

24.7

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



## ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA CALIDAD DE FIDEO MEDIANO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A

**MARIA MARTINA YAÑEZ GUTIERREZ**

DIRECTOR DE TESIS: ING. JOSE OSCAR GERMAN IBARRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	6
CAPITULO I. GENERALIDADES.....	7
CAPITULO II. DESCRIPCION DEL PROCESO.....	22
CAPITULO III. EQUIPO PARA ELABORACION DE FIDEO MEDIANO..	38
CAPITULO IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	64
CAPITULO V. TRATAMIENTO DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	69
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	110
APENDICES	
BIBLIOGRAFIA	

## R E S U M E N

El presente estudio tuvo como objetivo, establecer las condiciones más favorables de operación de los equipos que integran el proceso para la elaboración de fideo mediano (1.5 mm. de diámetro) en una industria productora de pastas alimenticias.

Las variables que se manejaron fueron la presión de la barraena la temperatura de enfriamiento de la barraena, (en la Prensa)- la temperatura de aire de secado (en el Presecado) y la Humedad relativa del aire (en el secador) para estudiar su influencia con la calidad del producto.

Las condiciones más favorables de trabajo en el equipo, para obtener una calidad adecuada de la pasta son: Presión de la barraena de  $65 \text{ Km/cm}^2$ , temperatura de agua de enfriamiento de la chaqueta de la barraena  $25^{\circ} \text{ C}$ , temperatura de aire de presecado de  $46^{\circ} \text{ C}$ , humedad relativa del aire de secado 74 % ; con una humedad final de 10.8%.

## I N T R O D U C C I O N

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de alimentos. (10)

Desde el siglo XIII surgió la necesidad de secar las pastas para poder almacenarlas como alimentos dentro de las embarcaciones.

La leyenda cuenta que el famoso italiano Marco Polo a su regreso de China introdujo productos de pastas en las cortes reales de Italia y uno de los principales problemas radicaba en prolongar la vida de los alimentos y así fueran útiles para los viajes. (12, 11)

Italia en especial Nápoles, fué un lugar particularmente favorable para el secado de productos de pastas, así como también para el cultivo del trigo duro mediante el cual se obtiene la semolina y harina para producir una pasta de alta calidad. (2, 12)

Poco después se difundió en Francia y toda Europa la producción de pastas. En un principio, los productos fueron hechos en casa, pero alrededor de 1800 se desarrolló en Italia una pequeña industria, que en realidad era muy ineficiente. (12)

Después de la Revolución Industrial, se empezaron a utilizar las prensas mecánicas (que anteriormente se manejaban en forma manual).<sup>(12)</sup> Por lo que se puede aseverar que las operaciones mecánicas, como la molienda, tamizado, mezclado, amasado, etc., cobran gran interés para la industrias pasteras y galleteras.

Las máquinas contaban con una mezcladora, una amasadora para formar la pasta y un pistón mecánico con un gran cilindro para forzar la pasta a atravesar un dado. Aunque todavía existen este tipo de máquinas, han sido desplazadas por prensas continuas de alta capacidad.

Recientemente las líneas a nivel industrial para pastas cortas y largas se han completado en su automatización y forma continua de operación aunque ello implica un mantenimiento - tanto preventivo como correctivo frecuente, (básicamente cuando se trata de equipos con muchos años de servicio), así como también un adecuado control de las variables de proceso, para la fabricación de pastas que resulte económica.

En México, donde el consumo de pastas es alto en términos relativos, hay sembradas cerca de un millón de hectáreas de trigo, siendo los estados de Baja California sur y de Sonora los

de más alta productividad. (2)

Considerando que las pastas en México se han incorporado a la dieta popular (el mexicano medio consume aproximadamente tres veces a la semana sopas de pastas) y que los fabricantes de éstas han mejorado recientemente la calidad nutricional de algunos de sus productos con la adición de proteínas, se estima imperiosa la necesidad de evaluar y modificar, si así se requiere, las diferentes etapas de fabricación de tales productos con el fin de hacer la operación más económica y por consiguiente ofrecer al mercado un producto más asequible a las clases de bajos recursos. (2)

Por lo anterior y en base a las necesidades de la industria, en el presente trabajo se realiza el estudio de algunas de las variables de proceso más importantes que inciden en las etapas de la elaboración de fideo mediano, a fin de contribuir de alguna manera en el buen funcionamiento del equipo industrial, así como también para fijar algunas de las condiciones más favorables del proceso de elaboración que contribuyen en la calidad del producto.

Dicho estudio pretende servir de apoyo para la operación en la elaboración de Fideo Mediano (1.5 mm de diámetro por hilo)

en las industrias de las pastas.



## O B J E T I V O S

General.- Determinar las condiciones más favorables de la presa y el secado de Fideo Mediano, en una planta elaboradora de Pastas Alimenticias.

Particulares.-

1. Estudiar la influencia de la Presión de la barrena en la humedad de la pasta a la salida de la prensa.
2. Estudiar la importancia de la Temperatura de agua de enfriamiento de la chaqueta de la barrena de la pasta.
3. Evaluar la influencia de la Temperatura y la Humedad Relativa de aire de secado en la Calidad de la pasta.

## CAPITULO I

### G E N E R A L I D A D E S

#### 1.1. Clasificación de pastas y sopas.

Las pastas y sopas pueden clasificarse en diversas maneras: por su forma, por su composición, por la manera de elaboración, etc.

En este trabajo se menciona únicamente la manera de clasificación en base a su forma, debido a que la clasificación por su composición y por la manera de elaboración es muy similar para todas las pastas, aunque para la pasta en estudio ( fideo mediano) se describe más ampliamente en posteriores capítulos.

La Dirección de Normas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, ha establecido dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-F 23-S-1980) para pastas de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades, la siguiente clasificación en cuanto a su forma:

Fideos, Tallarines, Espaguetti, Menudos (pipirín, Letras y otras), Fantasía (almeja, corbata y otras), Huecas (codos, concha y otras).

	<u>Largas</u>	<u>Cortas</u>	<u>Troquel</u>	<u>Especialidades</u>
Compactas	Espaguetti	Fantasia	Corbata	
	Fideos	Menudas		
	Tallarín	(Alfabeto)		
	Nidos			
Huecas	Macarrón	Codos	Almeja	Ravioles
				Lasaña

A continuación se hace mención sobre las características más relevantes de los diferentes tipos de pastas:

**Espaguetti:** Es una pasta con un diámetro de 1.5 a 2.5 mm. y una longitud de 220 a 500 mm.

**Fideos:** Es un producto muy similar a la forma del espaguetti y se pueden subdividir en superfinos (con un diámetro no mayor de 0.7 mm.), fideos finos (no más de 1.2 mm. de diámetro), mediano (no más de 1.5 mm.) y selectos (no más de 3 mm.).

**Tallarines:** Son productos en forma de tiras, se subdividen en las especies siguientes: estrechos (de 3mm. de anchu

ra, hasta 2 mm. de grosor y no menos de 1.5 cm. de longitud), anchos (de 3 a 7 mm, hasta 1.5 mm. y 2cm. correspondientemente), ondulados (de 3 a 7 mm, hasta 2 mm. y 2 cm), largos (7 mm, hasta 2 mm, 20 cm.).

**Nidos:** Son listones con un espesor de 0.8 mm, enrollados y con una amplia variedad de anchos.

**Macarrón:** Es un producto con un tamaño estándar parecido al espagueti. El diámetro externo puede tener un tamaño no menor de 3 mm. y el interno de 1 mm. Se corta para su comercialización a un largo de 40 a 70 mm.

**Codos:** Se parecen a los macarrones, pero son elaborados en forma curva y cortados a un largo de 20 a 40 mm. Generalmente se producen con el mismo diámetro que el del macarrón.

**Pastas cortas:** Son elaboradas por moldes de diferentes tamaños, pueden ser de diferentes tamaños como fantasía, menudas, alfabeto, etc.

**Lasaña:** Es una pasta que se elabora en forma de paño y se corta en forma de placas de diferentes tamaños, de-

pendiendo de las necesidades del consumidor.

Ravioles: Es similar a la pasta fantasía en cuanto a la forma pero en cuanto al tamaño es de mayor dimensión..

En la figura 1.1. se ilustran algunos tipos de pastas comerciales.

Pastas largas.

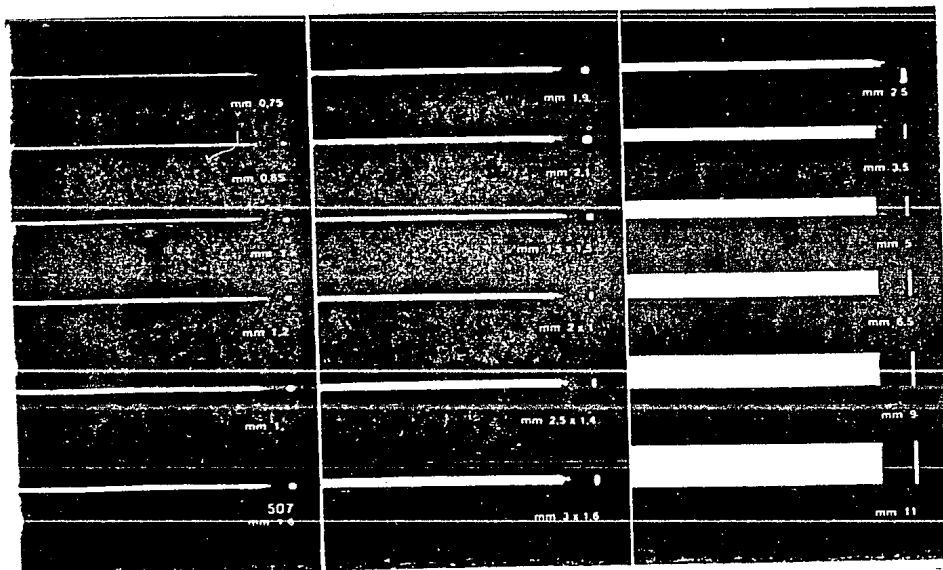
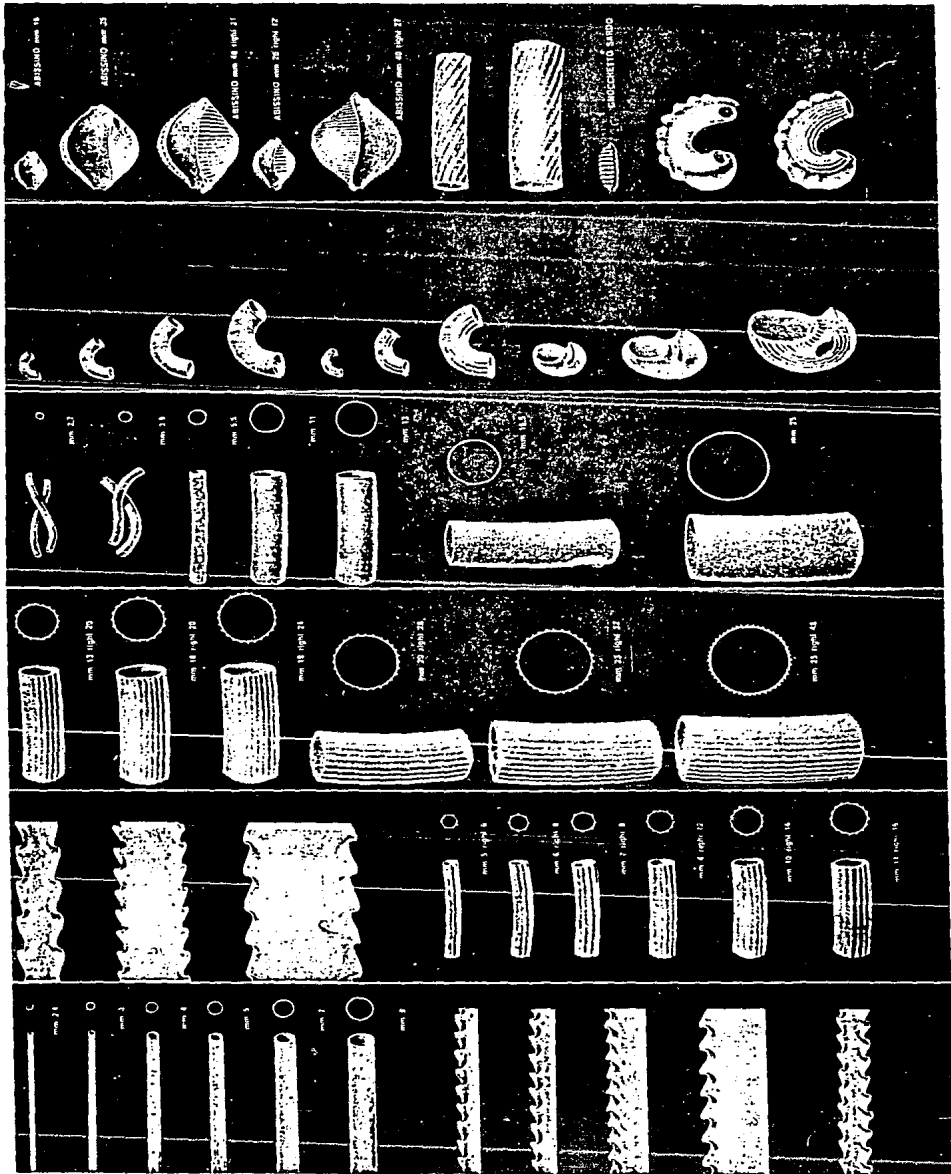
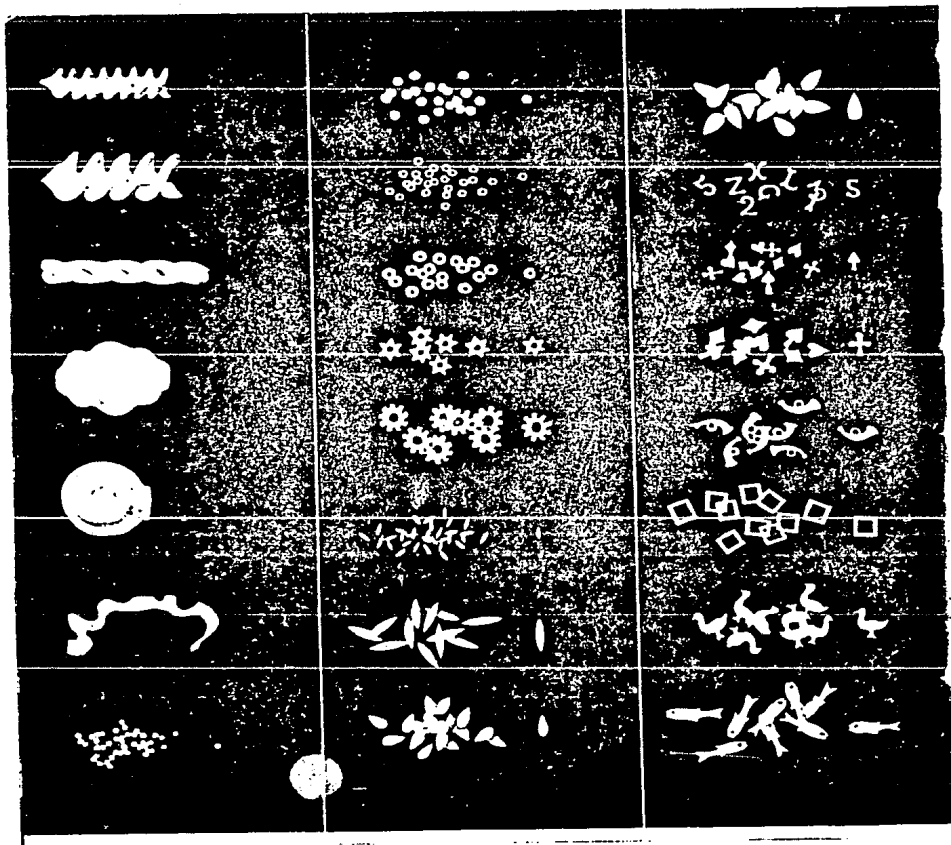


Figura 1.1. Tipos de pastas comerciales.

Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas"



Pastas fantasia menudas





## 1.2. Composición de las pastas.

En general, las materias primas utilizadas en la elaboración de pastas son: semolina ó harina de trigo duro, agua, huevo - en polvo y colorantes.

Las características de las materias primas se describen como sigue:

### 1.2.1. Harina de Trigo.

Las harinas de trigo tienen actividades bioquímicas que dependen del trigo que las generó y a la vez, el trigo puede tener actividades bioquímicas celulares distintas, dependiendo de - muchos factores como son: tipo de siembra, de cosecha, composición bioquímica del terreno, lluvias, etc. (36)

Los trigos se pueden clasificar en trigos durum, trigos blandos y trigos semiduros. La clase que se considera de importancia para la elaboración de pastas es el trigo durum, del cual tiene cariosides alargados con corte transversal de forma casi triangular y el corte es vítreo (cristalino). (36,11)

Las partes principales del grano de trigo son pericarpio (5 a

8%), capa aleurona (6.0 a 7.0%), endospermo (81.0 a 83%), germen (1.0 a 1.5%) y escutelo (1.5 a 2.0%).<sup>(16)</sup> Estas se esquamatizan en la figura 1.2.

La molienda del trigo durum se caracteriza por un rompimiento del endospermo en bastantes partículas de esquimas vivas y más cristalinas que la harina (humedad entre 14 y 14.5%).<sup>(36)</sup>

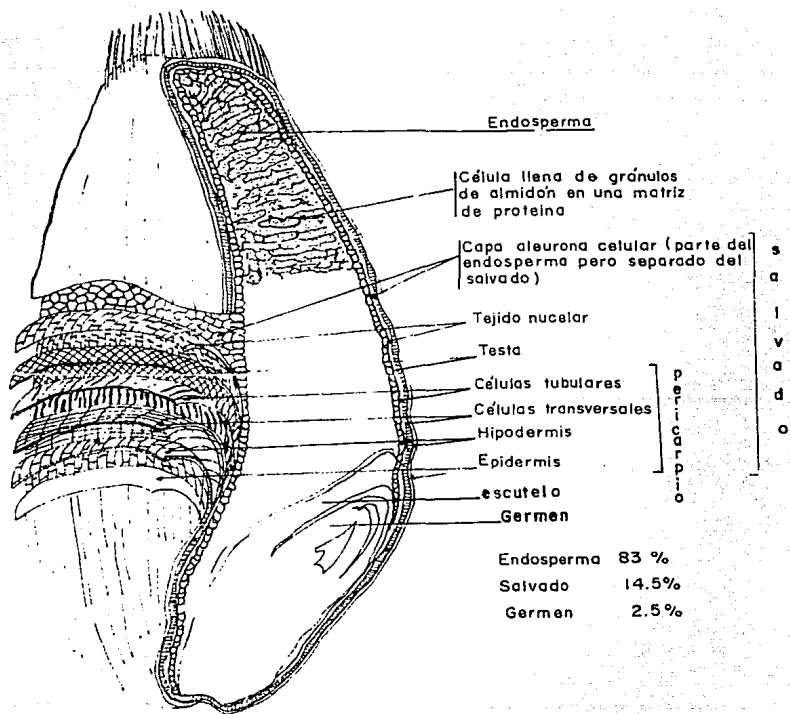
La granulometría también tiene mucha importancia en la elaboración de pastas, puesto que las partículas pequeñas favorecen la hidratación reduciendo el tiempo de amasado con una rápida formación del glúten sin puntos blancos que corresponden a partes no hidratadas. Las partículas deben ser lo más uniformes posibles y por experiencia industrial se recomienda para sémolas de trigo durum tamaños entre 150 y 450 micrones.<sup>(36)</sup>

La composición bioquímica media de las harinas de trigo durum es la siguiente:<sup>(36)</sup>

Proteínas	12%
Almidón	74%
Cenizas	0.9%
Grasas	alrededor de 0.58%

Las proteínas del trigo en el amase se transforman en gluten

**FIG.1.2. ESTRUCTURA Y PARTES PRINCIPALES DEL GRANO DE TRIGO.**



Fuente: Sca de J. "Cereales".

que son importantes como el soporte de la estructura de la pasta y representa para harinas de trigo durum un 28% que es mayor que para trigos blandos. (22, 36)

El amase de las harinas de trigo blando se presenta como una masa chiclosa constituida en un retículo de fibras cortas y relativamente elásticas; por el contrario con harinas de trigo durum se consigue una pasta más cristalina pero menos elástica. (22,36)

#### 1.2.2. Agua.

Es otro componente fundamental del proceso de producción de las pastas alimenticias y las características que deben reunir son: (36)

- a) Bacteriológicamente potable
- b) Dureza: Semidura o suave.
- c) Contenido de Sales minerales:  
reducido (110 ó 180 ppm. de  $\text{Ca CO}_3$ )
- d) pH: 7

#### 1.2.3. Otros ingredientes:

A fin de enriquecer las pastas, con frecuencia se les agrega

albúmina, huevo en polvo, glúten y harina de soya, compuestos  
vitamínicos y sabores y colores naturales. (36)

#### 1.2.3.1. Albúmina

Se puede integrar al natural como aparece en el huevo o deshidratada y no hay cantidad límite para incorporarla a la pasta.

El huevo puede integrarse en polvo con una humedad residual de 5% y puede mezclarse con mayor concentración de yemas o de proteínas. (14,36)

#### 1.2.3.2. Gluten y Harina de Soya.

En la actualidad se está tomando mucha importancia en el empleo de proteínas de soya, para enriquecer las pastas, aunque también se han enriquecido las pastas con proteínas por medio de la integración de la harina de soya; en ambos casos presentan problemas en cuanto a costos, poca disponibilidad de soya, un sabor distinto y cambios en el color y la dureza de las pastas. (22,35)

#### 1.2.3.3. Compuestos vitamínicos.

Las vitaminas son importantes para el organismo, pero el trigo

tiene una relativa escasez de éstas, particularmente para pastas destinadas a la alimentación de niños por lo anterior, se puede introducir algunas vitaminas cuidando que sean termoes-  
tables hasta la temperatura máxima del proceso de producción; las mismas pueden ser integradas en líquido o en polvo consis-  
temas apropiados al estado físico así como ocurre con la adic-  
ción de los huevos frescos o en polvo. (22,36)

#### 1.2.3.4. Sabores y colores.

El color artificial que se integra en algunas ocasiones a las pastas es el amarillo tartrazina y se integra a la harina sólo o exclusivamente para proporcionar a las pastas el color ideal del "AMBAR".

#### 1.3. Almacenamiento de las materias primas.

Las condiciones en que se mantienen las materias primas antes de su uso deben cuidarse con un buen orden y limpieza de los locales, procedimientos adecuados de inspección y muestreo, -  
ya que la harina y huevo en polvo pueden estar sujetos a acti-  
vidades bioquímicas, infestación por plagas (gorgojos, poli-  
llas, ácaros, escarabajos de la harina etc.), cuando existe un  
mal manejo. (22)

### 1.3.1. Almacenamiento de harina de trigo.

Los silos de almacenamiento de la harina deberán de tener un sistema de recirculación para poder pasar las harinas de un silo a otro y hacer su desinfestación, particularmente si se trabaja en lugares de clima cálido y tropical.

En climas de temperaturas mayores de 35° C y humedades relativas mayores del 75% se facilita el desarrollo de bacterias y de los huevecillos de gorgojo así como el enranciamiento, perjudicando la estabilidad de la harina y el contenido bacteriano; en este caso la humedad de la harina no debe ser mayor de 13.5%.

En algunos países con clima frío, en el invierno, es necesario precalentar las harinas a una temperatura de 20 a 25 ° C, antes de su uso en al amasadora. (22)

Cuanto durante el almacenamiento se producen deterioros debido a infestación por insectos o plagas, la harina deberá fumigarse solamente en una ocasión durante toda su permanencia en almacenamiento si se utiliza bromuro de metilo como fumigante, debido al riesgo de que en la harina se acumule un alto contenido de residuos de bromuro. (22,36)

### 1.3.2. Almacenamiento de huevo en polvo.

El huevo en polvo deshidratado por pulverización tiene una larga vida de almacenamiento, incluso en condiciones tropicales y no está sujeto a ninguna descomposición biológica cuando se le ha envasado en botes de lata estañada. Para una vida de anaquel lo más larga posible, es aconsejable que el polvo se guarde a temperaturas bajas (almacenamiento refrigerado) ya que la proporción de descomposición química será más alta durante el almacenamiento en zonas de clima tórrido-seco, pero en estas condiciones, el producto se conservará durante doce meses. (22)

En climas húmedos, la oxidación de las latas puede ser un problema cuando la condensación de la humedad en las latas se produce como resultado de diferencias de temperatura en el almacén. Cuando la oxidación avanza hasta el punto en el que el recipiente se agujera, el polvo puede echarse a perder. En estas circunstancias, el uso de cinta selladora impermeable en las cajas de cartón es una medida preventiva suficiente. (25)



## CAPITULO II

### DESCRIPCION DEL PROCESO

En forma general, el proceso de elaboración de pastas consta de las siguientes etapas: recepción, mezclado, amasado, extrusión, secado y envasado. En la figura 2.1. se muestra el diagrama de bloques correspondiente. (4,7,9,36)

A continuación se describen con detalle las mencionadas etapas de producción de pastas:

#### 2.1. Recepción.

Ya se ha mencionado que en general, las materias primas utilizadas en la elaboración de pastas son: la semolina, o harina de trigo duro, agua, huevo en polvo y colorantes.

La harina se recibe a granel, cargándose a los silos por medio de un compresor o en sacos, los que se almacenan en tarimadonde permanecerán almacenados para su posterior utilización. Es recomendable que la harina sea embarcada a los fabricantes de pastas tan pronto como sea posible después de la molienda, para evitar pérdidas por cambio de humedad y además evitar oxidaciones.

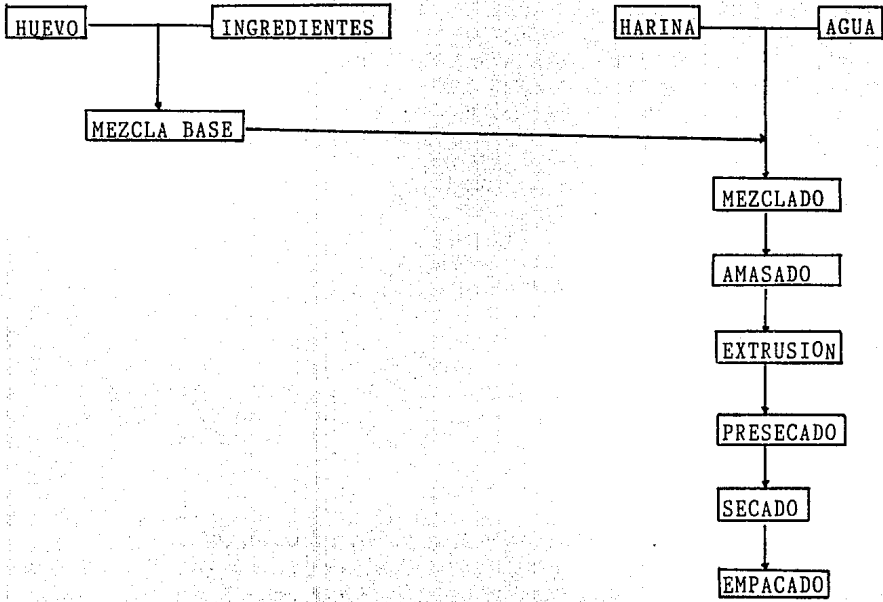


Figura 2.1. Diagrama de bloques para la elaboración de pastas alimenticias.

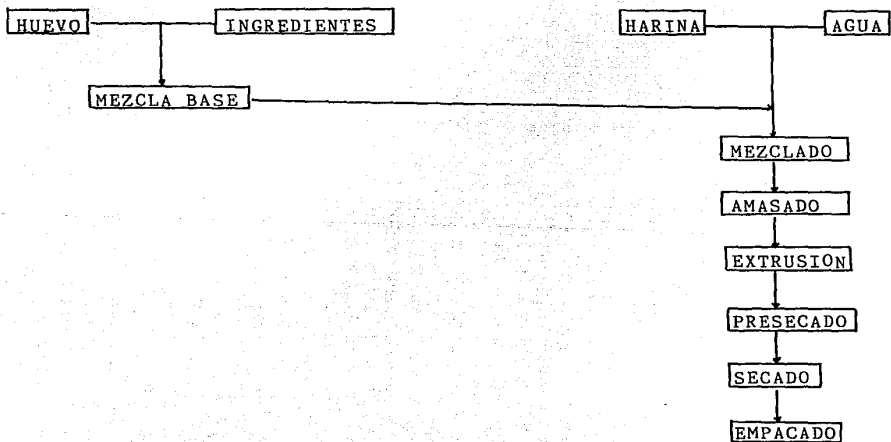


Figura 2.1. Diagrama de bloques para la elaboración de pastas alimenticias.

En las plantas automatizadas, los silos y el sistema de transporte de las harinas están equipadas con los siguientes dispositivos: (24)

- Aspiración de los polvos a través de filtros.
- Eliminación de las partículas de hierro presentes en las harinas, or medio de sistemas magnéticos.
- Controles de nivel automáticos.
- Cernedores de control para retener todo tipo de impurezas .
- Desinfectadores para la eliminación de insectos y de sus huevecillos.

El huevo en polvo y los colorantes para su utilización se recibe en sacos.

## 2.2. Mezclado.

A la harina proveniente de los silos ó de los sacos, se le incorporan los colorantes y el huevo en polvo, para formar una mezcla base, que se dosifica posteriormente a una tolva y se le añade el agua necesaria para los diferentes tipos de pasta.

En la operación de mezclado a los polvos base que llegan -

constantemente a la tolva de alimentación se les adiciona agua y harina hasta obtener una pasta de aproximadamente 30% de humedad (en base húmeda). Para obtener una mezcla uniforme, el agua y la harina generalmente se mezclan en una tina con una flecha doble especial, como se observa en la figura - 2.2.

Las flechas del mezclador giran en dirección opuesta, de tal manera que, la pasta se "jala" en sentidos opuestos para evitar la formación de grumos. (36)

### 2.3. Amasado.

El objetivo fundamental de esta operación es ofrecer una acción mecánica proporcionada para la interacción de agua, almidón y de gluten: éste último necesita de un tiempo para completar su propia estructura, formando el típico retículo que une las partículas de almidón.

El tiempo de amasado debe ser de 20 a 25 minutos cuando más, ya que en una mayor tiempo la acción mecánica del amasado podría dañar el gluten. Además debe cuidarse que no existan zonas muertas debido a que el amasado incompleto puede originar fermentaciones. (22,36)

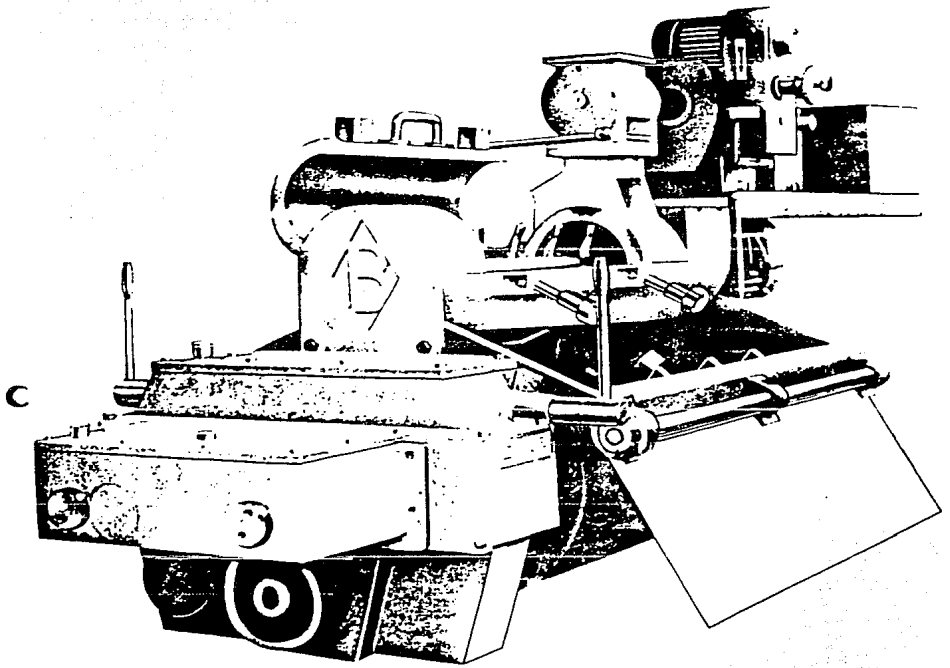


Figura 2.2. Tina con flecha doble especial.

Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas"

Las prensas modernas están equipadas con tinas amasadoras, las cuales tienen una cámara de vacío para eliminar las burbujas de aire en la pasta antes de la extrusión. Si no elimina aire se formarán pequeñas burbujas y el producto tendrá un aspecto blanquizco calizo. Y las burbujas de aire pueden disminuir la resistencia mecánica del producto seco. (12,36)

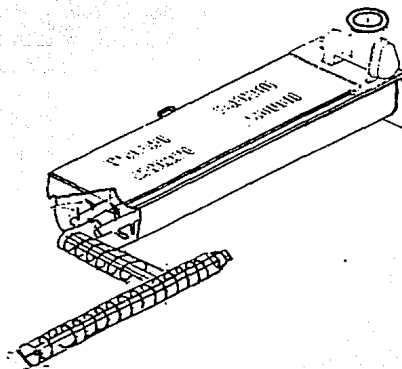
#### 2.4. Extrusión o Moldeado de la Masa.

Toda esta operación se realiza en el grupo cilindro-tornillo-cabeza. (figura 2.3.).

La primera sección del tornillo es mayor para permitir una sobrecarga en la fase de alimentación, de tal manera que exista un mejor aprovechamiento para una compactabilidad progresiva del amasado.

La sección creciente en el centro cónico permite la formación de una fuerte presión entre cilindro y tornillo con posibilidades mayores de movimiento axial y mejor homogeneidad del producto.

Se ha demostrado que la velocidad del gusano, así como la temperatura de la masa modifican el color y la calidad de cocción



**Figura 2.3. Grupo cilindro-tornillo-cabeza**

**Fuente: Matz, Samuel "Cereal Technology"**



del producto terminado, por lo que se usa una camisa de agua a circulación forzada que enfría el cilindro; en cambio, el cabezal del extrusor se calienta para obtener más fácilmente el régimen de la temperatura de los moldes.

Para mejores resultados, la pasta debe conservarse a una Temperatura cercana a 45° C durante el proceso de extrusión.

Para la fabricación de pastas largas es recomendable que la masa fluya a través del dado en forma uniforme, ya que si no lo hace, habrá una variación en longitud de las mismas, entonces, cuando realiza el corte, unas partes de la pasta serán demasiado cortas para el empaque y deberán reprocesarse, lo cual afecta los costos de producción.

Aparte del sistema de recuperación de recortes, las prensas para los diversos formatos de pasta hasta el cabezal no se diferencian en nada, sino hasta el momento en el cual el amasado comprimido sale desde el distribuidor especial final del tornillo de extrusión.

A partir de este momento y en adelante la pasta larga y la pasta en forma de nido requieren normalmente un cabezal y un molde rectangular, para el caso de fideos se utilizan unas encadreja

doras para formar el cadejo y acomodarlo al bastidor ó a la -  
banda transportadora hacia el secador.

## 2.5. Secado.

El secado es la etapa más crítica en el control del proceso de elaboración de pastas, ya que es determinante en la presentación final y calidad de las mismas.

El objetivo del secado es disminuir el contenido de humedad - del producto de 30 a 13 % de manera que las pastas se endu-- rezcan, mantengan su forma y se almacenen sin deteriorarse. (12,20,36)

El secado de las pastas por motivos tecnológicos se divide en presecado y secado. (22, 23, 36)

### 2.5.1. Presecado.

El fin del presecado es el de secar la superficie del producto recién formado para evitar que la pasta se pegue. El tiempo de presecado varía de media hora para pastas cortas y 30 a 45 minutos para pastas largas. (22,23,36)

El presecado es una fase fundamental en el proceso y su primaria importancia ha sido exhaltada por la introducción de una temperatura que no rebase la temperatura de gelatinización del

almidón.. (36)

Por medio de una fuerte ventilación y una constante renovación de aire, se reduce la humedad del producto de un 29 ó 30% a un 26%. Esto es posible gracias a la estructura de la pasta plástica elástica y a la porosidad capilar, este proceso se realiza empleando bastidores para fideo, o cañas para espagueti, como medio de transporte.

Los bastidores soportan los cadejos de fideo hasta completar el proceso de secado mientras que se mueven a través del secador en una forma horizontal y vertical alternadamente. (36)

#### 2.5.1.1. Presecado del Fideo Mediano (1.5 mm. de diámetro).

Una vez acomodados los fideos en los bastidores, estos recorren continuamente una zona de alta ventilación antes de entrar al túnel del Presecado.

El movimiento de los bastidores dentro del túnel de presecado es en forma ascendente con corrientes de aire a una temperatura de 46° C y 36% de humedad relativa, para que la superficie de la pasta no presente fisuras durante el secado final.

#### 2.5.1.2. Presecado de pastas cortas.

Mediante una cuchilla rotativa a la salida del molde se corta la pasta y se aplica aire dirigido sobre el cabezal para que forme una primera corteza de la pasta y evitar así que se afloje. (12,22,23,36)

La pasta entra al trabatto (túnel con aire circulante construido de acero inoxidable y de diversos pisos) para reducir rápidamente la humedad externa en un 2 ó 3 % y conferir a las pastas una forma estable. Estos equipos siempre son del tipo de tamices vibratorios con ventilación muy fuerte y con un notable recambio de aire.

El producto se distribuye uniformemente por medio de un elevador de canjilones, en todo el ancho del presecador, permaneciendo en este, media hora aproximadamente. Los presecadores para pastas cortas también reciben el nombre de incartadores, los cuales aceptan la pasta con una humedad de un 28% y la reducen a una humedad del 18 ó 20 % en este tiempo relativamente corto. (12,23,36)

La pasta pasa a los pisos en el presecador por medio de bandas de acero inoxidable. Las paredes laterales del túnel deben construirse con una caja de acero inoxidable, teniendo como aislante poliuretano de alta densidad y deben permitir el paso del aire.

Posteriormente pasan al secadero en donde se recibe al pasta desde el presecador con una humedad entre 18 y 20 % y la redu cen (en tiempos variables entre 5 y 12 horas) a una humedad - residual final entre 13 y 12.5% según la temperatura que lleve la pasta a la descarga del equipo, para después empacarla.

#### 2.5.2. Túnel de Secado.

El secado es la etapa final de la fabricación de las pastas a limenticias y es el proceso más difícil y más lento, por lo - tanto de su marcha correcta depende la calidad del producto - terminado y en gran parte la eficacia económica de la produc- ción. (12,36)

La desviación del régimen del proceso de deshidratación de las condiciones óptimas puede perjudicar los resultados de la ope- ración. La excesiva intensificación de la deshidratación pro- voca frecuentemente el agrietamiento de los productos, la de- molición en trozos e incluso en pequeñas migajas. Por otra - parte la deshidratación lenta puede ser el motivo de la acele- ración de los procesos microbiológicos y bioquímicos que pro- vocan la acidez del producto e incluso su completo daño (enmo- hecimiento), así que los productos insuficientemente deshidra- tados pueden dañarse durante el almacenamiento e incluso du-

rante el mismo proceso de la deshidratación. (22)

El proceso de secado reduce la humedad de la pasta desde un 26 a un 13-12.5% en tiempos que van de 20 a 25 horas según existan en el proceso mayores o menores temperaturas y condiciones de humedad relativa del aire de secado.

El secado está constituido por dos zonas en el secadero, en la primera zona hay una temperatura más baja que en la segunda zona.

#### 2.6. Envasado, empaclado y almacenamiento de las pastas.

Actualmente se envasan las pastas con pesos de 200, 250, 500 y 1000 gramos en bolsas termoplásticas y termosellables ó en estuches de cartón con o sin ventanilla transparente.

##### 2.6.1. Pastas Largas espagueti.

A la salida del secador el espagueti se corta automáticamente con un largo de 25 a 27 cm y se recoge en canales donde manual o automáticamente se llenan paquetes transparentes de material termosoldable en tamaños establecidos. (23)

Después del envase las bolsas pasa a la sección de encartonado.

miento que puede realizarse manual ó automáticamente. Mediante pisos y bandas, las cajas de cartón pegadas y cerradas pasan a un paletizador automático, se acomodan en cada tarima 162 cajas (en un arreglo de 27 cartones/cama, siendo 6 camas en total) y se transportan al almacén para colocarse en forma ordenada en base a la categoría del producto y al sistema de repartición para la venta. (7)

#### 2.6.2. Pasta Fideo Mediano.

A la salida del secador, el bastidor descarga los cadejos de pasta que son conducidos a una banda para que manualmente sean pesados en bolsas transparentes de material termosoldable, pasar después al encartonamiento, al acomodo en tarimas y al posterior destino en el almacén.

#### 2.6.3. Pastas cortas.

Las máquinas envasadoras si están organizadas sobre varias líneas, permiten envasar al mismo tiempo diferentes tipos de pastas cortas. El tipo de material que se utiliza para el envase también es transparente y - termosoldable. Esta operación se realiza en máquinas empacadoras que desde un rollo de película plástica termosoldable, - por medio de un formador y unas pinzas soldantes, producen la bolsa del empaque.

La película viene impresa con el nombre de la pasta y el logotipo de la empresa; algunas veces para la pasta larga, nidos, fideos, también llevan una marca para predeterminedar el largo - de las bolsas mismas por medio de un relevador fótoeléctrico. (12.36)

La soldadura de la película se hace con pinzas calientes (temperatura entre 90 y 180 ° C ) si son plásticos termosoldables como celofán, polipropileno orientado. (36)

El espesor varía según la calidad del material, transparencia requerida y tipos de productos a empacar. Pero varía entre 30 y 50 micras y el peso varía según la densidad específica del material que en caso de polietileno es 0.9 Kg/dm<sup>3</sup> y para celofán y polipropileno es de 1.4 Kg/dm<sup>3</sup> . (7)

El empaque de estuches de cartón se realiza con máquinas que toman cartones estampados y troquelados para formar un estuche pegando y cerrando el mismo por medio de dosificadores. (36)

Las pastas se pueden acumular antes de ser empacadas para que se enfrien y estabilicen, como es requerido en el caso de las pastas cortas y troqueladas, son acumuladas durante 8 horas-silos verticales.

El almacenamiento de las pastas se lleva a las condiciones;



climatológicas de la bodega. Debe reiterarse que aunque las pastas estén bien procesadas pueden sufrir alteraciones sensibles en el almacenamiento, como cuando no existe un adecuado sellado en las bolsas y existen pequeños orificios que pueden ocasionar problemas, por ejemplo si en la bodega existe un clima seco puede alterar ligeramente su peso, puesto que parte del agua evaporaría y un clima muy húmedo podría hacer que las pastas reciban humedad y se alteren bioquímicamente y también físicamente. (36)

### CAPITULO III

#### EQUIPO PARA ELABORACION DE FIDEO MEDIANO

La ruta continua para la elaboración de fideo mediano se considera como un paquete integrado por una sección alimentadora de bastidores, una prensa, un presecado, un túnel de secado, una descarga del producto y un retorno de bastidores, como se observa en la figura 3.1.

En la tabla 3.1. se describen las dimensiones de cada sección de la ruta continua y en la figura 3.2. se ilustran tales magnitudes. (5)

TABLA 3.1. Dimensiones de las secciones que integran la ruta continua del proceso.

D I M E N S I O N E S (mm)			
A	B	C	D
43450	4690	5050	3095

A continuación se describen con detalle los equipos básicos u

Figura 3.1 Ruta continua para la elaboración de

**Secciones**

- A) Alimentación de bastidores
- B) Prensa
- C) Presecador
- D) Tunnel de secado
- E) Descarga del producto
- F) Retorno de los bastidores

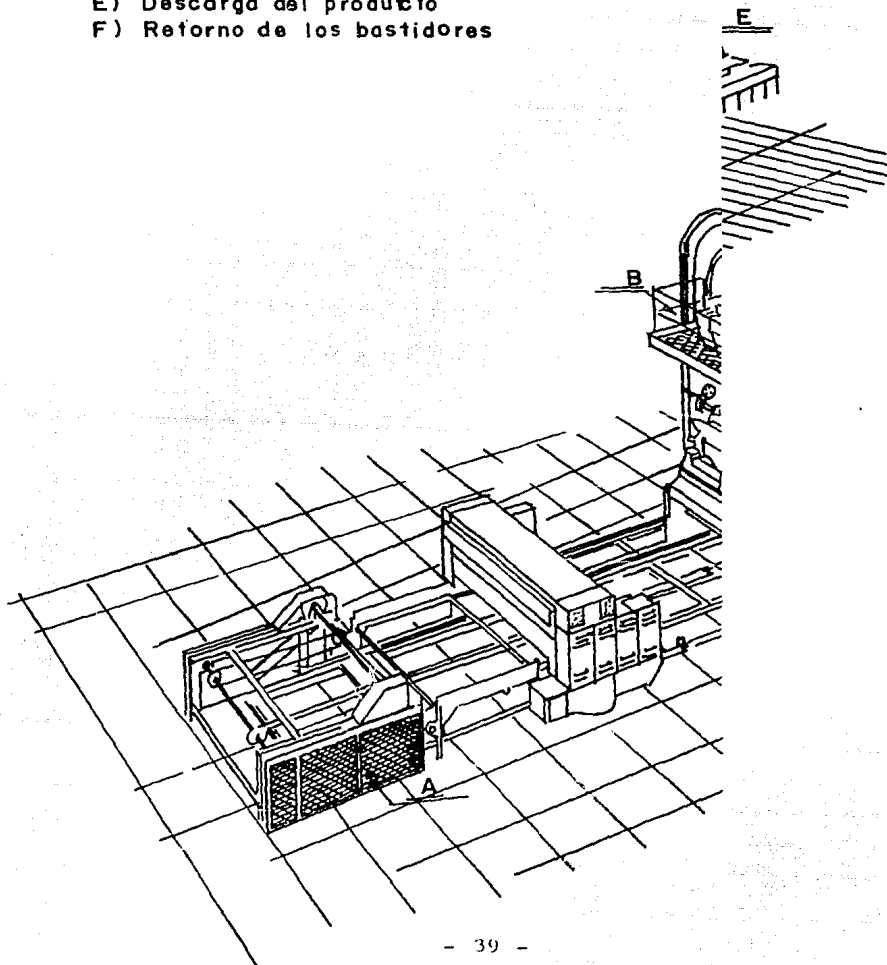
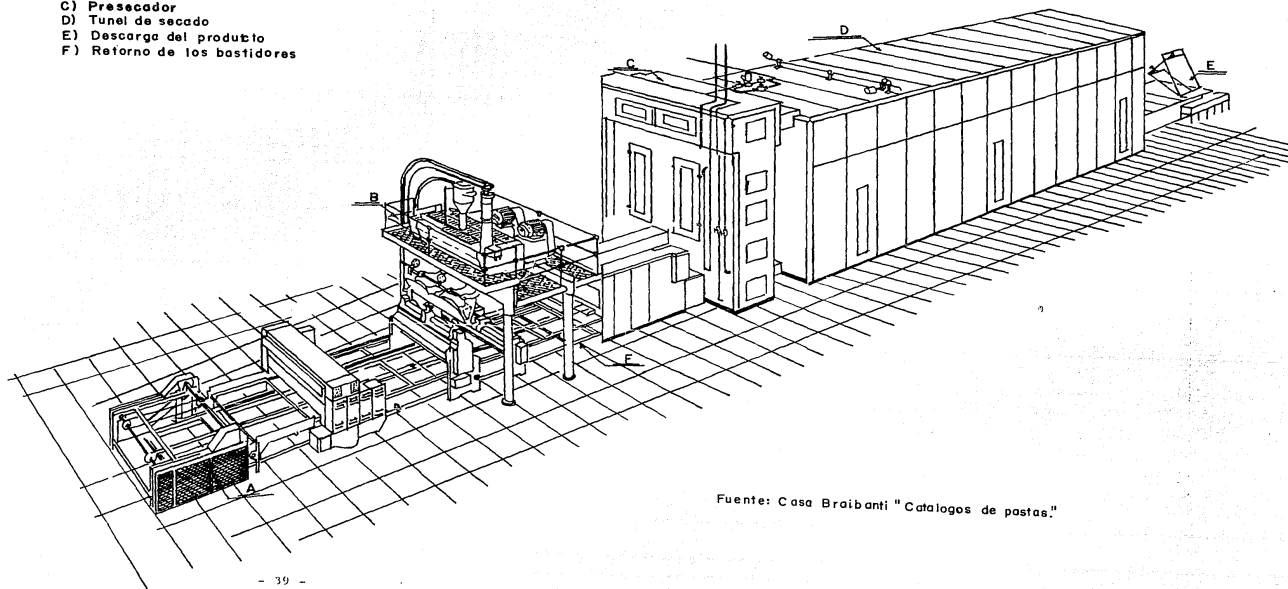


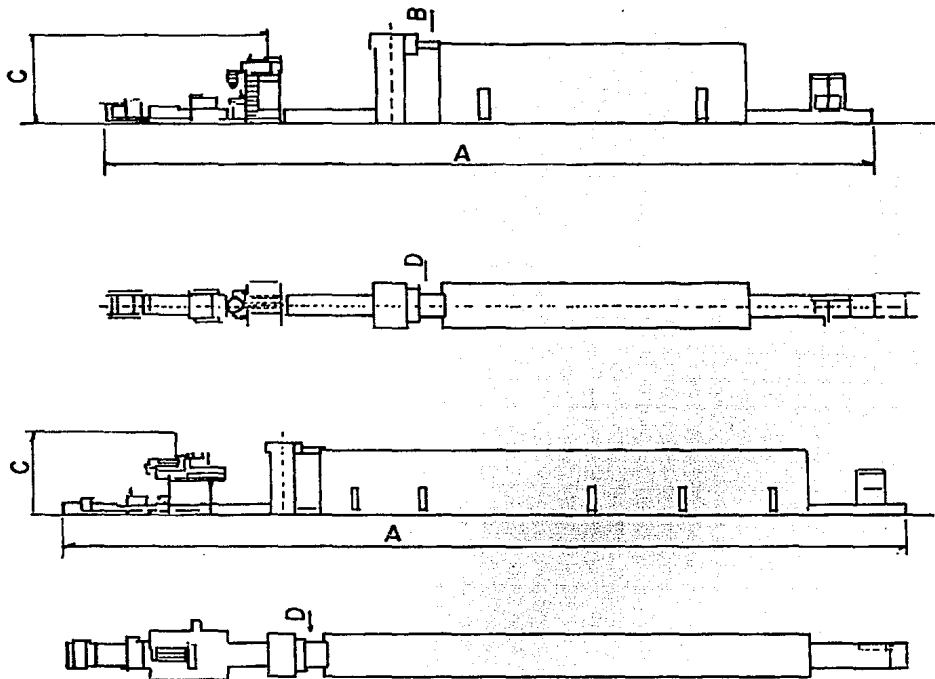
Figura 3.1 Ruta continua para la elaboración de fideo mediano

**Secciones**

- A) Alimentación de bastidores
- B) Prensa
- C) Presecador
- D) Tunnel de secado
- E) Descarga del producto
- F) Retorno de los bastidores



Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas."



**Figura 3.2 Dimensiones de la ruta continua para la Elaboración de Fideo Mediano.**

Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas."

utilizados para la elaboración de pastas alimenticias; tales e quipos son prensa, secador y envasador.

### 3.1. Prensa.

Las prensas son equipos continuos que constan de las siguientes secciones básicas: sección de tinas amasadoras, sección de compresión de la masa, sección de extrusión y sección de en cadejado, como se ilustra en la figura 3.3.

#### 3.1.1. Sección de tinas amasadoras.

La sección de tinas amasadoras se divide en tres partes: tina preamasadora, tina amasadora doble y tina de bajo vacío. En los siguientes párrafos se describe la función de cada una de estas tinas y la forma en que están conectadas. (36)

##### 3.1.1.1. Tina preamasadora.

Esta tina se encuentra conectada por encima de la amasadora do ble, tiene la función de realizar la primera operación de ama sado y está dotada de un eje con paletas que girando a gran ve locidad permiten obtener una eficaz mezcla agua-mezcla básica. Esta acción es importante para facilitar las sucesivas opera ciones de amasado y mejorar la homogeneidad de la pasta. En

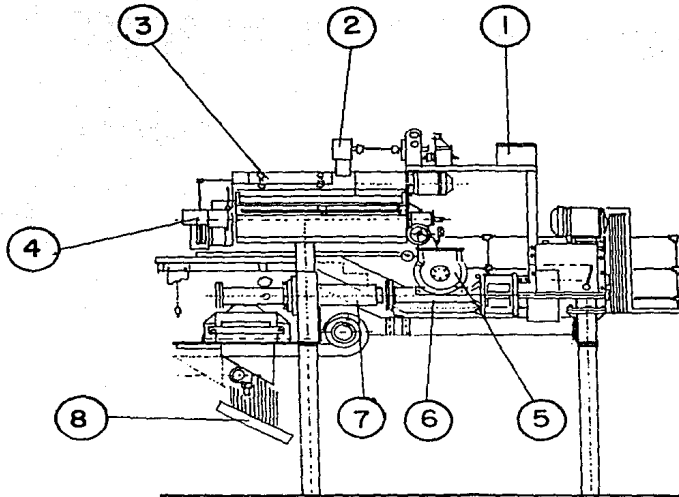


Figura 3.3 Partes basicas de una prensa

1. Tanque para asegurar una perfecta dosificación de agua de alimentación.

2. Dosificador de harina con válvula de estrella.

Sección Tinis amasadoras.

3. Tina preamasadora

4. Tina amasadora doble

5. Tina amasadora de bajo vacio.

Sección de compresión.

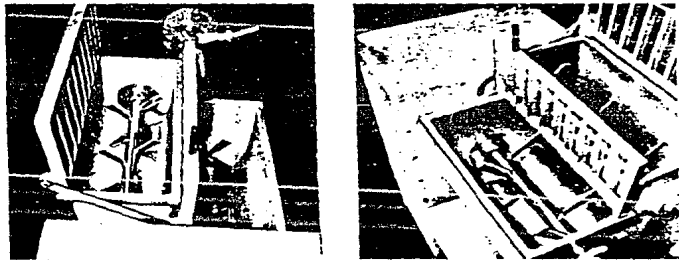
6. Sinfín de compresión con entriamiento por circulación forzada de agua

Sección de extrusión.

7. Gusano extrusor.

8. Encadejadora.

Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas"



**Figura 3.4. Tinas amasadoras con detalle a la descarga  
en la segunda tina amasadora.**

**Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas"**



la figura 3.4. se muestra el esquema de una tina amasadora. (36)

#### 3.1.1.2. Tina amasadora doble.

El gran volumen de la tina amasadora doble permite manejar la mezcla agua-mezcla base por un período de tiempo lo suficientemente alto como para asegurar un amasado inmejorable aún en el caso de harinas con las cuales sea difícil producir pastas alimenticias.

Un dispositivo especial confiere a los ejes un movimiento suplementario de vaiven con el objeto de que las paletas actúen en toda la superficie de la tina, evitando la formación de puntos muertos. Las tinas están cerradas por dos tapas que están conectadas a un dispositivo de seguridad mecánico el cual impide la abertura de dichas tapas al estar los ejes en movimiento. (36)

#### 3.1.1.3. Tinas de bajo vacío.

El paso de la masa desde las tinas amasadoras a la amasadora de bajo vacío se verifica mediante un dispositivo de seguridad de sellado hermético realizado en tal forma que asegura el vacío requerido, garantizando al mismo tiempo una alimentación continua. Su posición está ubicada transversalmente respecto al

eje principal de la máquina.

Las tapas son de un gran espesor, para permitir el buen control del amasado. También esta amasadora tiene dispositivos especiales que impiden la abertura de las citadas tapas cuando el eje está en movimiento.

Sobre el circuito de aspiración de esta tina están montados dos filtros con cartuchos intercambiables para evitar que eventuales fragmentos de amasado sean aspirados y den lugar a obstrucciones en los conductos de conexión a la bomba de vacío.

El efecto de vacío es favorable cuando alcanza por lo menos un valor de 45 cm. de columna de mercurio. (36)

### 3.1.2. Sección de Compresión de la masa.

La sección de compresión de la masa completa el proceso de amasado, al pasar a través de un cilindro por medio de una barrena, la pasta llega a la sección de extrusión.

En esta operación existen por lo menos dos factores de control fundamentales: (12,36)

#### 3.1.2.1. La presión de la barrena.

La presión de la barrena en el cilindro es importante porque indica la consistencia adecuada de la masa para la posterior extrusión.

La presión en la descarga del cilindro de compresión puede variar entre 60 y 100 Kg/cm<sup>2</sup> y la misma está ligada a la calidad de las materias primas, temperatura de la masa, a la velocidad de la salida de la masa del molde, el material del molde y al largo y diámetro del gusano. (22,36)

#### 3.1.2.2. Temperatura de Agua de Enfriamiento de la Chaqueta

El proceso de compresión produce mucha fricción y por consiguiente mucho calor; a temperaturas mayores a 50 ° C, se destruye la estructura protéica del glúten, por lo que los cilindros de compresión necesitan de un enfriamiento para mantener reducida la temperatura de la masa y no dañar la calidad final del producto. (22,36)

#### 3.1.3. Sección de extrusión.

La extrusión es el método principal de moldeado de las pastas alimenticias. Esta operación se logra cuando esté completo - el proceso de amasado, ya que en un amasado incompleto se tienen partículas de harina no ligadas ni homogeneizadas, las cua-

les durante el proceso de presecado se notan como puntos blancos. (12,20) Entonces el moldeado de las pastas alimenticias, es la etapa que juega un papel importante en la creación de las mismas. Precisamente en esta etapa se crea el aspecto del producto que ha de observar el consumidor. (20)

Este método consiste en inyectar la pasta a presión en un colector que termina en un molde con orificios bajo una presión relativamente alta. (23)

La presión y la velocidad del prensado se encuentran en una relación directa entre sí. La velocidad de prensado generalmente se limita a 15 ó 20 mm/seg, ya que a mayor velocidad surge el peligro de que aumente la aspereza de los productos. (23,36)

Una de las piezas fundamentales en la sección de extrusión es el dado ó molde y sus características se describen a continuación.

#### 3.1.3.1. Dados ó Moldes.

Una vez que la masa pasa la cámara de compresión, luego es forzada a través del dado bajo una alta presión.

El dado tiene la función de formar la masa dentro de las caracte

rísticas establecidas de diámetro y forma.

Los dados o moldes generalmente están hechos de bronce, el - cual ha sido más satisfactorio que el acero inoxidable por tener una menor conductividad térmica y presentar un menor coeficiente de fricción. Por otro lado, los dados de acero inoxidable hacen más rugoso el producto. Sin embargo en la actualidad los moldes que presentan mejor efectividad son hechos - con otros tipos de aleaciones. (20)

La forma de los dados puede ser rectangular para pastas largas y fideos ó circular para pastas cortas. Los espesores usuales de los dados son 3.81 y 6.35 cm. dependiendo del uso destinado para prensar las pastas. En la figura 3.5. se muestra el esquema de dados rectangulares. (20)

La velocidad de extrusión a través de los hoyos del dado de bronce es normalmente de 2.5 cm/seg. Las velocidades de extrusión pueden incrementarse pero el producto sale más amarillo y si se colocan insertos de teflón dentro del dado le da un - aspecto más suave a la pasta. (20, 36)

Los moldes se arman en un cabezal rectangular el cual además de tener una cámara difusora lleva un sistema de control de presión como seguro de los elementos mecánicos y de alarma pa

ra el operador.

Para proteger el molde siempre se pone un filtro, que según - el grado de pureza de las harinas, puede servir hasta 24 horas de producción. Dichos filtros son de malla de acero inoxidable y sirven también para detener impurezas metálicas que pueden deteriorar el molde mismo así como para detener impurezas de las materias primas. (36)

#### 3.1.4. Sistema de Encadejado.

Para la formación de las pastas de fideo se utilizan las máquinas ecadejadoras, que actualmente se componen de un carro con movimiento alterno horizontal y con una banda que, recibiendo las cortinas de pasta en tramos de una longitud determinada, las llevan hasta unas paletas que efectúan los dobleces y el cruce de las hebras de pasta. También lleva una cuchilla superior que corta los tramos y una inferior puesta para empujar el largo de las hebras en consecuencia, tienen un recuperador de los recortes y un sistema de exclusión de reintegración de los mismos en la amasadora y la prensa.

Como ya se mencionó anteriormente, las pastas de fideo deben amasarse con una humedad de 30 % , hasta su formación total - para mantener plástica durante los dobleces su consistencia,

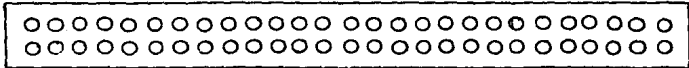
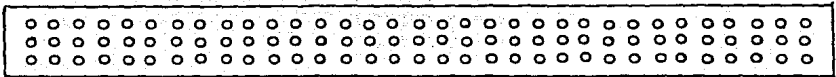


Figura 3.5 Dados ó moldes rectangulares para la formación de fideo.

Fuente: Matz, Samuel "Cereal Technology."

pero también no debe de presentar humedad superficial porque haría pegar la pasta entre sí y en las bandas y las paletas de la encadejadora; por esto comúnmente la encadejadora lleva uno o dos sistemas de ventilación con aire caliente entre 45 y 50 ° C. (5)

### 3.1.5. Tipos de prensas.

El prensado puede efectuarse en prensas de tipo continuo o intermitente, con mando mecánico o hidráulico, con compresión de la pasta por émbolo o husillo y con matrices dispuestas en forma vertical u horizontal. (12)

Las prensas continuas de extrusión pueden estar equipadas con vacío, como instrumentos de medición pueden instalarse un medidor de vacío, un termómetro y un medidor de presión, para la extrusión de la masa el cual puede tener un indicador regulable. (12)

Las prensas intermitentes emplean dos palas amasadoras con diferentes números de revoluciones, mientras que las prensas continuas hacen una especie de masa pulvulenta de terrones de harina humedecida, y su consumo de energía es aproximadamente de 2 a 2.5 veces menor que las amasadoras por lotes. (12,23)



Existen en el mercado muchas marcas comerciales de prensas como Braibanti, Pavan, Buhler Brothers, etc., las cuales se diferencian entre sí, ya sea por la forma física o la capacidad de producto a manejar. (12)

La casa Braibanti creó su primera prensa continua caracterizada para la extrusión y un armazón en dos partes, la cual hace posible un buen presecado en conjunto con la prensa. Los gusanos verticales del extrusor han sido sustituidos actualmente por mezcladoras horizontales. (12,20)

El modelo "Cobra" de las prensas Braibanti para Fideo Mediano dispone de tinajas amasadoras que aseguran: (5,20,36)

- 1) máximo rendimiento cualitativo del producto.
- 2) solución definitiva del problema higiénico sanitario.
- 3) disminución al mínimo de los tiempos de manutención y los tiempos de limpieza.
- 4) posibilidad de utilizar sémolas y harinas con amplia grama granulométrica sin que exista ningún problema de puntos blancos.

Estas ventajas se consiguen mediante:

- a) adopción de un grupo de dosificadores de nuevo tipo, tanto para sólidos como las harinas, como para líquidos.
- b) un premezclador eficiente logrado con una tina preamadora tubular de alta velocidad que asegura una hidratación perfecta de las harinas y la homogeneidad del amasado.
- c) Instalación de tinajas amasadoras de forma apropiada dotadas de ejes desmontables para lograr una mejor higiene y para disminuir considerablemente los tiempos necesarios para la limpieza periódica de la prensa.

Las dimensiones de la prensa tipo Cobra están dadas en la tabla 3.2. Y en la figura 3.6. se muestra un dibujo de la misma. También se ilustra en la figura 3.7. el esquema general de una prensa. (5,36)

TABLA 3.2. Capacidades y dimensiones de diversas prensas "Cobra"

PRENSA AUTOMATICA	PRODUCCION KG/HR	POTENCIA CV	D I M E N S I O N E S			
			mm. máx.			
			A	B	C	D
COBRA 800	800	55	4.70	4.15	4.827	3.25
COBRA 1300	1300	80	5.85	4.90	5.280	3.95
COBRA 1800	1800	105	6.30	4.90	5.800	3.95

Nota: en la figura 3.6. se indican cuales son las dimensiones A, B, C y D. (6)

La casa Demanco de Francisco Machine, ha desarrollado una prensa continua con una capacidad de 1000 Kg/hr, la cual constade dos dados profundos y alimentación por un gusano simple. (12)

La casa Grondona, diseña sus prensas para trabajar con producciones de 150 a 1000 Kg/hr, ajustadas con una cámara de vacío como en la Clermont.

La casa Pavan ha construido prensas con un gusano de extrusión para una producción de 600 Kg/hr, y de dos gusanos para 1200 Kg/hr.

La casa Buhler Brother construye prensas con una capacidad entre 200 y 1000 Kg/hr. Están provistas con un dosificador automático para la harina y el agua, un sistema de amasado a través de una cámara de vacío completamente deareada antes de que se lleve la compresión y la extrusión de la masa en el cilindro, el cual cuenta con una chaqueta de agua fría, para enfriar la masa. (12)

La prensa Braibanti, en donde se realizaron las pruebas para este trabajo, está integrada por tres tinas amasadoras, en donde una de ellas funciona como mezclador de polvos, otra amasadora funciona como una continuidad de la mezcla y la intensidad de mezclado depende de la velocidad de los elementos ama-

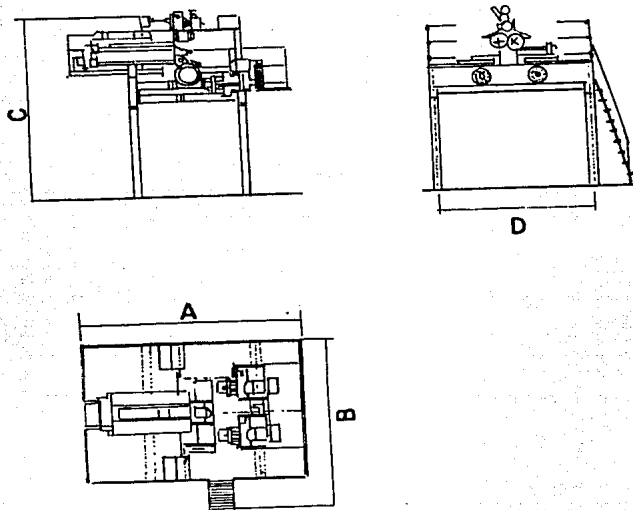


Figura 3.6 Dimensiones de una prensa comercial.

Fuente Casa: Braibanti "Catálogos de pastas"

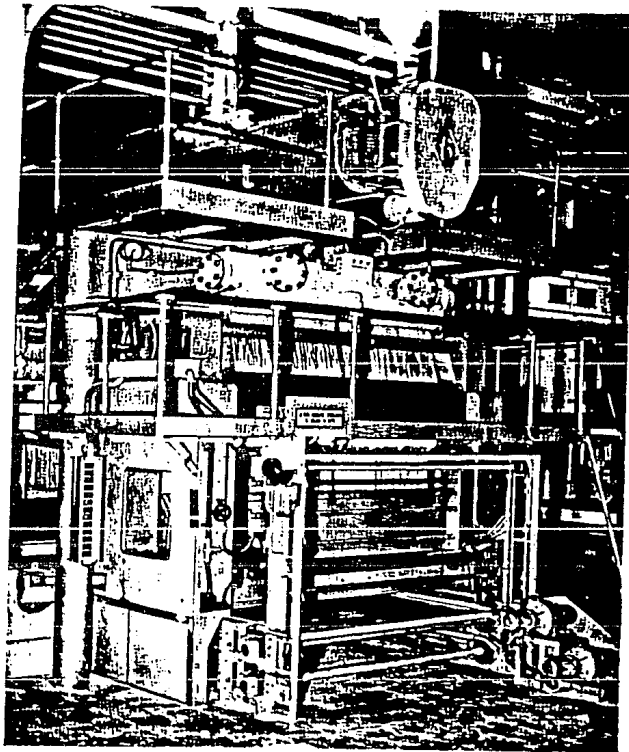


Figura 3.9. Esquema general de una prensa

Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas"

sadores y del consumo de energía necesario para realizar el proceso; mientras que la otra tina de bajo vacío extrae el ai re de la masa para darle una mejor apariencia final a la pasta. La prensa también tiene un cilindro con chaqueta de enfriamiento, una barrena o gusano extrusor, un dado o molde pa ra fideo mediano y una encadejadora para formar el cadejo lig to para transportarlo al Presecado.

### 3.2. Secador.

El secador que es de túnel está dividido principalmente en dos zonas, una de presecado y otra de secado como se mencionó anteriormente.

En la zona de presecado se recibe el producto directamente de las prensas, las cuales colocan con uniformidad los cadejos sobre unos bastidores en colchones que van de 12 a 15 cm de espesor. (36)

Los bastidores sirven como medio de transporte y permiten mantener fija la posición de los cadejos hasta completar el proceso de secado.

Una vez llenos los bastidores de pasta se empujan lenta y con tinuamente al interior del túnel para recorrer la zona de pre

secado.

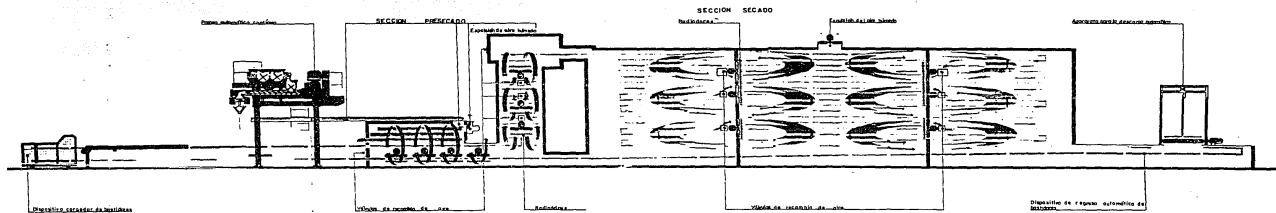
En la zona de presecado se tienen 26 bastidores moviéndose en forma vertical ascendente y una vez que llegan al último piso del presecado se empujan horizontalmente a la zona del secado, propiamente dicha.

La zona de secado contiene 52 pisos con 18 bastidores por cada piso, en donde el movimiento de los bastidores es primero horizontal hasta completar los 18 movimientos y después van bajando por cada piso hasta llegar al piso 52 para salir a la mesa de empaque. Por lo tanto el movimiento de los bastidores en la zona de secado se inicia en el piso superior de ida hasta completar el piso 52 de vuelta, como lo indican las flechas de la figura 3.8. (36)

Cuando salen los bastidores del piso 52 atraviesan un breve tramo de piso único al final del cual se tiene un dispositivo de volteo que descargará la pasta seca sobre el transportador que alimenta los grupos de envasado.

Así pues los bastidores vacíos recorren de regreso el piso inferior del aparato de donde pasarán directamente a la máquina elaboradora, lista para un nuevo ciclo de trabajo, como también se muestra en la figura 3.8.

Figura 3 a Ventilación de la línea continua para la elaboración de fideo madriño



Fuente: Casa Bruborn, "Códigos de pasta"



Para crear las condiciones de un ambiente favorable para la pasta en el Túnel de Secado y presecado, es importante tomar en cuenta tanto la ventilación proporcionada, así como el material utilizado para el aislamiento del túnel.

### 3.2.1. Ventilación.

El movimiento del aire en el túnel, para la deshidratación de la pasta se debe a un conjunto de ventiladores que distribuyen aire caliente en dirección perpendicular a la pasta. El aire se calienta mediante radiadores de agua caliente a una temperatura de  $90^{\circ} \text{C}$ . (12,36)

La pasta antes de entrar al presecado pasa por seis ventiladores colocados en forma de flujo cruzado con la pasta, para ayudar a eliminar el agua superficial de la pasta antes de entrar al presecado como lo muestra la figura 3.8.

En la sección de presecado existen seis ventiladores colocados tres en cada extremo lateral del secado, provocando un flujo de aire de secado cruzado a través de la pasta, como se puede ver en la figura 3.8.

En la zona del túnel de secado se tiene también el flujo de aire de secado en forma cruzada, así como también en la parte

superior del túnel hay ventilas para la expulsión de aire húmedo como lo muestra la figura 3.8.

Como instrumentos de control se tienen un regulador automático de temperatura para el presecado y dos reguladores de humedad relativa del aire para el secador, ambos trabajan mediante termostatos electrónicos, así como también cuentan con un control manual de termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo. (36)

El aislante térmico del túnel está constituido por una espesa capa de fibra de vidrio para evitar pérdidas de calor hacia el exterior y está encerrado entre dos hojas de laminado plástico. (36)

### 3.3. Envasador.

El equipo utilizado para la operación de envase depende de la productividad con que se trabaje, es decir, puede ser manual el envasado o puede realizarse en forma automática.

En el primer caso, se requiere de personal para pesar los cajeros de la pasta y de una máquina constituida básicamente por resistencias para soldar las bolsas de polietileno que contienen la pasta.

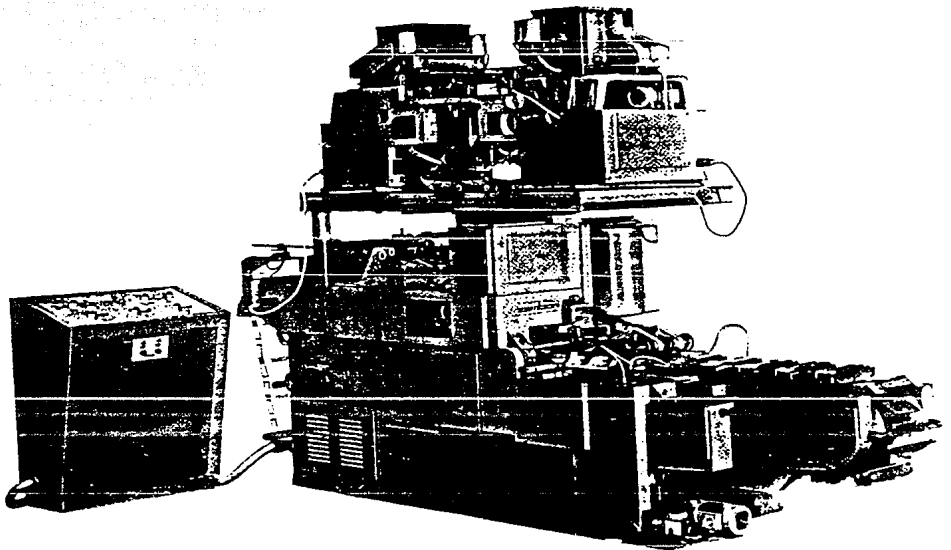
En el segundo caso se utilizan pesadoras constituidas de un -

conjunto electrónico de control de la alimentación de la pasta que asegura la regularidad de las pesadas. Estas pesadoras automáticas tienen una balanza comparativa de brazos iguales, un sistema electromagnético de apertura accionado por un solenoide de corriente continua que permite obtener hasta veinte pesadas por minuto con una precisión muy buena. (12)

La manera en que funcionan las máquinas automáticas para el envase y llenado de las bolsas de celofán es la siguiente:

Al pasar la cinta de celofán por la máquina se forma la bolsa por medio de soldadura térmica de la película plástica, mientras que el producto ya pesado se introduce a un grupo ajustador y luego se empuja por medio de un pistón, en la bolsa lista para el cierre y el corte. (5, 12, 20, 36)

La envasadora puede ser alimentada con una pesadora automática para pasta larga o con una o dos balanzas de carga manual.



**Figura 3.7. Esquema de un envasador**

**Fuente: Casa Braibanti "Catálogos de pastas."**

## CAPITULO IV

### D E S A R R O L L O E X P E R I M E N T A L

Para determinar si las actuales condiciones de trabajo en la elaboración de fideo mediano son las más adecuadas, se realizó una serie de experimentos a nivel industrial en la prensa, sec ción de presecado y secador. Además se hicieron pruebas de - calidad en el producto final.

#### 4.1. Experimentación en la prensa.

En la prensa se estudiaron dos variables de importancia como son la presión de la barrena y la temperatura del agua de enfriamiento de la chaqueta de la barrena.

##### 4.1.1. Presión de la Barrena.

En una primera fase varió la presión de la barrena para deter minar su influencia en la humedad de la pasta a la salida del extrusor. En tales pruebas se mantuvieron constantes la tempe ratura del agua de alimentación a la amasadora ( $40^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) vacío en la amasadora (50 cm Hg), temperatura de agua de enfriamiento de la barrena ( $25^{\circ} \text{C}$ ) y nivel de amasado ( $1/2$  par tes).

Las presiones de ensayo en la barrena fueron 50,55, 60, 65, 70

75 y 80 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para cada presión de trabajo, se tomaron por triplicado muestras de pasta en la parte central a la salida del extrusor y se determinó la humedad de la pasta en una Termobalanza como se indica en el apéndice I.

#### 4.1.2. Temperatura de agua de enfriamiento de la Barrena.

En la segunda fase, se estudió la influencia de la Temperatura de agua de enfriamiento de la barrena en la humedad de la pasta a la salida de la prensa. Para tal efecto se mantuvieron constantes todas las condiciones anteriores con una presión de la barrena de 65 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las temperaturas empleadas en estas pruebas fueron 25,27,29,-31, 33 y 35 ° C y la determinación de humedad de la pasta se hizo como ya se mencionó anteriormente.

#### 4.2. Experimentación en el presecador.

En este equipo se realizaron pruebas preliminares variando la temperatura del aire, con el fin de obtener el mejor producto, es decir aquél que no estuviera mal formado ni tuviera consistencia quebradiza a la salida del presecador.

Para llevar a cabo tales pruebas preliminares, se fijaron las siguientes condiciones de trabajo en la prensa: Presión de barrera = 65 Kg/cm<sup>2</sup>, temperatura de agua de alimentación = 40°C, temperatura de agua de enfriamiento de la barrera = 25 ° C. (siendo estos parámetros los más favorables para conseguir una humedad de la pasta de 30 % a la salida de la prensa).

Con las condiciones anteriores, se procedió a experimentar - con temperaturas del aire de secado de 39,42 y 46 ° C. Para cada temperatura, se tomaron muestras de tres bastidores previamente marcados, mientras que éstos se movían en una trayectoria ascendente en el presecador.

Las muestras de pasta se tomaron en la entrada (nivel 0), parte media (nivel 13) y parte superior (nivel 26) del equipo, - teniéndose especial cuidado de muestrear en puntos similares en los diferentes bastidores.

Una vez establecida la condición más favorable de temperatura del aire (en cuanto a la calidad de la pasta y en cuanto a un mayor porcentaje de eliminación de humedad), se realizó una prueba final para el seguimiento completo del presecado, tomando cedejos cada tres minutos a lo largo de su recorrido en el presecador. A todas las muestras se les determinó su contenido de humedad empleando el procedimiento descrito con ante-

rioridad.

#### 4.3. Experimentación en el secador.

En esta fase experimental se mantuvieron constantes las siguientes condiciones de trabajo para la prensa y presecador: Presión de barrena =  $65 \text{ Kg/cm}^2$ , temperatura de agua de alimentación  $40^\circ \text{C}$ , temperatura de agua de enfriamiento de la barrena =  $25^\circ \text{C}$ , temperatura de aire en el presecado =  $46^\circ \text{C}$ .

Una vez fijadas estas condiciones, se procedió a experimentar con humedades relativas del aire de secado de 53, 63 y 74 %, - aunque debe aclararse que dichas variaciones se realizaron solamente en una parte del secador, manteniéndose constante la humedad relativa y la temperatura de aire en la segunda parte del túnel de secado ( $79\%$  y  $49^\circ \text{C}$ , respectivamente).

Con el fin de tomar muestras de un mismo lote representativo se marcaron cinco bastidores. El muestreo se realizó en los niveles 5,10,15,20,25,30,35,40,45 y 52 del equipo, teniendo cuidado que la toma de los cadejos de fideo fuera en puntos similares para cada bastidor.

#### 4.4. Pruebas de Calidad del producto terminado.



En esta última etapa se empacaron los cadejos de fideo en bol  
sas de polietileno, sometidos a diferentes humedades relativas  
de aire en el secador.

Las pruebas efectuadas fueron: humedad final del producto, apa  
riencia física, tiempo de cocimiento, grado de absorción, au-  
mento del volumen de la pasta cocida y sólidos en el agua de  
cocimiento. La realización de estas pruebas se explica conde  
talle en el anexo II.

## CAPITULO V

### TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1. Influencia de la presión de la barrena sobre la humedad - de la pasta a la salida del extrusor.

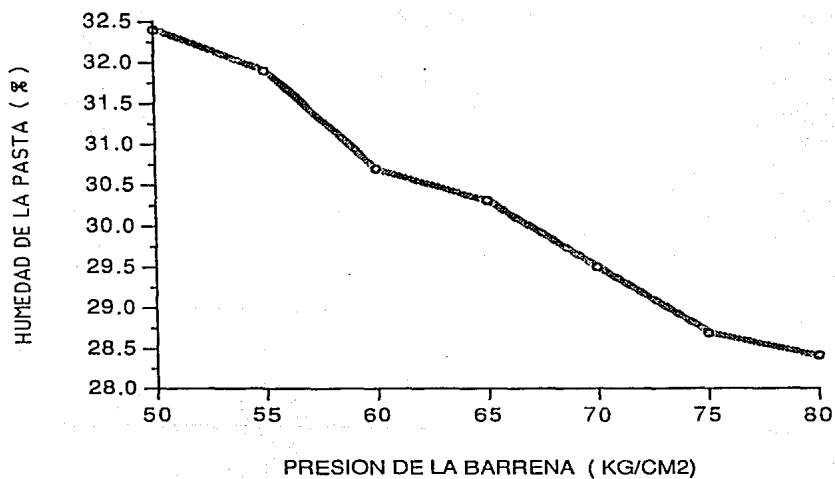
De acuerdo a las condiciones de trabajo mencionadas en la sección 4.1.1. se obtuvieron los resultados indicados en la tabla 5.1.

TABLA 5.1. Resultados de la humedad de la pasta en la prensa con respecto a la presión de la barrena.

Prueba No.	Presión de la barrena (Kg/cm <sup>2</sup> )	Humedad de la Pasta	
		Base Húmeda %	Base Seca (Kg agua/Kg ss)
1	50.0	32.4	0.479
2	55.0	31.9	0.468
3	60.0	30.7	0.443
4	65.0	30.3	0.435
5	70.0	29.5	0.418
6	75.0	28.7	0.403
7	80.0	28.4	0.397

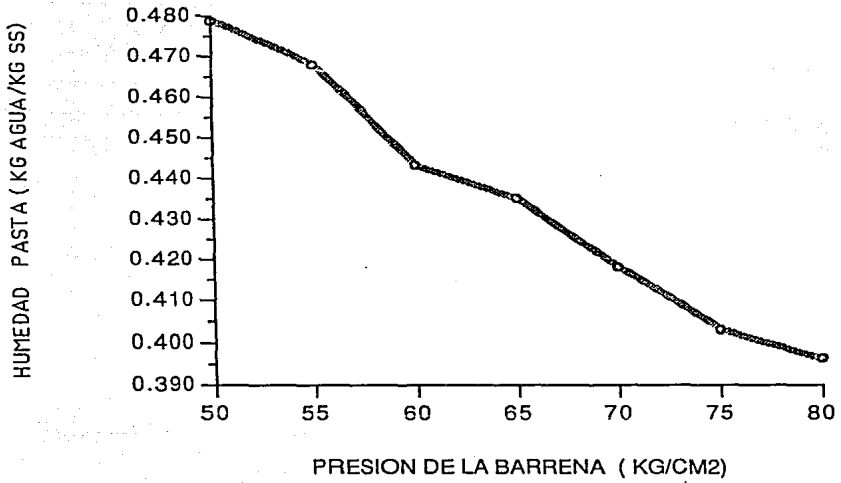
Debe aclararse que la humedad de la pasta reportada en la ta-

### HUMEDAD DE LA PASTA VS PRESION DE LA BARRENA



GRAFICA 5.1. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con la Presión de la Barrena.

HUMEDAD DE LA PASTA VS PRESION DE LA BARRENA



GRAFICA 5.2. Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con la Presión de la Barrena.

bla anterior, es el promedio aritmético de tres muestras. En las gráficas 5.1 y 5.2. se muestra la influencia de la presión sobre la humedad de la pasta.

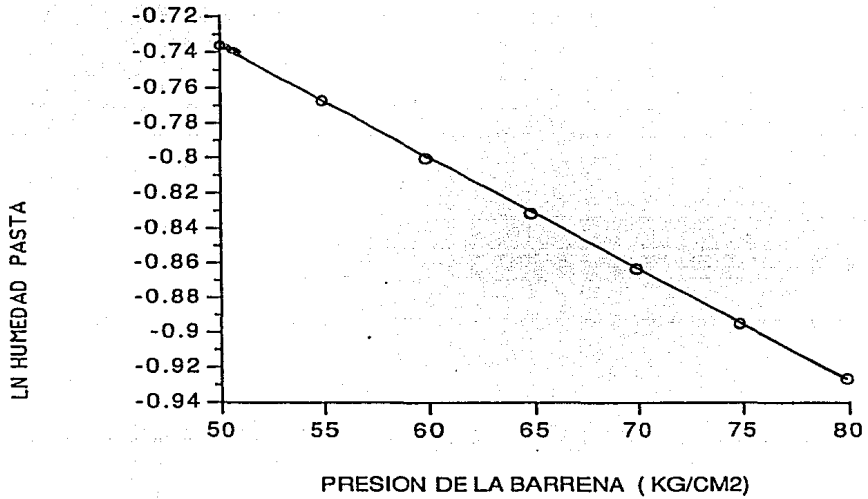
Con el fin de linearizar las curvas se evaluaron los logaritmos de las humedades, como se muestran en la tabla 5.2. y se graficaron contra la presión de la barrena para determinar una correlación experimental por el método de la ecuación empírica (29), como se ilustra en las gráficas 5.3. y 5.4.

TABLA 5.2. Resultados del ln de la humedad de la pasta en la prensa con respecto a la presión de la barrena.

Prueba No.	Presión de la barrena (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ln Humedad de la Pasta	
		Base Húmeda	Base Seca
1	50.0	3.478	-0.736
2	55.0	3.463	-0.758
3	60.0	3.424	-0.814
4	65.0	3.411	-0.833
5	70.0	3.384	-0.871
5	75.0	3.357	-0.910
6	80.0	3.346	-0.924

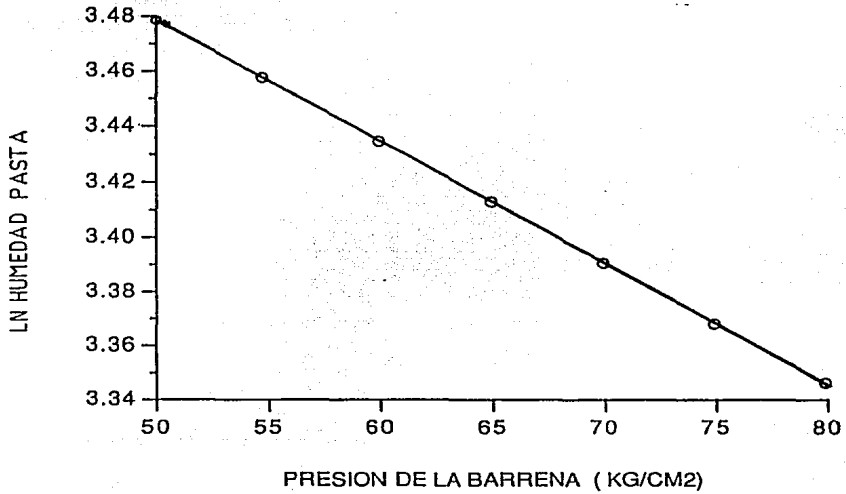
También se determinaron los índices de correlación, la pendiente y la ordenada al origen de cada gráfica como se observa en

LN HUMEDAD DE LA PASTA VS PRESION DE LA BARRENA



GRAFICA 5.3. Comportamiento del Ln de la humedad de la pasta (base seca) con la Presión de la Barrena.

LN HUMEDAD DE LA PASTA VS PRESION DE LA BARRENA



GRAFICA 5.4. Comportamiento del Ln de la humedad de la pasta (base húm.) con la Presión de la Barrena.

la tabla 5.3. Todas estas constantes se obtuvieron por el método de Regresión lineal integrado en el módulo de una calculadora.

TABLA 5.3. Índice de correlación de la humedad de la pasta - (base húmeda, base seca y su respectivo ln) contra la presión de la barrena.

R e l a c i ó n	I.C.	m	b
Presión vs Humedad Pasta B.H.	0.992	-0.14	39.37
Presión vs Humedad Pasta B.S.	-0.991	-0.003	0.620
Presión vs ln Hum. Pasta B.H.	-0.993	-0.005	3.709
Presión vs ln Hum. Pasta B.S.	-0.992	-0.006	-0.404

I.C.= Índice de correlación; m= pendiente; b= ordenada al origen

El índice de correlación más cercano a 1 es el que determina la ecuación empírica que rige el comportamiento de la curva.

Es importante mencionar que en este trabajo, para seleccionar las ecuaciones empíricas en donde esté involucrada la humedad de la pasta, siempre se tomará esta en base húmeda; por lo que de la tabla 5.3. se observa que la ecuación empírica que relaciona mejor la presión de la barrena y la humedad de la pasta es:

$$\ln y = -0.005 x + 3.709 \dots\dots\dots(1)$$



donde

y = Humedad de la pasta, en %

x = Presión de la barrena, en Kg/cm<sup>2</sup>

La relación que guarda la presión de la barrena sobre la humedad de la pasta es semilogarítmica como lo indica la ecuación (1).

De las pruebas realizadas en la prensa se desprende que debe existir un control constante en la presión de la barrena en un valor de 65 Kg/cm<sup>2</sup>, debido a que, una presión más alta provoca que la pasta se reseque y ocasione pérdida en el color - de la misma, mientras que una presión más baja produce una pasta muy suave con alta humedad que a su vez altera directamente el control de los equipos posteriores.

5.2. Influencia de la Temperatura de agua de enfriamiento de la barrena sobre la humedad de la pasta a la salida del extrusor.

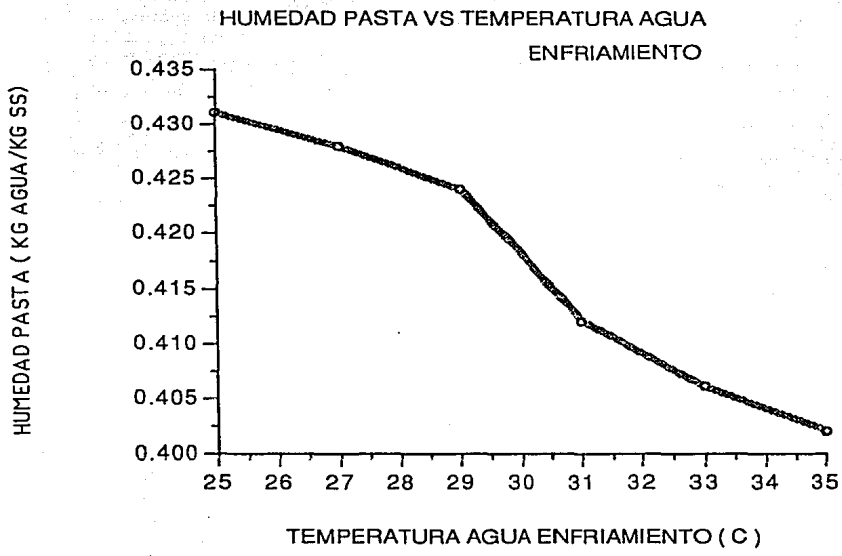
Manteniendo las condiciones de trabajo especificadas en la sec-ción 4.1.2., se llegó a los resultados contenidos en la tabla 5.4.

TABLA 5.4. Resultados de la humedad de la pasta en la prensa con respecto a la Temperatura de agua de enfriamiento de la Barrena (°C).

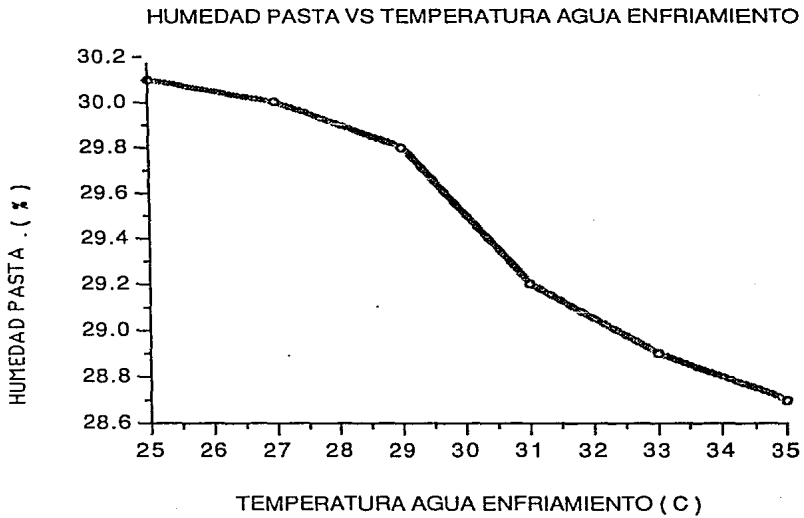
Prueba No.	Temperatura de Agua de enfriamiento de la barrena (°C)	Humedad de la pasta	
		Base Húmeda %	Base Seca (Kg agua/Kgss)
1	25.0	30.1	0.431
2	27.0	30.0	0.428
3	29.0	29.8	0.424
4	31.0	29.2	0.412
5	33.0	28.9	0.406
6	35.0	28.7	0.403

Como en el caso anterior la humedad de la pasta es el resultado del promedio aritmético de tres muestras. La representación gráfica de los datos se muestra en las gráficas 5.5. y 5.6.

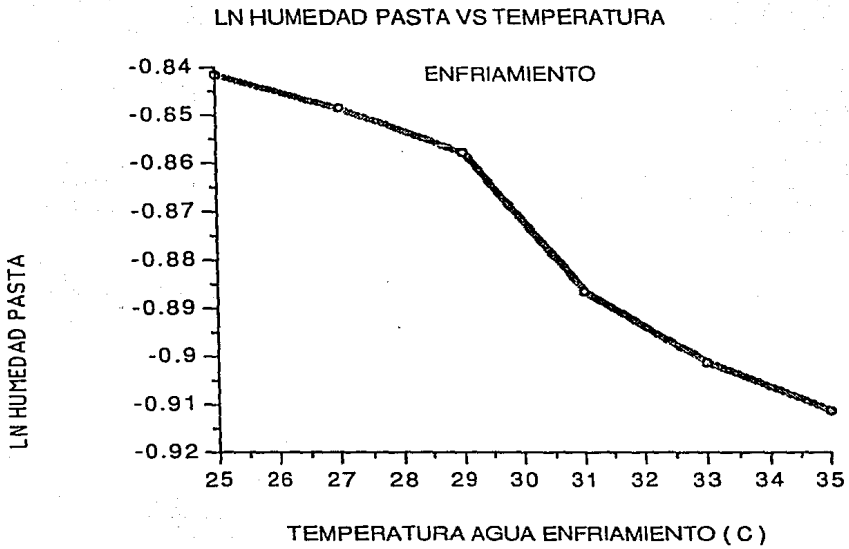
También se evaluaron los logaritmos de los datos de la humedad de la pasta como se observa en la tabla 5.5. y se graficaron contra la temperatura del agua de enfriamiento de la barrena como se observa en las gráficas 5.7, 5.7a y 5.8.



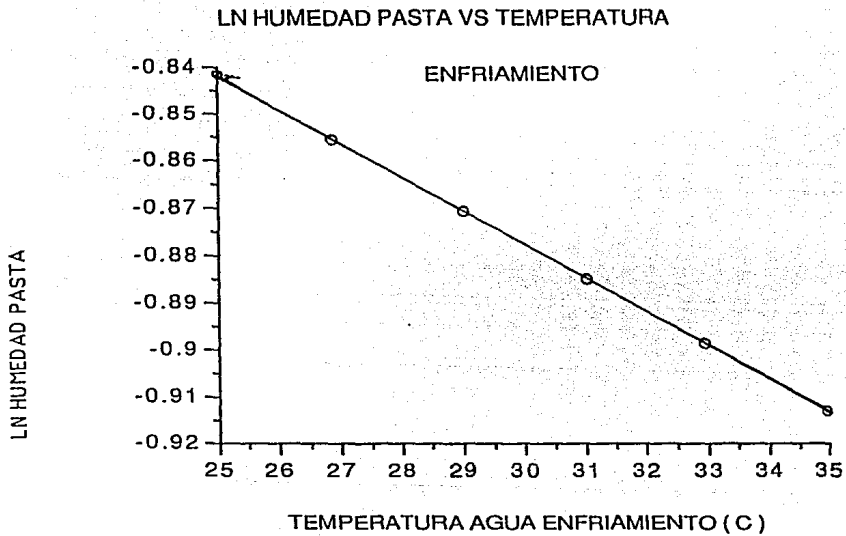
**GRAFICA 5.5. Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con la Temperatura de agua de enfriamiento.**



**GRAFICA 5.6.** Comportamiento de la humedad de la pasta (base húm.) con la Temperatura de agua de enfriamiento.

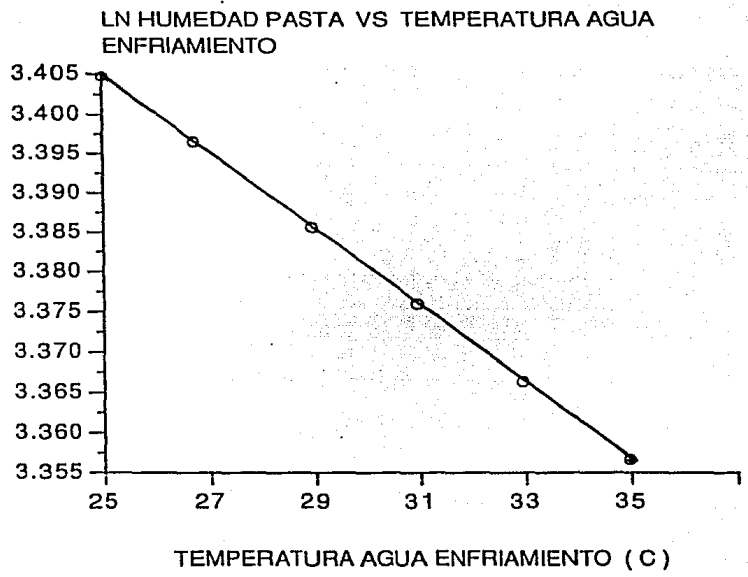


GRAFICA 5.7a. Comportamiento del Ln de la humedad de la pasta (base seca) con la Temperatura de agua de enfriam.



GRAFICA 5.7. Comportamiento del Ln de la humedad de la pasta (base seca) con la Temperatura de agua de enfriam.

LN HUMEDAD PASTA



GRAFICA 5.8. Comportamiento del Ln de la humedad de la pasta (base h<sub>um</sub>.) con la Temperatura de agua de enfrim.

TABLA 5.5. Resultados de ln de humedad de la pasta con respecto a la temperatura de agua de enfriamiento de la barrena (°C).

Prueba No.	Temperatura de Agua de enfriamiento de la barrena (°C)	Ln Humedad de la Base Húmeda	Ln Humedad de la Base Seca
1	25.0	3.405	-0.842
2	27.0	3.401	-0.849
3	29.0	3.395	-0.858
4	31.0	3.374	-0.887
5	33.0	3.364	-0.901
6	35.0	3.357	-0.909

Para la determinación de la ecuación empírica se calculó el índice de correlación, la pendiente y la ordenada al origen en forma similar a la sección anterior y los datos se encuentran en la tabla 5.6.

TABLA 5.6. Índice de correlación de la humedad de la pasta - (base húmeda, base seca y su respectivo logaritmo contra la temperatura de agua de enfriamiento (° C)

Relación	I.C.	m	b
Temperatura vs Hum. Pasta B.H.	-0.978	-0.156	34.121
Temperatura vs Hum. Pasta B.S.	-0.980	-0.003	0.511
Temperatura vs Ln Hum. Pasta BH.	-0.977	-0.005	3.542
Temperatura vs Ln HUM. Pasta BS.	-0.979	-0.007	-0.651



La ecuación que rige el comportamiento de la temperatura de en  
friamiento de la barrena sobre la humedad de la pasta es :

$$y = -0.156 t + 34.121 \dots\dots\dots(2)$$

donde

y = Humedad de la pasta, en %

t = Temperatura de agua de enfriamiento de la  
barrena en °C.

Analizando los índices de correlación de la tabla 5.6., se ob  
serva que todos son mayores de 0.95, predominando el valor mas  
alto en los datos lineales, por lo que puede decirse que exis  
te una relación directa entre la temperatura de agua de enfria  
miento de la barrena y la humedad de la pasta.

Sin embargo la tempertura de agua de enfriamiento de la barre  
na en 25° C, es la recomendable para mantener la humedad de -  
la pasta en el porcentaje más cercano a 30.3% y por tanto un  
mejor aspecto de calidad del producto.

### 5.3. Influencia de la Temperatura de aire en el presecado con la humedad de la pasta.

Como ya se mencionó anteriormente en este equipo se llevaron a

cabo experimentos preliminares para establecer la mejor condición de temperatura de aire y posteriormente llevar a cabo una prueba final a esa mejor condición de trabajo.

### 5.3.1. Prueba preliminar en el presecador.

Los datos reportados en la tabla 5.7. se obtuvieron a partir de pruebas mencionadas en la sección 4.2.

TABLA 5.7. Resultados de la humedad de la pasta en el presecado a a diferentes condiciones de temperatura de aire (°C)

Tiempo (hrs)		0		0.25-		0.5	
Pba. Temp.		H U M E D A D D E L A P A S T A					
No.	Aire (°C)	B.h. (%)	B.s. (Kga/Kgss)	B.h.	B.s.	B.h.	B.s.
1	39	30.3	0.435	29.3	0.414	29.1	0.410
2	40	30.3	0.435	28.8	0.404	28.0	0.389
3	46	30.3	0.435	28.2	0.393	27.6	0.381

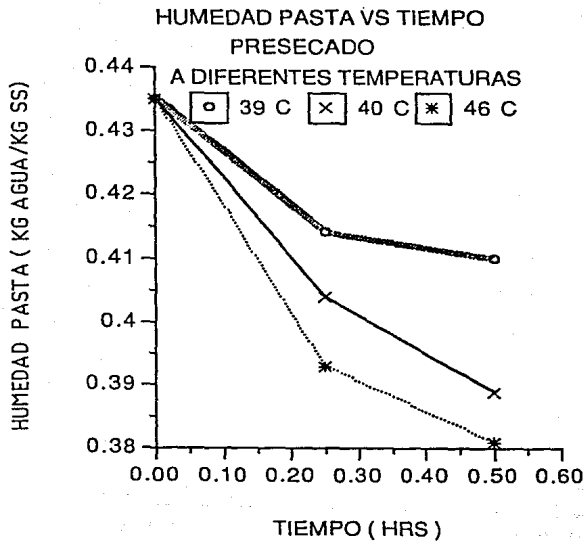
El comportamiento que representan la pérdida de humedad de la pasta (en base húmeda y base seca), con respecto al tiempo a diferentes temperaturas de aire en el presecado se observa en las gráficas 5.9 y 5.10.

Del análisis de las gráficas se ve que la mejor temperatura de trabajo es  $46^{\circ}\text{C}$ , debido a que en esta condición, durante el presecado, se extrae la mayor cantidad de agua de la pasta (2.7%) sin dañar el aspecto físico de la misma.

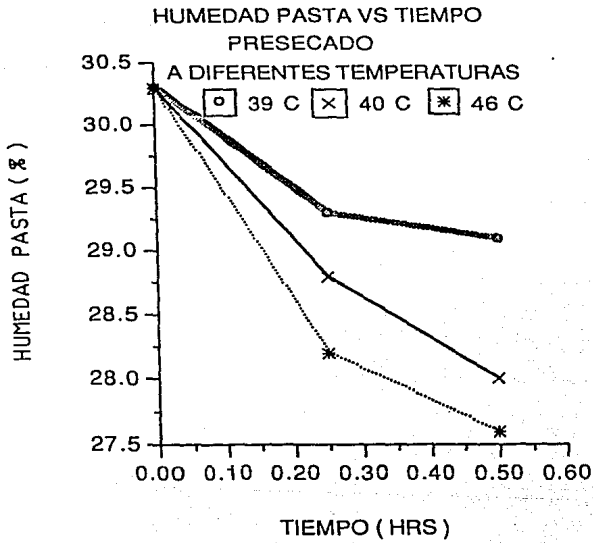
### 5.3.2. Prueba final en el presecador.

Empleando la temperatura de  $46^{\circ}\text{C}$  en el aire de presecado y tomando muestras de pasta cada 3 minutos, se obtuvieron las humedades indicadas en las columnas 3 y 4 de la tabla 5.8. Debe resaltarse que no se emplearon temperaturas mayores que la anterior debido a que las características de diseño del calentador lo impidieron. Además, en la experiencia se sabe que temperaturas superiores a  $46^{\circ}\text{C}$  provocan fisuras en la superficie de la pasta y cambios de color.

Los resultados anteriores dados en la tabla 5.8. se ilustran en las gráficas 5.11 y 5.12. Después, empleando el procedimiento descrito en el apéndice III se calcularon las velocidades de secado dadas en la tabla 5.9.



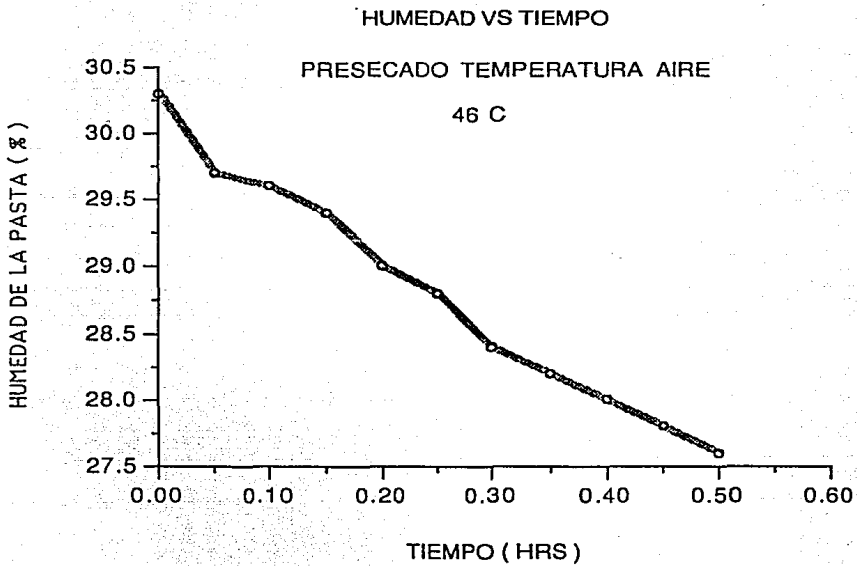
GRAFICA 5.9. Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con respecto al tiempo a diferentes temperaturas de aire en el Presecador.



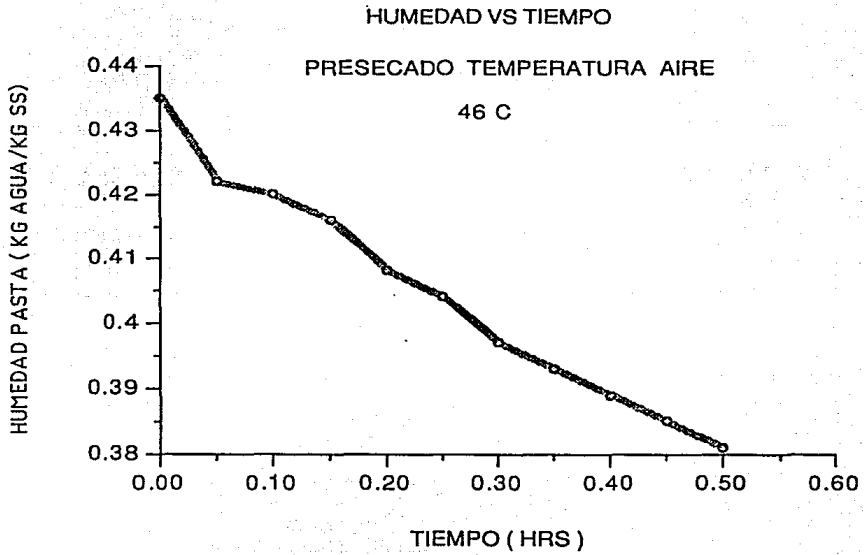
GRAFICA 5.10. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con respecto al tiempo a diferentes temperaturas de aire en el Presecador.

TABLA 5.8. Resultados al secar la pasta empleando aire en 46°C y 36% de humedad relativa.

Prueba No.	Tiempo (hrs)	Humedad de la Pasta	
		Base húmeda (%)	Base seca (Kg agua/Kgss)
1	0.0	30.3	0.435
2	0.05	29.7	0.422
3	0.10	29.6	0.420
4	0.15	29.4	0.416
5	0.20	29.0	0.408
6	0.25	28.8	0.404
7	0.30	28.2	0.397
8	0.35	28.0	0.393
9	0.40	28.0	0.389
10	0.45	27.8	0.385
11	0.50	27.6	0.381



GRAFICA 5.11. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con respecto al tiempo a una temperatura de aire de 46° C en el presecado.



**GRAFICA 5.12.** Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con respecto al tiempo a una temperatura de aire de 46° C en el presecado.



TABLA 5.9. Humedad de la pasta contra la velocidad de secado empleando aire a 46°C y 36% de humedad relativa.

Prueba No.	Humedad Pasta promedio B.s. (Kg agua/kg ss)	Velocidad de Secado de la pasta (Kg agua/hr m <sup>2</sup> )
1	-	-
2	0.429	0.113
3	0.421	0.017
4	0.418	0.035
5	0.412	0.069
6	0.406	0.035
7	0.400	0.069
8	0.395	0.035
9	0.391	0.061
10	0.387	0.035
11	0.383	0.035

Por experiencia industrial se recomienda cuidar que la diferencia de temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo del aire no sea mayor de  $11^{\circ}$  C, ya que de lo contrario provoca un mal aspecto en cuanto al color de la pasta, pero - cabe aclarar que en el equipo sujeto a estudio se trabajó con diferencias de  $14.5^{\circ}$  C sin daño aparente en la calidad de la misma, ya que se logró un buen control de las condiciones en la prensa, para que la pasta tuviera la humedad adecuada y lo grara soportar dicha diferencia de temperaturas de aire.

En la zona de presecado es favorable extraer un 3 % de la humedad de la pasta ya que no daña las características del fideo en cuanto al color, consistencia, cristalinidad, translucidez, etc. Esta condición de extracción de la humedad en la pasta se logra utilizando una temperatura de  $46^{\circ}$  C.

5.4. Influencia de la humedad relativa del aire de secado en la pasta, en la primera zona del túnel de secado.

Trabajando a una temperatura de  $48^{\circ}$  C en la primera zona de - secado y variando las humedades relativas del aire como se in dican en la sección 4.3., se obtuvieron los resultados dados en las columnas 2, 3 y 4 de las tablas 5.10, 5.11 y 5.12 y - siguiendo el tratamiento del apendice III se calculó la hume dad de la pasta en base seca promedio y las velocidades de se

cado que corresponden a las 5a. y 6a. columna respectivamente, de las tablas anteriormente mencionadas.

TABLA 5.10. Resultados obtenidos al secar la pasta con aire de 74% de humedad relativa.

Prueba No.	Tiempo (hrs)	H u m e d a d d e P a s t a			Vel. de Sec. de la pasta ( $\frac{\text{Kg agua}}{\text{hr m}^2}$ )
		Base Húmeda %	Base seca (Kgagua/Kgss) Prom.		
1	0.00	30.3	0.435		
2	0.250	28.8	0.404	0.420	0.054
3	0.483	27.4	0.377	0.391	0.050
4	2.660	25.5	0.342	0.360	0.007
5	4.860	24.1	0.318	0.330	0.005
6	7.060	22.2	0.285	0.302	0.006
7	9.160	20.5	0.258	0.272	0.006
8	11.360	18.8	0.232	0.245	0.005
9	13.270	17.0	0.205	0.219	0.006
10	15.240	15.2	0.179	0.102	0.006
11	17.230	13.4	0.155	0.167	0.005
12	19.330	11.8	0.134	0.145	0.004
13	21.600	10.7	0.120	0.127	0.003

TABLA 5.11. Resultados obtenidos al secar la pasta con aire de 63% de humedad relativa.

Prueba No.	Tiempo (hrs)	H u m e d a d d e p a s t a			Vel. de Seca- do de pasta $(\frac{Kg \text{ agua}}{hr \ m^2})$
		Base húm. %	Base S e c a (Kgagua/Kgss)	Prom.	
1	0.00	30.3	0.435		
2	0.25	28.1	0.391	0.413	0.076
3	0.67	25.7	0.346	0.369	0.046
4	2.67	23.3	0.304	0.325	0.009
5	5.10	20.8	0.263	0.284	0.007
6	7.30	19.3	0.239	0.251	0.005
7	9.20	18.1	0.221	0.220	0.004
8	11.25	16.5	0.198	0.210	0.005
9	13.25	15.1	0.178	0.188	0.004
10	15.26	13.5	0.156	0.167	0.005
11	17.30	12.1	0.138	0.147	0.004
12	19.50	10.9	0.122	0.130	0.003
13	21.53	10.1	0.112	0.117	0.002

TABLA 5.12. Resultados obtenidos al secar la pasta con aire -  
de 53% de humedad relativa.

Prueba No.	Tiempo (hrs)	H u m e d a d d e p a s t a		V e l . d e S e c .	
		Base hum. %	Base seca (Kg agua/Kgss)	Prom.	do de pasta ( $\frac{\text{Kg agua}}{\text{hr m}^2}$ )
1	0.00	30.3	0.435		
2	0.250	28.4	0.397	0.416	0.066
3	0.480	27.2	0.374	0.385	0.043
4	2.380	25.3	0.339	0.357	0.008
5	4.280	23.0	0.299	0.324	0.009
6	6.380	20.6	0.259	0.288	0.008
7	8.420	18.4	0.225	0.252	0.007
8	10.520	15.7	0.186	0.218	0.008
9	12.470	12.1	0.164	0.181	0.007
10	14.370	12.4	0.142	0.153	0.005
11	16.230	11.3	0.126	0.134	0.004
12	18.280	10.4	0.116	0.121	0.002
13	20.380	9.8	0.109	0.113	0.001

El comportamiento de la pérdida de humedad de la pasta con respecto al tiempo, empleando diferentes humedades relativas de (74, 36 y 53%) en el túnel de secado, se observan en las figuras 5.13, 5.14 y 5.14 A, 5.15 y 5.15 A (base húmeda y base seca consecutivamente).

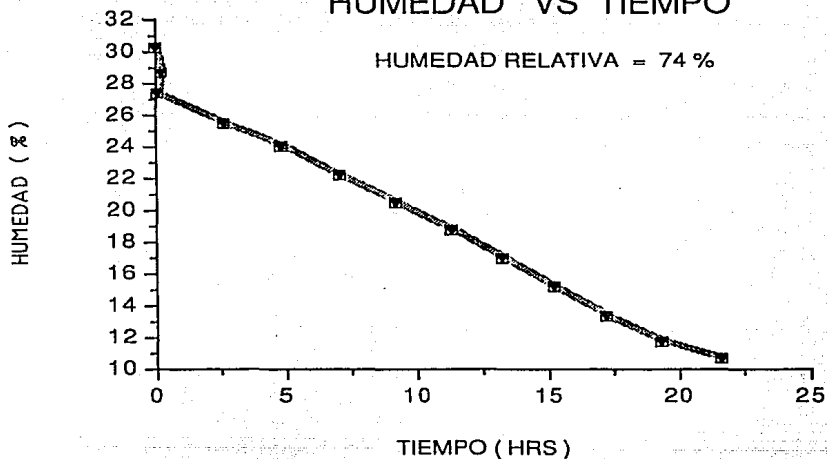
Las curvas de las figuras 5.13, 5.14 y 5.15 tienen un comportamiento similar y sólo difieren en el porcentaje de extracción de humedades de la pasta, dependiendo de las condiciones de trabajo para humedades relativas de 74, 63, y 53% se obtiene 19.6%, 20.2% y 20.5% de pérdida de humedad de la pasta respectivamente).

Como se acaba de mencionar, empleando en la primera zona del secador una humedad relativa de 74 % se tiene una menor pérdida de humedad del cadejo de fideo (19.8%), pero el producto presenta las mejores características, así como también se logra un ahorro de energía, ya que al tener más cerradas las compuertas de recambio de aire se alcanza las altas humedades relativas de aire, se evita el tener que calentar una mayor cantidad de aire fresco.

Las variaciones de humedad relativa de aire se lograron sin afectar notablemente al proceso, sin embargo no se pudieron establecer condiciones físicas más extremas por la limitante de las características del equipo.

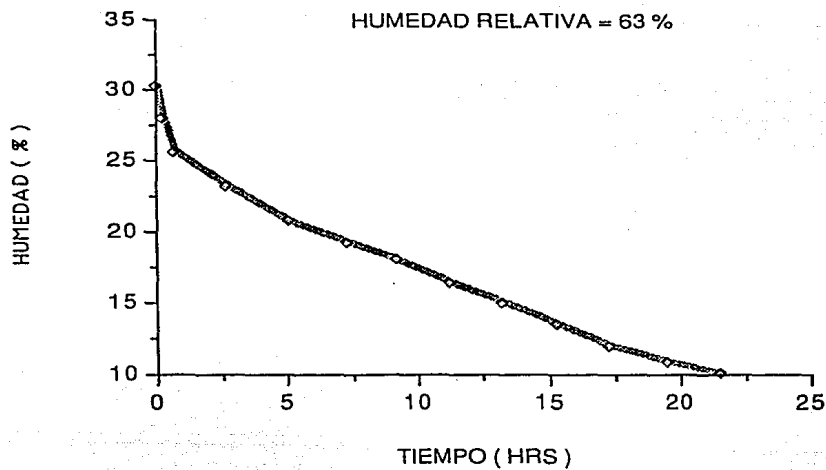
## HUMEDAD VS TIEMPO

HUMEDAD RELATIVA = 74 %



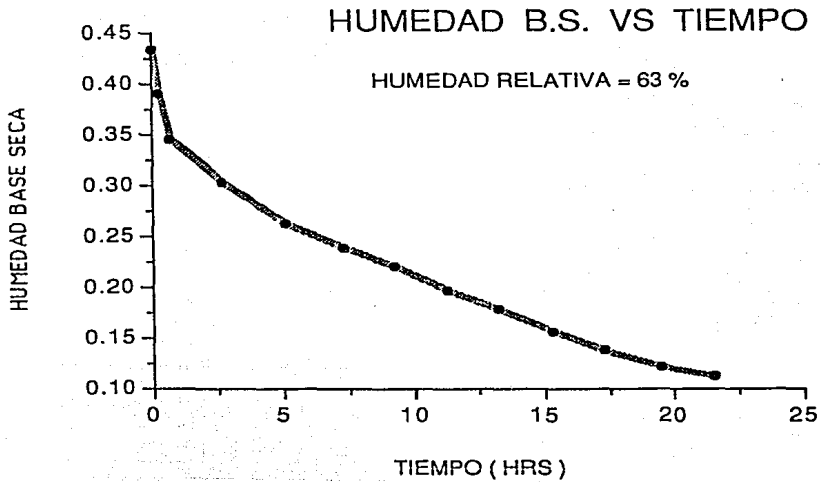
GRAFICA 5.13. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con respecto al tiempo, a 74% de humedad relativa en el secador.

## HUMEDAD VS TIEMPO

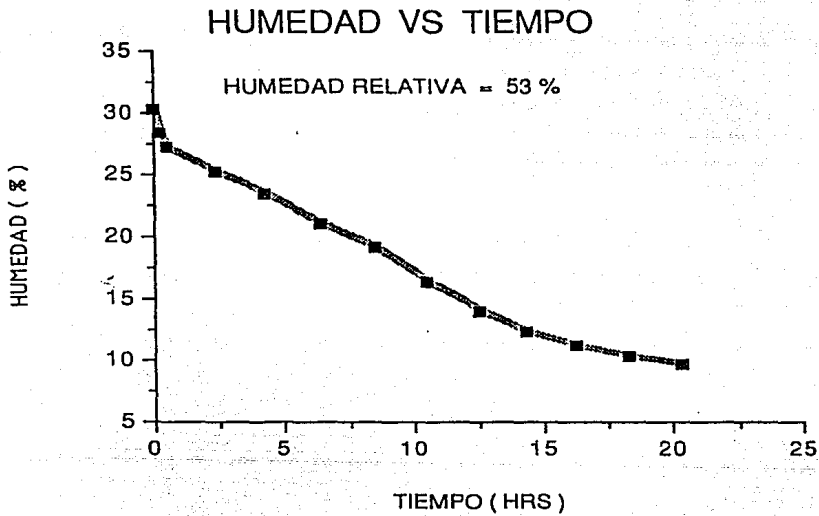


GRAFICA 5.14. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con respecto al tiempo, a 63% de humedad relativa en el secador.



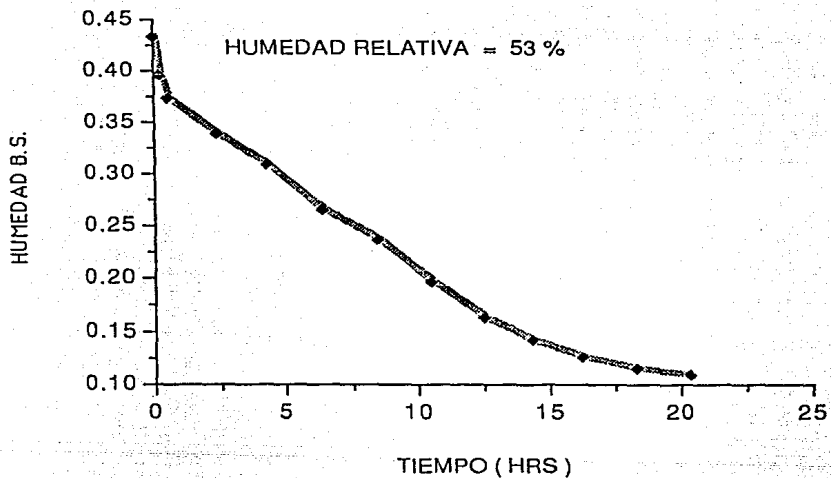


GRAFICA 5.14 A. Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con respecto al tiempo, a 63% de humedad relativa en el secador.



GRAFICA 5.15. Comportamiento de la humedad de la pasta (base húmeda) con respecto al tiempo, a 53% de humedad relativa en el secador.

## HUMEDAD B.S. VS TIEMPO



GRAFICA 5.15 A. Comportamiento de la humedad de la pasta (base seca) con respecto al tiempo, a 53% de humedad relativa en el secador.

### 5.5. Calidad del fideo terminado el proceso.

Como ya se dijo en la sección 4.4. las pruebas de calidad se efectuaron a cadejos de fideo manejados a las diferentes humedades relativas en el secador. En la tabla 5.13 se reportan los resultados de tales pruebas.

TABLA 5.13\* Resultados de la calidad del fideo.

Pba No.	Hum. Rel. Aire en secador (%)	Apariencia Fideica (%)	Grado de Cocim. (min)	de Absorción (%)	Aumento de Vol. de pasta cocida	Solidos Agua traída durante cocción (%)	Ex traída durante proceso (%)
1	74	0	15	310	210	8.67	19.6
2	63	0.5	16	358.4	258	8.97	20.2
3	53	1.0	16	359.4	259.4	9.0	20.5

\* Todas las pruebas se realizaron por triplicado y los resultados indicados son el valor promedio.

Para analizar la influencia de las condiciones de humedad relativa del aire de secado en la calidad de la pasta se tomaron como parámetros el porcentaje de agua extraída de la pasta, - (desde la salida de la prensa hasta el término del proceso es

decir la mesa de empaque), el grado de absorción de la pasta, el aumento de volumen de la pasta y el porcentaje de sólidos residuales en el agua de cocimiento, como se muestra en la ta bla 5.13. De esta se observa que al aumentar la humedad rela tiva del aire de secado, se extrae un menor porcentaje de humedad de la pasta durante el proceso, a la vez que disminuye ligeramente el tiempo de cocimiento, absorbe menor cantidad de agua en el cocimiento y el porcentaje de sólidos residuales disminuyen.

Lo anterior implica una mejor calidad de la pasta a la vez que se reducen los gastos de energía por el calentamiento de agua que circula por los radiadores para calentar el aire en el proceso de secado.

Conforme disminuye la humedad relativa del aire de secado en la primera zona del túnel de secado, la calidad de la pasta - se ve desfavorecida ya que aumenta el porcentaje de sólidos - de agua de cocimiento, así como también el tiempo de cocimien to de la misma.

Todas las diferentes pruebas del producto manejadas en el túnel de secado fueron aceptadas por el laboratorio de control de calidad, aunque la muestra que presentó las mejores carac-

terísticas de calidad fué la que se trabajó con una de 74% de humedad relativa.

Para seleccionar la humedad relativa de aire de secado en el túnel se tiene que considerar la mejor calidad de la pasta, además de que la humedad de esta sea cercana a la establecida por el laboratorio de Control de Calidad que es de 10-13% para que permanezca estable hasta su consumo y que no pase de este valor porque podría deteriorar la calidad y producir problemas de mohos.

Por lo tanto se observa que la condición de 74% de humedad relativa de aire produce la más alta humedad de la pasta de estudio (10.8%), esto implica una retribución económica por parte de la industria al tener un producto con mayor humedad (peso) de características de calidad favorables y estables.

## CONCLUSIONES

Después de realizadas las pruebas en los equipos sujetos a estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La condición más adecuada de presión en la barrena es de 65 Kg/cm<sup>2</sup>, ya que con este valor se obtiene una pasta de buena consistencia y húmeda (30.3%)

A presiones inferiores al valor mencionado en el párrafo anterior se obtiene una pasta de humedad alta (32.4%) y por lo tanto de una consistencia muy suave que provoca deformaciones en la misma. En el caso contrario, es decir a presiones superiores a 65 Kg/cm<sup>2</sup>, se produce una pasta muy seca (28.4%) que en el momento de pasar por el secador, el medio secante logra agrietar la capa superficial de la pasta, la cual provoca un mal aspecto en su presentación final.

2. En términos generales puede decirse que la temperatura del agua de enfriamiento de la barrena tiene una influencia en la humedad de la pasta, aunque en menor proporción que la presión de la barrena, ya que la máxima diferencia de humedades fué de 1.4% para las temperaturas de agua de enfriamiento empleadas y de 4%, para las presiones utilizadas en la experimentación.

De todas las temperaturas de agua de enfriamiento de la barrera empleadas, la mejor fué de 25 ° C, ya que con esta - se logró una humedad de la pasta cercana a la recomendable (30.3%).

3. Las condiciones en la zona del presecado son de suma importancia en el proceso, debido a que en esta parte la pasta empieza a acondicionarse para el secado, además en este momento la pérdida de agua de la pasta es alta (2.7%) en un tiempo relativamente corto (30 minutos).

Condiciones muy drásticas como una temperatura del aire de secado superior a 46° C, provocan que la pasta se reseque y se estrelle; así como por el contrario una temperatura de aire de secado baja, ocasionaría que no se seque completamente la pasta y a su vez podrían formarse aglomeraciones en los productos y el aumento de acidez de los mismos e incluso la aparición de moho en ellos.

4. Como era de esperarse, con un incremento de la humedad relativa del aire en la primera zona de secado se eleva la humedad de la pasta, lo cual favorece la calidad de la misma, teniéndose entonces que una humedad relativa de 74% da un producto de mejor calidad de acuerdo a las especificaciones del Laboratorio de Control de Calidad.



En las actuales condiciones del equipo se encontró que con las variables estudiadas las condiciones de operación más favorables para obtener una pasta de buena calidad son las siguientes:

Presión de Barrena = 65 Kg/cm<sup>2</sup>

Temperatura de Agua

de enfriamiento de = 25°C

la Chaqueta de la

Barrena

Temperatura del aire

de presecado = 46°C

Humedad Relativa

del aire de secado = 74%

Temperatura del aire

de secado = 48°C

Con los valores anteriormente seleccionados se encontraron las siguientes características de calidad de la pasta:

Tiempo de cocimiento = 15 minutos

Humedad de la pasta = 10.8%

Apariencia física = 0 % de puntos blancos.

porcentaje de sólidos

en el agua de cocimiento = 8.67%

Agua extraída durante  
el proceso = 19.6%

## R E C O M E N D A C I O N E S

- 1) En la actualidad algunas industrias utilizan la dosificación de los polvos y agua en forma poco controlada, por lo que se recomienda emplear dosificadores automáticos que ayudan a tener mejor el control de las materias primas y del proceso.
- 2) Se recomienda realizar un estudio técnico económico para de terminar si con un aumento de la humedad relativa en el ai re de secado (actualmente se opera con 63%) se logra un aho rro sustancial en gastos energéticos.
- 3) Al evaluar las velocidades del aire en diferentes puntos - del túnel de secado, se observaron valores de 1 a 3 m/seg. Lo cual hace pensar que la distribución del aire no es la más adecuada, por lo que se recomienda estudiar a fondo es ta variable en un trabajo posterior.
- 4) Al observar la figura 5.5. puede asumirse que la humedad de la pasta se mantiene dentro del rango recomendado emplean do agua a temperaturas entre 25 y 29° C. Se recomendaría trabajar en el límite máximo ya que esto provocaría un aho rro de agua para enfriar la chaqueta de la barrena, aprove chando de esta manera el agua ahorrada en otros procesos de

la planta.

5) Para lograr un mejor control del proceso se sugiere continuar evaluando otras variables de proceso como son la humedad relativa en el presecado, temperatura en el secador, - etc.

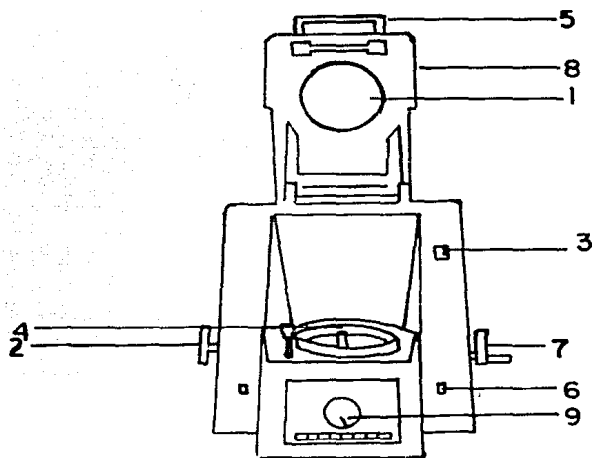
## APENDICE I

### DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE LA PASTA EN LA TERMOBALANZA

Para determinar la humedad porcentual de la pasta en la termobalanza (cuya representación gráfica se indica en la figura - A.1.) se siguió la siguiente metodología. (6)

- a) Se muele la pasta en una licuadora casera durante 35 segundos, para aumentar su superficie de contacto con el foco - infrarrojo. (1)
- b) Se calibra la termobalanza con la perilla (2) haciendo coincidir la flecha (3) con la marca del 100%.
- c) Se coloca la muestra (aproximadamente 5 gramos) en el platatillo (4) hasta que coincida con la flecha de 0 (3)
- d) Se cierra el aparato bajando el asa de la compuerta (5).
- e) Se enciende el interruptor del foco infrarrojo (6) durante 15 minutos.
- f) Se apaga el foco y se mueve la perilla de ajuste del porcen-

taje de humedad (7) hasta que coincida la flecha con el co  
rrespondiente porcentaje de humedad del producto.



**Figura A1** Esquema de las partes principales de la Termobalanza

- 1 foco infrarrojo
- 2 perilla de calibración
- 3 flecha
- 4 platillo.
- 5 caja de la compuerta
- 6 interruptor del foco
- 7 perilla de ajuste del % de humedad del producto.
- 8 compuerta
- 9 control autotransformador

Fuente: Catálogos Cenco

## APENDICE II

### EVALUACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

Las pruebas generales a las que se sometió el fideo, son básicamente las de "producto seco" y de "producto cocido". Dichas pruebas se realizaron 24 horas después de obtenido el producto para que se estabilizara en cuanto a su temperatura y humedad.

#### II.1. Pruebas de producto seco.

Estas consisten básicamente en la determinación de humedad final de la pasta y en la determinación de la apariencia física.

##### II.1.1. Humedad final.

Esta prueba se efectúa en forma similar como lo indica el apéndice I.

##### II.1.2. Apariencia física.

La apariencia física se determina midiendo el porcentaje de "puntos blancos" en la superficie de la pasta. Para tal efecto



to se pesan 100 gramos de pasta en una balanza granataria y - se procede a una inspección visual en una área luminosa para separar los hilos con aspecto blancuzco y posteriormente pesar las. Este peso se expresa como el porcentaje de puntos blancos en la superficie.

En el Laboratorio de Control de Calidad, el máximo porcentaje aceptado es el 10%. (19)

## II.2. Pruebas de producto cocido.

Las determinaciones que se realizan al producto cocido son básicamente: el tiempo de cocimiento, el grado de absorción, el aumento del volumen de la pasta cocida y el porcentaje de sólidos en el agua de cocimiento.

### II.2.1. Grado de Cocimiento.

El grado de cocimiento del producto es el tiempo empleado para la completa gelatinización del almidón presente en el producto. En este punto se considera que la pasta está completamente cocida y el procedimiento para su determinación es el siguiente: se pesan 100 gramos de muestra seca y entera en una balanza granataria y se depositan en un recipiente de aluminio, el cual debe contener 1 litro de agua potable en ebullición

y 10 gramos de Na Cl disuelta en el agua, se toma el tiempo - con un cronómetro a partir de este momento. Se tapa el recipiente para evitar la pérdida de agua por evaporación y se toma la muestra de fideo cada dos minutos, la cual se deposita posteriormente entre dos acrílicos atornillados por un extremo y se presionan para aplastar el producto.

Esta prueba se suspende en el momento en que se observa una película completamente transparente sin una línea central de distinto color entre los acrílicos, es decir cuando se logra la completa gelatinización del almidón. (19)

El tiempo de cocimiento no debe exceder de 18 minutos.

#### II.2.2. Grado de absorción.

El grado de absorción es la cantidad de agua absorbida por el producto durante su cocimiento, y la manera de determinarlo - es la siguiente:

Una vez cocida la pasta, se deposita el contenido del recipiente en un embudo buchner de porcelana sostenido sobre una probeta de vidrio de 1 litro. La pasta se deja escurrir hasta que ya no gotee líquido (aproximadamente 10 minutos) y posteriormente se pesa. (19)

Con el dato anterior se calcula el grado de absorción con la siguiente ecuación

$$G.A. = \frac{M_c - M_s}{M_s} \times 100$$

donde

G.A. = Grado de absorción, en %

M<sub>c</sub> = Peso de la pasta cocida y escurrida, en gr.

M<sub>s</sub> = Peso de la pasta seca en gramos.

### II.2.3. Aumento de volúmen de la pasta cocida.

Para determinar el aumento porcentual de la pasta cocida con respecto a la pasta cruda es necesario realizar los siguientes pasos:

- a) Se pesan 100 gramos de producto seco y entero y se depositan en una probeta de 1 litro a la que previamente se le a dicionaron 500 mililitros de agua potable, se toma la lectura alcanzada por el desplazamiento ocasionado por el pro ducto. (12,19)

Con el volumen de la pasta seca y el agua menos el volumen inicial (500 mililitros) se obtiene el volumen de pasta -

cruda, es decir:

$$V.P.S. = V_f - V_i$$

donde:

V.P.S. = Volumen de pasta seca, en mililitros

V<sub>f</sub> = Volumen final, en mililitros.

V<sub>i</sub> = Volumen inicial, en mililitros.

- b) Para la determinación del volumen de la pasta cocida (VPC) se introducen 100 gramos de pasta cocida y escurrida en una probeta de 1 litro, conteniendo 500 mililitros de agua y se toma la nueva lectura alcanzada. Entonces el volumen de la pasta cocida será:

$$V.P.C. = V_f - V_i$$

- c) Finalmente el aumento porcentual es:

$$A.V. = \frac{V.P.C. - V.P.S.}{V.P.S.} \times 100$$

donde

A.V. = Aumento de volumen de la pasta cocida,  
en %.

#### II.2.4. Porcentaje de sólidos en el agua de cocimiento.

Para la determinación de los sólidos en el agua de cocimiento se procede de la siguiente forma:

El agua empleada para el cocimiento de los 100 gramos de pasta se depositan en una probeta y se dejan en reposo durante - cuatro días. Transcurrido este tiempo se mide el volumen de - sólidos sedimentados. (12,19)

El porcentaje de sólidos se determina con la relación:

$$SC = \frac{Vt - Vsc}{Vt} \times 100$$

donde

SC = Sólidos en el agua de cocimiento, en %

Vt = Volumen total de líquido

Vsc = Volumen de sólidos.

### APENDICE III

#### M E T O D O L O G I A P A R A E L C A L C U L O D E L A V E L O C I D A D D E S E C A D O D E L A P A S T A

- 1) Se determina el por ciento de humedad del sólido a diferentes tiempos.
- 2) Conociendo el por ciento de humedad (%H), a partir de su medición en la termobalanza, se procede a determinar la humedad en base seca mediante la ecuación:

$$X = \frac{\%H}{100 - \%H}$$

donde

X = humedad en base seca, Kg agua/Kg sólido seco

- 3) Se traza una gráfica de humedad en base seca contra el tiempo.
- 4) Para un pequeño intervalo de tiempo de secado, se calcula el cambio de humedad x, que sufre el sólido en ese tiempo.

5) Con las diferencias anteriormente calculadas se procede a determinar la velocidad de secado con la ecuación:

$$N = \frac{(\Delta X / \Delta \theta)}{A} \frac{S_s}{A}$$

donde

N = Velocidad de secado, Kg agua/m<sup>2</sup>

S<sub>s</sub> = Peso del sólido seco, Kg de sólido seco

A = Área de exposición, m<sup>2</sup>.

ΔX = cambio de humedad al secado que sufre el sólido en el tiempo .

Δθ = Intervalo de tiempo en que ocurre el secado.

Para obtener la velocidad de secado fué necesario calcular el área de exposición de secado A. Este valor se determinó de la siguiente manera:

Considerando al cedejo con una forma geométrica de un cilindro se tiene:

$$A = 2 \pi r L + \pi r^2 \dots \dots \dots (A1)$$

donde

r = radio de un hilo del cadejo

L = longitud de los hilos encadejados.

Si se sabe que un cadejo tiene 2002 hilos y cada hilo mide -  
0.22 metros, la longitud total del cadejo es:

$$L = 0.22 \text{ m} \times 202 = 44.4 \text{ m.}$$

Sustituyendo en la ecuación (A1) este valor se tiene:

$$A = 2 (0.00075 \text{ m}) (44.4 \text{ m}) + (0.00075)^2 \text{ m}^2 =$$

$$A = 0.209 \text{ m}^2$$



## B I B L I O G R A F I A

1. BANASLD ORVILLE J. "Pasta Processing". -- Cereal Foods World. -- Vol. 26. 1981.
2. BAHON FELIX, P. "El gran invento del señor Spaguetti". Muy interesante. -- Vol. 4, no. 1 (1987).
3. BECERRA ARTEAGA, Patricia. Estudio del efecto de la uniformización de tamaño de partícula de la semolina sobre los atributos de calidad de la pasta alimenticia formato spaguetti. -- Patricia Becerra Arteaga . -- México: 1985. -- Tesis (licenciatura en ingeniería en alimentos) -- UNAM-FES Cuautitlán.
4. BRENNAN BUTERS. Food Engineering operations. -- 2nd ed. -- London-England : Applied Science Publishers limited., 1979.
5. BRAIBANTI & C.S.P.A. Catálogos de equipo para pastas.Milano.
6. DESROSIER W, Norman. Elementos de Tecnología de Alimentos. -- México: CECSA, 1983.
7. FLORES I. Manual de operación de la industria de pastas. México : Gamesa, 1980.

8. FLORES VELAZQUEZ, Sofía. Normalización de métodos para evaluación de calidad de la pasta alimenticia formato spaghetti. -- México : Sofía Flores Velazquez. 1985.-- Tesis (licenciatura en ingeniería en alimentos) -- UNAM-FES Cuautitlán.
9. FOUST, Wnzel. Principios de operaciones unitarias. -- México : CECSA, 1983.
10. GEANKOPLIS. Procesos de Transporte y operaciones unitarias -- México : CECSA, 1982.
11. HOSENEY R., Carl. Principles of cereal science and Technology. -- Minnesota, USA : American Association of Cereal Chemists, 1986.
12. HUMEL C. Macarroni Products. -- London : Food Trade Press, 1966.
13. JAMES M, L., Smith G. Métodos Numéricos aplicados a la computación digital fortran. -- México : Representaciones y servicios de Ingeniería, S.A., 1973.
14. JAMIESON, Michael y Peter Jobber. Manejo de los Alimentos. -- México : Alpax, 1975. Vol. 2.

15. KENT N.L. Tenología de Cereales. -- 3a. ed. -- España : Acribia, 1971.
16. KNEULE Friedrich. El Secado. -- Bilbao España : Urmo S.A., 1976.
17. LIPKRA, Josth. Computaciones gráficas y mecánicas. -- 11a. ed. -- México : CECSA, 1972.
18. MANSER, J. Parámetros óptimos para la elaboración de pastas alimenticias, pastas largas, por ejemplo. -- Uzwil Suiza.
19. Manual de elaboración de pastas. -- México : Ganesa Inguran.
20. MATZ, Samuel A. Cereal Technology. -- Wesport, Connecticut : The AVI Publishing, Company London, England, 1970.
21. OCON GARCIA, Tojo B. Problemas de ingeniería química, operaciones básicas. -- 5a. ed. -- México : Aguilar, 1980. Tomo II.
22. OSTROVSKY. Fundamentos de la tecnología de los productos alimenticios. -- Moscú : Mir.
23. PAVAN. El Moderno Pastificio. h.t. alta temperatura. -- México : 1986.

24. PERRY, Robert H. and Cecil H. Chilton. Chemical engineers handbook. -- 5a. ed. -- Mc Graw Hill Book Company, 1973.
25. PUAL. Secado de Alimentos. -- Memorias de Curso., 1982.
26. "Relationship Between Durum Wheat protein properties of Pasta dough rheology a spaguetti cooking quality". -- J. Agr. Food Chem. 28 : 899 s/o, 80.
27. ROSALES, Ruben R. Diseño de un secador. -- Simposium de - la ATAM de México A.C.
28. SCADE, J. Cereales. -- España : Acribia, 1975.
29. MEXICO. SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. Norma Oficial Mexicana NOM F - 23 - 1980. Pasta de Harina y/o sémola para sopa y sus variedades.
30. SINGH. R, Paul. Dennise Heldman. Introduction to food engineering. -- E.U. : Academic Press, INC. , 1984.
31. TAYLOR Sybron. Relative Humidity tables. -- USA : Taylor Scientific Consumer. Division Instruments of Sybron Corp.

32. TREYBAL, Robert E. Operaciones de transferencia de masa.  
-- México : Mc Graw- Hill, 1980.
33. WAYNE W., Daniel. Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud. -- 5a. ed. -- México : Limusa, 1985.
34. WYLAND A. R. D. Appolonia B.L. "Influence of Drying Temperature and Farina Blending on Spaghetti Quality". Cereal Chemistry. -- Vol. 59. no. 3, 1982.
35. WOODS S. , Federico, Federico Bailey H. Geometría Analítica y cálculo infinitesimal. -- la. ed. -- México : Union Tipográfica, hispano americana. 1960.
36. ZENON, Renato. Tecnología de producción y mantenimiento de los equipos para la fabricación de pastas alimenticias  
-- Memorias del Curso de Tecnología de pastas. -- México : 1986.