



MOLINERÍA DE TRIGO

ING. RAFAEL VILLANUEVA FLORES.

La molienda de granos para alimentación humana data de más de 8,000 años. En el transcurso de los siglos la molinería ha pasado de ser una actividad eminentemente casera y laboriosa a una actividad altamente tecnificada y automatizada. Lejos de ser una operación relativamente sencilla, como pudiera suponerse, la molienda del trigo constituye un laborioso proceso industrial que requiere el empleo de un gran número de complicadas máquinas.

La molienda no se efectúa en una sola operación, sino a través de una serie de reducciones graduales. En la mayoría de los países industrializados la industria molinera es un negocio altamente especializado y complejo. En el Perú, el trigo constituye el rubro más importante dentro de las importaciones de alimentos.

INTRODUCCION

Los cereales constituyen, desde milenios, la fuente principal de alimentos para el mundo; entre ellos está el trigo, del cual se obtiene la harina que es el insumo más importante para la elaboración de pan, fideos (1) y galletas. El trigo se introdujo en el Perú durante los primeros años de la conquista española, posiblemente en 1538 y desde entonces se constituye en el cereal de mayor consumo de la población peruana.

Entre las harinas de cereales, sólo la harina de trigo posee la habilidad de formar una masa viscoelástica capaz de retener una gran cantidad de burbujas de gas y producir productos horneados ligeros o livianos de consistencia esponjosa y suave. Se atribuye esta singular propiedad a las proteínas del trigo y más específicamente al compuesto de proteínas denominado gluten.

El grano de trigo esta compuesto, en términos generales, por el endosperma (80-85% en peso) que es el depósito alimenticio de la planta formado principalmente de células llenas de almidón embebidas en un medio formado por proteínas, el salvado (13-17%) constituido por las capas externas que circundan al grano, y por el germen (2-3%) que con el tiempo da lugar a la nueva planta.

El objetivo en la elaboración de harina blanca es la separación gradual del salvado y el germen del endos-

perma y la reducción gradual de éste último a partículas muy finas. Esta separación mecánica parcial es posible en virtud a diferencias en las propiedades físicas de las partes constituyentes del grano de trigo. Así pues, el salvado, por contener gran proporción de fibra, es duro y tenaz, y en cambio es friable el endosperma, que es amiláceo. El germen, en cambio, por la gran cantidad de aceite que contiene, se convierte fácilmente en escamas cuando pasa entre rodillos lisos. Estos tejidos se diferencian también en densidad, lo que permite utilizar con provecho corrientes de aire.

En los molinos modernos se producen muchos tipos de harinas, cada uno adecuado para determinado fin. Semejante especialización impuesta por la industria ha obligado a los empresarios a realizar modificaciones en los antiguos métodos de molienda a fin de producir harinas más blancas y de mejor calidad, a pesar del constante aumento en el número de variedades de trigo que llegan a los molinos. Sin embargo, los pasos básicos para la fabricación de harina siguen siendo los mismos (ver figura 1).

RECEPCION Y LIMPIEZA PRELIMINAR

El trigo es recibido y almacenado en la parte del molino conocida como elevador (complejo de silos). El elevador consiste de facilidades para la descarga del grano, balanzas, silos de almacenamiento, transportadores, equipos de limpieza preliminar, lo mismo que equipos auxiliares tales

(1) Normalmente elaborados a base de semolina (sémola de grano durum)

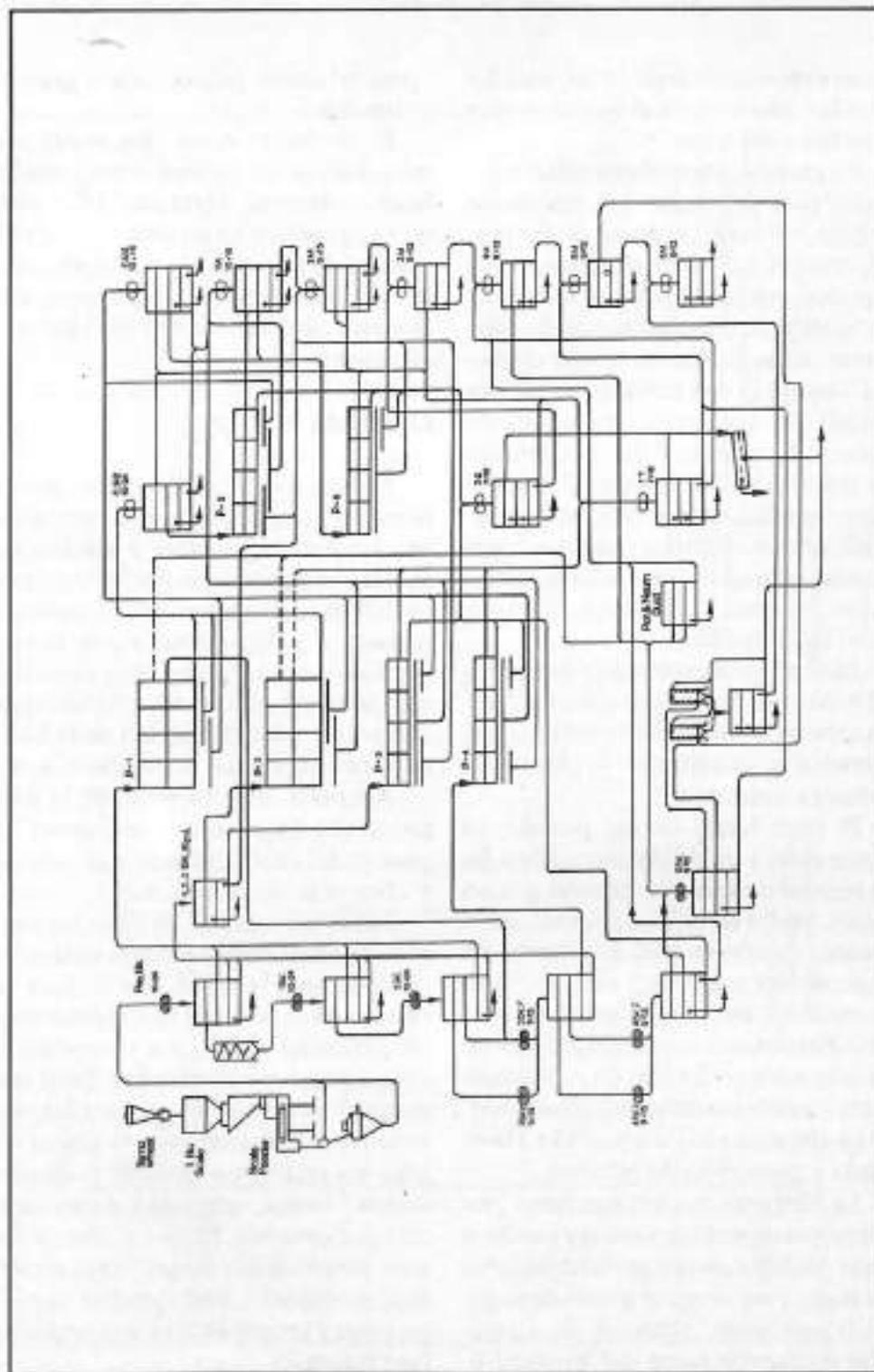


Figura 1: Diagrama de flujo para un molino de trigo.

como sistemas de aspiración, secadores y facilidades para el movimiento y mezclado del trigo.

En general, los molinos están equipados para descargar el cereal desde buques, barcazas, vagones de ferrocarril, camiones o carros de granjeros. El trigo que ingresa es pesado, muestreado, e inmediatamente analizado. Mediante la inspección se realiza el control del peso hectolitrico (peso por unidad de volumen), contenido de humedad, proteína y cenizas, presencia de impurezas o material extraño (otras semillas, arena, paja, tierra, piedras), granos dañados (partidos, quemados, encogidos, inmaduros, infestados), insectos y usualmente también actividad amilolítica.

Básicamente existen solamente tres métodos de recepción: tolvas de recepción, combinadas con elevadores; elevador a cangilones y planta de descarga neumática.

El trigo luego de ser pesado, es descargado a través de una rejilla a fin de removerle material extraño grueso (palos, trozos de bolsas, papeles, etc.). A continuación es pasado a través de un separador magnético, el cual remueve material metálico (clavos, fierros, etc.). Finalmente es pasado a través de un limpiador preliminar en su trayecto hacia los silos de almacenamiento donde es almacenado de acuerdo a clase, grado y contenido de proteína.

La limpieza preliminar tiene por objetivo remover impurezas y residuos libres de dimensiones apreciablemente mayores y menores al grano de trigo. Adicionalmente, sistemas de aspiración remueven parte del material li-

viano tal como polvo, paja y granos arrugados.

Es de hacer notar que todas las máquinas de un molino de trigo están herméticamente cerradas. El polvo que se produce es arrastrado por corrientes de aire creadas por ventiladores y queda depositado en sacos especiales que lo retienen sin obstruir el paso del aire.

LIMPIEZA

El trigo que llega al molino, generalmente, requiere de una limpieza mucho más exhaustiva y cuidadosa que la proporcionada por la limpieza preliminar a fin de removerle material extraño o peligroso tal como tierra, piedras, metales, paja y otras semillas, que pudieran afectar adversamente la apariencia y funcionalidad de la harina e incluso averiar al molino mismo.

Así pues, los objetivos de la limpieza del trigo son el mantener la pureza del producto final y la calidad y eficiencia de la molienda.

Las impurezas en el trigo son removidas por poder resultar tóxicas o dañinas para la salud, por reducir la calidad de la harina y por representar un potencial daño para el equipo y riesgo para los trabajadores. Estas impurezas pueden ser separadas en virtud a diferencias con el grano de trigo en relación a tamaño y dimensiones, forma, gravedad específica, comportamiento bajo corrientes de aire, propiedades magnéticas, superficie de fricción, friabilidad al impacto, color y propiedades electrostáticas (ver figura 2).

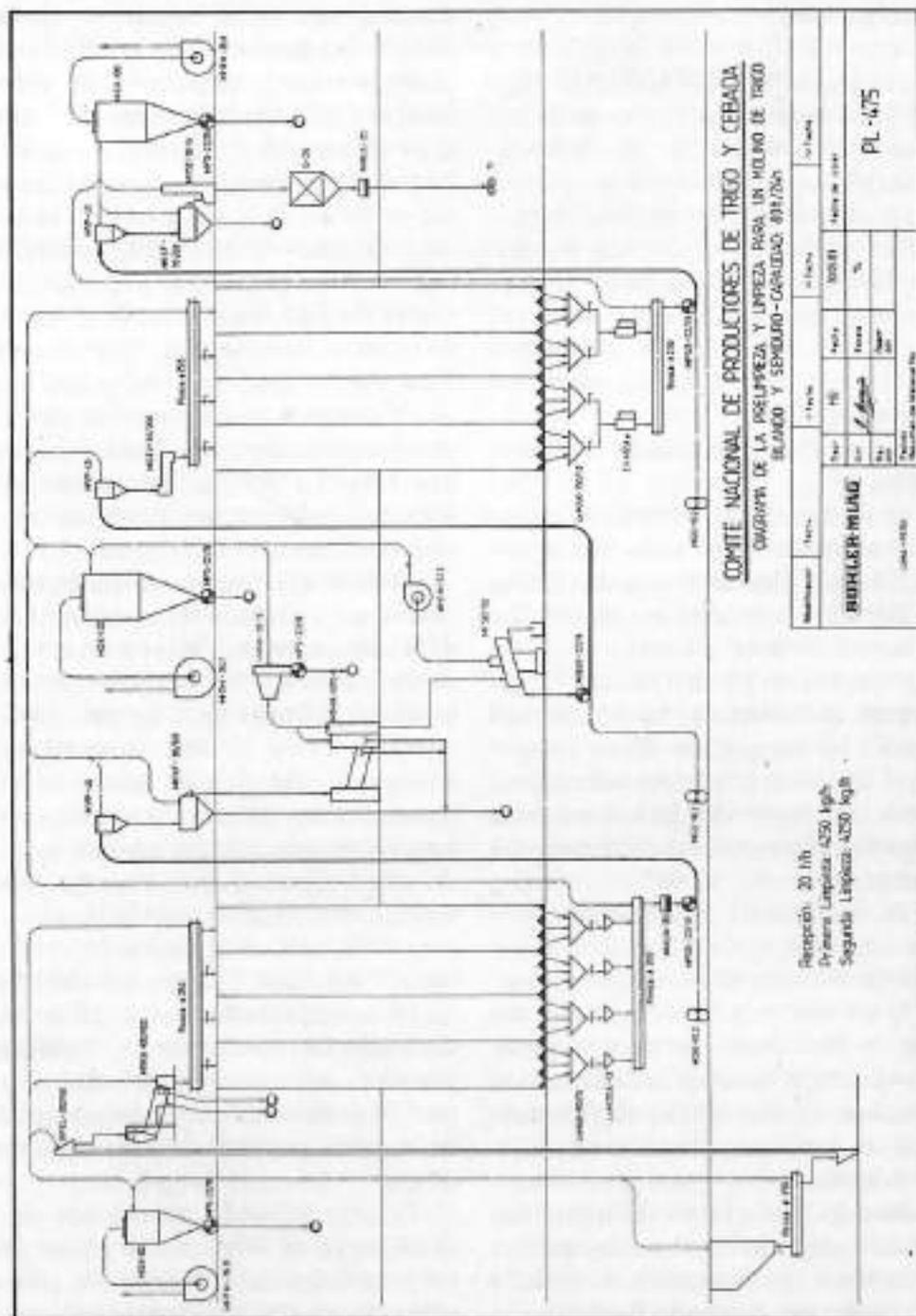


Figura 2: Diagrama de pre-limpieza y limpieza para un molino de trigo.

ACONDICIONAMIENTO O TEMPERADO

Luego de la limpieza final el trigo está listo para ser acondicionado. El acondicionamiento puede definirse como el tratamiento del trigo, previo a la molienda, mediante una combinación de humedad, tiempo y calor con la finalidad de preparar al trigo particular que va a ser molido hacia el óptimo estado a fin de lograr una eficiente molienda de acuerdo a un proceso dado.

El propósito del acondicionado es doble:

1) Endurecer al salvado para hacerlo resistente a ser reducido a partículas muy finas durante la molienda. El salvado con alto contenido de humedad es duro y tenaz y tiende a permanecer en partículas más largas durante la molienda, haciendo más sencilla su separación. Caso contrario, el salvado una vez pulverizado no puede ser separado de la harina en ninguna etapa posterior del proceso de molienda.

2) Suavizar al endosperma para que adquiera óptima blandura y sea fácil de moler y convertir en harina.

El acondicionamiento correcto del trigo limpio es esencial para asegurar una eficiencia máxima de la molienda y un desempeño óptimo (funcionalidad) de la harina u harinas resultantes. Los efectos adversos de un acondicionado incorrecto difícilmente pueden ser corregidos en etapas posteriores del proceso o durante la utilización del producto final.

La extensión y frecuencia del

acondicionamiento dependen del contenido inicial de humedad y de la dureza del grano. En general trigos duros y vítreos requieren de más tiempo y pueden tolerar niveles más altos de humedad que trigos suaves. Trigos duros pueden ser acondicionados de 10-36 horas hasta un nivel de humedad de 16-16.5%, mientras trigos suaves pueden requerir únicamente de 4 a 6 horas a fin de obtener un nivel de humedad de 15-15.5%. El trigo durum (para la producción de semolina para la elaboración de fideos) es una excepción dentro de los trigos duros y vítreos, pues puede ser acondicionado más eficientemente en etapas de no más de 6 horas.

Durante el acondicionamiento, una cantidad controlada de agua es añadida, usualmente, a través de rociadores o pitones atomizadores, a una cantidad definida de trigo en movimiento a través de un transportador de tornillo sin fin. Actualmente el transportador de tornillo sin fin está siendo reemplazado por un mezclador de alta velocidad que imparte una acción de mezclado más vigorosa y por ende, una más uniforme distribución del agua. El trigo húmedo es luego transportado hacia silos de almacenamiento donde es retenido por un número determinado de horas para permitir una óptima distribución de humedad a través de todo el grano de trigo.

Debido a que la penetración del agua hacia el interior del grano es esencialmente un proceso de difusión, éste es acelerado por altas temperaturas. Es por ello que en algunas

ocasiones se utiliza calor en conjunción con agua para suavizar el endosperma. Sin embargo, hay que tener sumo cuidado pues el gluten puede desnaturalizarse por temperatura, motivo por el cual hay que evitar temperaturas mayores a 50° C.

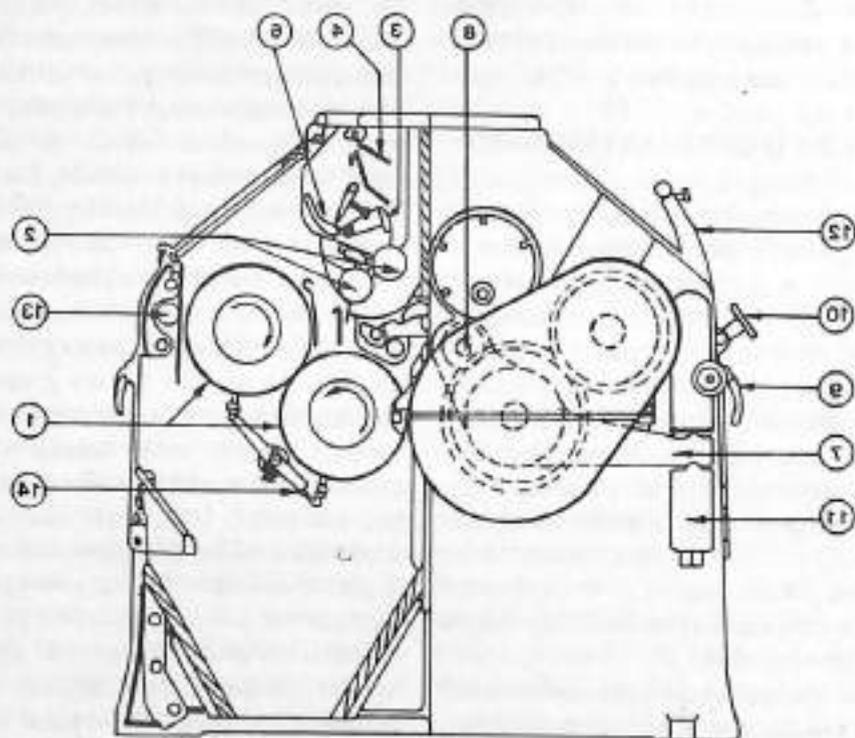
ROTURA O QUEBRANTAMIENTO

El sistema de rotura o quebrantamiento tiene por objetivo separar al salvado y germen del endosperma. Consta de 5 ó 6 roturas. Puede dividirse, a su vez, en roturas primarias (primera, segunda y tercera) y roturas secundarias (cuarta, quinta y sexta). Las roturas primarias abren al grano, quebrando la mayor parte del endosperma y clasificándolo de acuerdo a tamaño. Las roturas secundarias por su parte, raspan el endosperma remanente en el salvado de la manera más pura posible.

La operación de quebrantamiento se efectúa en rodillos (cilindros) estriados, que suelen tener 61-125 cm de longitud y 22.5-25 cm de diámetro y que giran en direcciones opuestas con diferencial de velocidades aproximadamente 2.5:1. Cada banco de molienda consta de dos pares de rodillos normalmente montados uno a la espalda del otro en un solo bastidor, cada par de rodillos siendo impulsado separadamente y teniendo mecanismos de alimentación y ajuste independientes. De este modo, un banco de molienda es realmente dos pares de rodillos en un bastidor (ver figuras 3 y 4).

Los primeros rodillos de rotura

suelen tener 4-5 estrías por centímetro y su número aumenta según se avanza en el sistema de trituración, hasta llegar a 10-11 estrías por centímetro en el último rodillo de quebrantamiento. Las estrías no son paralelas, sino que siguen dirección espiral, que aumenta según va siendo mayor el número de estrías. Como los rodillos giran en dirección contraria, los bordes de las estrías del rodillo rápido se cruzan con las del rodillo lento, de suerte que obran por aplastamiento y por cortadura sobre el trigo, que va cayendo en chorro rápido entre los rodillos. La acción de un juego de rodillos de rotura puede ser descrito como el rodillo lento reteniendo al material mientras el rodillo rápido lo raspa o rasga. Los primeros rodillos de rotura están algo separados entre sí, de modo que el trigo se aplasta ligeramente y se produce una pequeña cantidad de material fino o harina. Después del cernido (que describiremos más adelante) el material grueso es transportado a los segundos rodillos de rotura, que están algo más juntos que los primeros; en ellos el material es aplastado más finamente y se desprenden fragmentos gruesos de endosperma. Este proceso de rotura y cernidos alternados se repite hasta hacer 4,5 ó 6 roturas. El material que pasa a cada rotura sucesiva contiene cada vez menos endosperma. Luego del quinto o sexto quebrantamiento, los fragmentos mayores constan de salvado que tiene adherido una brevísima cantidad de endosperma, el cual es removido por una máquina aventadora que separa



- | | | | |
|---|-------------------------|----|---|
| 1 | Rollos principales. | 9 | Volante de ajuste (para fijar los rollos paralelos). |
| 2 | Rollos de alimentación. | 10 | Volante de ajuste (luz entre rollos). |
| 3 | Placa alimentadora. | 11 | Caja de resortes. |
| 4 | Placa pivotada. | 12 | Palanca de desembrague. |
| 6 | Escala e indicador. | 13 | Eje excéntrico conectando los engranajes reguladores. |
| 7 | Brazo de soporte. | 14 | Cepillos para limpiar los rollos. |
| 8 | Pivote de soporte. | | |

Figura 3: Dibujo esquemático de un banco de molinera (de: Richardson, 1965).



Figura 4. Sala de molienda.

el salvado de una pequeña cantidad de harina de bajo grado, después de lo cual se ensaca el salvado. Hay que tener presente que en cada operación, el molinero trata de evitar una excesiva reducción del salvado, controlando de este modo la cantidad de endosperma removido en cada etapa.

CERNIDO

Después de cada quebrantamiento en los rodillos, el material es transportado a un cernedor, que esencialmente consiste de una gran caja provista de una serie de tamices superpuestos rotando en un plano horizontal (ver figura 5). Los cernedores están

dispuestos en secciones, cada sección conteniendo hasta treinta (capas) tamices. La máquina completa puede tener dos, cuatro, seis u ocho secciones. Los tamices más altos tienen malla de alambre ancho para separaciones gruesas, siguiendo tamices de alambre fino, nylon o seda cada vez más finos para separaciones intermedias y finas.

La operación de un cernedor es relativamente simple (ver figuras 6 y 7). El material entra por la parte superior de la máquina, de suerte que las partículas más finas pasan por los tamices al descender desde la parte superior (cabeza) hasta el fondo (cola). Las partículas gruesas que no pasan

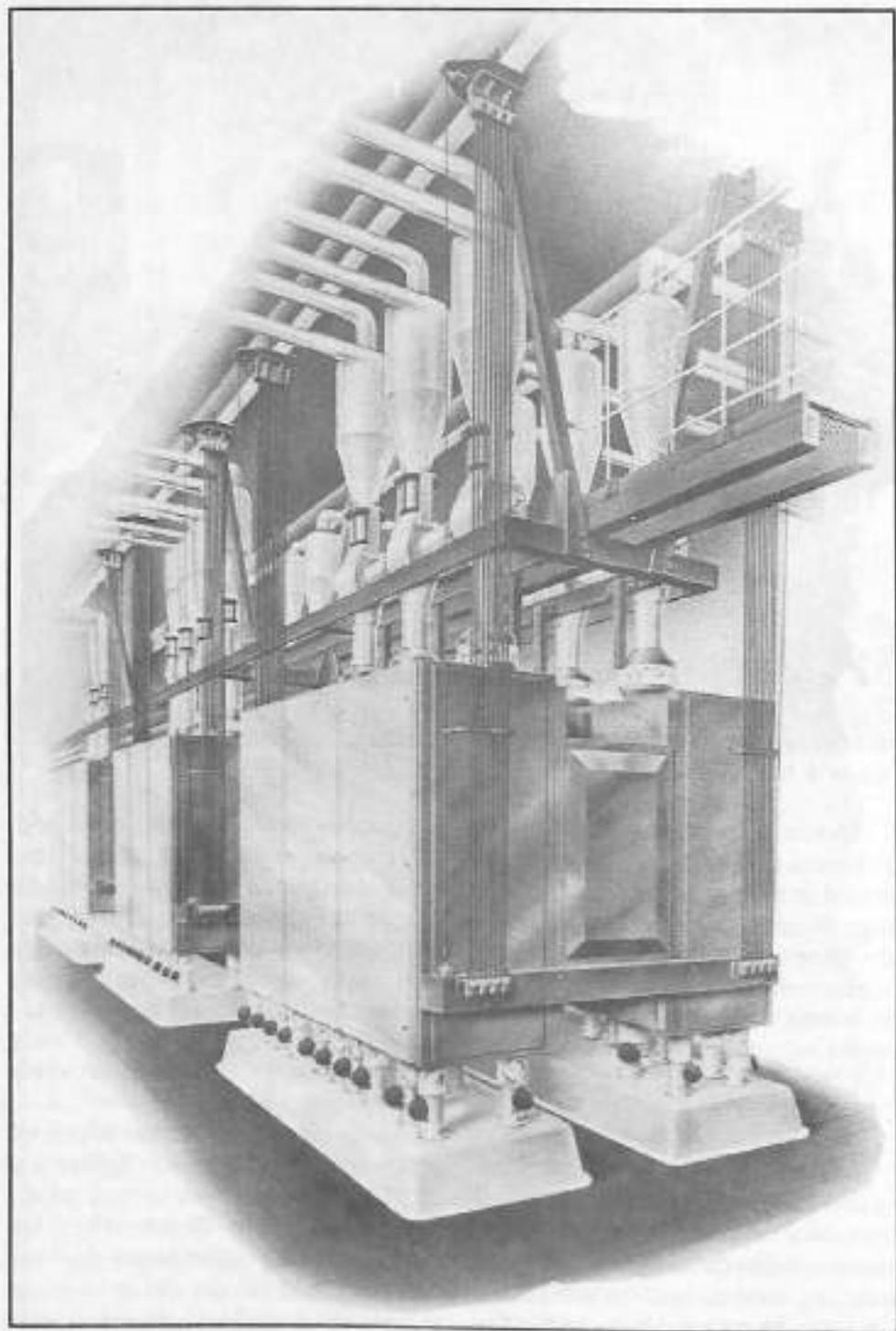
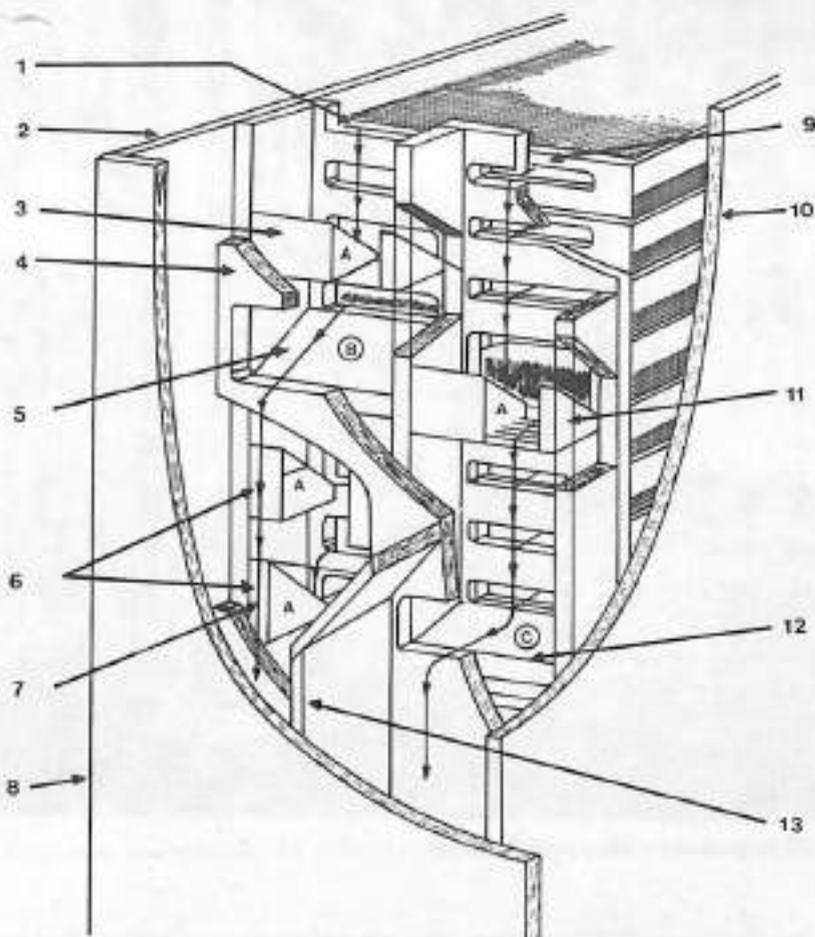


Figura 5. Cernador.



- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Colas de este lado. | 8 | Panel trasero. |
| 2 | Tabla lateral. | 9 | Material pasante por este lado. |
| 3 | Desviador "A" de volviendo las colas a la zaranda siguiente. | 10 | División. |
| 4 | División trasera. | 11 | Desviador devolviendo los productos pasantes a la zaranda siguiente -- el material pasante puede ser sacado aquí sustituyendo el desviador "A" por el desviador similar a "C" e invirtiendo la división trasera. |
| 5 | Colas llevadas afuera -- si se desea, los productos pasantes de esta zaranda pueden secarse fuera pero las colas retornarían a la zaranda siguiente por medio de un desviador similar al "A" en vez del desviador "B" y la división trasera sería invertida para formar abertura sobre el lado del material pasante. | 12 | El material pasante sacado aquí, puede retomar a la zaranda siguiente sustituyendo el desviador "C" por el "A" e invirtiendo la división trasera. Si se hace esto, las colas serían llevadas afuera. |
| 6 | Desviadores devolviendo las colas a las zarandas siguientes. | 13 | Placas inclinadas para adaptarse a la disposición de las descargas. |
| 7 | Las colas pueden ser sacadas aquí sustituyendo al desviador "A" por el "B" e invirtiendo la | | |

Figura 6: Vista isométrica de un Cernedor (de Richardson, 1965).

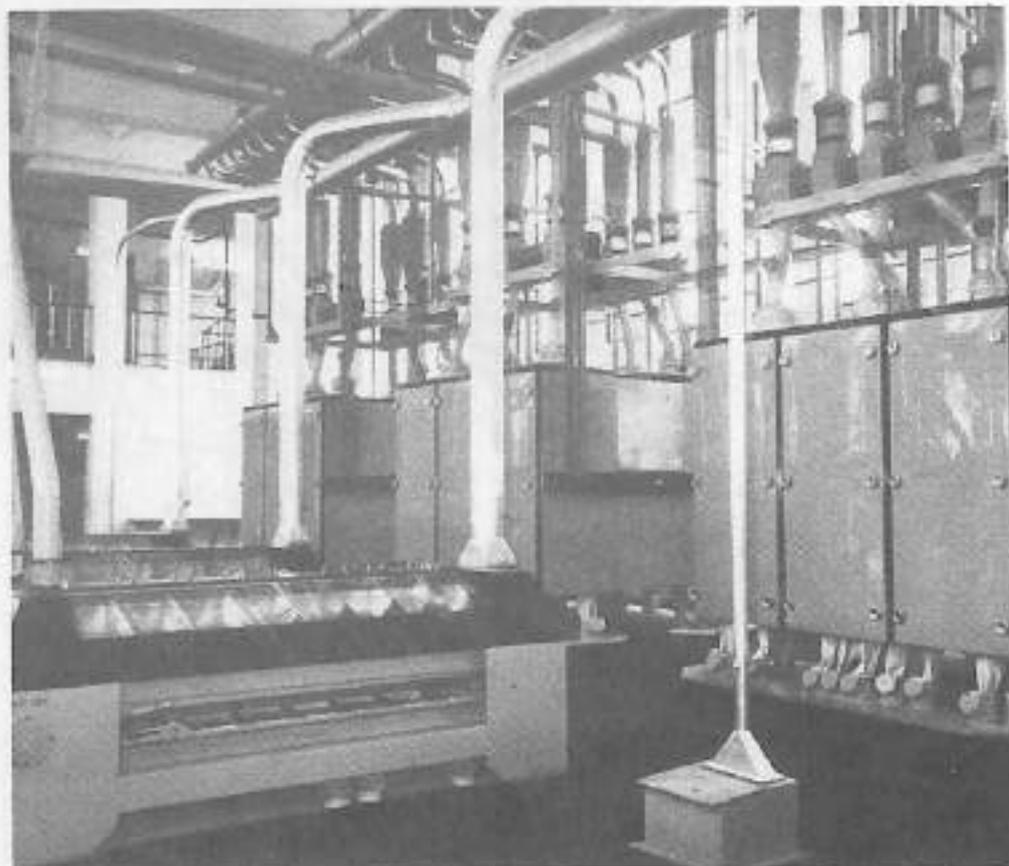


Figura 7: Sala de cernido y purificación.

por un tamiz se acumulan en él y son eliminadas de la caja tamizadora. De esta manera se separan tres clases de material: fragmentos gruesos, que pasan a la siguiente rotura hasta que sólo queda salvado; partículas finas o harina, que pasan por el tamiz más fino o de harina, y partículas granulares de tamaño intermedio que se conocen con el nombre de sémolas.

PURIFICACION

Las sémolas consisten de una mezcla de endosperma puro, endosperma con partículas de salvado adherido y

de pequeñas partículas de salvado. El objetivo del sistema de purificación es el de separar el endosperma puro de las partículas de salvado u otras impurezas (germen) y clasificar al material en rangos de tamaño apropiados para una eficiente molturación.

Un purificador es esencialmente un gran tamiz inclinado cuyas aberturas se vuelven más gruesas de la cabeza a la cola (ver figura 8). El tamiz es sacudido con rápido movimiento de vaivén y una corriente de aire que atraviesa el cedazo de abajo hacia arriba causa que el material se estratifique; el material muy ligero es

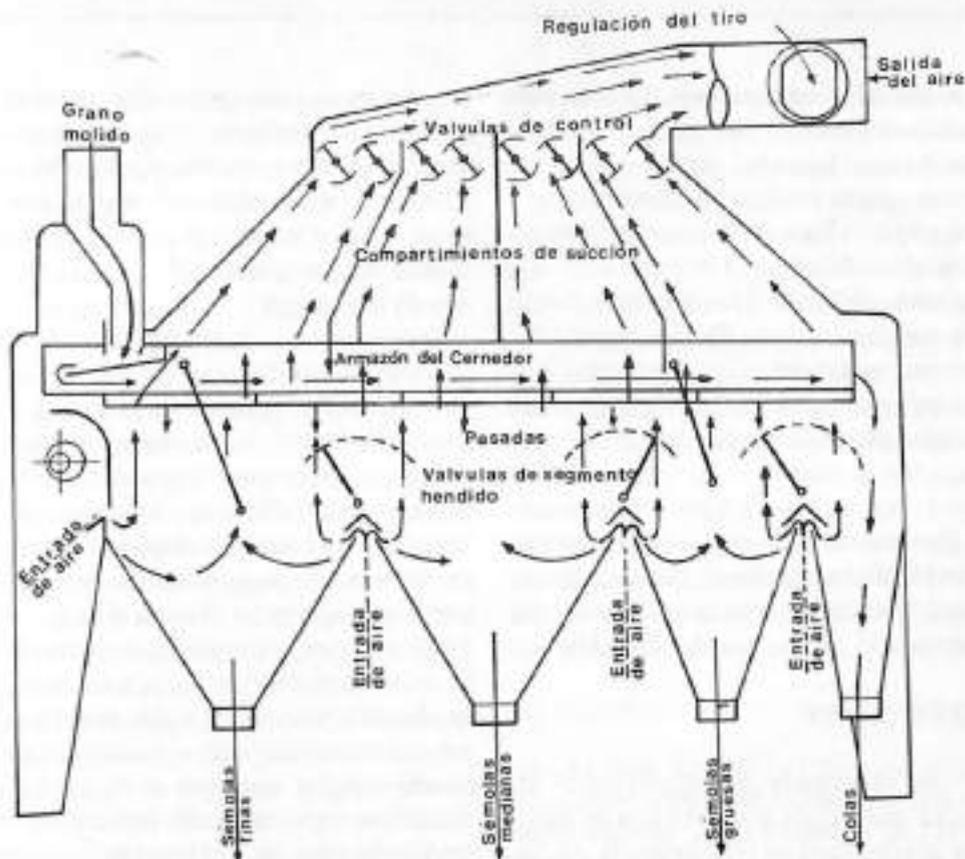


Figura 8: Diagrama que representa los principios del purificador (de Richardson, 1965).

arrastrado hacia colectores de aire y las partículas de salvado son retenidas en la superficie de los gránulos de sémola en movimiento, de modo que se acumulan en la cola del tamiz. Seleccionando corrientes de aire controladas y tamices apropiados, el molinero puede "afinar" efectivamente un moderno purificador para optimizar la separación del salvado de las sémolas, las cuales son reducidas a harina en los rodillos de reducción. Así pues, un purificador realiza operaciones de transporte, estratificación, separación y cernido.

El purificador es probablemente el

equipo más difícil de entender, regular y controlar en un molino.

SEMOLAS

Este sistema es entendido mejor como una mini-rotura o requiebramiento para los gránulos largos de sémola con salvado adherido provenientes del sistema de purificación. Cumple funciones de separación de partículas compuestas, aplanamiento de las partículas de salvado y germen, y clasificación del endosperma por tamaño. El objetivo principal de este sistema es el de raspar el material para

liberar al endosperma del salvado adherido con la mínima producción de harina posible. Este objetivo es conseguido moliendo el material entre rodillos lisos o finamente corrugados para facilitar la separación del salvado del endosperma. El material ya molido es cernido y las partículas largas de salvado son separadas primero. La fracción de endosperma puede contener aún partículas de salvado que pueden ser removidas por purificación. Si al ser purificado, el material es suficientemente puro puede ser enviado directamente al sistema de reducción; caso contrario puede ser retornado al sistema de sémolas.

REDUCCION

En el sistema de reducción, la sémola purificada y clasificada es molida gradualmente y convertida en harina mediante rodillos lisos o muy finamente corrugados que también giran en sentido contrario con diferencial de velocidad de 1.5:1. Se ajusta muy bien el espacio que queda entre los rodillos, de acuerdo con la granulación de la sémola. Al pasar los fragmentos de endosperma por los rodillos de aplastamiento y frote, los reduce a sémola más fina y harina y, en cambio, los fragmentos de salvado se aplanan y convierten en escamas. Después de cada reducción el producto es cernido en su propio cernedor, de igual manera que el material de rotura. La mayor parte de los fragmentos de salvado es separado en el cedazo superior, y la harina pasa por el cedazo más fino o inferior. La

sémola remanente se clasifica según su tamaño por medio de cedazos intermedios, va a sus respectivos purificadores y luego a otros rodillos de reducción. Estas operaciones se repiten hasta que la mayor parte del endosperma queda convertido en harina y se separa la mayor parte de los fragmentos de salvado como despojo de reducción.

Se pueden producir muchos grados diferentes de harinas, lo que depende de las combinaciones que se hagan con las diferentes fracciones de la harina. La harina de más alto grado es la que se separa en la primera cernida, es la más blanca y tiene la proporción más pequeña de salvado. La que se obtiene de cada uno de los quebrados y cernidos siguientes tiene progresivamente más salvado y es de grado inferior. Cuando se combinan todas las fracciones de la harina, el producto que se obtiene se conoce como harina entera o completa, o sea que contiene todas las partes del endosperma del grano del trigo. Las harinas "de patente" están constituidas por las fracciones más finas y más blancas de la harina entera.

ENVASADO

Obtenida la harina y los sub-productos, se llenan en sacos (2) mediante una envasadora automática. Dos roscas fijadas a un eje vertical efectúan esta labor de envasado, distribuyendo una de ellas la mercancía y com-

(2) En muchos molinos la harina es almacenada en silos y transportada a granel, en camiones especiales, a los usuarios finales.

primiéndola dentro del envase la segunda, con lo que el empaque se realiza a presión uniforme, que se regula previamente por medio de contrapesos. A continuación los sacos son cosidos en forma automática.

CONCLUSIONES

Las importaciones de trigo han tenido una participación creciente durante los últimos veinte años, dando lugar a una peligrosa dependencia de la economía nacional en el abastecimiento de este grano. Actualmente se importan alrededor de 900,000 t. de trigo anuales con un valor C.I.F. superior a US\$ 120'000,000, mientras que, para 1991, la producción nacional solo alcanzó a 127,646 t. La presencia, cada vez más importante de las importaciones de trigo para satisfacer el consumo interno establece una riesgosa subordinación a los vaivenes del mercado internacional de productos que constituyen alimentos básicos del poblador peruano.

Los molinos en nuestro país afron-

tan el reto de optimizar sus sistemas de molienda con el objetivo de hacer uso, de la manera más eficiente posible, del insumo escaso a fin de incrementar su productividad.

Por otro lado, ya es hora de atenuar la dependencia del sector externo en lo que se refiere a la importación del trigo. Las condiciones generales de topografía, clima y suelo en las zonas productoras son favorables para el cultivo del trigo. Las modernas variedades desarrolladas (producto del trabajo de muchos años de investigación) para nuestra realidad presentan altos rendimientos y son resistentes a las plagas. ●

BIBLIOGRAFIA

- Bass E.J. 1988. Wheat Flour Milling. En: Wheat Chemistry and Technology. American Association of cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- Lockwood, J.F. 1960. Flour Milling. Henry Simon Ltd. Stock Part. The Northern Publishing Co. Ltd. Liverpool, England.
- Richardson, A. 1965. Tratado de Molinería. Editorial Sintet. Barcelona, España.

FILOSOFIA DE TAYLOR *

- 1 Para cada trabajo, aplicando el método científico de investigación, obtener un método mejorado.
- 2 Seleccionar al hombre más adecuado para el puesto, instruirlo y capacitarlo adecuadamente.
- 3 Dotando al trabajador con herramientas apropiadas y condiciones ambientales adecuadas, que en coordinación con éste se pueden definir para ejecutar el trabajo en las condiciones propuestas.
- 4 Compartir la responsabilidad del trabajo entre la gerencia y el trabajador.

* Tomada de "PRINCIPIOS DE LA ADMINISTRACION CIENTIFICA". Pág. 94 F.W.TAYLOR.