91

P35: PLANCHAS 92

P34: PLANO INDICE DE INDICE DE PLANOS

P1: PLANCHA #1 PARA ACOMODAMIENTO DE SISTEMAS ALTERNATIVO A

P2: PLANCHA #2

P3: PLANCHA #3

P4: PLANCHA #4

P5: PLANCHA #5

P6: PLANCHA #6

P10: TECHO DE NIVEL

P12: VIGA #1

P13: VIGA #2

P14: VIGA #3

P15: VIGA #4

P16: VIGA SOPORTE 1A

P17: VIGA SOPORTE 1B

P18: VIGA 2 - CAJA DE AIRE

P20: TECHO DE ZARANDA

P21: RIEL DE ZARANDA

P22: PLATINA LATERAL

P23: LARGUERO DE LA ZARANDA

P24: EJE DE RUEDA DE ZARANDA

P26-28: TUERCA Y SEPARADOR

P27: PORTA EJE DE RUEDA

P29-30: OREJA #1, OREJA #2

P31: PIN #1

P32: PIN #2

P33: BOCIN

P35: ACOUPLE

P36: PLANO BASE DE CARCASA DE MOTOR

P37: PLANO SISTEMA ACOPLAMIENTO - SISTEMA ALTERNATIVO A LA ZARANDA.

El costo de construir secadoras de granos a bajo costo y con relativa alta eficiencia.

El costo aproximado obtenido es de 5'000000 sucres, comparado con el valor de una secadora importada que cuesta de 15000 a 20000 Marcos alemanes por hora de secado y que realiza los cálculos necesarios para una secadora que se construye a un costo de 4'500000 sucres, a este valor hay que agregar los gastos de importación e impuestos.

Nos interesa tanto que el costo de nuestra secadora esta dentro de los rangos internacionales con la ventaja que es fabricada en el país creando fuentes de trabajo y ahorrándonos los costos por importación, desaduanización, traslado, seguro, etc.

#### RECOMENDACIONES

- Si se debe utilizar techos mas pequeños y aumentando su cantidad, esto ayudara para una mejor distribución del grano y del aire.
- Los catálogos de los materiales están realizados con la intención de ser, para cualquier caso, es posible usar un material con otros tipos de materiales, o con los que son intercambiables.

## Debido a que CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES construcción

Del análisis de este proyecto nos podemos dar cuenta de la factibilidad de construir secadoras de granos a bajo costo y con relativa alta eficiencia. ~~pero al tanto~~

El costo aproximado obtenido es de 5'000000 sucres, comparado con el valor de una secadora importada que cuesta de 15000 a 20000 Marcos alemanes por hora de secado <16>. Realizando los cálculos obtenemos que una secadora como la nuestra cuesta alrededor de 4'920000 sucres, a este valor hai que agregar los gastos de importación i demás trámites. ~~el costo de la secadora es lo~~

Nos damos cuenta que el costo de nuestra secadora está dentro de los precios internacionales con la ventaja que es fabricada en el País creando fuentes de trabajo i ahorrandonos los costos por importación, desaduanización, traslado, seguro, etc. ~~debido a nuestro país, lo que~~

~~refundará en progreso para el futuro.~~

## RECOMENDACIONES

- Se puede colocar techos más pequeños y aumentando su cantidad por nivel, esto ayudará para una mejor distribución del grano y del aire.
- Los cálculos para el quemador están realizados con la humedad crítica, para humedades menores es posible usar un quemador con menos consumo de combustible, o con boquillas intercambiables.

Debido a que esta tesis es solo de diseño y construcción recomiendo realizar las siguientes pruebas:

- Se puede probar experimentalmente la secadora con diversos granos para determinar su verdadero alcance

- Realizar pruebas con diferentes flujos de aire, dado la versatilidad del ventilador de variar el ángulo de sus aspas, ya que los cálculos no siempre representan lo que se tiene en realidad.

- El sistema de entrada de aire caliente al secador se lo puede variar ya que las pérdidas en esta sección son mínimas.

- Como última recomendación este proyecto crea fuentes de trabajos e ingreso de divisas a nuestro país, lo que redundará en progreso para el mismo.

8. ...

9. ...

10. ...

11. ...

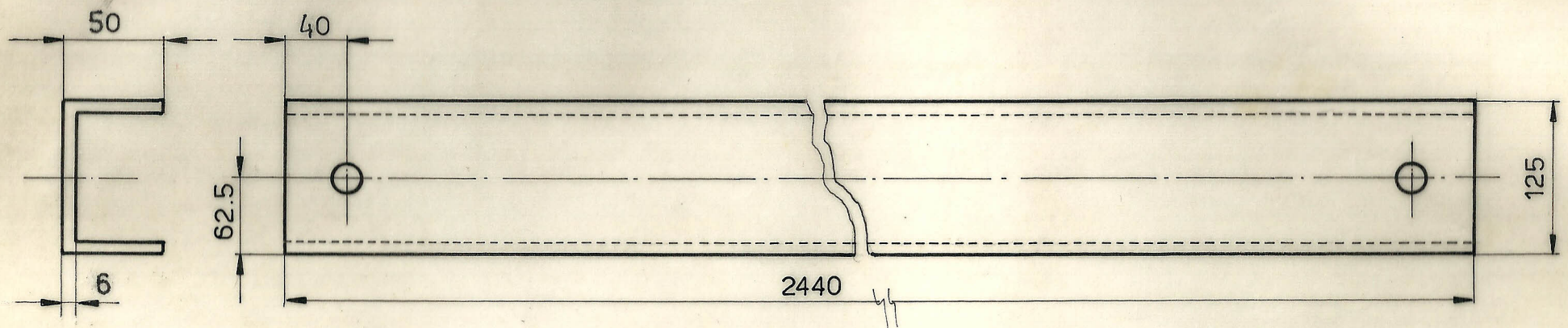
12. ...

## BIBLIOGRAFIA

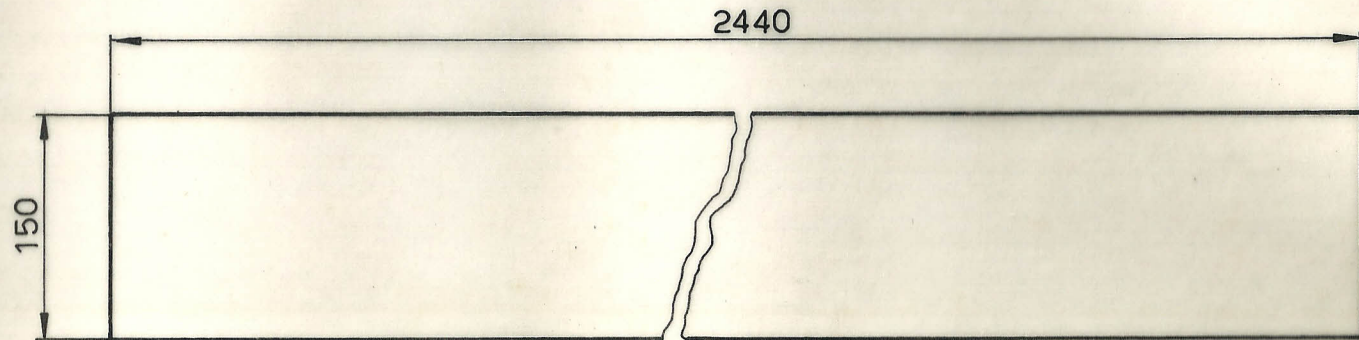
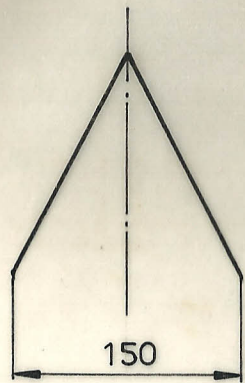
1. D. Puzzi, Manual de Almacenamiento de Granos: Depósitos y Silos (1ra. edición; Argentina; Editorial Hemisferio Sur S.A., 1984).
2. R. Carreres, Almacenamiento de Arroz Cáscara (Madrid: Artes Gráficas Ibarra S.A., 1982).
3. R. Carreres, Secado de Arroz Cáscara (Madrid: Artes Gráficas Ibarra S.A., 1982).
4. Gaspareto, Post-Cosecha, Tratamiento y Almacenamiento de Granos (Guayaquil: ESPOL, 1989).
5. J. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica (2da. edición; México: Editorial Poligráfica S.A., 1979).
6. A. Hall, A. Holowenco y H. Laughlin, Diseño de Máquinas (Colombia, Series Schaum, 1971).
7. Cultivo del Arroz, Manual de Producción - Escuela de Agricultura-Universidad de Filipinas (México: Edit. LIMUSA, 1975).
8. Kreith, Principios de Transferencia de Calor (Guayaquil: ESPOL, 1984)
9. ESPOL, Ventilación Industrial (Guayaquil: ESPOL, 1984)
10. F. Pinela, "Diseño y Construcción de un Secador Experimental de Granos Utilizando Energía Solar" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1981).
11. M. Espinoza, "Secador y Acondicionador de Vacío Para Cereales" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Es

cueia Superior Politécnica del Litoral, 1976).

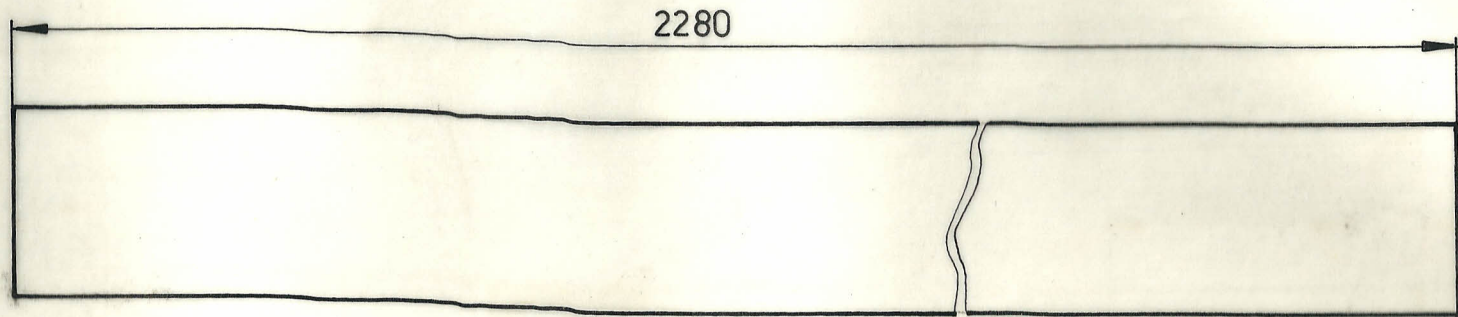
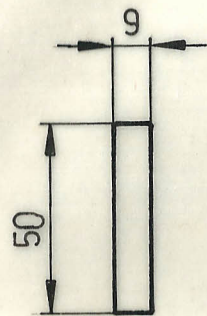
13. F. Arquero, Cálculo Práctico del Hormigón Armado. (11ava. edición; España: Ediciones CEAC, 1974).
15. Hamilton H. Mabie, Fred W. Ocvirk, "Mecanismos i dinámica de maquinaria". (México: Edit. LIMUSA, 1981).
16. Eichhorn, Horst, "Landtechnik" Engen Ulmer, Stuttgart, 1985.



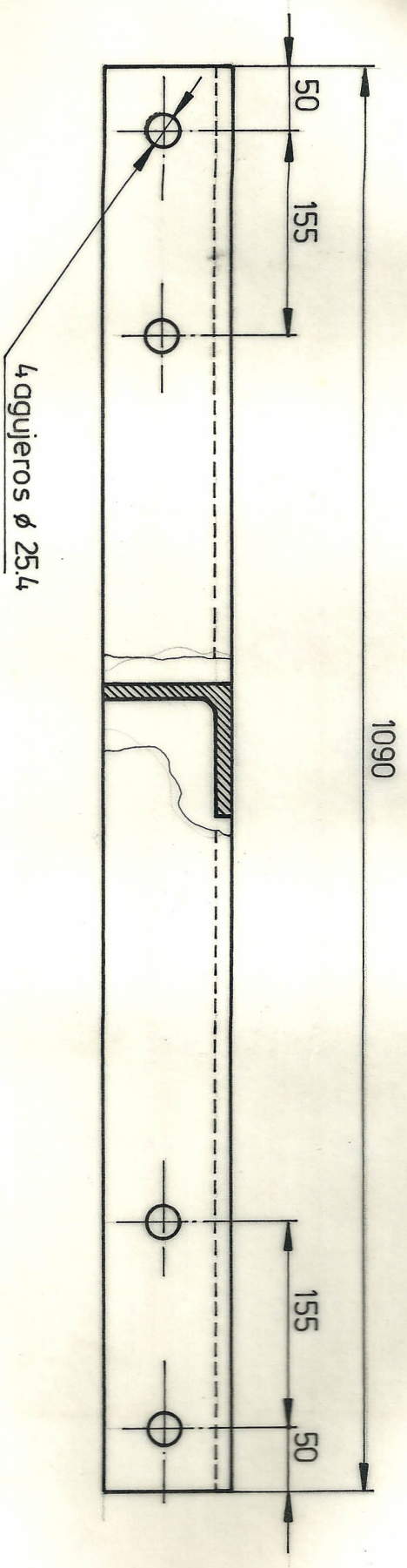
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			RIEL DE	ESCALA: 1:5



	EECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5. 9. 89	GAVILANEZ		
REV.:	6. 10. 89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI	TECHO DE		ESCALA:	1:5
CEMAGRI	BIEF DE		MATERIAL:	
CEMAGRI			FECHA:	J 12
CEMAGRI			ESCALA:	



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
	CEMAGRI		PLATINA LATERAL	150



FECHA	NOMBRE
5. 9. 89	GAVILANEZ
6. 10. 89	LOHRL EIN
APRO.:	

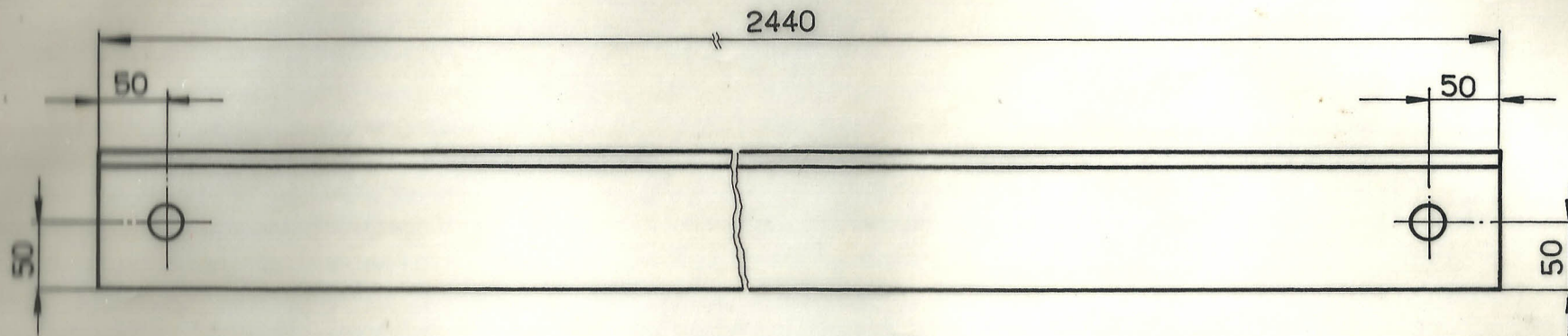
FACULTAD DE  
ING MECANICA

ESPOL

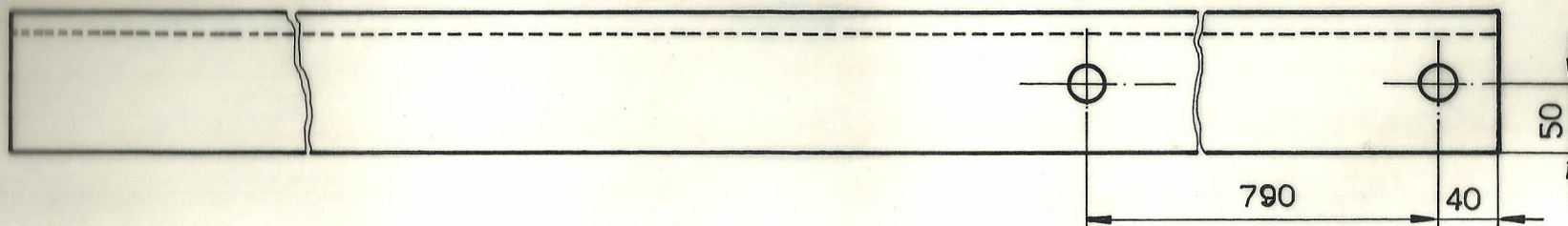
CEMAGRI

VIGA ?

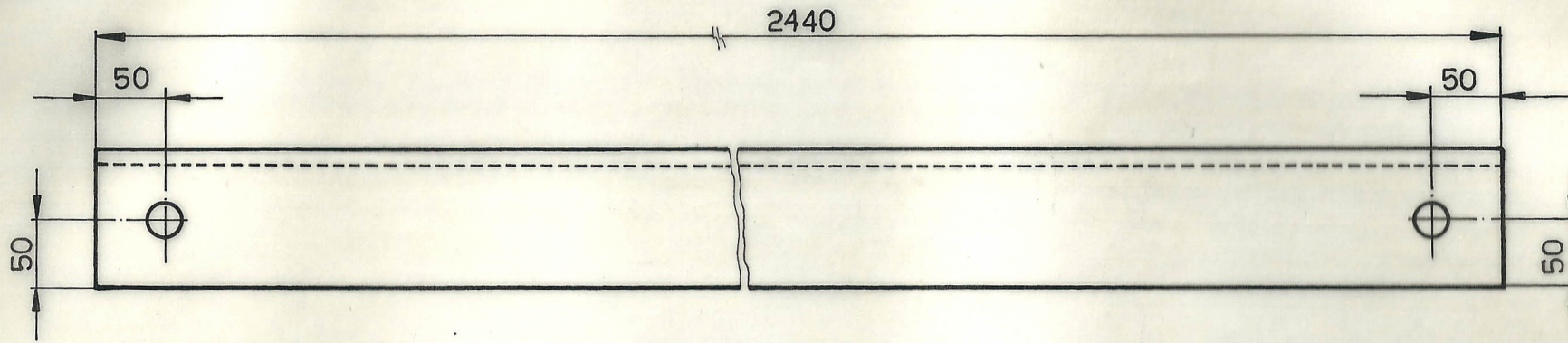
FECHA 1/10



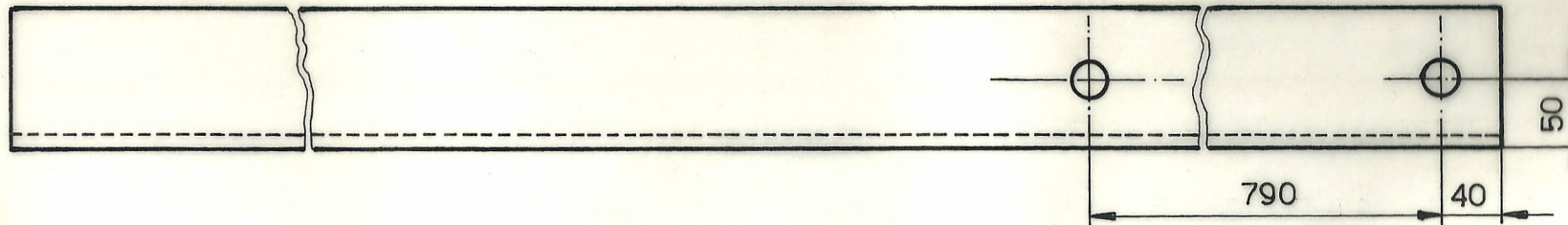
Todos los agujeros  $\varnothing 25.4$



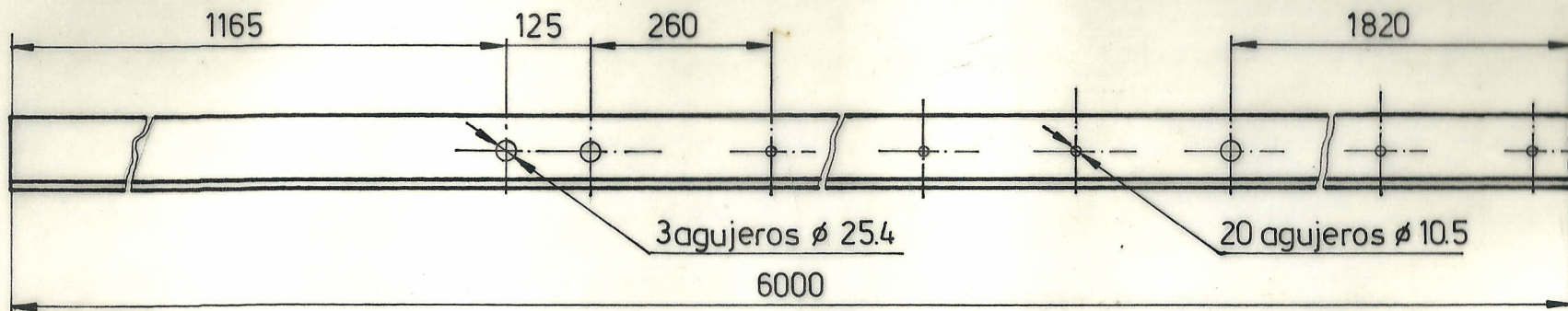
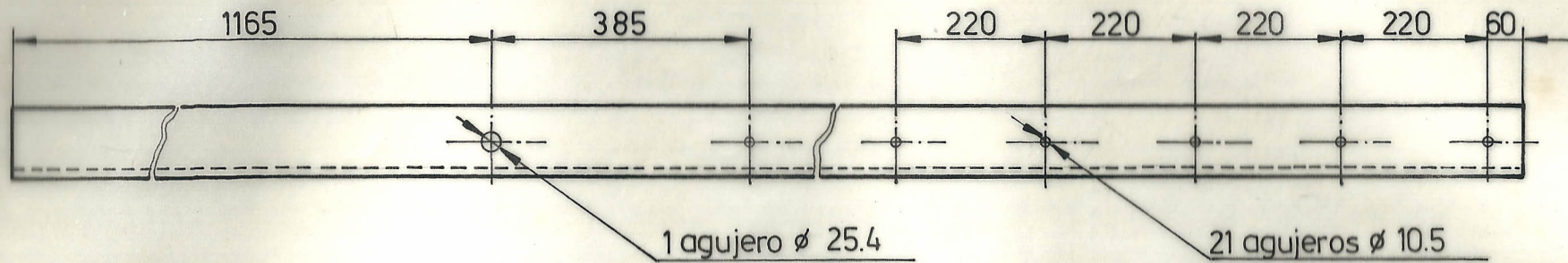
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL		
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ				
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN				
APRO.:						
	CEMAGRI		VIGA SOPORTE 1B	ESCALA: 1:10		



Todos los agujeros  $\varnothing$  25.4



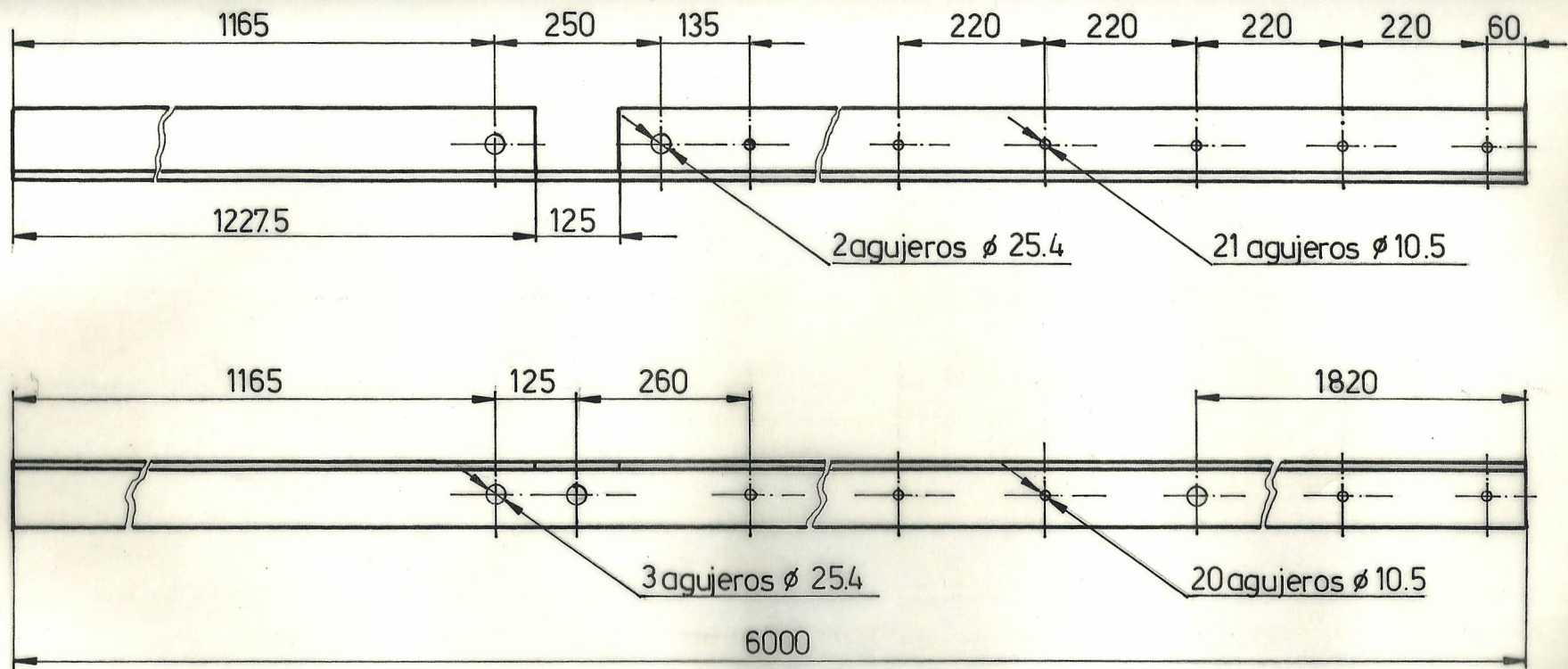
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5. 9. 89	GAVILANEZ		
REV.:	6. 10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			VIGA SOPORTE 1A	ESCALA 1:10



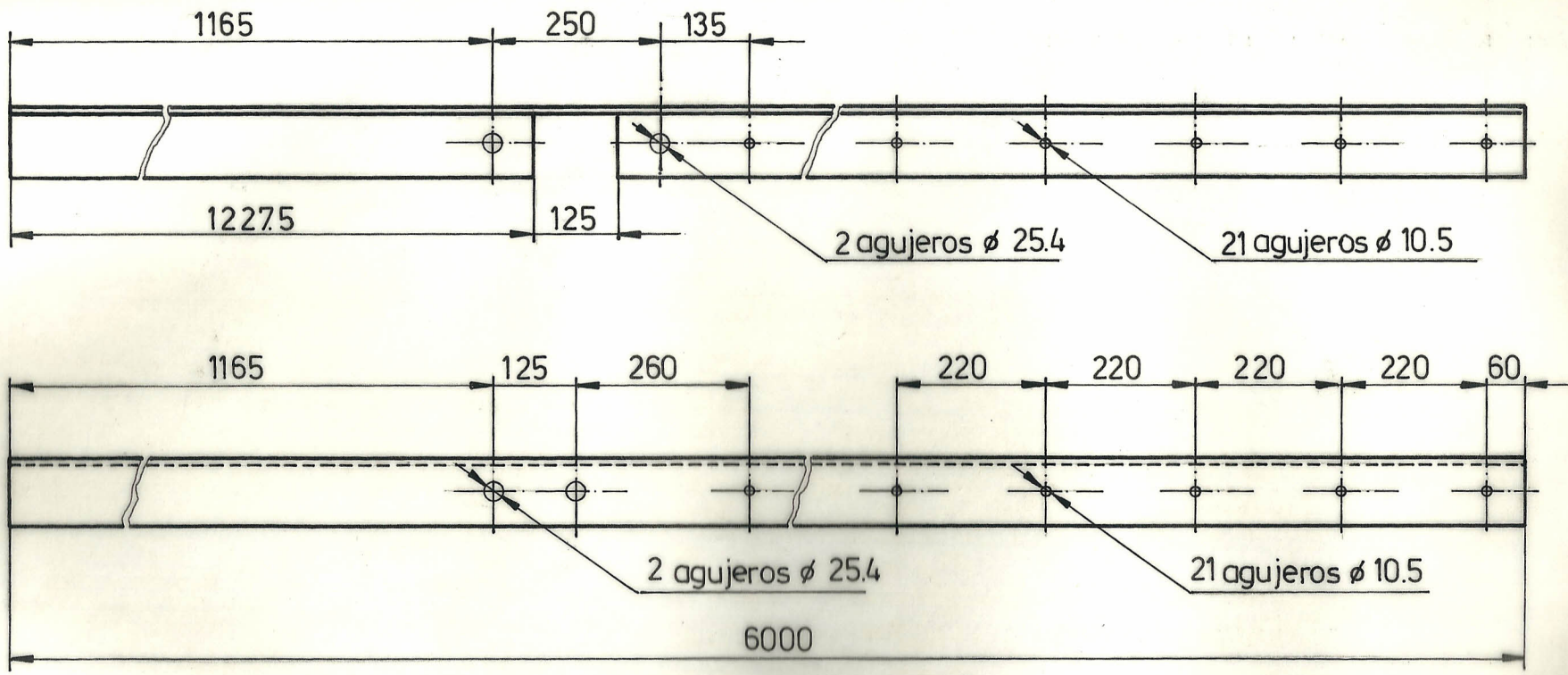
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRL E IN		
APRO.:				

CEMAGRI

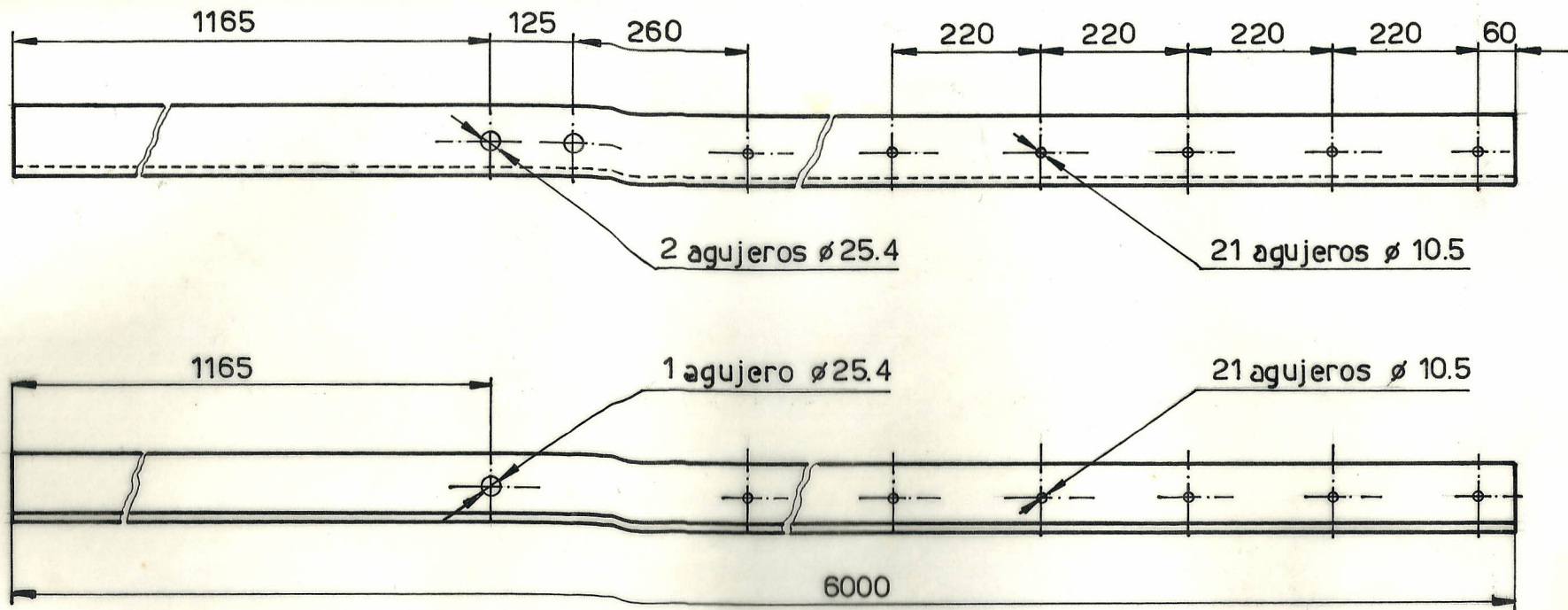
ESCALA  
1:10



FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL		
DIB.: 5.9.89	GAVILANEZ			VIGA N° 3	ESCALA: 1:10
REV.: 6.10.89	LOHRLEIN				MATERIAL: SAE 1018
APRO.:					PESO:
CEMAGRI		P 14			
Secador de granos					

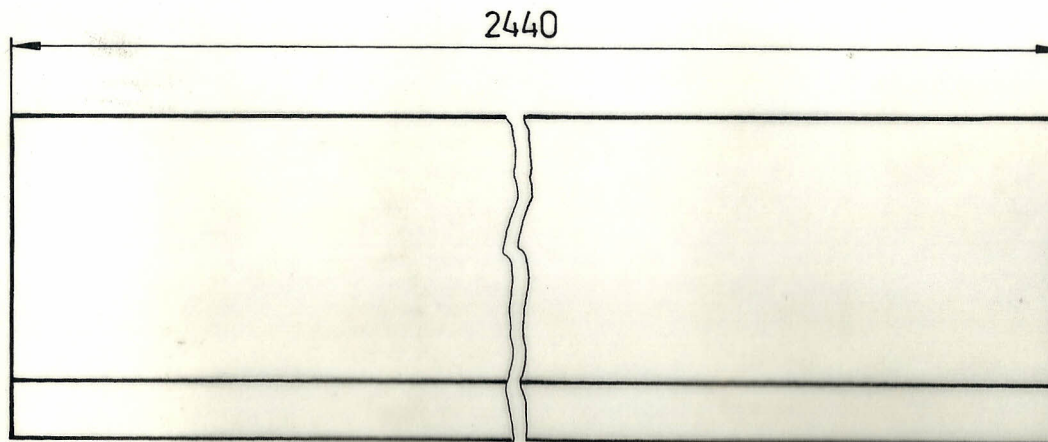
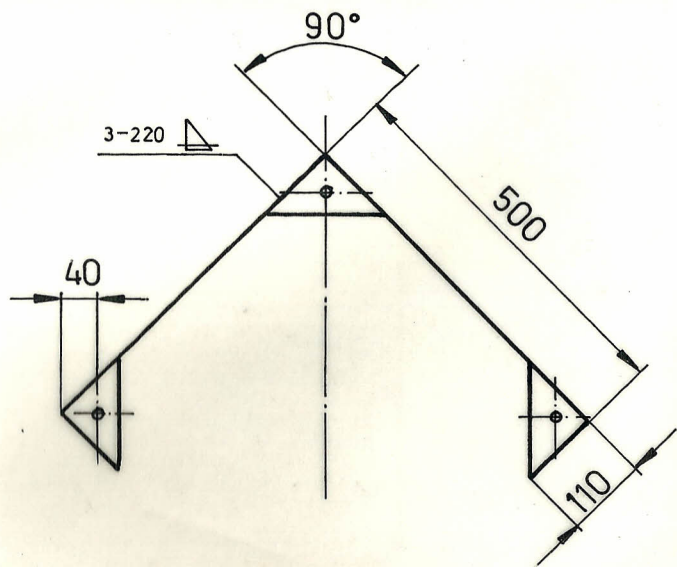


	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL	
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ			
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN			
APRO.:					
CEMAGRI			VIGA N° 2	ESCALA 1:10	
Secador de granos				P13	MATERIAL: SAE 1018
					PESO:



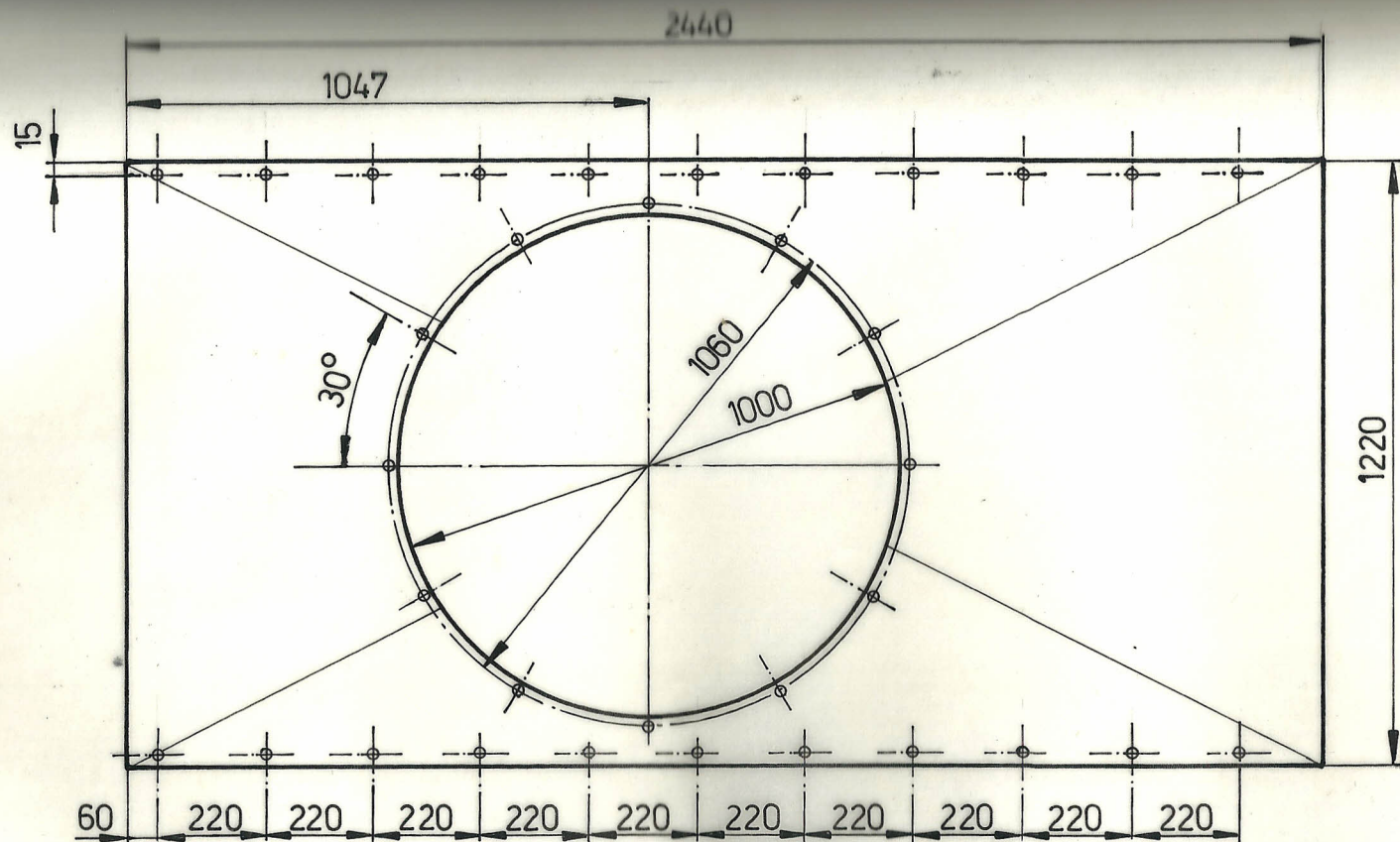
#1

	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL	
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ			
REV.:	5.10.89	LOHRLEIN			
APRO.:					
CEMAGRI			VIGA N° 1	ESCALA:	
Secador de granos				P 12	1:10
					MATERIAL:
				SAE 1018	
				PESO:	



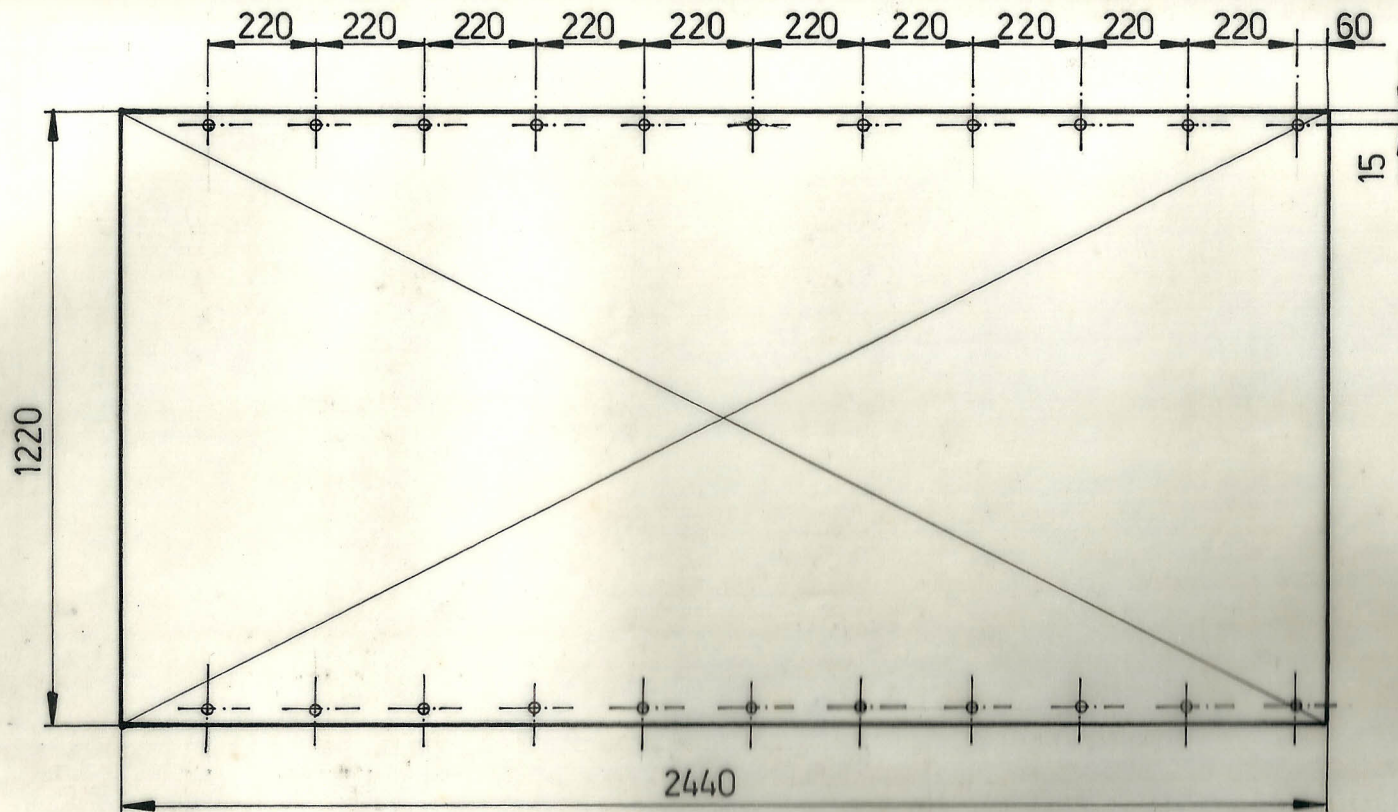
Todos los agujeros  $\phi$  10.5

	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5, 9, 89	SAVILANEZ		
REV.:	6, 10, 89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			TECHO DE NIVEL	ESCALA: 1:10
Secador de granos				MATERIAL: SAE 1018
				PESO:
			P 10	



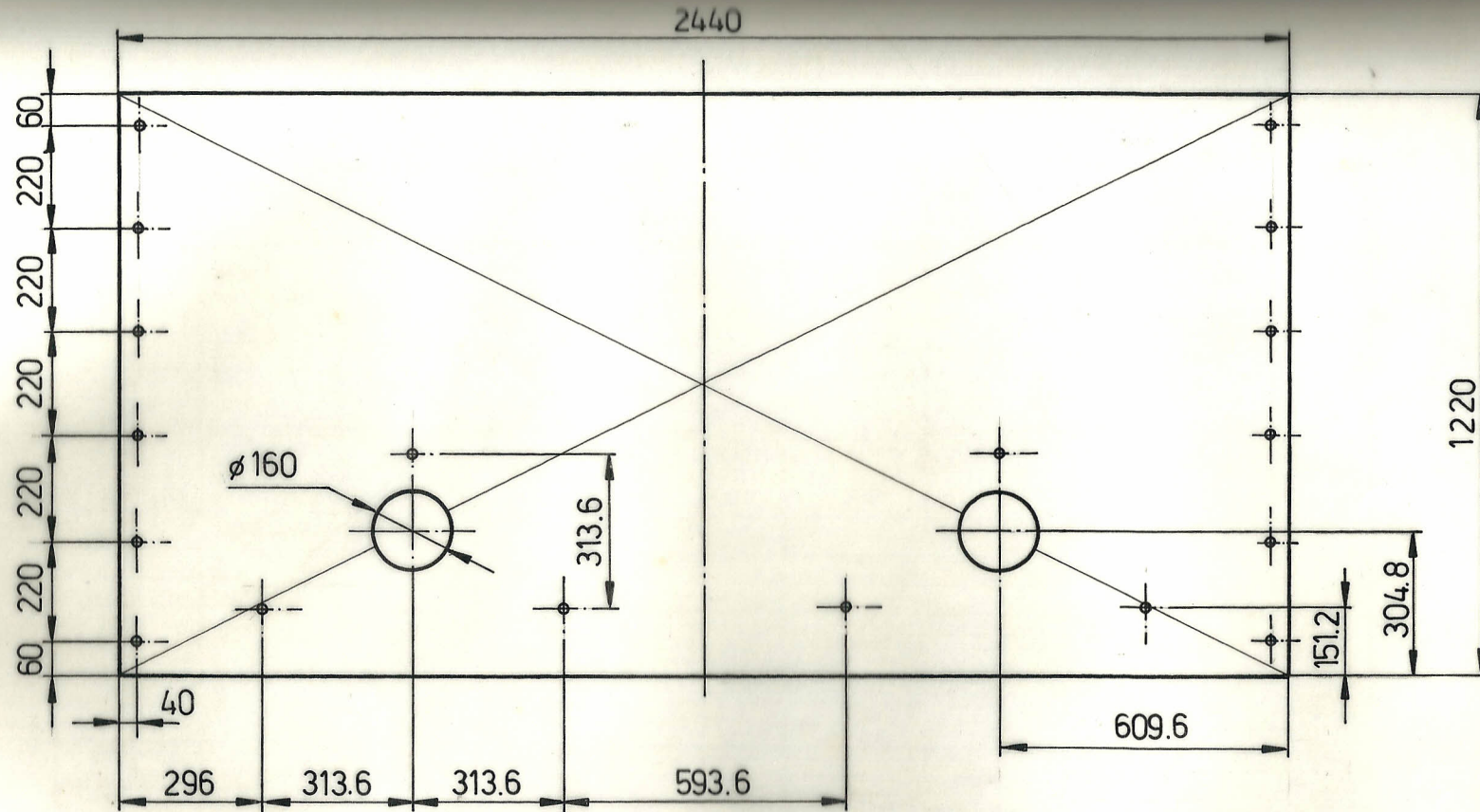
34 agujeros  $\phi$  10.5

FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.: 5.9.89	GAVILANEZ		
REV.: 6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:			
CEMAGRI		PLANCHA N°7	ESCALA: 1:15
Secador de granos			MATERIAL: SAE 1010
			PESO:



22 agujeros  $\phi$  10.5

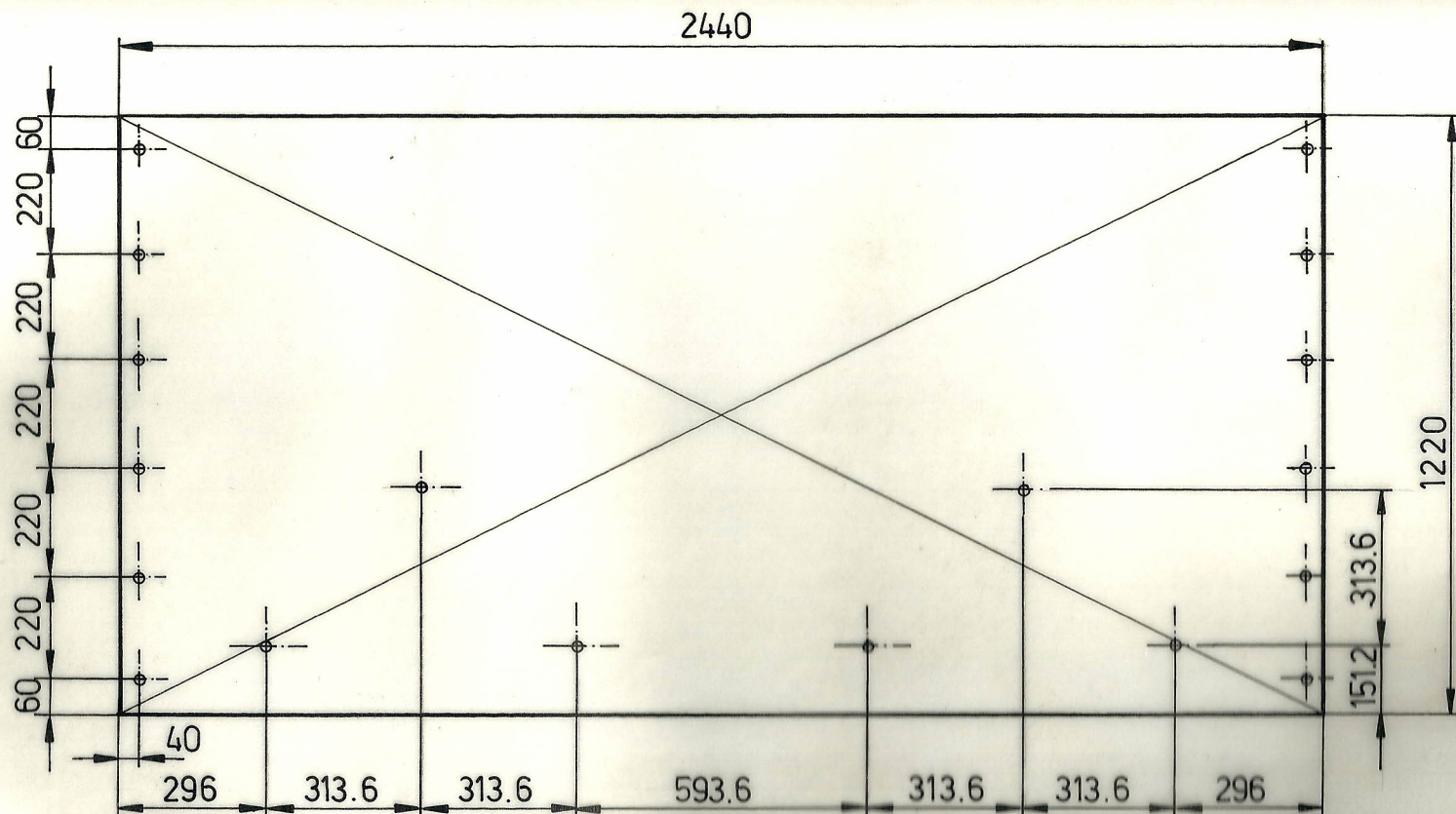
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			PLANCHA N° 6	ESCALA :
Secador de granos				
			P 6	MATERIAL :
				PESO :



Todos los agujeros pequeños  $\phi 10.5$

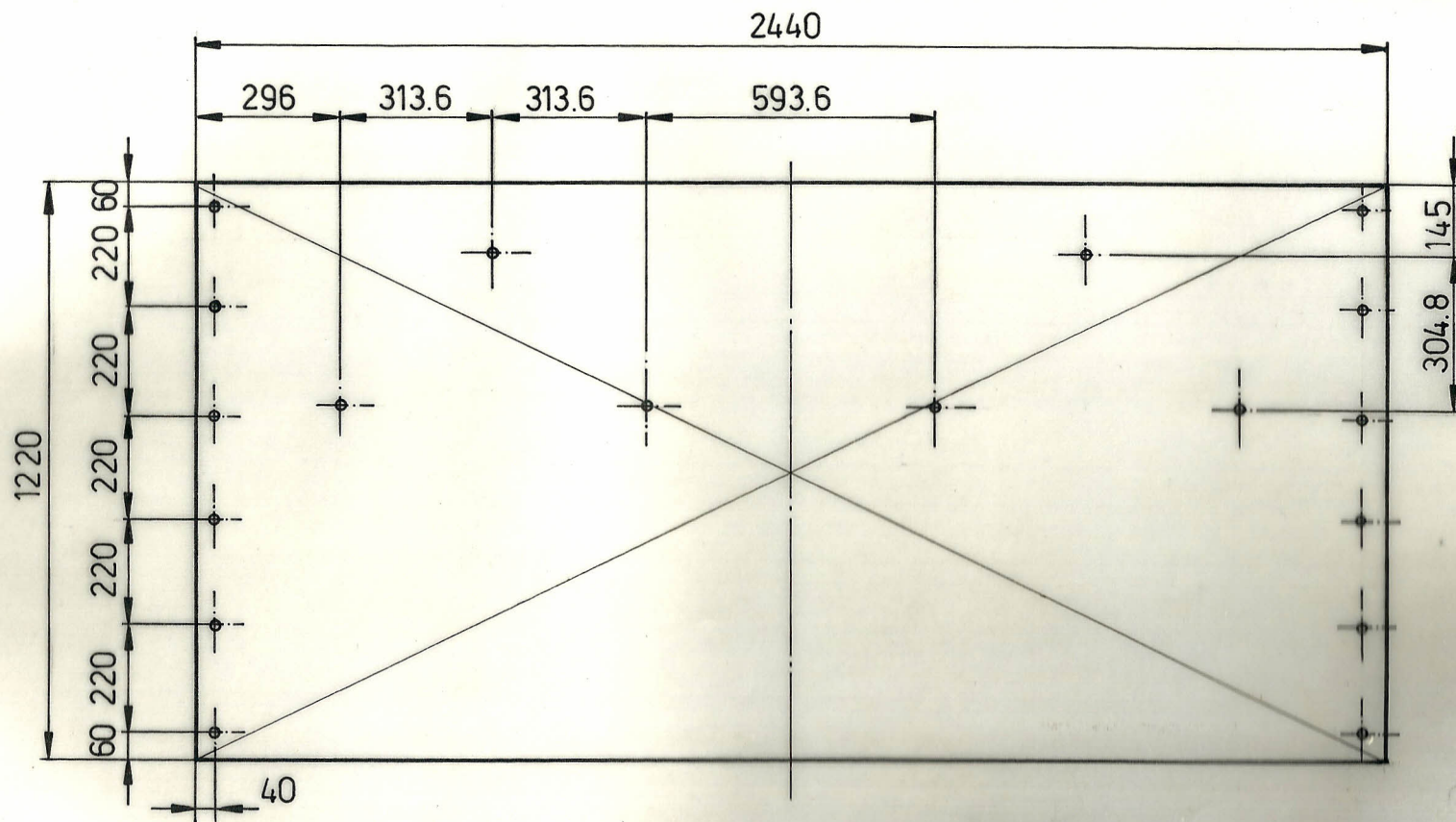
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			PLANCHA N° 5	ESCALA 1:15
Secador de granos				P 5
				PEBO:





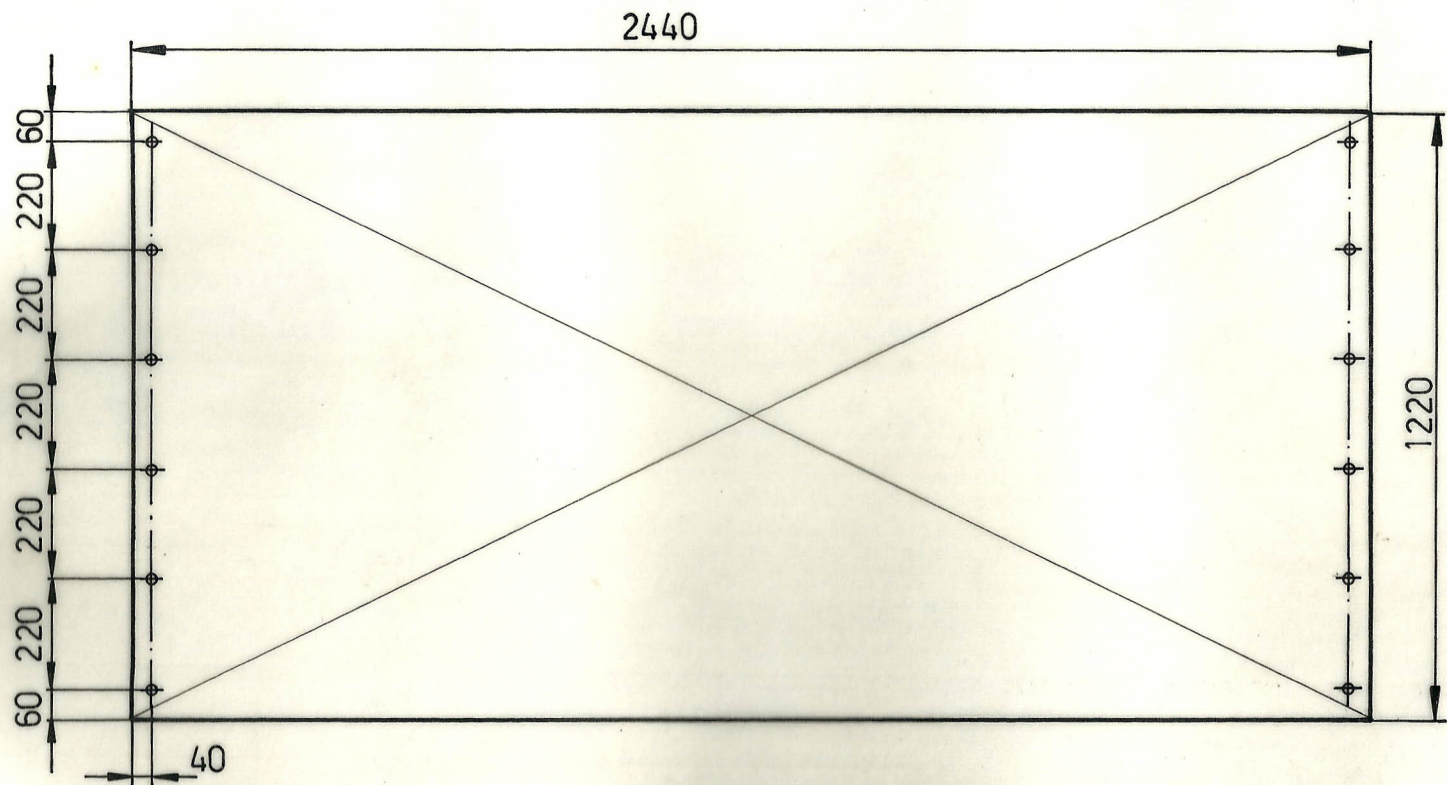
Todos los agujeros  $\phi$  10.5

	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5 . 9 . 89	DAVILANEZ		
REV.:	6 . 10 . 89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			PLANCHA N° 3	ESCALA: 1:15
Secador de granos				MATERIAL: SAE 1010
				PESO:



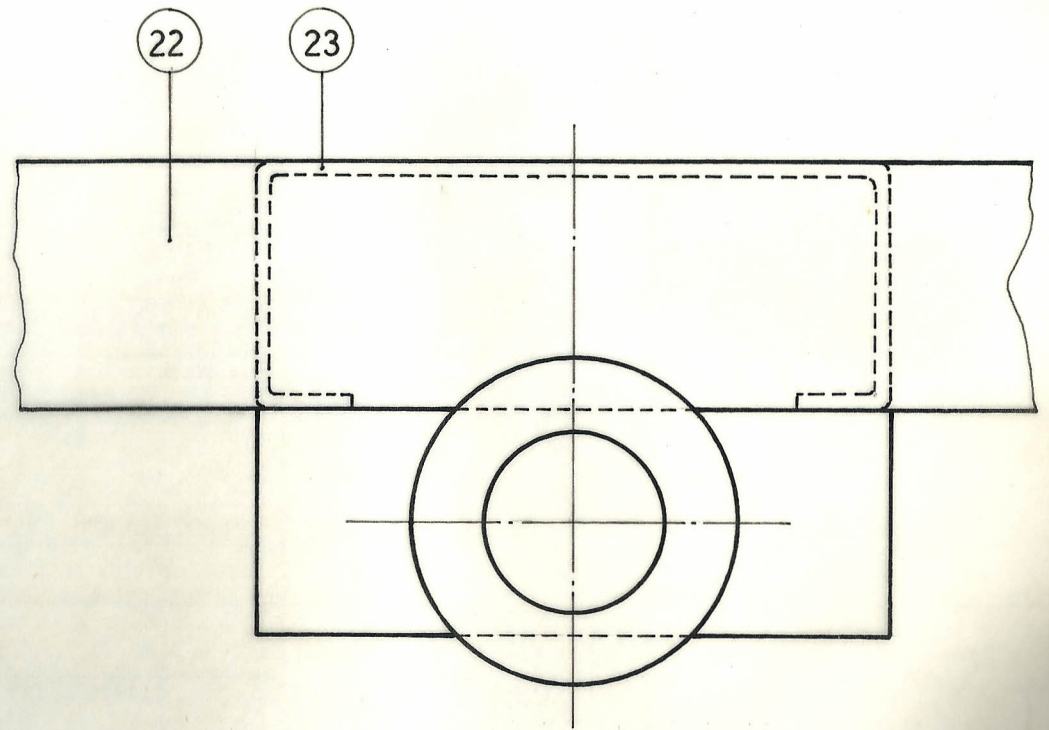
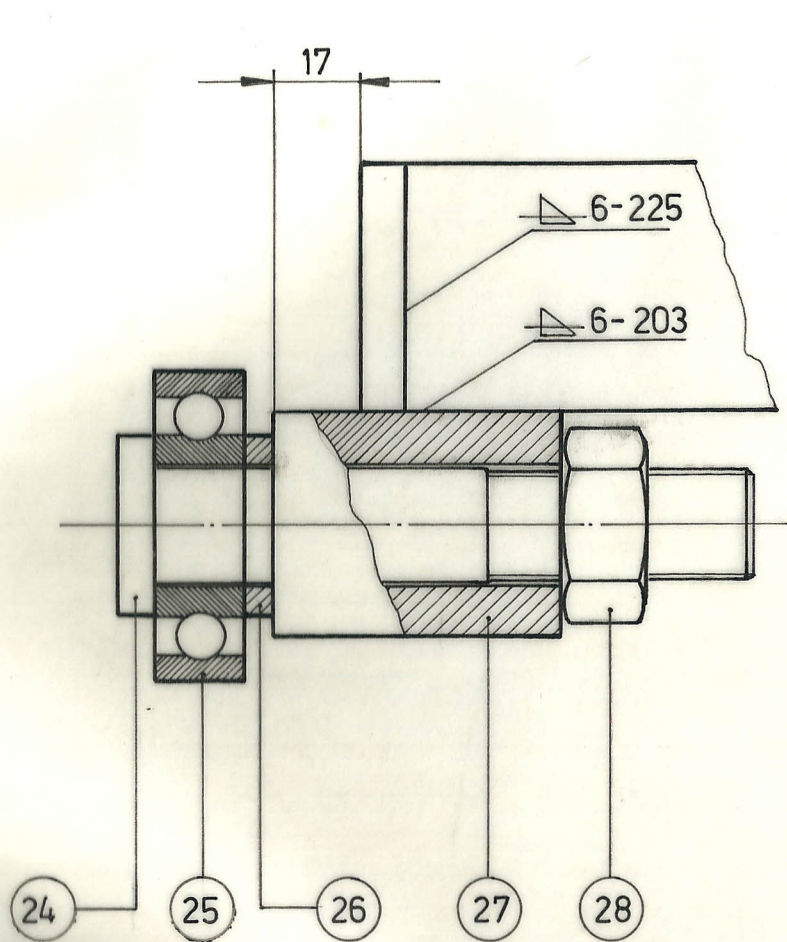
Todos los agujeros  $\phi$  10.5

	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	5.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			PLANCHA N° 2	ESCALA: 1:15
Secador de granos				MATERIAL: SAE 1010
				PESO:
			P 2	

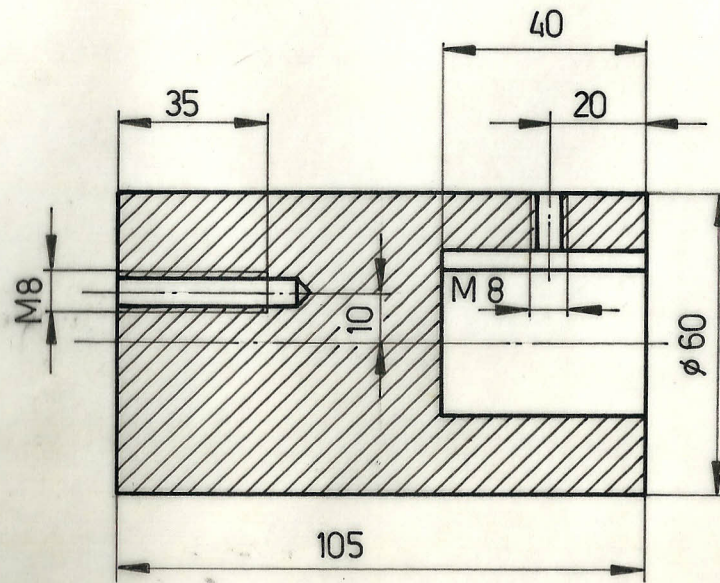
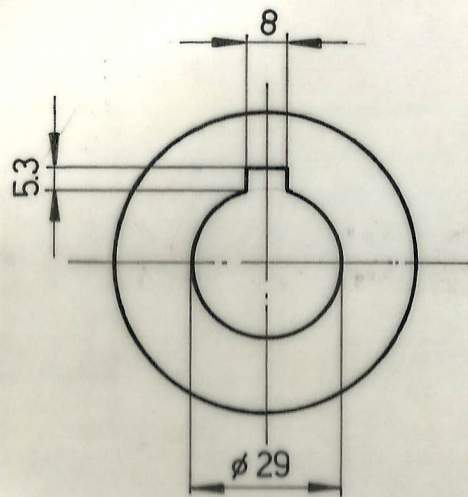


Todos los agujeros  $\phi$  10,5

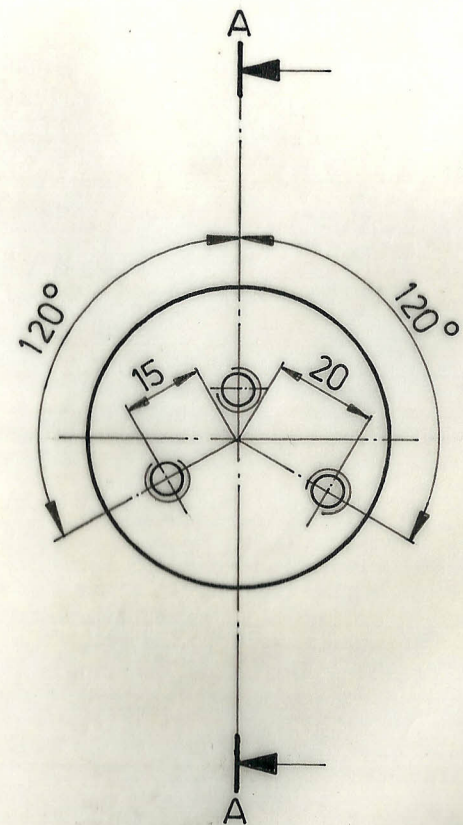
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL		
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ			PLANCHA N° 1	ESCALA: 1:15
REV.:	6.10.89	LOHRLÉIN				MATERIAL: SAE 1010
APRO.:						PESO:
CEMAGRI Secador de granos			P 1			



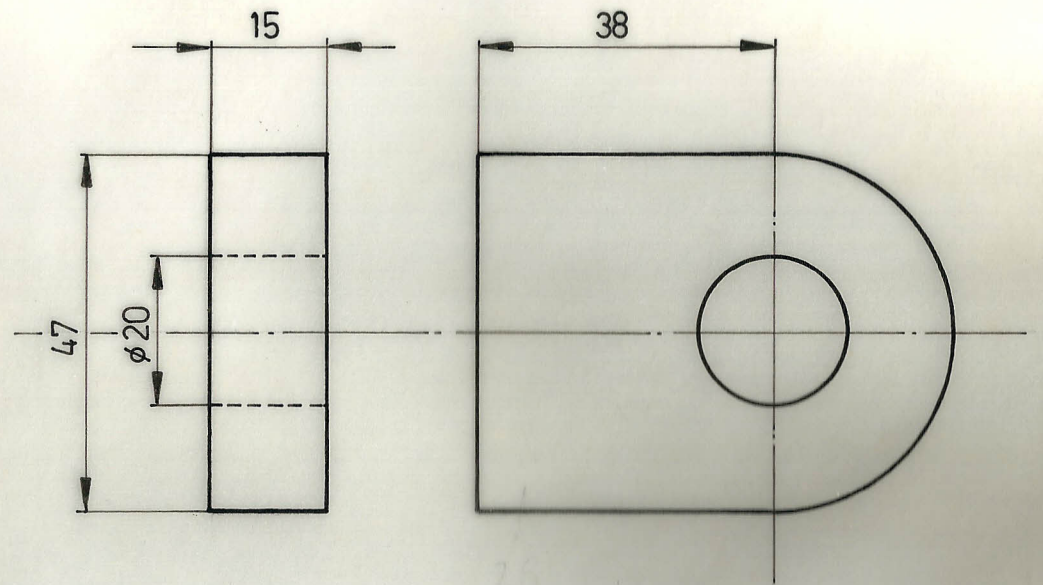
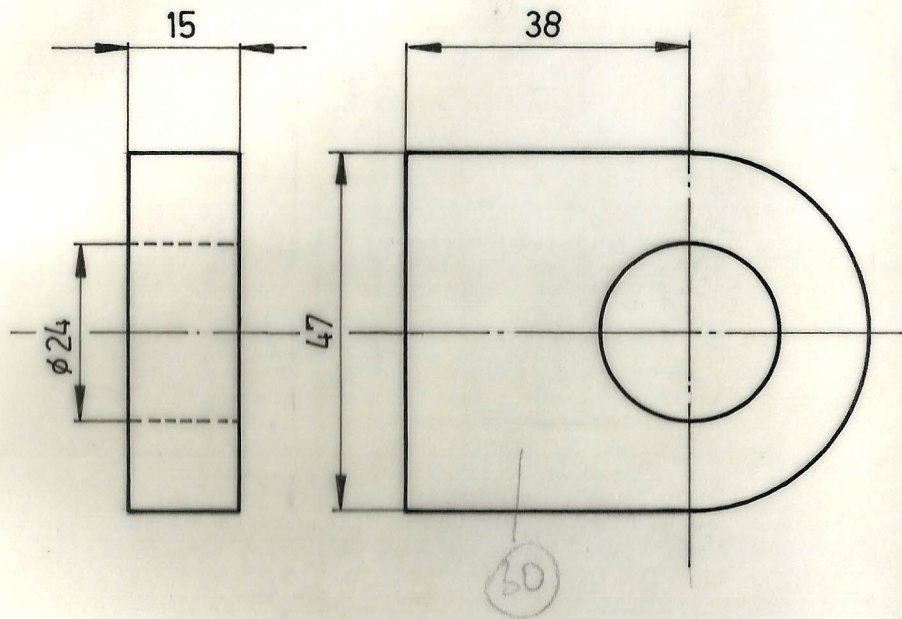
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5. 9. 89	GAVILANEZ		
REV.:	6. 10. 89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			RUEDA DE ZARANDA	ESCALA:
Secador de granos				MATERIAL: SAE 1045
				PESO:



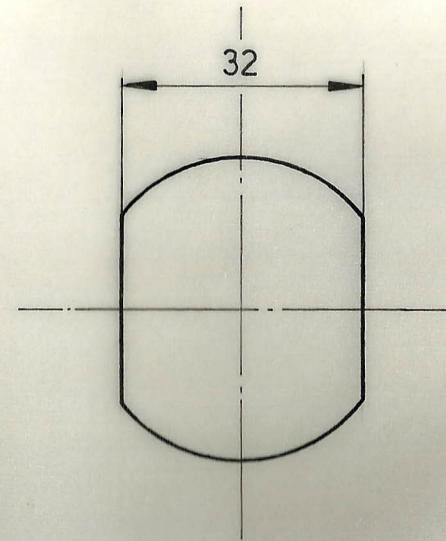
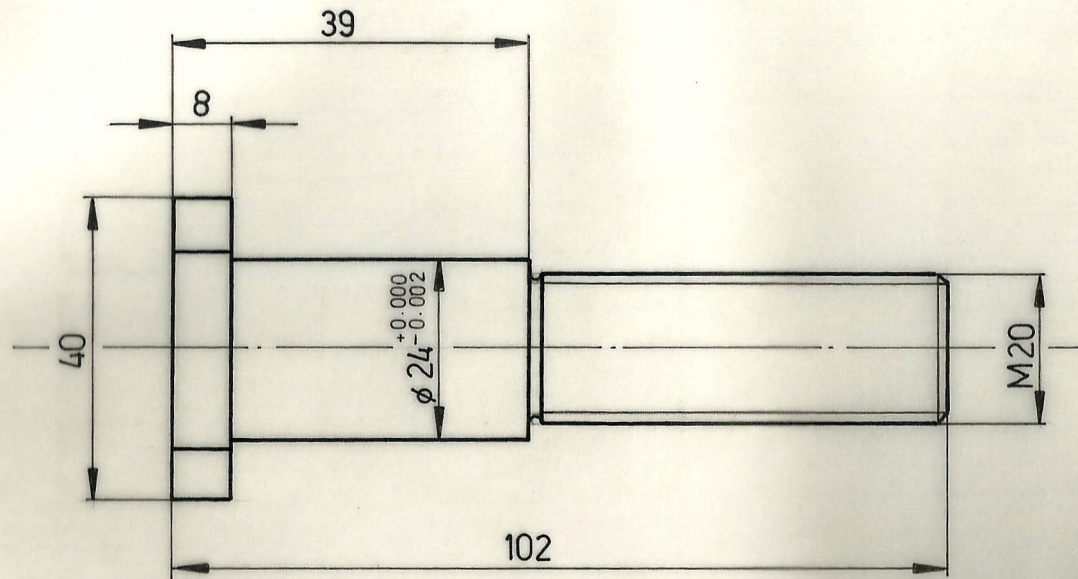
CORTE A-A



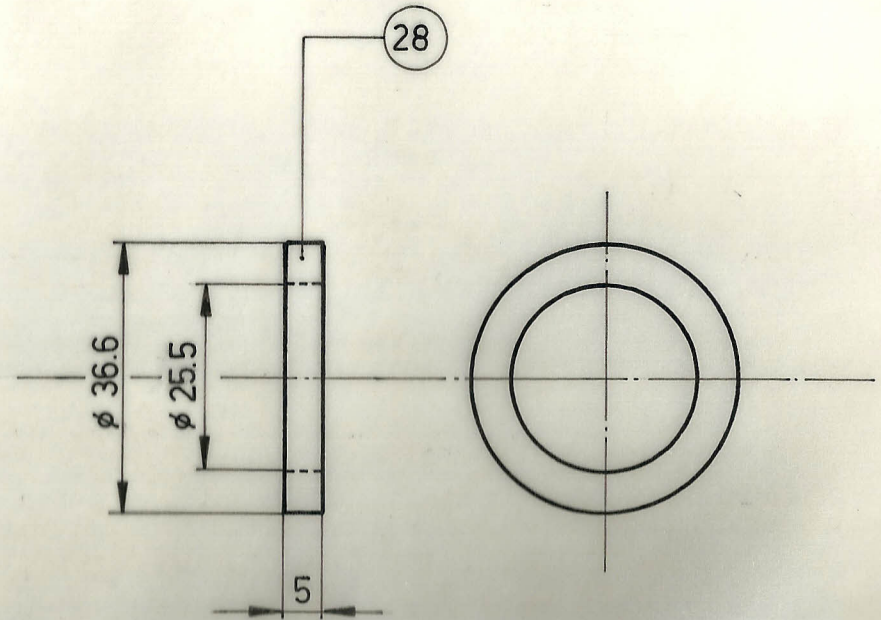
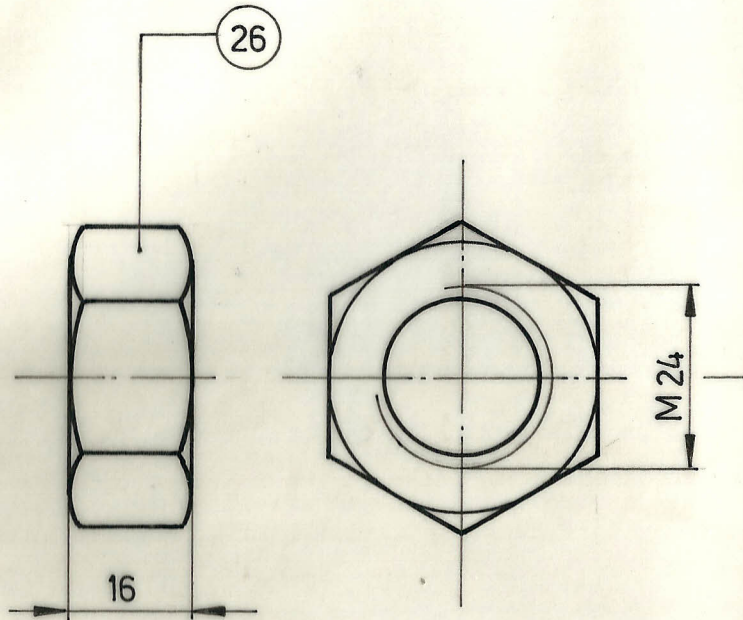
	Fecha	Nomb.	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
Dib.:	5.9.89	GAVILANEZ		
Rev.:	6.10.89	LOHRLEIN		
Apr.:				
-CEMAGRI- Secador de granos			ACOPLE	ESCALA: 1:1.75
			P35	MATERIAL: SAE 1045
				PESO:



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			OREJA N° 1	ESCALA 1:1
Secador de granos				OREJA N° 2
			P29 - P30	PESO

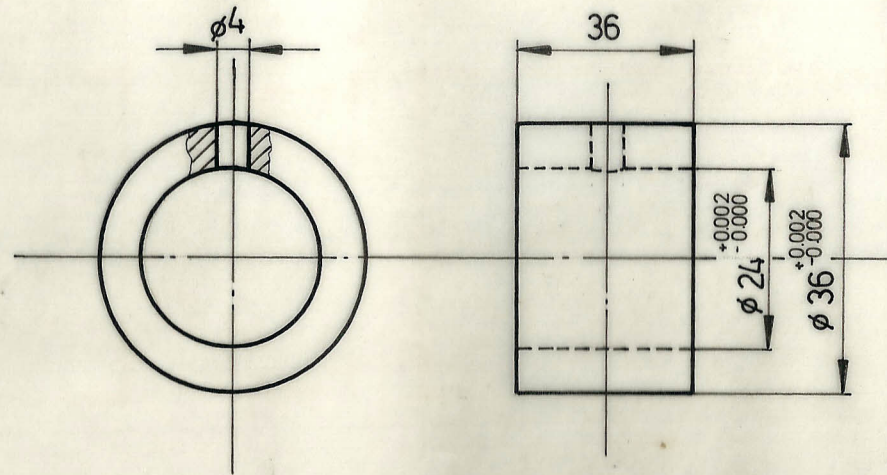


FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.: 5.9.89	GAVILANEZ		
REV.: 6.10.89	LOHRLEIN		
APRO:			
CEMAGRI		PIN N° 1	ESCALA: 1:1
Secador de granos			MATERIAL: SAE 1045
			PESO:
		P31	

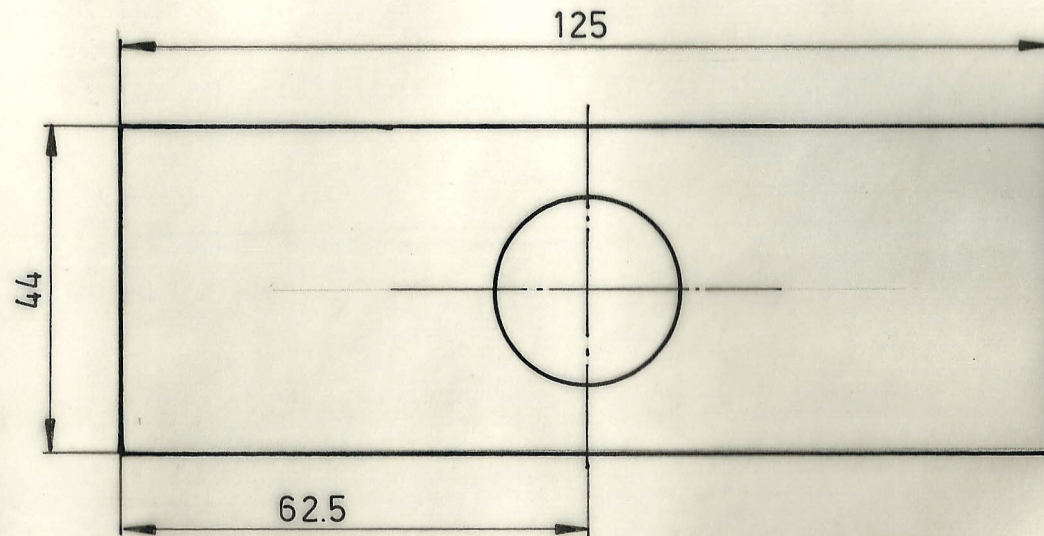
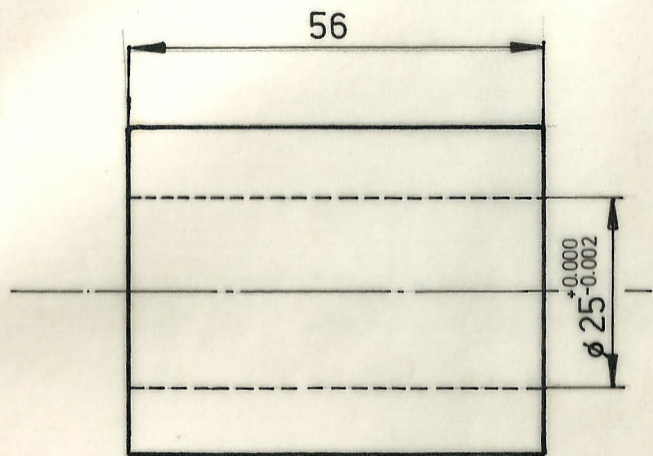


	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB:	5.9.89	SAVILANEZ		
REV:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO:				
CEMAGRI			TUERCA SEPARADOR	ESCALA: 1:1
Secador de granos				MATERIAL:
			P26 - P28	PESO:

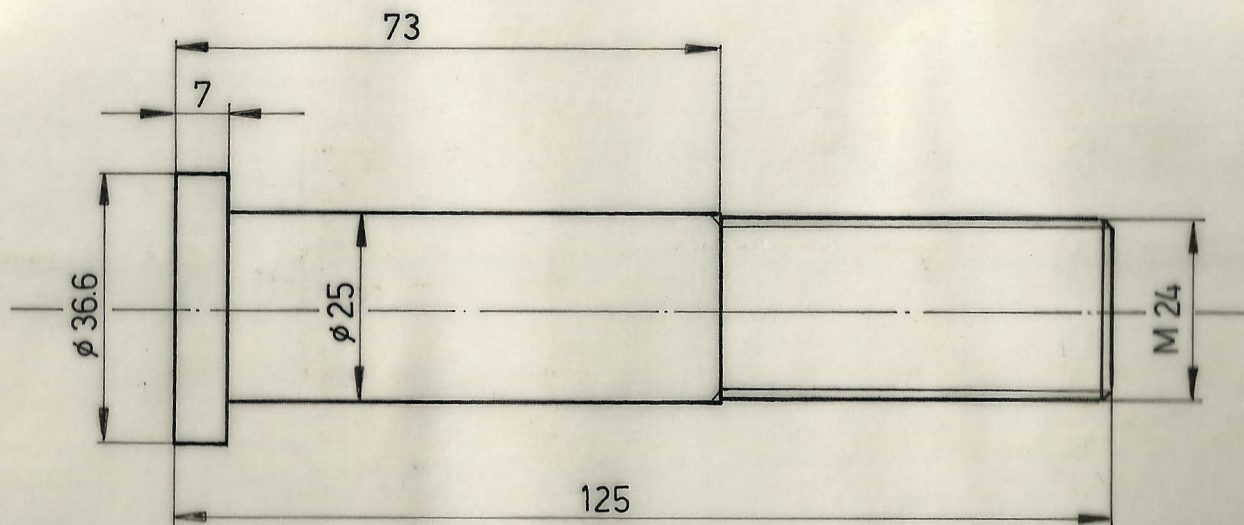




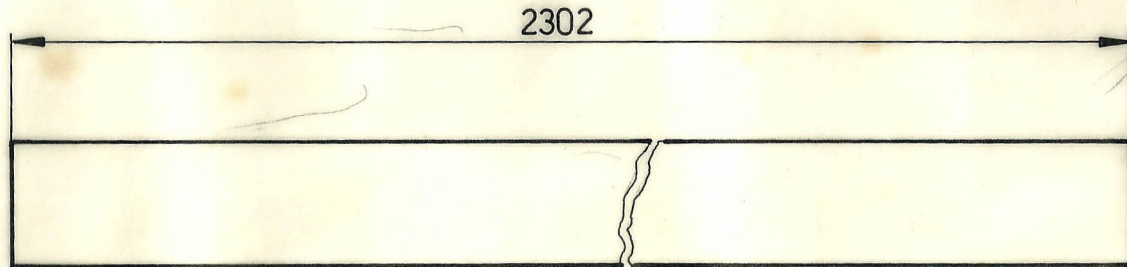
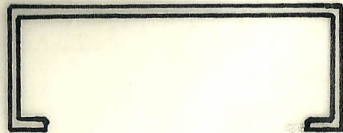
	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLHEIN		
APRO				
-CEMAGRI- Secador de granos			BOCIN	ESCALA: 1:1
			P 33	MATERIAL: BRONCE FOSFORICO
				PESO:



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5 . 9 . 89	GAVILANEZ		
REV.:	6 . 10 . 89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			PORTA - EJE DE RUEDA P 27	ESCALA : 1:1
Secador de granos				MATERIAL : SAE 1018
				PESO :



	FECHA:	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			EJE DE RUEDA DE ZARANDA P24	ESCALA: 1:1
Secador de granos				MATERIAL: SAE 1045
				PESO:



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIB.:	5.9.89	GAVILANEZ		
REV.:	6.10.89	LOHRLEIN		
APRO.:				
CEMAGRI			LARGUERO DE ZARANDA P23	ESCALA 1:2
Secador de granos				MATERIAL SAE 1018
				PESO