



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



"CONSTRUCCION DE UN SECADOR DE ALETAS DE TIBURON
Y BUCHE DE PESCADO"

INFORME TECNICO

Previo a la Obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Alvaro Fernando Cruz Aragundi



Guayaquil

-

Ecuador

1990

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ernesto Martinez Director de informe técnico, por su valiosa y desinteresada ayuda en la elaboración del presente proyecto y a mi hermano Ing. Carlos Cruz Aragundi.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJA

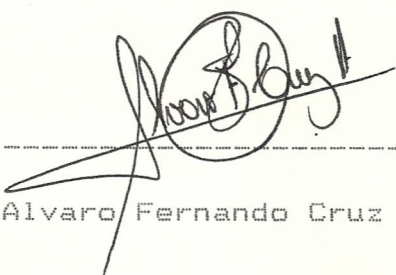
A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

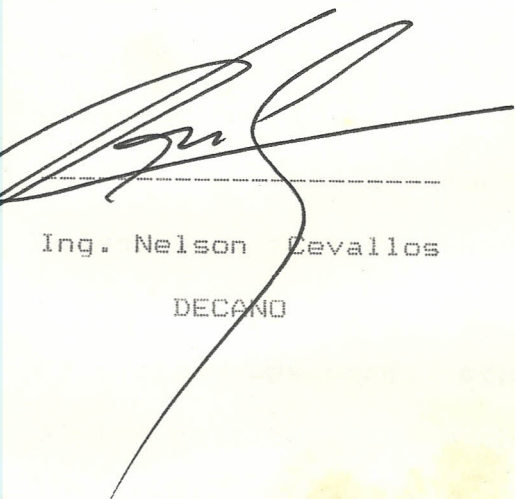
DECLARO QUE:

"Este informe técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos)



Alvaro Fernando Cruz Aragundi



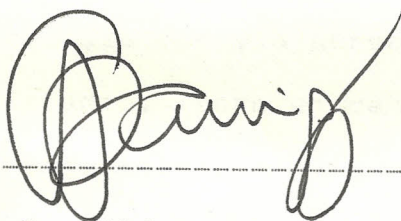
Ing. Nelson Cevallos

DECANO



Ing. Ernesto Martinez

DIRECTOR INFORME



Dr. Alfredo Barriga

MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

La estructura tradicional de la economía ecuatoriana, se vió afectada cualitativa y cuantitativamente desde comienzos de la década de los 70, como consecuencia del descubrimiento de reservas petrolíferas apreciables y el montaje de la infraestructura necesaria para su explotación, lo cual desencadena la redefinición del modelo económico ecuatoriano, a partir de lo cual será relegado el sector pesquero y agrícola.

El sector pesquero, especialmente los exportadores de aletas de tiburón y buche de pescado tienen el problema para secar el producto rápidamente y para la exportación del mismo.

La exportación se realiza por vía aérea y estas son rutas muy costosas y traficadas, pero en cambio el exportador recibe su dinero rápidamente.

La compañía exportadora buscó medios para acelerar el proceso de secado y exportar mayor volumen, para poderlo exportar por vía marítima que son rutas más económicas.

Se realizó un estudio del cual, la más efectiva y económica fue la construcción del secador, por lo cual me

contrataron para su diseño y construcción.

El presente informe detalla los pasos seguidos en el diseño, selección de partes, montaje y puesta en marcha del secador.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE GRAFICOS

INDICE DE TABLAS

ANTECEDENTES

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

- 1.1 Requerimientos para exportación del producto
- 1.2 Descripción del proceso
- 1.3 Cálculo térmico

CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

- 2.1 Secado al sol
- 2.2 Secado mecánico
 - 2.2.1 Importar secador
 - 2.2.2 Construir secador

CAPITULO III

DISEÑO DEL SECADOR

3.1 Selección del quemador

3.2 Diseño de la cámara de combustión e intercambiador

3.3 Cálculo del sistema de ventilación y selección del ventilador

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL SECADOR

4.1 Construcción del cuarto de secado

4.2 Construcción del intercambiador de calor

4.3 Montaje de los elementos

4.4 Puesta en marcha y ajuste

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INDICE DE GRAFICOS

Fig. 1.1 Composición de los peces.

Fig. 2.1 Figura del dispositivo constituido por un laminado plástico.

Fig. 2.2 Curva de secado.

Fig. 2.3 Representación esquemática de una secadora de carga.

Fig. 3.1 Cálculo por carta psicrométrica.

Fig. 3.2 Dimensiones cámara de combustión

Fig. 3.3 Esquema del intercambiador.

Fig. 3.4 Pérdida de presión en el intercambiador.

Fig. 3.5 Pérdida en el aspa del ventilador.

Fig. 3.6 Pérdida en la entrada del ventilador.

Fig. 3.7 Pérdida a la salida del intercambiador.

Fig. 3.8 Pérdida de fricción en ductos.

Fig. 3.9 Pérdida de fricción en ductos.

Fig. 4.1 Esquema del secador.

Fig. 4.2 Circuito de fuerza.

Fig. 4.3 Circuito de control.

INDICE DE TABLAS

- 3.1 Pérdidas de presión por cambio de area ASHRAE.
- 3.2 Pérdidas de presión por expansión y contracción.
- 3.3 Pérdida de presión en codos.

ANTECEDENTES

En circunstancias en que nuestra economía comienza a despetrolizarse, como consecuencia del descenso sistemático de los precios mundiales del barril de petróleo, desde fines de 1985, que ocasiona una cada vez menor participación del monto de exportaciones petroleras en el comportamiento de la balanza comercial ecuatoriana se hace necesario hoy, más que nunca mirar nuevamente hacia el sector pesquero y agrícola.

El sector pesquero tiene un campo muy amplio para desarrollarse y así lograr generar divisas al país.

El pescado seco salado, rico en proteínas y otros nutrientes, es un alimento de bajo costo que puede ayudar en gran medida a aliviar el problema de desnutrición que afecta alrededor de dos millones de ecuatorianos. Ofrece además ciertas ventajas sobre el pescado fresco congelado y enlatado, tanto para el productor como el consumidor. Debido a su facilidad de distribución y mercadeo sin la necesidad del uso de sistemas de enfriamiento o envases caros de hojalata, se reduce enormemente el costo de elaboración.

Puede ser un producto idóneo para comercializar entre las

comunidades rurales aisladas por falta de adecuadas vías de comunicación y donde muy pocas familias poseen equipos domésticos de refrigeración.

El potencial pesquero del Ecuador es muy grande y variado, este potencial a llevado a las naciones unidas a solicitarle a las compañías exportadoras de pescado exportar pescado seco al Africa

El pescado a exportar debe cumplir ciertos valores vitamínicos y cierto valor de extracción de humedad

El volumen a exportar es bastante elevado. Al exportador se le presentan problemas para poder cumplir el cupo de exportación.

Uno de los problemas que se presentan en la capacidad de exportación es el secado del producto.

Las alternativas para el secado son:

Secado al sol

Secado mecánico

Se analizaron cada una de las alternativas y se creó la necesidad principal de acelerar el proceso de secado,

para poder cumplir los valores requeridos de exportación. El mecanismo para conseguir una desecación rápida y regulada se consigue con el secador mecánico.

Con un secador mecánico se podrá secar según un plan concebido de antemano, lo cual simplificará la labor administrativa, evitará toda merma en la calidad y permitirá expedir el producto sin pérdida de tiempo.

Dentro del secador mecánico existen alternativas:

Importar secador

Construir secador

Analizando las alternativas se determinó que la mejor fue la construcción del secador

CAPITULO I

I DEFINICION DEL PROBLEMA

Se van a detallar las dificultades que presentan los exportadores y las posibilidades de un gran comercio internacional de buches y pescado seco.

1.1 Requerimientos para exportación del producto.

La captura total de pescado a nivel mundial :

En 1938 20'000.000 Ton.

En 1974 70'000.000 Ton.

En 1979 74'000.000 Ton.

Las capturas totales de pescado son enormes sin embargo, la mayor parte de estas capturas son destinadas a la fabricación de harinas para el consumo animal.

Pescado como porcentaje del suministro de proteína Animal.

3% Argentina

2% Ecuador

2% Honduras

8% Reino Unido

5% Estados Unidos

66% Indonesia

58% Japón

En los países desarrollados de Europa Occidental y Estados Unidos el consumo de pescado es mayor que en los países no desarrollados.

Los países de América del Sur, tienen un consumo elevado de carne en comparación con el pescado. En los países de Africa y el Lejano Oriente, el consumo de pescado es mayor, solamente un cuarto de la producción pesquera mundial está a la disposición de Países en desarrollo. Esto no indica la abundancia de la pesca en los océanos sino que es el resultado de como se forman las pesquerías mundiales y de los modelos de consumo.

Las compañías exportadoras de aletas de tiburón y buche de pescado, realizan la exportación por vía aérea, es un medio de movilización caro, pero en cambio es rápido y su pago por la exportación es más pronto.

El objetivo futuro de esta compañía, es exportar grandes cantidades de pescado seco, pero a este nivel no conviene exportarlo por vía aérea, ya que saldria

muy costoso y muy difícil de conseguir cupo, pues son rutas muy traficadas y escasas.

Se buscan mecanismos para disminuir el peso de carga a exportar y esto se logra con el secado, ya que aquí se estaría extrayendo el peso de agua que se encuentra en el producto.

Los requerimientos en los mercados internacionales para lo que es aleta de tiburón y buche de pescado es la extracción del 50% de humedad existente en el producto.

1.2 Descripción del proceso.

El pescado es uno de los alimentos que más rápido se descompone, por eso se necesita cuidados adecuados de conservación desde su captura hasta su utilización.

La rapidez con que se maneje el pescado entre su captura y el consumo determinará la velocidad de descomposición causada por bacterias, las enzimas y el medio ambiente.

La composición de los peces está determinada en un 70% de agua, 20% de proteínas, 5% de grasas y 3% de cenizas, como se puede ver en la figura 1.1.

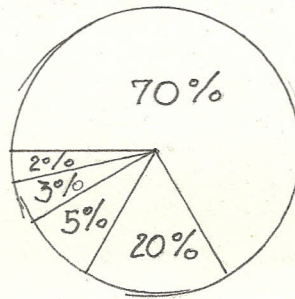


FIG 1.1

La descripción del proceso está detallada a continuación:

1.- Materia prima.

El pescado debe ser fresco y presentar las siguientes características: ojos brillantes, agallas rojizas y olor a mariscos, carne firme y elástica.

2.- Primer lavado.

La materia prima, debe ser lavada con agua potable o agua de mar limpia.

3.- Evisceración, limpieza y fileteado.

El pescado tiene que ser eviscerado, bien abierto

o fileteado. Luego se hacen cortes a lo largo de la carne del pescado o en los filetes.

4.- Segundo lavado.

Una vez que el pescado ha sido viscerado y abierto, se lo lava bien con agua limpia para eliminar o sacar residuos de sangre y tripas; se puede usar cepillos de cerdas plásticas duras.

Hasta este punto es el proceso a lo que respecta la aleta de tiburón y buche de pescado, pero como el interés de la compañía es producir pescado seco salado, detallaremos los puntos que continúan para obtener el pescado seco salado.

5.- Salazón húmeda.

El pescado abierto y limpio se introduce en una salmuera ligera (10%) durante varias horas, una solución de una parte de sal en nueve partes de agua.

6.- Salazón seca.

A los pescados abiertos o filetes se pone sal refregándola bien, especialmente dentro de los

cortes, se aconseja utilizar sal mediana o una mezcla de sal fina con sal media.

7.- Pila humeda.

Una vez que el pescado ha sido salado, se lo apila en capas alternadas de sal y pescado en cajón impermeable para que se forme un líquido, la salmuera. Esto reduce la contaminación por bacterias y hongos

Se aconseja que el pescado abierto o filetes de pescado sean colocados con la piel para abajo. El pescado se mantiene en la salmuera no menos de 24 horas, pudiendo prolongarse hasta 4 días.

8.- Tercer lavado.

El pescado al ser sacado de la pila humeda, se lava rapidamente en agua limpia o salmuera ligera para eliminar el exeso de sal en la superficie.

9.- Secado.

Una vez que el pescado ha sido limpiado del exceso de sal procedemos a su secado.

En sol de 2 a 3 días según datos del Instituto Nacional de Pesca.

El pescado o filete de pescado se considera que está seco cuando se pone duro y se puede tener en la mano sin que se doble.

1.3 Cálculo Térmico.

Para obtener un buen producto que pueda ser almacenado durante largo tiempo sin que se desarrollen mohos ni se contamine con insectos, es necesario reducir la humedad del pescado hasta alrededor de 15-20%.

La cantidad de humedad que se extrae es de 50%.

Si hay porcentajes de humedad mayores a los recomendados, la contaminación de mohos e insectos se presentará rápidamente.

Como la capacidad de secado que requieren es de 500 Kg., tenemos:

$$500 \text{ Kg.} * 0.5 = 250 \text{ Kg. de Agua.}$$

Son 250 Kg. de agua que hay que extraer, teniendo

estos datos lo primero que calculamos es el calor necesario para remover los 250 Kg.

- Según Domingos Puzzi.

Se necesitan 750 Kcal. para remover 1 Kg. de agua.

$$\begin{array}{rcl} 750 \text{ Kcal} \times 250 \text{ Kg} & & \\ \hline & & \text{Kg} \end{array} = 187500 \text{ Kcal (744375 BTU)}$$

CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

El secado es la operación que tiene como fin reducir el tenor de humedad del producto al nivel adecuado para su almacenamiento por un período prolongado. El presecado tiene por objeto reducir el tenor de humedad del producto, sin intentar bajarlo hasta el nivel final necesario. En el secado mecánico, un presecado del producto, bajo la acción del sol, ofrece ventajas. Además de reducir el tenor de humedad, los productos presentan mayor proporción de materia seca para el mismo volumen, permitiendo mayor rendimiento de la secadora.

El secado constituye la principal operación en el sentido de obtener un producto de buenas características. El secado natural está ampliamente difundido en Ecuador, predominando sobre el secado mecánico por medio de secadoras. Se puede denominar mixto cuando el secado se realiza en el suelo y en secadoras.

2.1 Secado al sol

Uno de los procesos mas antiguos de secado natural consiste en exponer el producto, al sol en un lugar denominado terreno. Se lo emplea, en general, enseguida del fileteado.

Considerando que el secado natural es un proceso sujeto a las variaciones de temperatura, humedad y lluvias ocasionales, los ingleses estudiaron la viabilidad del empleo de un dispositivo para controlar la acción de aquellos factores. Este dispositivo esta constituido por un laminado plástico sobre el que se exparce el producto, se transforma facilmente en una bolsa que, por medio de una simple rotación, se torna totalmente impermeable a la lluvia y humedad. La figura 2.1 ilustra el proceso.

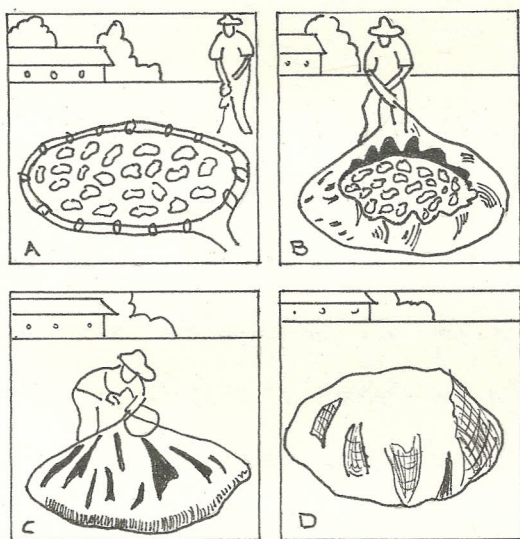


FIG 2.1.

El método es útil para pequeños productores, considerando que la capacidad normal del dispositivo

debe ser de 150 Kg. para un manipuleo adecuado. Por otro lado, es un método altamente satisfactorio para los estudios en los institutos de investigación, pues permite que los ensayos se realicen en distintas partes y bajo diversas condiciones de medio ambiente.

Debido a la absorción de los rayos solares por la atmósfera, solo parte del calor enviado por el sol llega a la superficie terrestre. Distintos factores afectan a la cantidad de calor recibida: estación del año, latitud local, hora del día, etc.

Ventajas:

El calor solar, se deberá transformar en una importante técnica para el secado de pescado "pues mientras el precio del petróleo aumenta periódicamente, no sucede lo mismo con el calor del sol, que es gratuito". Este es el principal factor que impulsa las nuevas investigaciones sobre el método.

Desventajas:

El secado por este medio depende exclusivamente de las condiciones climáticas y se necesitan grandes superficies de secado.

La principal causa de un mal secado es el poco espacio que se dispone y esto obliga a extender el producto en montones.

Cuando el pescado se lo tiene demasiado tiempo a la intemperie presenta problemas bacteriológicos, lo cual daña la calidad del producto. Por este motivo se requiere acelerar el proceso de secado, y esto se logra en un secador.

El pescado está expuesto al contacto directo con moscas y otros insectos, animales y polvo, con poca higiene y con un alto grado de contaminación.

Además el proceso de secado es ineficiente, siendo afectado por las lluvias y otros cambios climáticos adversos que pueden perjudicar la calidad del producto terminado. La humedad generalmente alcanza porcentajes muy elevados haciendo que el producto se encuentre en el mercado en malas condiciones.

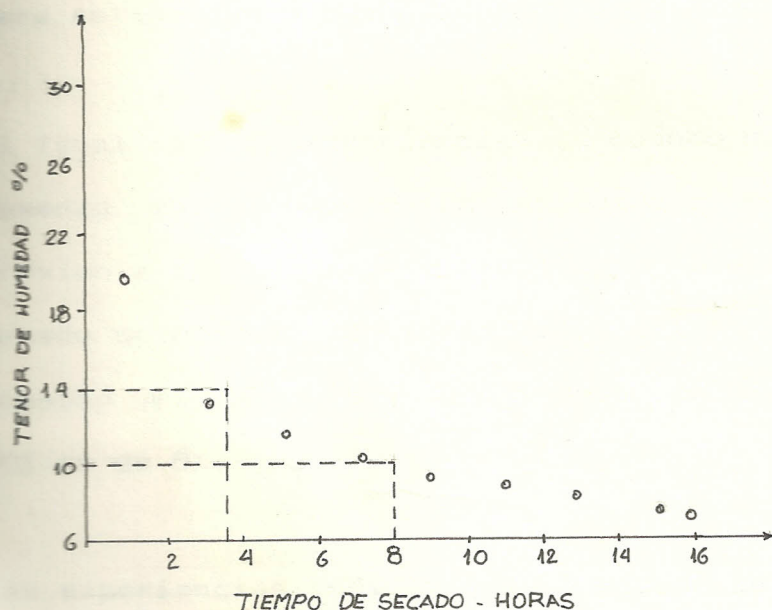
2.2 Secado mecánico

Toda sustancia que contiene humedad posee una presión de vapor. Si tiene mucha humedad presenta una alta presión de vapor y cuando posee poca humedad presenta una baja presión de vapor. Cuando el producto y el

aire que lo rodea presentan diferentes presiones de vapor, la humedad se mueve de la sustancia con mayor presión de vapor hacia aquella que posee menor presión de vapor, hasta alcanzar el punto de equilibrio. En este punto cesa el movimiento de la humedad. En el secado mecánico se intenta crear una diferencia entre las dos presiones, para que la humedad se traslade del producto al aire secante.

Diversas experiencias han procurado conocer la marcha del secado de los productos cuando se someten a condiciones de aire con temperatura y Humedad Relativa constantes. Una curva de secado es la presentada en la figura 2.2.

FIG 2.2.



En esta experiencia, una capa de granos de cebada, de poco espesor, húmedos, se expuso a aire seco con temperatura de 54 C y 30,3% de HR. Los granos se pesaron periódicamente, para verificar la pérdida de peso y así conocer su tiempo de secado, cuando presentaban diferentes niveles de tenor de humedad.

El gráfico de la figura 2.2 muestra que, inicialmente, el tenor de humedad bajó con rapidez hasta el 14%, disminuyendo a continuación la velocidad de secado. Hasta el nivel de 14%, hubo una reducción del tenor de humedad del 16% en 3h y 20 minutos. Después para alcanzar el 10%, es decir para lograr una disminución del 4%, demoró 4 h y media, lo que demuestra que en este margen fue más difícil retirar agua de los granos, necesitándose más tiempo para retirar un pequeño porcentaje más de humedad.

Al final de la experiencia, cuando el tenor de humedad del producto se encontraba en un nivel próximo a la humedad de equilibrio higroscópico, el secado se produjo en forma muy lenta. El tenor de humedad del producto en equilibrio con HR del aire de 30% es de 8%.

Las experiencias indican que el secado se produce con mayor rapidez en los niveles altos de humedad y se

torna más difícil a medida que el producto se va secando. En los productos que presentan alto tenor de humedad, se encuentra una parte de "agua libre", que es fácilmente removida por un flujo de aire seco.

El proceso de secado mecánico, consiste en someter al producto a la acción de una corriente de aire caliente que atraviese el producto.

En el secado mecánico de un producto, el aire ambiental calentado cumple dos finalidades:

La presión de vapor de agua existente en los productos aumenta por el calentamiento del producto, facilitando la pérdida de humedad. Parte del calor del aire secante proporciona un aumento de la temperatura del producto (calor sensible), y otra parte proporciona el calor necesario para la vaporización del agua contenida en los productos (calor latente).

Aumentando la temperatura del aire ambiental, su humedad relativa disminuye y, en consecuencia, su capacidad de absorber humedad aumenta.

La disminución de la humedad relativa, debida al aumento de la temperatura del aire, se presenta en el

cuadro 2.1.

En principio una secadora mecánica esta compuesta por un centro productor de calor donde se quema el combustible para calentar el aire, y un sistema de ventilación que envía el aire caliente hacia el producto a secar, La figura 2.3. representa en forma esquemática el funcionamiento de una secadora de carga.

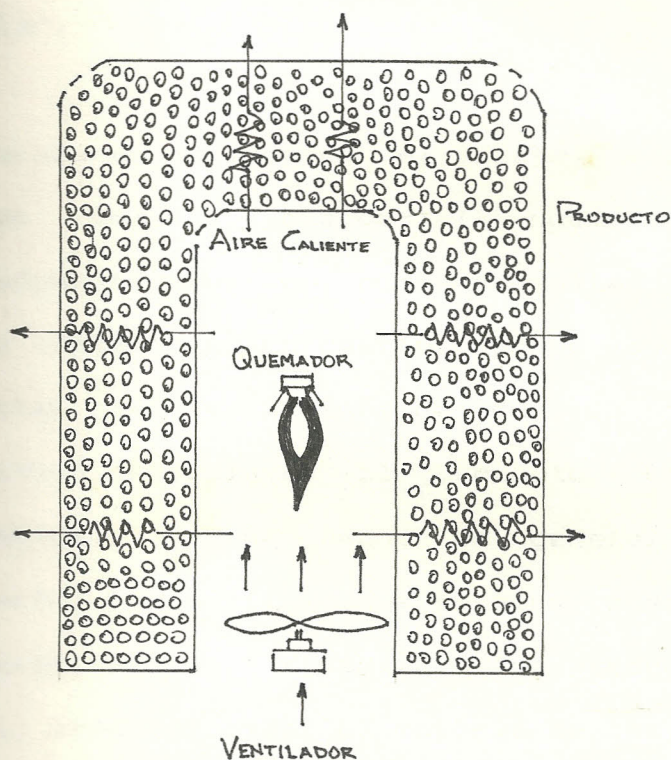


FIG 2.3

Para evitar que los gases de combustión puedan entrar en la masa de los productos, contaminandolos o

perjudicando su calidad, en algunas secadoras el aire se calienta de manera indirecta. El calentador de tipo indirecto presenta una cámara de calentamiento del aire y un dispositivo para elevar los gases de la combustión hacia la atmósfera. El aire destinado al secado es enviado externamente sobre la cámara, y calentado al entrar en contacto con ella, penetrando a continuación con la masa de los productos. El proceso indirecto ofrece menor rendimiento, en virtud de las pérdidas que se producen en la transferencia de calor.

Las secadoras que emplean el aceite, a fuego directo, no son seguras cuando el quemador no está adecuadamente ajustado, pudiendo soltar partículas de aceite inflamable. En cambio, cuando la combustión es perfecta, no hay peligro de que los gases de la combustión perjudiquen al producto. Las secadoras alimentadas a leña son, en general, de fuego indirecto, para evitar que el aire quede impregnado de hollín, el cual transmite a los productos el olor y gusto desagradables. La mayoría de las secadoras a gas son de tipo directo.

Ventajas.

Las ventajas que presenta el secado mecánico

comparado con el secado al sol son las siguientes:

No se requieren areas grandes.

No se depende de la energía solar.

Se puede calcular el número de equipos, al conocer el tiempo de secado.

Como el proceso es mas rápido que el realizado al sol existe un menor espacio de tiempo, lo cual impide el desarrollo de hongos.

El aire se puede calentar por medio de estufas, hornos, quemadores, intercambiadores de calor, etc., que funcionan a base de carbón, leña, energía eléctrica, gas, etc.

Desventajas.

Alto costo en la inversión inicial.

Consumo de combustible.

2.2.1 Importar secador

La importación del secador es inapropiada ya

que estos productos pagan aranceles demasiado altos y no se justifica hacer una inversión grande existiendo la posibilidad de fabricarlos localmente a un costo muy inferior y del mismo rendimiento.

2.2.2 Construir secador

Comparando precios entre importar un secador y fabricarlo localmente la compañía tomó la decisión de contratar la construcción del secador, ya que existen las posibilidades tecnológicas de ser fabricado en nuestro medio.

Los beneficios que se obtienen son:

- Costo más bajo.
- Entrega más rápida.
- Mantenimiento más efectivo.
- Ahorro de divisas al país
- Impulsar el desarrollo del sector metal-mecánico.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SECADOR

El equipo que se construyó está basado en la capacidad que la compañía exportadora solicitó y el secado se la realizará en una jornada de trabajo de 6 hrs.

De la sección 1.3 se puede ver que para extraer el 50% de agua de 500 kg. de pescado se necesitan 187.500 Kcal. (744.375 BTU).

La capacidad que se seleccionó es de 1/2 Ton. en 6hrs.

Debido a que es un secador indirecto asumimos una eficiencia del 65%

$$\frac{2250 \text{ Kcal/hr}}{0.65} = 48076.92 \text{ Kcal/hr (190865,38 BTU/hr)}$$

1.1 Selección del quemador

Conociendo que el poder calorífico de un galón de diesel es de 140000 BTU, tenemos:

$$\frac{190865,38 \text{ BTU/hr}}{140000 \text{ BTU/gal}} = 1,36 \text{ gal/hr}$$

Como existen toberas de 1; 1.25 y 1.5, seleccionamos una tobera de 1.5 gal/hr.

Cálculo de CFM

a) La máxima temperatura a la cual el pescado puede ser secado es de 50°C , tenemos:

$$T = (50 - 25)^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{F}$$

$$C_p = \text{aire } 0.24 \text{ BTU/lb}^{\circ}\text{F}$$

$$\rho = \text{aire } 1.123 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q = \dot{m} C_p T$$

$$\dot{m} = \frac{124062,5 \text{ BTU/hr}}{45^{\circ}\text{F} \times 0.24 \text{ BTU/lb}^{\circ}\text{F}} = 11487.27 \text{ lb/hr}$$

$$\frac{11487,27 \text{ lb/hr}}{0.069 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min.}} = 2774.7 \text{ CFM } (4718.88 \text{ m}^3/\text{hr})$$

b) Cálculo por carta Psicrométrica

Los valores promedios obtenidos por la Compañía DELTA-DELFINI en el litoral a las 9h00 son:

$$T_{\text{bs}} = 78^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{bm}} = 75^{\circ}\text{F}$$

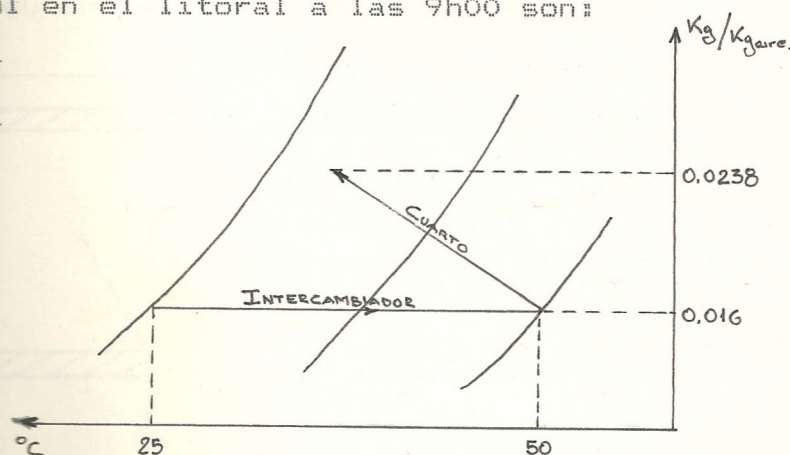


FIG 3.1

$$(0.0238 - 0.016) \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg aire}} = 0.0078 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg aire}}$$

$$\frac{250 \text{ Kg agua}}{0.0078 \text{ Kg agua}} = 320551.28 \text{ Kg aire} \times \frac{1}{6 \text{ hr}} = 5341.88 \text{ Kg/hr}$$

$$\frac{5341.88 \text{ Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1}{0.0691 \text{ lb/ft}} = 2838.68 \text{ CFM} (4827.69 \text{ m}^3/\text{hr})$$

Por lo tanto el ventilador deberá tener un flujo aproximado de 3000 CFM ($5100 \text{ m}^3/\text{hr}$)

3.2 Diseño de Cámara de Combustión e Intercambiador

Según el diseño de cámaras de combustión del manual de la Babcock & Wilcox para 1.5 gal/hr, esta deberá tener las siguientes dimensiones (FIG 3.2):

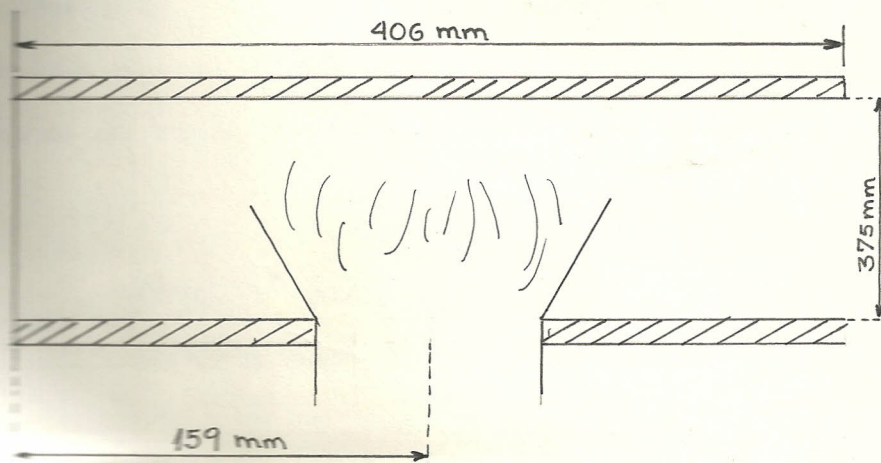


FIG 3.2.

Según cálculos de cámaras de combustión, sacamos el
 area de flujo $13500 \text{ mm}^2/\text{GPH}$
 como tenemos un quemador de 1.5 GPH

$$\frac{13500 \text{ mm}^2 \times 1.5 \text{ GPH}}{\text{GPH}} = 20250 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{20250 \times 4}{\pi}} = 160.57 \text{ MM}$$

$$D = 160,57 \text{ mm}$$

Para obtener un buen coeficiente de transferencia de
 calor y no obtener elevadas pérdidas por fricción,
 escogemos la velocidad del aire de 1000 fpm; y
 sabiendo que el flujo de aire es 3000 cfm, calculamos
 el area de flujo de aire (Afa)

$$Afa = \frac{3000 \text{ ft}^3/\text{min}}{1000 \text{ ft}/\text{min}} = 3 \text{ ft}^2 = 275482.09 \text{ mm}^2$$

$$Afa = \frac{\pi}{4} (D_4^2 - D_3^2 + D_2^2 - D_1^2)$$

$$\frac{\pi}{4}(D_4^2 - D_3^2) = \frac{\pi}{4}(D_4^2 - D_1^2)$$

$$20250 = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - D_1^2)$$

$$301264,81 = D_1^2 + D_4^2 - D_3^2$$

$$25782,72 = D_1^2 - D_4^2 + D_3^2$$

$$25783,04 = D_3^2 - D_1^2$$

$$D = 404,38 \text{ mm}$$

$$D = 435,09 \text{ mm}$$

$$D = 571,88 \text{ mm}$$

Para un intercambiador de calor aire-aire tenemos una relación de:

$$10 \text{ ft}^2 / 42000 \text{ BTU/hr}$$

$$A = \frac{10 \text{ ft}^2}{42000 \text{ BTU/hr}} \times 190865,38 \text{ BTU/hr} = 45,44 \text{ ft}^2$$

Este es el area total de intercambio de calor aire-aire. Con esta area y colocando 25 aletas con separación de 5 cm en la cámara de combustión y 10

aletas en el tubo central del intercambiador, vamos a determinar la longitud de este cilindro

$$A = \pi(400)(410) + \pi(160,57)L + \pi(404,38)L + \pi(435,09)L + 20(L)(10) + 20(410)(25)$$

$$L = \frac{4223676.3 - (400)(410) - 20(410)(25)}{(160,57 + 404,38 + 435,09) + 200} = 1048,4 \text{ mm}$$

Ver figura 3.3

Cálculo del sistema de ventilación y selección del ventilador.

Para la selección del ventilador lo primero que haremos es el cálculo de la pérdida total de presión estática.

La mayor pérdida de presión en el intercambiador de calor se deberá a el choque del flujo de aire con la camara de combustión.

Considerando el Diametro (D) del ducto de 572 mm y el diametro de la cámara de combustion (E) 400 mm.

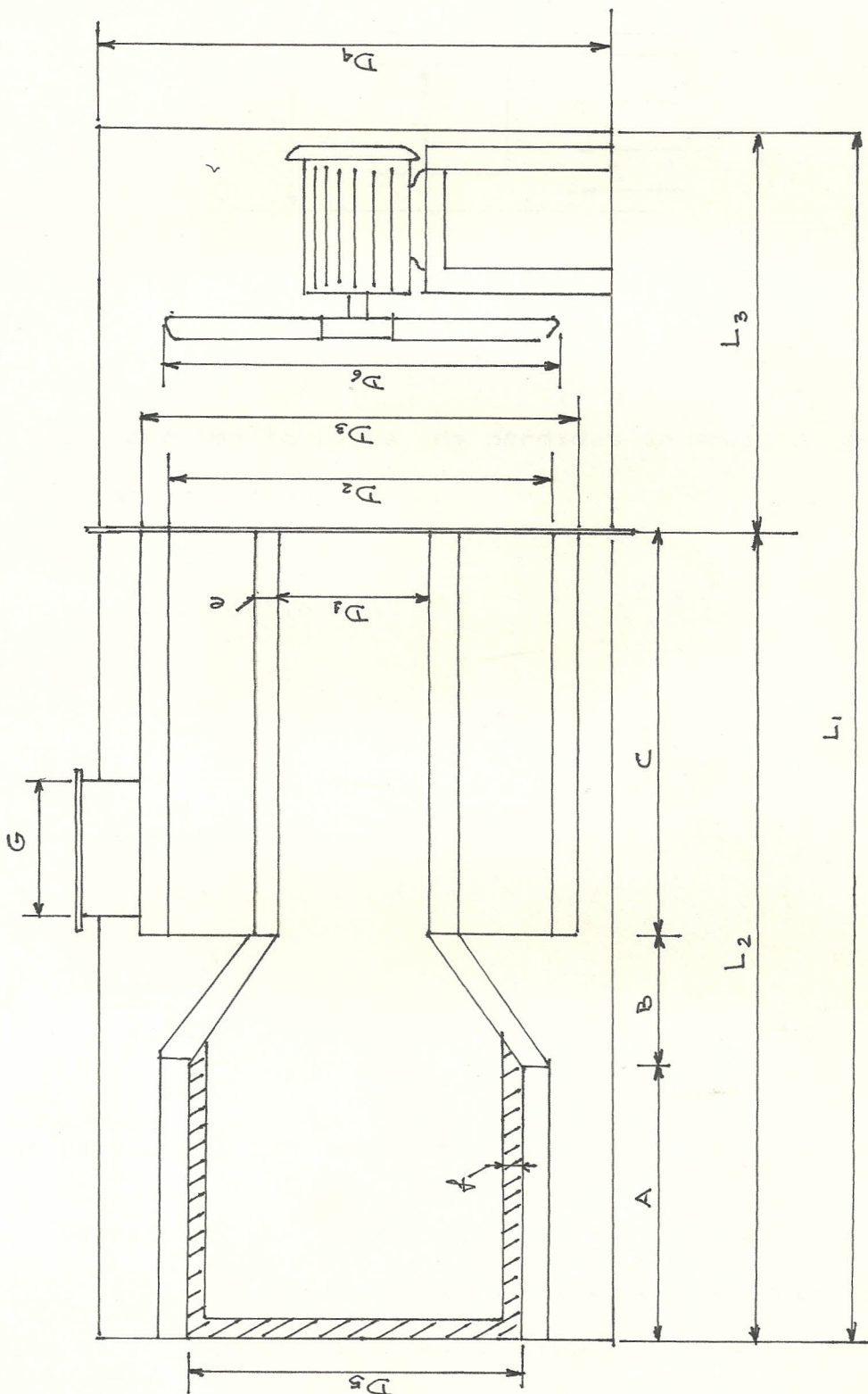


FIG 3.3

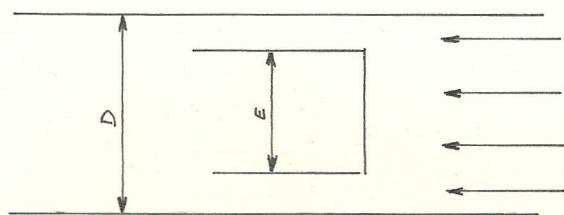


FIG 3.4.

Extrapolando en la tabla de pérdidas de presión por cambio de área "ASHRAE"

Determinamos $C=5,6$

$$V = \frac{3000 \text{ ft}^3/\text{min}}{\frac{\pi * 1.84 \text{ ft}^2}{4}} = 1128.2 \text{ ft/min.}$$

$$PV = \left(\frac{1128.2}{4005} \right)^2 = 0.08$$

$$F_f = C * PV = 5.6 * 0.08 = 0.45 \text{ pulg.}$$

Se desprecian las pérdidas por fricción entre el flujo de aire y las paredes laterales de la cámara de combustión debido a la pequeña longitud de esta.

-Pérdida en el aspa del ventilador.

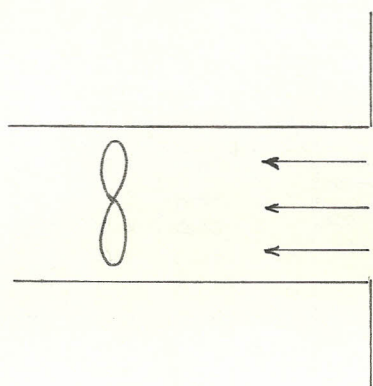


FIG 3.5

Coeficiente de entrada= 0.82.

$$P_f = 0.49PV = 0.49 \times 0.08 = 0.04 \text{ pulg.}$$

Este valor fue obtenido en las tablas de pérdidas del manual "Industrial Ventilation".

-Pérdida a la entrada del ventilador.

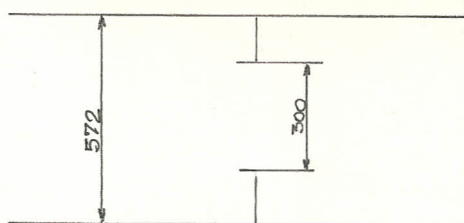


FIG 3.6

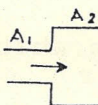
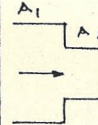
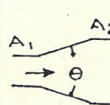
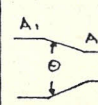
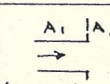
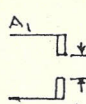
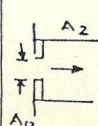
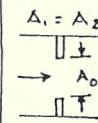
TIPO	ILUSTRACION	CONDICIONES	COEFICIENTE DE PERDIDA		TIPO	ILUSTRACION	CONDICIONES	COEFICIENTE DE PERDIDA
EXPANSION ABRUPTA		A_1/A_2	C_1	C_2	ABRUPTA CONTRACCION DE BORDE CUADRADO		A_2/A_1	C_2
		0.1	0.81	81			0.0	0.34
		0.2	0.64	16			0.2	0.32
		0.3	0.49	5			0.4	0.25
		0.4	0.36	2.25			0.6	0.16
		0.5	0.25	1.00			0.8	0.06
		0.6	0.16	0.45				
		0.7	0.09	0.18				
		0.8	0.04	0.08				
		0.9	0.01	0.01				
EXPANSION GRADUAL		θ	C_r		CONTRACCION GRADUAL		θ	
		5°	0.17				30°	0.02
		7°	0.22				45°	0.04
		10°	0.28				60°	0.07
		20°	0.45					
		30°	0.59					
SALIDA ABRUPTA		A_1/A_2	$A_1/A_2 - 0.0$		TRANSFORMACION AREAS IGUALES		$A_1 = A_2$	C
		$(A_2 = \infty)$	1.00				$\theta \leq 14^\circ$	0.15
SALIDA DE ORIFICIO DE BORDE CUADRADO		A_0/A_1	C_0		ENTRADA DE BORDE SALIENTE		$A = \infty$	C
		0.0	2.50					0.34
		0.2	2.44		ENTRADA DUCTO		$A = \infty$	C
		0.4	2.28					0.85
		0.6	1.96		ORIFICIO LE ENTRADA DE BORDE CUADRADO		$A = \infty$	C
		0.8	1.54					0.03
1.0	1.00							
DUCTO TRAVES BARRA		E/D	C				A_0/A_2	C_0
		0.10	0.7				0.0	2.50
		0.25	1.4				0.2	1.80
		0.50	4.0		0.4	1.39		
DUCTO TRAVES TUBO		E/D	C		ORIFICIO EN DUCTO DE BORDE CUADRADO		0.6	0.98
		0.10	0.20				0.8	0.61
		0.25	0.55				1.0	0.34
		0.50	2.0					
		E/D	C				A_0/A	C_0
		0.10	0.07				0.0	2.50
		0.25	0.23				0.2	1.88
		0.50	0.90				0.4	1.21
							0.6	0.84
							0.8	0.20
							1.0	0.0

TABLA 3.1 PERDIDAS DE PRESION POR CAMBIO DE AREA ASHRAE

$$C=1.61.$$

$$P_f = C * PV = 1.61 * 0.08 = 0.13.$$

-Pérdida en la salida del intercambiador.

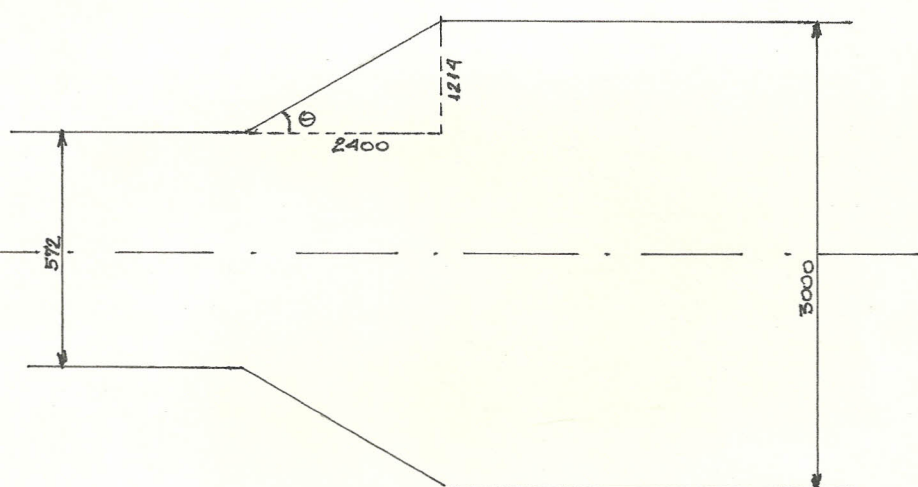


FIG 3.7

$$\tan \theta = \frac{1214}{2400} = 0.5 \quad \theta = 26^\circ$$

Con el objeto de proporcionar una buena distribución del aire a lo largo del cuarto de secado, es necesario tener velocidades del mismo relativamente altas, por eso se recomiendan velocidades entre 50 y 100 m/min.

Conociendo el area y velocidad a la salida del intercambiador y la velocidad de salida del ducto, se calcula el area de salida del ducto.

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad A_2 = A_1 \frac{V_1}{V_2}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (0.57)^2 = 0.25 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 343.96 \text{ m/min}$$

$$V_2 = 50 \text{ m/min.}$$

$$A_2 = (0.25 \text{ m}^2)(343.96 \text{ m/min}) = 1.75 \text{ m}^2$$

Como conocemos el ancho del cuarto de secado que es de 3 metros, se debe calcular la altura del ducto de entrada al cuarto de secado.

$A = a * h$, donde a = ancho y

h = altura.

$$h = \frac{A}{a} = \frac{1.75 \text{ m}^2}{3 \text{ m}} = 0.58 \text{ m} \approx 0.6 \text{ m}$$

Conociendo el area y velocidad de salida de ducto, se

calculan las pérdidas por fricción en el ducto.

Según los datos de diseño de ductos del manual "Industrial Ventilation", para expansión, para un ángulo de 26° ; y una relación de diámetro de 2,65, tenemos un $R=0,28$. TABLA 3.2

$$\Delta SP_{2-1} = R(VR_1 - VR_2) \quad 1$$

$$\Delta SP_2 = PV - H_f \quad 2$$

De 1 y 2

$$\Delta PV - H_f = R(VR_1 - VR_2)$$

$$H_f = \Delta PV - R(VR_1 - VR_2)$$

$$VR_1 = 0,079$$

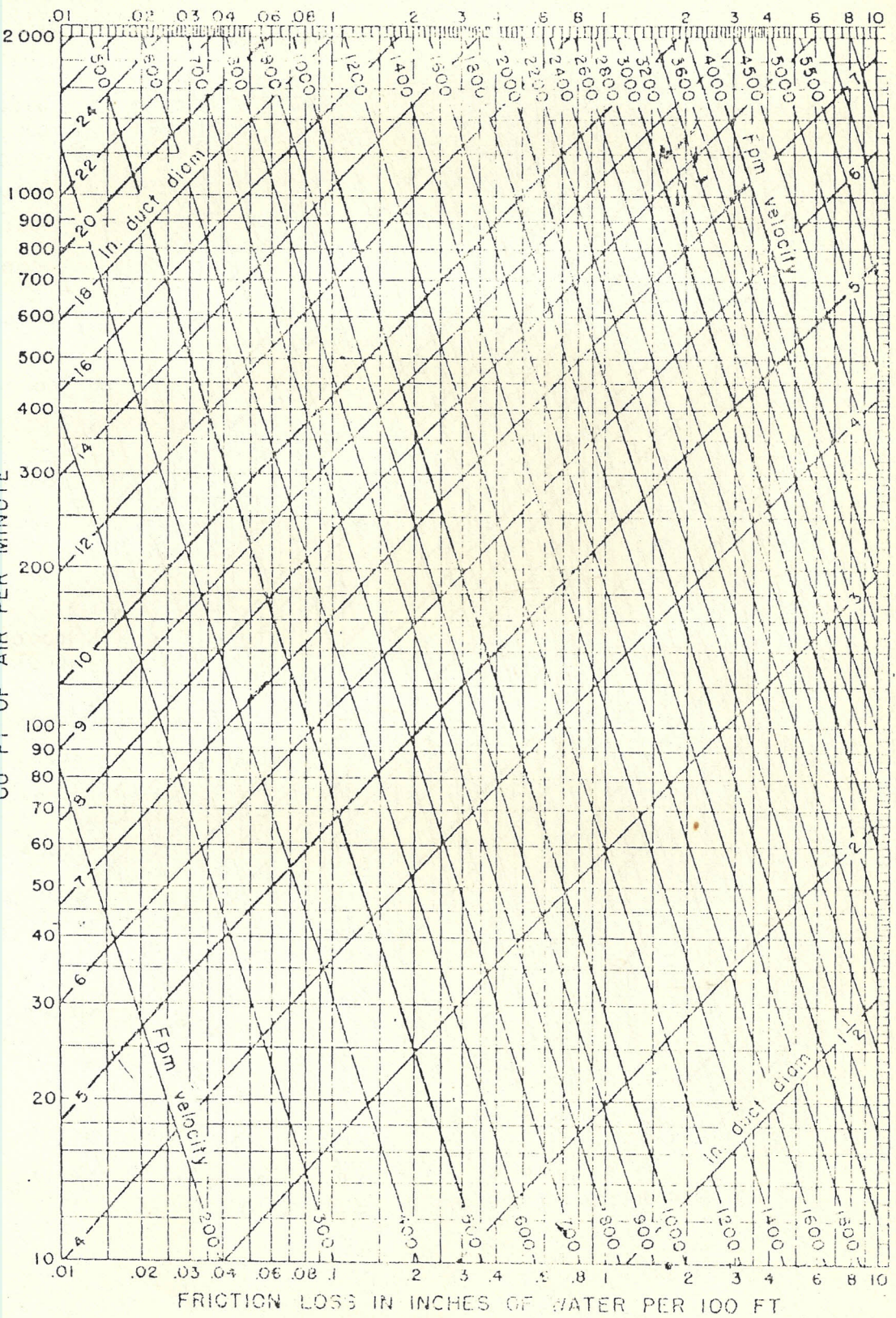
$$VR_2 = 1,68 \times 10$$

$$R = 0,28$$

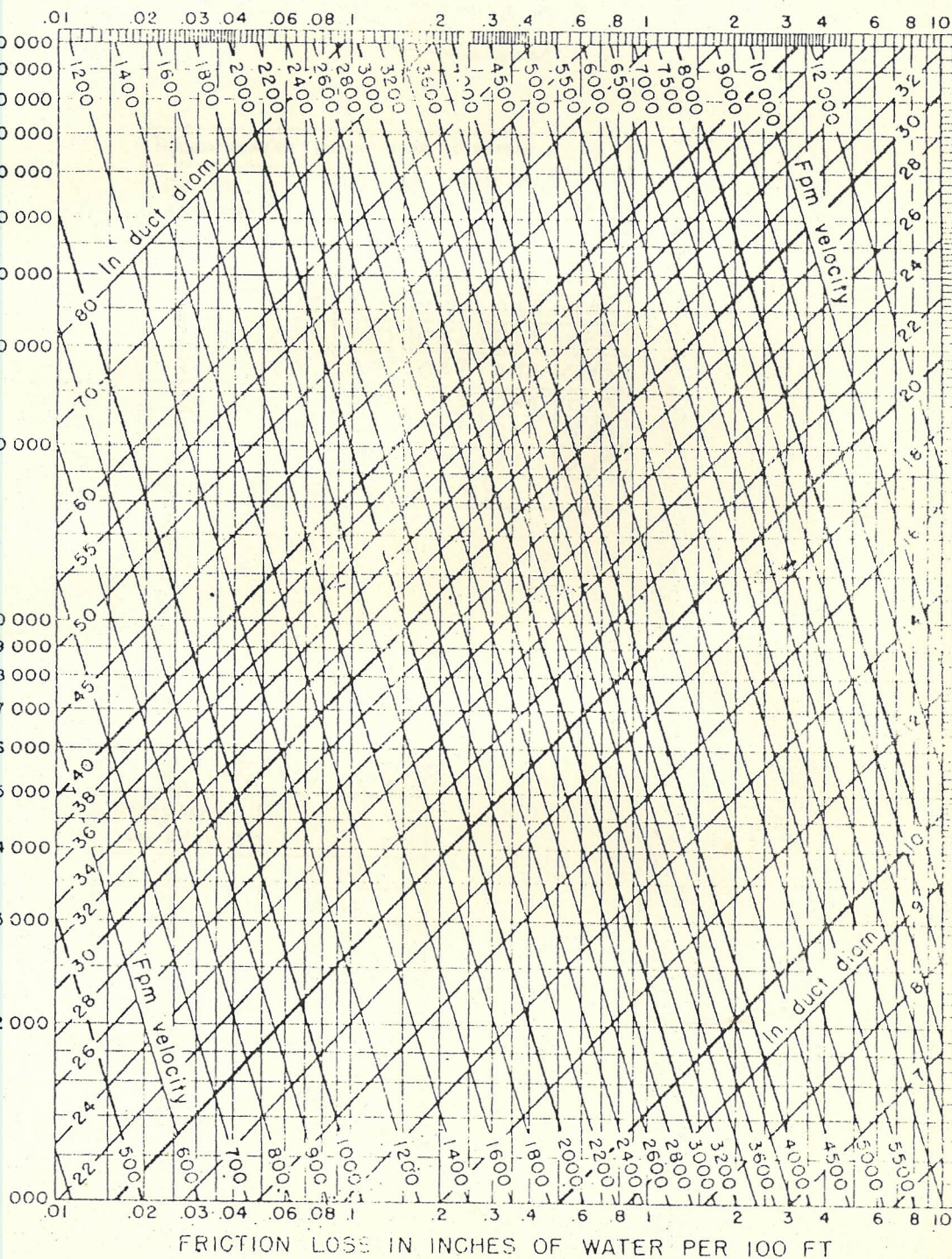
$$H_f = 0,077 - 0,28(0,077) = 0,056 \text{ pulg.}$$

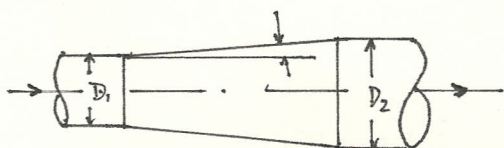
-Pérdida en el cuarto de secado

DESIGN PROCEDURE



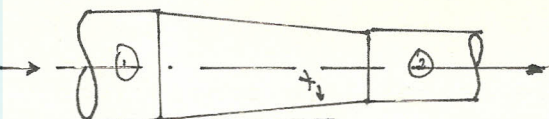
INDUSTRIAL VENTILATION





REGANANCIA (R), FRACCION DE DIFERENCIA VP					
ANGULO EN GRADOS	RELACION AREAS (A2/A1)				
	1.25:1	1.5:1	1.75:1	2:1	2.5:1
3 1/2	0.92	0.85	0.84	0.81	0.75
5	0.88	0.84	0.80	0.76	0.68
10	0.85	0.76	0.70	0.63	0.53
15	0.83	0.70	0.62	0.55	0.43
20	0.81	0.67	0.67	0.48	0.43
25	0.80	0.65	0.53	0.44	0.28
30	0.79	0.63	0.51	0.41	0.25
	0.77	0.62	0.50	0.40	0.25

DONDE: $SP_2 = SP_1 + R(VP_1 - VP_2)$



CONTRACCION GRADUAL

$$SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - L(VP_2 - VP_1)$$

ANGULO EN GRADOS	L
5	0.05
10	0.06
15	0.08
20	0.10
25	0.11
30	0.13
45	0.20
60	0.30
SOBRE 60	CONTRACCION ABROPTA

TABLA 3.2 PERDIDA POR PRESION POR EXPANSION Y CONTRACCION.

Las dimensiones del cuarto son:

$$(3 \times 3.6 \times 2.45)\text{m}$$

Como se puede apreciar en la figura 3.8 y 3.9, por pérdidas de fricción en ductos, nos damos cuenta que para las dimensiones del ducto de:

$$\text{ancho} = 3 \text{ m}$$

$$\text{altura} = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{largo} = 3.6 \text{ m}$$

las pérdidas por fricción son bajísimas.

-Pérdidas en los codos del ducto del cuarto de secado

Observando la tabla 3.3, se determina que el coeficiente de fricción es igual a 0,79.

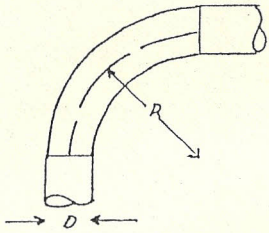
$$PV = \frac{V}{4005}$$

$$V = 50 \text{ m/min.}$$

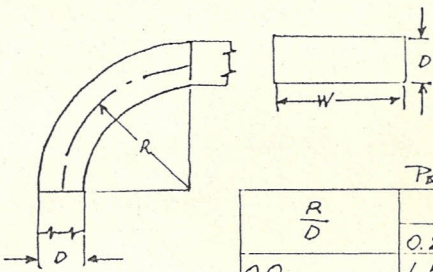
$$PV = 0.0017$$

$$Pf = 0.79 \times 0.0017 = 0.0013$$

Como en total son 3 codos, las pérdidas totales



R , N° de Diametros	Pérdida de Fricción de VP
2.75 D	0.26
2.50 D	0.22
2.25 D	0.26
2.00 D	0.27
1.75 D	0.32
1.50 D	0.39
1.25 D	0.55



Pérdida, Fricción de VP

$\frac{R}{D}$	RELACION W/D					
	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
0.0	1.50	1.32	1.15	1.04	0.92	0.86
0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.84	0.79
1.0	0.45	0.28	0.21	0.21	0.20	0.19
1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12	0.12
2.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10
3.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10

TABLA 3.3 PÉRDIDA DE PRESIÓN EN CODOS.

serán:

$$3 \times 00013 = 00039$$

La presión total del ventilador será:

$$P_{ft} = 0.45 + 0.04 + 0.13 + 0.06 + 0.0039 = 0.684" \text{ agua}$$

Asumimos una pérdida total de 1" de agua, ya que hay que tener en cuenta la resistencia que pondrá el producto a secar.

Ahora calculamos la potencia consumida por el ventilador

$$H.P = \frac{0.0158 \times CFM \times P_{tf}}{e}$$

e : eficiencia del ventilador

Asumiendo una eficiencia del 50%

$$H.P = \frac{0.0158 \times 3000 \times 1}{50} = 0.95 \text{ HP}$$

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL SECADOR

Los componentes con sus respectivas partes del secador pueden ser observados en la figura 4.1.

Intercambiador de calor

- Quemador.

- Cámara de combustión

Ventilador

- Aspas del ventilador

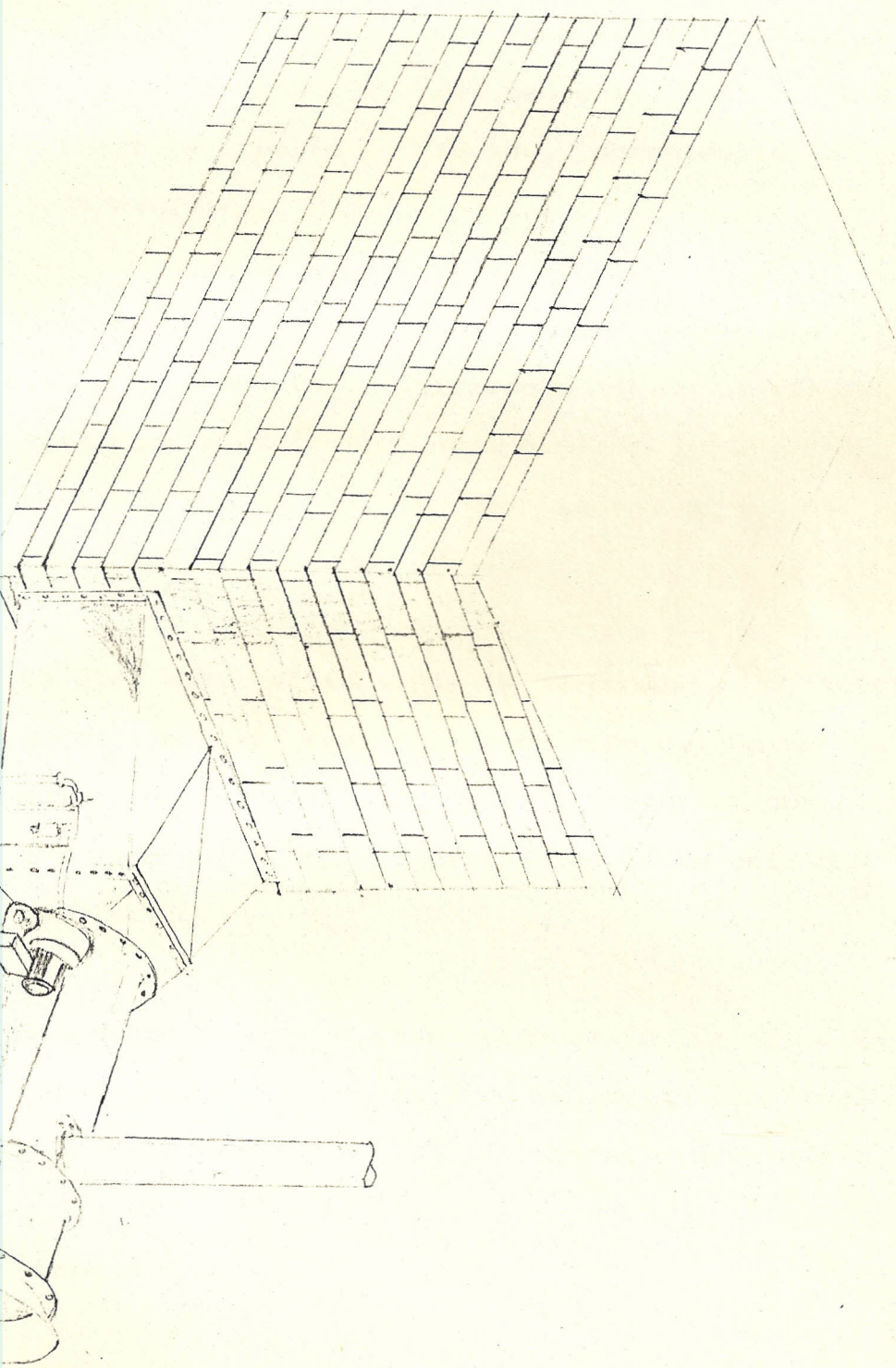
- Carcaza del ventilador

- Motor del ventilador

Cuarto de secado

4.1 Construcción del cuarto de secado

Para el dimensionamiento del cuarto de secado se deben considerar el flujo y la velocidad del aire. El flujo fue determinado en la sección 3.1 y la velocidad, tal como se mencionó en la sección 3.3 debe estar en el orden de 50 a 100 m/min.



Mientras mayor es la velocidad del aire, mayor será la velocidad de extracción de humedad, pero en cambio la cantidad de agua que toma el aire al pasar a través del producto es pequeña, por lo que al diseñar el cuarto de secado, normalmente hay dos alternativas.

Una es la de recircular el aire haciendolo volver sobre el producto y únicamente de un 10 al 20% se toma como aire fresco, asegurando de esta manera que el aire que se extrae del cuarto de secado salga cerca del punto de saturación

La otra alternativa sería la de construir un tunel de secado, en el cual el recorrido del aire es lo suficientemente largo como para asegurar que el aire que sale del mismo, salga tambien cerca del punto de saturación.

Sin embargo en el caso específico de mi cliente, cuando ellos me contrataron ya habían construido un cuarto de secado con las siguientes dimensiones:

Ancho : 3.00 m

Altura: 2.45 m

Largo : 3.60 m

Por lo que yo debía adaptar mi secador al cuarto que ellos tenían.

La única manera de obtener velocidades del aire de por lo menos 50 m/min, era haciendo que el aire dentro del cuarto realizara varios pasos.

En la sección 3.3 vemos que la altura del ducto es de 0.6 m. Como la altura del cuarto es de 2.45 m, el número de pasos lo calculamos dividiendo la altura del cuarto para la altura del ducto, lo que nos da la cantidad de 4 pasos.

Adicionalmente se sugirió que las paredes interiores del cuarto sean aisladas con una capa aislante de lana mineral o similar recubiertas con planchas galvanizadas, con el objeto de evitar las pérdidas de calor y de impedir que el aire absorba la humedad de las paredes de concreto.

2 Construcción del Intercambiador de calor.

Como se puede apreciar el intercambiador de calor consta de un quemador de diesel que proporciona la energía calorífica, la cámara de combustión con

paredes de material refractario y el intercambiador de calor de dos pasos que consta de un cilindro y un anillo concéntrico con aletas disipadoras de calor dentro de los cuales fluyen los gases de combustión que son expulsados por la chimenea y por fuera de estos a lo largo de las aletas fluye el aire que va a secar el producto.

Como nos podemos dar cuenta el intercambiador es del tipo indirecto con lo que evitamos la contaminación del producto con los gases de combustión.

La cámara de combustión se la construye con plancha de acero de 5 mm, exteriormente a la cámara se colocan longitudinalmente aletas disipadoras de calor de 3mm de espesor. Interiormente a la cámara de combustión se coloca refractario en el cual la llama del quemador va a chocar.

El intercambiador de calor de dos pasos se une con la cámara de combustión por medio de un cono que se lo construye con plancha de acero de 5mm.

El intercambiador de calor de dos pasos que consta de un cilindro y un anillo concentrico se los construye con plancha de 5mm, el cilindro presenta longitudinalmente aletas disipadoras de calor de 3 mm

de espesor.

La chimenea se la construye con plancha de acero de 2 mm. El acople de la chimenea con el intercambiador se lo realiza por medio de una brida de 200 mm.

Ver figura 3.3

3.3 Montaje de los elementos

VENTILADOR

Para el flujo y presión calculados se seleccionó un aspa axial de 400 mm de diámetro (D_6), la cual fue adquirida localmente

La carcasa del ventilador está construida de plancha de acero de 3 mm de espesor y se acopla con el intercambiador de calor por medio de una brida de 30 mm de ancho.

El motor del ventilador se lo adquirió localmente y se lo montó sobre una base construida con ángulos de acero de 38 mm x 3 mm.

QUEMADOR

El quemador con sus accesorios y control de llama se lo adquirió localmente.

TABLERO DE CONTROL

A continuación vemos los diagramas de fuerza y control del quemador y ventilador.

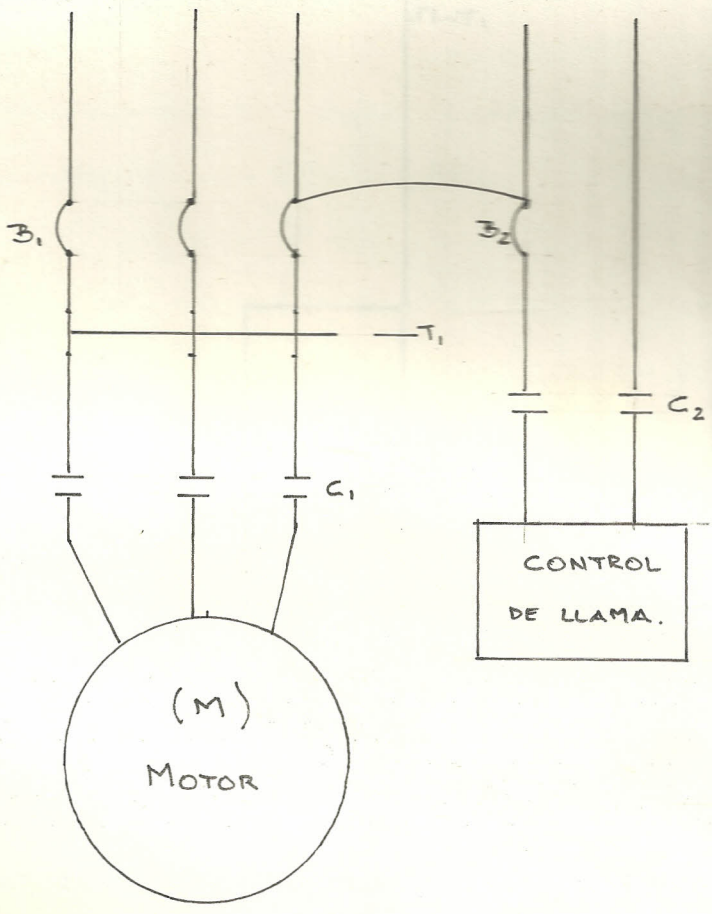


FIG 4.2.

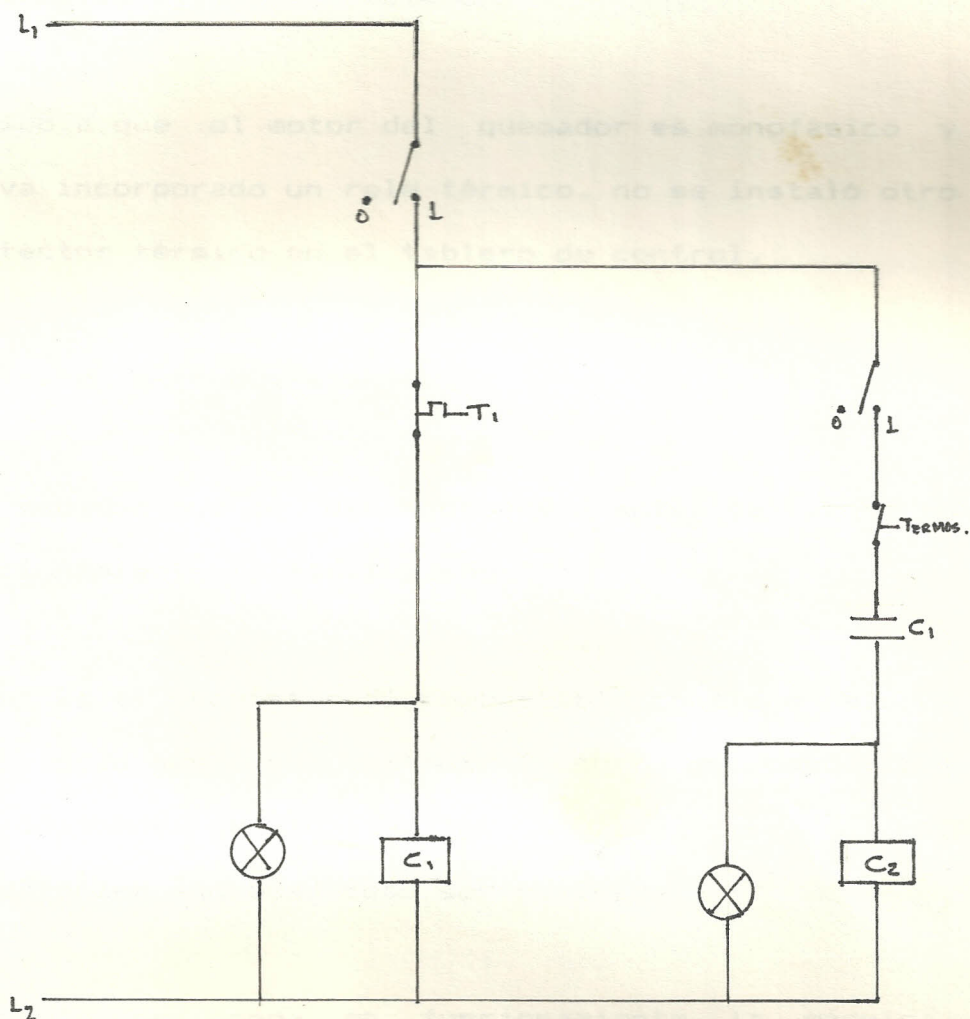


FIG 4.3.

El circuito de fuerza trifásico del motor del ventilador consta de un breaker (B1) para protección contra cortocircuitos, un relé térmico para la protección contra sobrecarga (T1) y un contactor electromagnético (C1).

El circuito de fuerza para el quemador consta de un breaker (B2), un contactor electromagnético (C2) y el control de llama del quemador.

Debido a que el motor del quemador es monofásico y lleva incorporado un relé térmico, no se instaló otro protector térmico en el tablero de control.

4 Puesta en marcha y ajuste

Las medidas que se deben observar antes de poner en funcionamiento la máquina son:

- Ver si el depósito de combustible contiene alguna suciedad que pueda obstruir la bomba de combustible o la tobera de atomización.

Cualquier suciedad debe ser retirada.

- Cuando se ponga en funcionamiento la máquina, verificar si el sentido de rotación del motor del ventilador es el correcto.

- Durante el proceso de secado se retiran muestras del producto a intervalos de tiempo recomendados para verificar el tenor de humedad del mismo y su calidad. Para verificar el tenor de humedad del producto debe esperarse a que el mismo se enfríe.

- Terminada la operación, se debe comprobar si el tenor de humedad alcanzado es el deseado. Solo despues de eso se procede a la descarga.

Cuando se hicieron las pruebas del secador, se lo cargó con buche de pescado. El mayor temor que existía era que el producto en sus partes delgadas se seque demasiado y pueda resquebrajarse y que en sus partes gruesas no se fuera a secar adecuadamente.

Para comprobar esto, cada 15 minutos se sacaba un buche y se observaba como iba progresando el secado y se pudo comprobar que el secado era uniforme.

Otro factor importante que se observó fue que en el cuarto de secado la temperatura llegó a los 40 grados centígrados en media hora y que a partir de este momento cada cierto tiempo el termostato apagaba el quemador para mantener la temperatura en el cuarto de secado.

CONCLUSIONES

La meta principal de la buena produccion de aleta de tiburón, buche y pescado seco es la suficiente reduccion de la humedad que estos contienen, hasta que el producto pueda tener una prolongada duracion a temperatura ambiente. Si no se contempla esto, la calidad disminuye cada vez mas por la presencia de insectos, bacterias, hongos y putrefaccion, haciendo que el producto no sea aceptable en el mercado, lo cual perjudicaria la demanda.

Importar un secador es inadecuado ya que es un producto que paga aranceles demasiado altos y a veces de prohibida importacion.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue el de disenar y construir un secador que lograra obtener un producto de calidad aceptable para la exportacion.

El diseno y construccion de un secador no es dificil, pero se plantea la necesidad de disenarlo y construirlo para nuestro medio.

Se dispone de tecnologia, se deben explotar nuestros recursos y aplicar nuestros conocimientos al servicio del pais y de las grandes mayorias.

na vez realizadas las pruebas de secado, se determino
ue el objetivo buscado se habia alcanzado, ya que se
otuvo un producto con baja humedad relativa y no se
abia tostado, que era uno de los mayores temores de los
xportadores.

uiero recalcar que la materia prima existe en
undancia. Las secadoras funcionan con materia prima
scogida del mar.

e esta en capacidad para encontrar unas nueva fuente de
ogreso y desarrollo tecnico.

a instalacion de los secadores debe de estar regulada
n ser monopolizada de manera de aprovechar todos los
recursos marino y que sirvan de provecho para los que
jecutan esas actividades.

abe mencionar que el tipo de secador disenado y
onstruido en este proyecto es facilmente adaptable para
onstruir secadores de productos agricolas (cafe,
anano, trigo, etc.) cambiando tan solo el cuarto de
ecado.

BIBLIOGRAFIA

B & W Firebox Handbook, bulletin R-208, the Babcock & Wilcox Company.

Industrial Ventilation, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Departamento de Ingeniería Mecánica 1981.

Principios de transferencia de calor, Frank Kreikh.

Seminario Ventilación y sistemas de aire, Dr. J. Barrie Graham y Dr. Victor W. Goldschmidt 1987.

Manual de maquinaria agrícola, tomo 2, Primera edición 1986.

Introducción a la Ingeniería Química, Walter L. Badger, Julius T. Banchemo, 1964.

Almacenamiento de granos, Domingos Puzzi.

Compendio tecnológico Educativo sobre la pesca y su procesamiento, CONACYT, 1983-1986.

La producción y mercadeo de pescado salado para consumo

en áreas rurales, Boletín Científico Volumen VIII, Número 8.

El uso de secadoras en la producción de pescado seco salado, Boletín Científico, Volumen VIII, Número 10.

Pesca Artesanal en el Ecuador, Instituto Nacional de Pesca, 1987.