



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

19074

Distr. RESERVADA

IO/R.197

21 mayo 1991

ESPAÑOL

Original: FRANCES

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

---

PROYECTO DE COOPERACION ENTRE VENEZUELA Y FRANCIA  
EN LA ESFERA AGROINDUSTRIAL

US/VEN/88/242/11-56/J.13103

VENEZUELA

Informe técnico: Misión de inspección de los silos  
para almacenamiento de granos\*

Preparado para el Gobierno de Venezuela por la Organización  
de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Basado en el trabajo de J. C. Lasseran y P. Rignault,  
expertos especializados en el almacenamiento  
y tratamiento de cereales

Funcionario oficial de apoyo: S. Miranda da Cruz,  
Dependencia de Agroindustrias

---

\* El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

INDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN .....	3
INTRODUCCION .....	5
I. LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO .....	7
A. Consideraciones generales sobre las instalaciones visitadas	7
B. Recepción de los granos .....	9
C. El manipuleo .....	12
D. El secado de los granos .....	13
E. La ventilación y la silotermometría .....	17
F. La desinsectación .....	21
G. La gestión de los silos .....	23
II. LA FORMACION .....	25
RECOMENDACIONES .....	26
CONCLUSIONES .....	28
 <b><u>Anexos</u></b> 	
Anexo 1 .....	29
Anexo 2. Estudio de un caso concreto de ventilación de silo .....	35
Anexo 3. Recepción y comprobación de los cultivos .....	46

## RESUMEN

Las instalaciones visitadas están correctamente situadas y son de acceso fácil, con espacios de circulación bien organizados. Los silos metálicos y los aparatos de manipuleo situados en el exterior sufren una corrosión aceptable. Toda la infraestructura de ingeniería está en buen estado.

Las operaciones de recepción de los granos se efectúan correctamente, aunque con aparatos poco modernos y poco rápidos; pero las esperas de camiones cargados de granos húmedos son demasiado largas, lo cual perjudica a la calidad del producto y resulta caro.

El manipuleo tiene una capacidad demasiado baja y está insuficientemente cuidado. Los circuitos son con frecuencia demasiado largos y complicados. Además, en ocasiones está mal concebido.

El secado parece ser el principal cuello de botella. De diseño antiguo, las secadoras están mal utilizadas. Los operadores desconocen las diferentes técnicas de utilización de estos aparatos y deberían efectuarse trabajos de investigación para determinar el mejor método de secado en función de las condiciones locales.

Las instalaciones de ventilación encierran numerosos errores de concepción o de cálculo. En los casos en que podrían funcionar correctamente, se las utiliza mal porque los operadores ignoran los principios básicos de una ventilación razonada. Además, la silotermometría es deficiente en todos los lugares.

Por todas partes se llevan a cabo labores de desinsectación, pero sin estrategia razonada en función del tipo de almacenamiento y de las características de los insecticidas y con frecuencia se superponen tratamientos.

La administración de los silos es compleja debido a la multiplicidad de los centros de decisión. Esto afecta a la gestión y al mantenimiento de las instalaciones.

Se hacen esfuerzos importantes en materia de higiene y seguridad del personal.

La falta de formación de personal (ventilación, secado, mantenimiento) es importante y los métodos de trabajo se adquieren "en la práctica" con perennización de malas costumbres al no disponerse de conocimientos básicos.

Conclusiones:

Se sugiere:

- La inspección técnica de un silo que permita, por una parte, elaborar un pliego de condiciones para la rehabilitación y, por otra, abrir una licitación para elegir a la empresa encargada de los trabajos de renovación (manipuleo, ventilación),
- El establecimiento de ciclos de formación y la creación de un centro permanente de formación que podría situarse en el silo rehabilitado,
- La iniciación de investigaciones aplicadas sobre secado y la calidad del maíz.

-----

## INTRODUCCION

La misión ha sido realizada a petición del Ministerio francés de Agricultura y Silvicultura (Servicio de Relaciones Exteriores) en nombre de la ONUDI por los señores:

Jean Claude LASSERAN, consejero científico encargado de las relaciones internacionales, Département Qualité et Délouchés Agro-Industriels, del I.T.C.F.  
(8, Avenue du Pt Wilson - 75116 PARIS - FRANCIA)

Philippe RIGNAULT, responsable del Departamento "Etudes techniques - Formation professionnelle" en la F.F.C.A.C.  
(11, Rue des Halles - 75001 PARIS - FRANCIA)

### Objetivos:

Aportar una opinión técnica sobre los equipos y el funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento de granos;

Analizar las necesidades de formación profesional del personal que trabaja en ellas y preconizar una política de formación para dicho personal.

### Programa:

La misión tuvo lugar del 3 al 16 de abril de 1991, de acuerdo con el siguiente programa:

3 de abril: Reunión con los responsables de la ONUDI, de PALMAVEN (sociedad filial de Petróleos de Venezuela), del Ministerio de Agricultura venezolano y de la Embajada de Francia,

Reunión con los responsables de la ONUDI,

Salida hacia ACARIGUA,

4 a 11 de abril: Visitas de centros de almacenamiento, asociaciones de productores y a productores en los Estados de PORTUGUESA y BARINAS.

### Principales silos y organismos visitados:

LA FLECHA (silo)

EL PLAYON (silo)

PROGRANOS SA (silo)

ASOPORTUGUESA (producción de simientes y almacenamiento + silo)

ASOVEMA (asociación de productores + silo)

ASOPRUAT (asociación de productores)

GUANARE II (silo)

LA VEGUITA (silo)

GUANARE I (silo)

PROINVEGRA (silo)

Delegaciones regionales de PALMAVEN.

También celebramos entrevistas con representantes de CASA y del Ministerio venezolano de Agricultura.

12-13 de abril: Reunión con el Sr. VERSAEVEL, agregado económico y comercial de la Embajada de Francia

Reunión con responsables de PALMAVEN

Redacción del informe de misión

15 de abril: Reunión de síntesis con representantes de la ONUDI, PALMAVEN, el Ministerio de Agricultura venezolano y de la Embajada de Francia

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los responsables de PALMAVEN que han organizado adecuadamente todos nuestros desplazamientos y nuestra estancia y con los que hemos mantenido numerosas entrevistas.

## I. LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO

### A. Consideraciones generales sobre las instalaciones visitadas

Las instalaciones visitadas están situadas fuera o en la periferia de aglomeraciones urbanas y poseen acceso fácil y playas de estacionamiento y de maniobras cómodas para los camiones.

En la mayoría de los casos, los accesos están correctamente dispuestos y los locales administrativos son suficientes en número y en superficie.

En algunas instalaciones (principalmente Guanare II) el sistema de evacuación de aguas pluviales está mal estudiado e inunda las fosas de recepción y los pies de las norias elevadoras.

Por lo que respecta a los silos de almacenamiento, hemos observado lo siguiente:

#### a) Silos metálicos

Pese a estar contruidos en chapa galvanizada, las paredes de ciertos silos están atacadas por el óxido, pero en una proporción todavía poco importante y que sería fácil de corregir. Esa oxidación está provocada sin duda por el aire de salida de las secadoras que funcionan con fueloil.

En cambio, los pies de los silos están bien protegidos por bovedillas de alquitrán y se encuentran en buen estado.

#### b) Silos de hormigón

El conjunto de la infraestructura de ingeniería se encuentra en buen estado, por no decir en muy buen estado. Las células tienen fondo cónico suspendido (fondo tolva), lo que evita infraestructuras de subsuelo, fuente de infiltraciones de agua.

No hay fisuras aparentes en los fustes de las células, lo que indica una buena construcción.

### Caso particular de LA VEGUITA

En las paredes de este silo de hormigón aparecen numerosos puntos de herrumbre. Puede tratarse de la oxidación de nódulos de pirita de hierro presentes en el hormigón o de la oxidación directa de los aros de hierro, ya que estas células están construidas según la técnica de encofrado deslizante.

Si no se pone remedio a la situación, esos puntos de herrumbre atacarán la estructura metálica y provocarán infiltraciones de agua en el grano almacenado.

#### Recomendaciones:

- Herrumbre en silos metálicos: . Limpieza con chorro de arena
  - . Pintura antioxidante (zinc o plomo):  
dos capas más una capa de acabado
  
- Herrumbre silo de hormigón LA VEGUITA:
  - . Desprendimiento de los hierros que se vean, de existir
  - . Protección mediante revestimiento anticorrosivo tipo SIKATOP ARMATEC 108
  - . Revocado y reconstitución de los volúmenes de resina epoxídica 2 componentes o similar
  - . Tratamiento antifúngico y revestimiento impermeable al agua.

## B. Recepción de los granos

Nada que mencionar acerca del pesaje de vehículos, las tomas de muestras en los camiones y los análisis de laboratorio. Todo ello se realiza correctamente, según nos ha parecido, pero con un material que con frecuencia es anticuado y que exige mucho tiempo.

Las principales operaciones son las siguientes:

- Pesaje: puente báscula de 80 ó 100 T, de cabeza electrónica en el 50% de los casos
- Muestreo manual mediante sonda. En LA FLECHA existe un muestreador automático pero que no funciona correctamente. Las muestras no pueden transportarse al local de análisis
- Medición del contenido de agua con un humidímetro dieléctrico "STEINLITE" anticuado
- Determinación de impurezas, granos quebrados, dañados, etc. por método manual con tamiz
- Búsqueda de insectos

Los puentes báscula y los humidímetros están sometidos anualmente a la inspección de los servicios oficiales.

### Recomendaciones:

Ulteriormente, sería interesante automatizar e informatizar las operaciones de recepción equipando con cabezas electrónicas todos los puentes báscula e instalando humidímetros más modernos que indiquen también la temperatura del grano y que puedan conectarse a un sistema informático.

También se podrían instalar limpiaadores-separadores automáticos de laboratorio para reemplazar la determinación manual de los granos quebrados y de las impurezas.

Existen en la actualidad numerosos tipos de buen rendimiento y varias marcas de los aparatos mencionados, lo que permite una elección adaptada a las necesidades de cada instalación y la posibilidad de que haya competencia entre proveedores.

### Espera de los camiones a la recepción:

Según se ha indicado a la misión, en los periodos punta de la recolección (octubre y noviembre en el caso del maíz) los camiones que transportan el grano de los productores esperan durante varios días (incluso hasta diez) delante del silo antes de poder descargar.

Todo ello es sumamente perjudicial para las diferentes profesiones afectadas.

Esta inmovilización forzada de numerosos vehículos es perjudicial, cuando menos, para la economía del país, puesto que un camión que no rueda es un camión que cuesta dinero y alguien tiene que pagarlo.

Por otra parte, un maíz húmedo (24% de H<sub>2</sub>O) y caliente que permanece durante varios días en un camión sufre en su calidad tecnológica y sanitaria: efectivamente, las temperaturas elevadas favorecen en gran medida el desarrollo de micotoxinas (aflatoxinas, acratoxina...) cuando el grado de humedad supera el 20%. Por último, se registra una importante pérdida de peso debido a la respiración y a la fermentación del maíz que quema su propio almidón.

Estudios realizados por el I.T.C.F. han demostrado en Francia que un maíz conservado con una humedad de 24% a una temperatura de 30°C pierde 0,5% de su peso cada cinco días.

No hemos tenido tiempo ni medios para analizar todas las causas de estas esperas.

- Es posible que los industriales prefieran ciertos silos, mejor situados y mejor equipados, y exijan proveerse en éstos,
- Pero deben existir también otras razones relacionadas con el sistema de reembolso parcial de los gastos de transporte y la organización general de los circuitos y las atribuciones de almacenamiento por el Ministerio venezolano de Agricultura,
- El hecho de que ciertos silos estén especializados (para arroz o para maíz) no permite una buena nivelación de los momentos punta de recogida del maíz.

#### Recomendaciones:

- Mejor programación de las entradas.

Esto entraña una reforma del método actual de reparto de cuotas industriales por siño y una mejor utilización de ciertos silos infrautilizados, como GUANARE I. Otros silos están totalmente cerrados y podrían rehabilitarse.

- Mejoramiento de las tasas de recepción y secado.

Las tasas de recepción son muy bajas: 50 T/h por término medio.

En LA FLECHA la tasa teórica es de 300 T/h, pero en la práctica no pasa de 200 T/h en los cinco módulos, lo cual es evidentemente insuficiente. La introducción de mejoras técnicas debería permitir alcanzar por lo menos 500 T/h en el caso del maíz mediante:

- supresión de los limpiadores-separadores, sustituyéndolos por cernidores-depuradores

- . instalación de transportadores de cadena con una capacidad de 100 T/h
- . sustitución de los cangilones de las norias por cangilones sin fondo (tipo STARCO) y aumento de la velocidad de las cintas transportadoras.

Técnicamente, esto parece posible habida cuenta de la configuración de las instalaciones. Mediante un estudio preciso se podrían determinar las modalidades concretas y su costo.

El cuello de botella seguiría siendo el secado, pero existen posibilidades para mejorar el rendimiento (véase el capítulo correspondiente).

### C. El manipuleo

Como se ha indicado, el manipuleo para la alimentación de los silos tiene un rendimiento demasiado bajo: entre 30 y 60 T/h.

En los silos de hormigón visitados (EL PLAYON, LA VEGUITA) el sistema de manipuleo está en el interior y tiene un aspecto correcto.

En los silos metálicos, se encuentra en el exterior, frecuentemente sin protección y muy afectado por la corrosión. Su estado es en ocasiones deplorable (GUANARE I y GUANARE II) y cabe preguntarse cómo es que puede todavía funcionar.

Muchos transportadores de cadena son de diseño antiguo y existen todavía transportadores de tornillo que ocasionan la ruptura de los granos.

El sistema de vaciado de las células metálicas redondas de fondo plano es clásico: roscas barredoras o transportadores de cadena que exigen un acabado manual.

Los silos de hormigón tienen fondo cónico suspendido, lo cual es perfecto.

La descarga de los silos de fondo plano de 20.000 m<sup>3</sup> de LA FLECHA se lleva a cabo mediante dos transportadores de cadena laterales exteriores, lo cual es un error de diseño, ya que de esta manera es mínimo el volumen de grano que sale mediante la gravedad: es necesario empujar a la parte central, que representa la mayor masa, mediante un tractor de cangilones cuya entrada en el almacén no se había previsto (desnivelación y desmontaje de un IPN vertical).

Los sistemas de mando de estos dispositivos de manipuleo (eléctricos o neumáticos) están por lo general averiados o no funcionan más que en un 50%.

El mantenimiento de EL PLAYON y de las empresas privadas visitadas (PROINVECRA) parece mejor realizado y el manipuleo funciona correctamente.

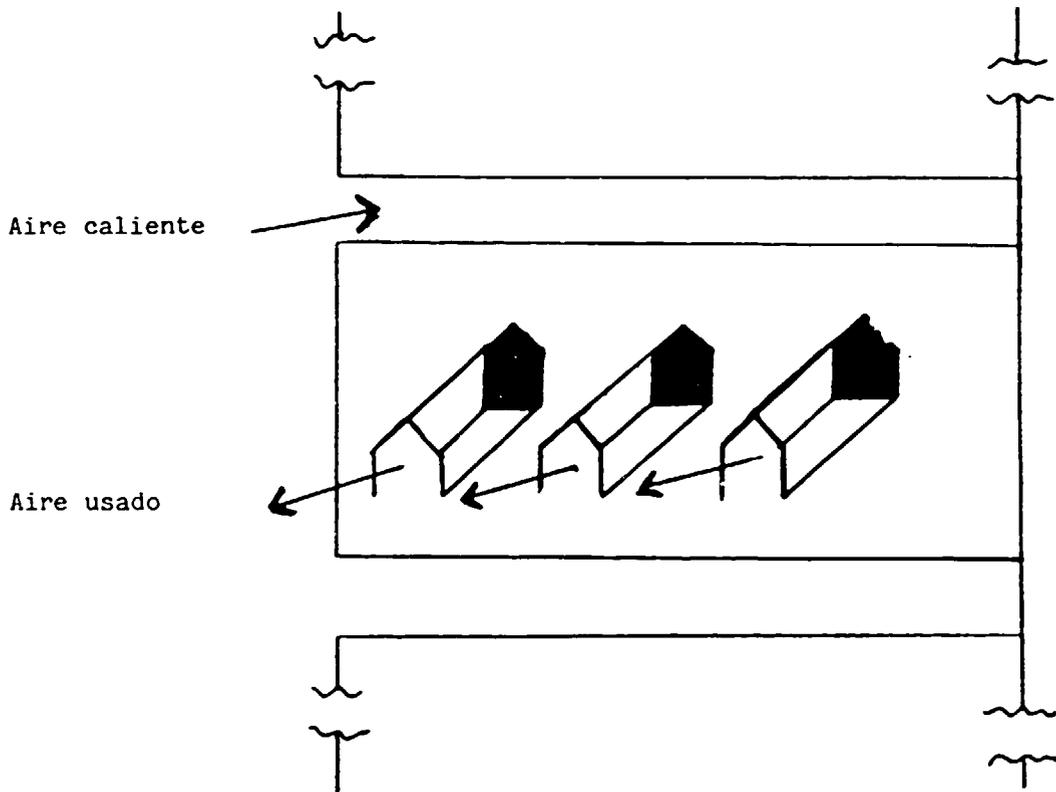
#### Recomendaciones:

- Pasar el manipuleo a una tasa de 100 T/h. Para ello, en ciertos casos, podrían reemplazarse ventajosamente los transportadores de cadena con bandas transportadoras.
- Proteger mejor los equipos que se encuentran en el exterior (cabezas de elevadores, motores).
- Revisar los sistemas de mando y de servicio.
- Instalar controladores de rotación sobre los elevadores y detectores de llenado en los silos.
- Alimentar los elevadores sobre el ramal descendente.
- En particular, aplicar una política de mantenimiento preventiva y de reparación eficaz (véase el capítulo sobre formación).

D. El secado de los granos

1. Constataciones:

En todos los silos visitados se encuentra el mismo tipo de secadora: se trata de aparatos de marca AEROGlide, fabricados en los Estados Unidos, o en Colombia con licencia. Funcionan con fueloil y calentamiento directo, por dilución de los gases de combustión con el aire ambiente. Las torres de secado son del tipo de "flujo mixto" con canales denominados "caballetes" que tienen una disposición muy particular en comparación con aparatos del mismo tipo tanto en Europa como en los Estados Unidos: en lugar de estar situados en tresbolillo, están colocados en filas perpendiculares (véase el esquema a continuación).



Principio de funcionamiento de las secadoras

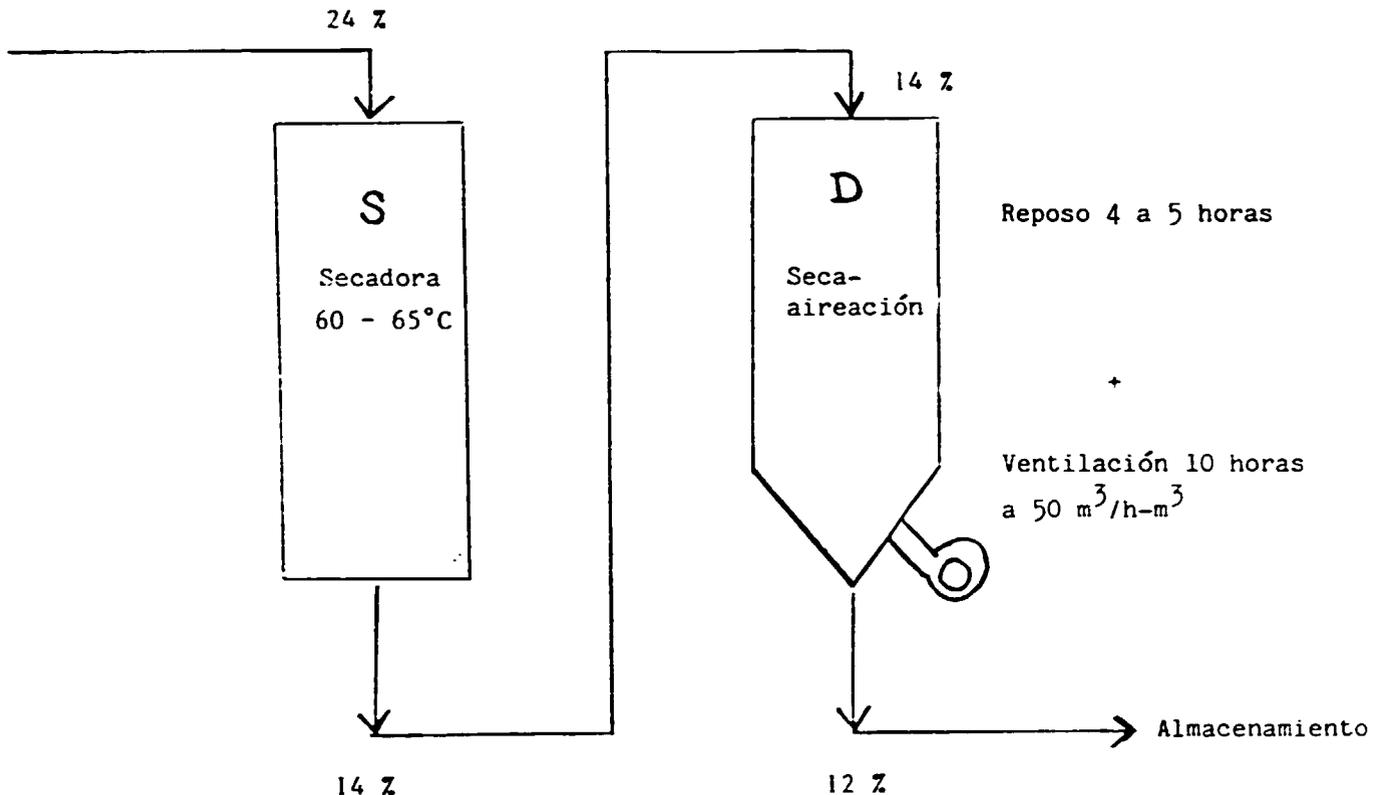
A nuestro entender, estas secadoras presentan varias categorías de defectos (tecnológicos, cualitativos y económicos):

- el diseño es bastante antiguo (25 a 30 años) y no tiene en cuenta los mejoramientos técnicos de los últimos años (véase "Guide Pratique sur le séchage des grains, ITCF, FFCAC, AFME). Estimamos que estas secadoras provocan fuertes heterogeneidades en el secado (por ejemplo, para un grano secado directamente por término medio a 12%, serían muy probables variaciones de  $\pm 8$  puntos de humedad);
- las heterogeneidades de secado son responsables de una reducción de la calidad, ya que los granos excesivamente secados sufren el fenómeno denominado "cristalización" (aparición de múltiples fisuras en el endosperma);
- para limitar los daños del secado, los instaladores y los industriales del maíz han aconsejado una vez por todas secar el maíz en dos o tres pasos en serie, con fases de reposo en células especiales denominadas "silos de tempera", por analogía con el secado del arroz (tres o cuatro pasos), y a temperaturas de aire caliente muy reducidas (60 a 65°C);
- esta situación ha dado lugar a costosas inversiones en exceso (células de reposo y sistema de manipuleo correspondiente);
- debido a la longitud, en ocasiones enorme, de los circuitos de manipuleo para transferir el grano de un secador a otro, estimamos que las "ganancias de calidad" en la etapa de secado se compensan por pérdidas de calidad debidas a la rotura causada por el material de manipuleo;
- esta situación crea el "cuello de botella" mayor en la cadencia de recepción, que nos parece de difícil solución: la tasa nominal de una instalación es de 60 T/h, frecuentemente reducida a 50 T/h para un secado de 24 a 12%.
- desde el punto de vista operacional, cuando hay varias líneas de tratamiento, denominadas "módulos", como es el caso de LA FLECHA, debe hacer falta numerosísimo personal para manejar las transferencias "secadores-células de reposo", ya que no hay automatización;
- por último, nos ha sorprendido un aspecto: el secado directo al fueloil; mientras que al parecer se atribuye mucha atención a la calidad agroindustrial del maíz, no parece ser objeto de investigaciones su calidad sanitaria.

2. Recomendaciones:

Ante una situación tan compleja, los expertos proponen que las autoridades competentes del país se movilicen para efectuar las investigaciones aplicadas que se sugieren seguidamente.

- comparar el secado actual con un secado directo en un solo paso, seguido de una fase de enfriamiento lento diferido, denominada también "seca-aireación", de acuerdo con el esquema siguiente:



- Medir el el rendimiento obtenido y sobre todo la calidad agroindustrial según los criterios actualmente en vigor. Si se obtiene esa calidad, y si el rendimiento en paralelo es superior al rendimiento en serie, modificar el diagrama de un módulo a fines experimentales, y luego a título de demostración para el desarrollo;
- independientemente de este trabajo, emprender investigaciones relativas a la influencia del secado en un solo paso sobre la calidad agroindustrial según criterios más científicos que la tasa de granos "cristalizados": efectivamente, en los Estados Unidos el maíz destinado a la alimentación humana ("food corn") se seca en un solo paso (Frito-Lay Co. cerca de URBANA, Illinois) y la industria de aquel país se preocupa de manera particular por mantener un nivel de calidad muy elevado, sobre todo por lo que respecta a la tasa mínima de granos con fisuras ("stress-cracked kernels");

- verificar que los granos secados directamente con fueloil sin intercambiador térmico están exentos de contaminantes tales como:
  - . el benzopireno y productos afines,
  - . la nitrosamina,
  - . los metales pesados (Pb, Cr,...);
- por último, aunque ello sea delicado de aplicar y relativamente costoso, estudiar las posibilidades:
  - . de prealmacenar, con anterioridad al secado, el grano húmedo en silos estancos mediante autoinercia o por inyección de  $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ,
  - . instalar bombas de calor a fin de utilizar el aire frío para el almacenamiento de maíz húmedo por ventilación de mantenimiento y el aire caliente para hacer funcionar los secadores.

Las diferentes técnicas conocidas para un almacenamiento previo al secado en buenas condiciones tendrían por fin distribuir los puntos de recolección y recogida y de este modo acelerar la cadencia de las recepciones. Existe también un medio financiero complementario para regular el flujo de mercancías húmedas, la modulación de los gastos de secado, por ejemplo de  $\pm 20\%$  en comparación con el baremo vigente.

## E. La ventilación y la silotermometría

Todos los silos visitados en el curso de esta misión están equipados, o lo han sido en el momento de su construcción, con una instalación de ventilación o aireación de los granos. Casi todas las que hemos visto son defectuosas e inoperantes, o si están en buen estado de funcionamiento su utilización parece anormal, lo cual ocasiona un consumo excesivo de electricidad y sobre todo falta de refrigeración. Esto significa que ni los constructores ni los centros técnicos han sido capaces de proporcionar a los encargados de los silos un método adecuado a las características geográficas del país. Por lo que se refiere a las instalaciones de silotermometría, existen, pero ninguna de ellas está en uso.

### 1. Constataciones:

Para empezar, vamos a pasar revista a las diferentes anomalías observadas, y luego formularemos recomendaciones para su solución o reparación.

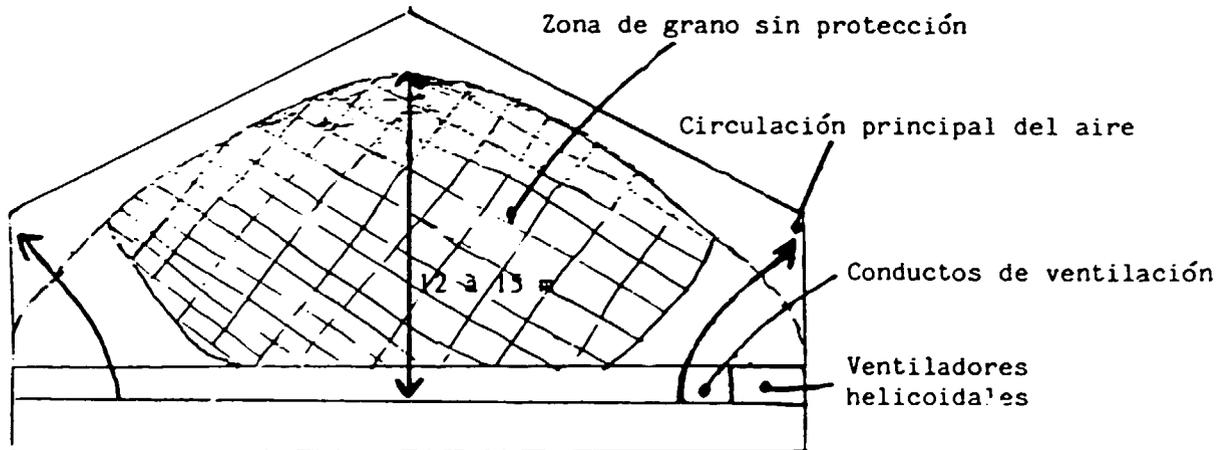
#### a) Errores de diseño o de cálculo

Estos se refieren tanto a los silos redondos, metálicos o de hormigón, como a los silos de fondo plano.

- Los silos metálicos redondos de 15 a 18 m de diámetro y 15 a 25 m de altura (volúmenes comprendidos entre 2.700 y 6.400 m<sup>3</sup>, o sea, 2.000 a 4.800 T de maíz) están en general equipados con dos pequeños ventiladores helicoidales de 2,5 kW. Los ventiladores helicoidales, debido a sus características técnicas, no permiten una ventilación en más de 5 m de altura. Incluso si están equipados con ventiladores centrífugos (o de turbina) más potentes (2 x 5,5 kW, GUANARE II), los utilizadores reconocen que la ventilación no es muy eficaz. De hecho, se utiliza más para inyectar productos insecticidas que para cumplir su función primordial, es decir, el enfriamiento de los granos.
- los almacenes de fondo plano, tipo LA FLECHA, de 20.000 m<sup>3</sup> (15.000 T de maíz) equipados con 11 ventiladores helicoidales de 2,5 kW para inyectar aire hasta una altura que varía entre 2 a 3 m en las extremidades laterales y de 12 a 15 m en el centro (véase la figura a continuación), son totalmente inexplotables, tanto para airear el grano como para inyectar insecticidas: efectivamente, todo el volumen de aire que producen circula únicamente en los lados, evitando toda la masa central. Al igual que en otros lugares, la instalación de silotermometría no funciona desde hace muchos años, y los responsables técnicos nada saben acerca del estado de conservación del grano en la parte central.
- células cilíndricas de hormigón y gran altura, tipo EL PLAYON (Portuguesa) y LA VEGUITA (Barinas): (diámetro 10,7 m, altura 30 m, volumen 2.700 m<sup>3</sup>, capacidad 2.000 T de maíz).

Por más que los cálculos y la realización de la ventilación hayan corrido a cargo de una sociedad europea de buena reputación (BUHLER-MIAG), existe un triple error de concepción.

1) La circulación del aire, en lugar de realizarse de abajo arriba, cuando soplan los ventiladores, o por presión, debería invertirse, es decir, hacerla de arriba a abajo, aspirando los ventiladores el aire y expulsándolo al exterior. 2) Las tuberías para circulación del aire (diámetro 250 mm) están considerablemente infradimensionadas, son demasiado largas y tienen numerosos codos y ramificaciones: de ello resultan pérdidas de carga muy elevadas recalentando el aire ambiente en + 14°C (diferencia de temperatura entre el aire inyectado en el grano y el aire exterior). Esta pérdida de carga, que se calcula en 800 mm CE, hace totalmente inutilizable la instalación, lo cual es bastante lamentable habida cuenta de la calidad del acabado y el costo de esta obra. 3) Por último, el caudal de aire es insuficiente: en lugar de 1,6 m<sup>3</sup>/s, debería ser de 8 m<sup>3</sup>/s para asegurar un caudal específico de 10 m<sup>3</sup>/h y por m<sup>3</sup> de grano por celda y permitir un enfriamiento en 100 horas de funcionamiento.



Almacén de fondo plano tipo "LA FLECHA" (sección)

b) Instalaciones diseñadas y realizadas correctamente, pero mal utilizadas

Se trata de las instalaciones vistas en ACARIGUA en el silo de PROGRANOS S.A. y en GUANARE (Portuguesa) en el silo de PROINVEGRA C.A. Los silos redondos metálicos, de 20 m de altura aproximadamente, están equipados con dos ventiladores centrifugos de alta presión que trabajan por aspiración (circulación de arriba a abajo) con una potencia de 4 kW. Los encargados ventilan diariamente entre 6 y 18 horas, si la humedad relativa del aire exterior no es demasiado elevada por temor a humedecer nuevamente el grano (arroz y maíz secados previamente a 12% de su contenido en agua). En seis meses de almacenamiento, se puede estimar el gasto de electricidad en unos 3,5 kW/h por tonelada, en tanto que en la práctica debería bastar con 1 a 1,5 kW/h por tonelada. Con esta forma de ventilación basada en los criterios antes mencionados no se busca un efecto de enfriamiento sino un equilibrio permanente de la temperatura del grano con las medias máximas, de 27 a 30°C. Es seguro que al actuar así se extrae de los silos metálicos el calor transmitido al grano por la radiación solar, pero, mediante una gestión racional de la ventilación útil, sería posible ajustar la temperatura del grano a las medias mínimas, y de esa forma ganar de 5 a 6°C de enfriamiento.

c) La silotermometría

Aunque presente en todos los lugares visitados, es lamentable constatar que no funciona en ninguno de ellos. Efectivamente, los responsables de los silos ya no tienen información sobre las condiciones reales de almacenamiento, en particular por lo que se refiere al desarrollo de calentamientos espontáneos. Las mediciones efectuadas con termómetros portátiles, incluso con sondas de 2 a 3 m de longitud, no son fiables. Por otra parte, la falta de datos sobre la temperatura del grano no permite realizar correctamente la ventilación. De hecho, es en el momento del despacho cuando los almacenistas descubren el estado de su grano y en caso de calentamientos (bastante frecuentes, según sus testimonios) se procede al clásico método de trasilado, el cual no remedia los daños ya sufridos y aporta otros al aumentar la tasa de roturas, ya que el maíz y el arroz, a diferencia del trigo o de la cebada, son granos frágiles.

2. Recomendaciones

a) Rehabilitación de las instalaciones de ventilación

Aunque costosa, esta operación es técnicamente posible, tanto en el caso de los silos redondos como en el de los almacenes de fondo plano. El método que ha de seguirse está descrito en la "Guide Pratique ITCF sur la ventilation des grains", así como en la publicación de J. C. LASSERAN titulada "La ventilation des grains, conditions d'utilisations en climat tempéré chaud" (documentos remitidos a PALMAVEN). Se adjunta como anexo un ejemplo de cálculo.

Para resumir, digamos que los cálculos deben realizarse sobre la base de un "coeficiente de renovación del aire" de 10 a 15 m<sup>3</sup> por hora y por m<sup>3</sup> de grano en el caso del maíz y que el ventilador, preferentemente centrífugo, debe ser elegido correctamente para que pueda funcionar, llegado el caso, con otros granos (arroz, sorgo, girasol, sésamo). Con una renovación de 10 m<sup>3</sup>/h-m<sup>3</sup>, se enfría el grano en 100 horas acumuladas de ventilación, o sea en ocho días a razón de 12 horas de ventilación por día. Por último, los expertos recomiendan la circulación del aire por aspiración, y no por inyección, sobre todo en alturas de granos superiores a 15 m.

b) Reparación de la silotermometría

Esta operación es condición indispensable para dominar la conservación.

c) Conducción (pilotaje) de la ventilación

Según estudios prácticos recientes realizados en el ITCF, la ventilación debe aplicarse cada vez que el aire exterior (ventilación por aspiración) o el aire de salida del ventilador (ventilación por inyección) es inferior entre 5 a 7°C a la temperatura media del grano en un silo. Esta operación puede automatizarse fácilmente mediante termostatos cuyo captor se encuentre al abrigo (es decir, abrigo meteorológico). Basta con regularlos a la temperatura inicial del grano disminuida en 5 a 7°C. En tales condiciones, será frecuente que los ventiladores funcionen de noche. Ya no hay que temer nuevas humidificaciones en caso de humedad relativa elevada cuando se respeta ese margen. Al trabajar de ese modo se ajustará progresivamente, en ocho o diez días por célula, la temperatura del grano con un valor próximo a las medias mínimas.

El grano correctamente secado (por ejemplo a 12% de agua en el caso del maíz) y refrigerado de esa manera se debería poder conservar en excelentes condiciones, ya que la acción de los productos insecticidas dura más; en caso de desaparición de sus efectos, los insectos (por ejemplo Tribolium y Rizopertha dominica) encontrarían condiciones de desarrollo menos favorables (en torno a los 22°C su ciclo de reproducción se prolonga muy marcadamente).

Por último, salvo en el caso particular de productos de alto valor, no es necesario recurrir a la ventilación mediante aire enfriado artificialmente.

d) Algunas recomendaciones prácticas

- En caso de aumento del caudal de ventilación en una célula, asegurarse de que las dimensiones de las salidas de aire son suficientes;
- En caso necesario, no dudar en añadir extractores de vapor para evitar las condensaciones de agua en el interior de los silos contra el techo (incidente frecuentemente citado y que provoca la rehumidificación de la capa superior del grano).

## F. la desinsectación

Los principales predadores de grano en Venezuela son los siguientes:

- los *Sitophilus granarius*, *orizae* y *zeamais*
- los *Tribolium castaneum* y *confusum*
- el *Rizopertha dominica*
- los lepidópteros (*Plodion interpunctalla*, *Sitrotoga cerealella*, *Ephestia Kuhnella*)
- los ácaros.

Hemos observado que se utilizaba toda la gama de insecticidas:

- fosfina
- malatión
- pirimifosmetilo
- deltametrina.

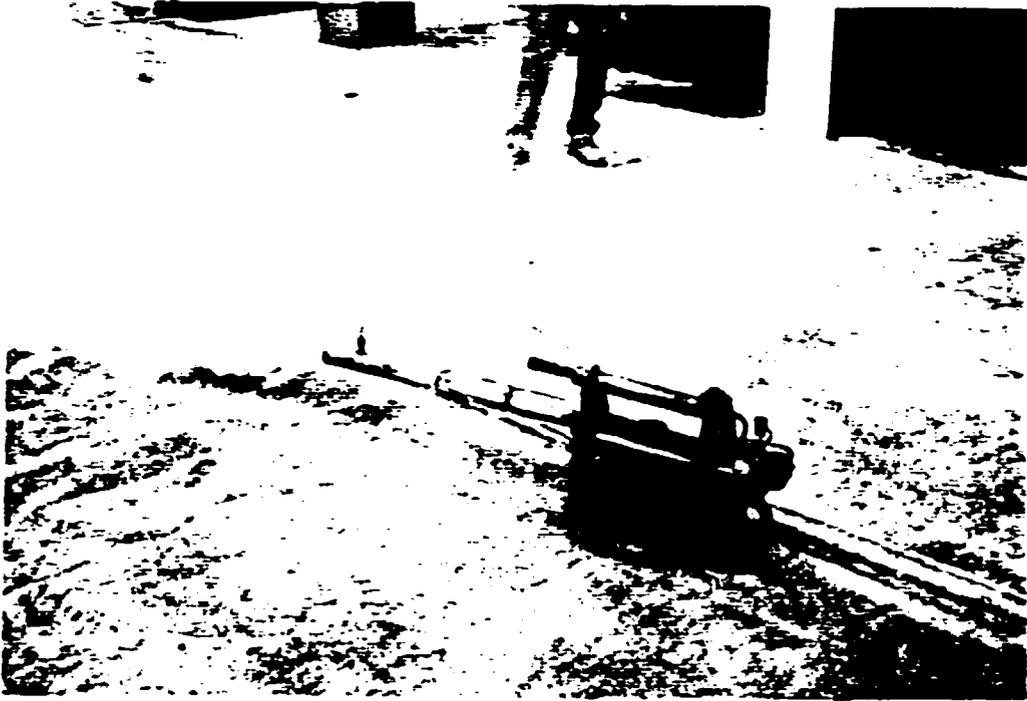
No obstante, no hemos observado ninguna estrategia razonada de la desinsectación: por ejemplo, en LA FLECHA se trata sistemáticamente la recepción por nebulización con deltametrina, una molécula moderna, de buen resultado y que posee una gran permanencia, pero bastante costosa y aparentemente a una dosis muy elevada (12 ppm), en tanto que en Europa la dosis homologada es de 1 a 2 ppm. En EL PLAYON se procede en el momento de la recepción a pulverizar deltametrina con un aplicador al caer el grano en las células: este método sería, según parece, el exigido por la industria, pero a juicio de los especialistas no es muy eficaz debido a la heterogeneidad del reparto del producto. En ASOPORTUGUESA, el primer tratamiento consiste en fumigación, al llenarse los silos, con fosfina, la cual es un producto de efecto de choque en todas las etapas de desarrollo, pero sin permanencia.

Durante el almacenamiento los métodos y los productos utilizados también varían: por ejemplo, en LA FLECHA se utiliza circuitos de ventilación para inyectar fosfina. Ahora bien, en el capítulo precedente hemos señalado la total ineficacia de este sistema de aireación, lo cual nos lleva a pensar que el grano queda sin protección. En EL PLAYON el tratamiento con fosfina realiza antes de las expediciones para matar a los insectos vivos cinco días antes, según parece.

Existe en VENEZUELA un servicio de protección de vegetales que podría determinar, en función de los cereales y de la duración previsible de almacenamiento, una estrategia coherente relativa:

- a los productos que han de utilizarse en la recepción y en el curso del almacenamiento,
- a las técnicas apropiadas para sacar el mayor partido a las dosis y, en consecuencia, a los costos del tratamiento.

Por el contrario, hemos observado que el tratamiento de los locales vacíos y de los accesos (cordones sanitarios) se realizaban correctamente.



Aparato que permite nebulizar una mezcla de petróleo y de pirimifosmetilo en locales vacíos y en torno a las instalaciones para crear un "cordón sanitario".

## G. La gestión de los silos

### 1. Administración de los silos

La misión ha observado la existencia de diversos centros de decisión para la gestión de las instalaciones pertenecientes al Estado (CASA, POLAR, almacenistas privados e industriales...), cada uno de los cuales tiene un cometido bien definido, pero sin que a nuestro juicio haya un auténtico responsable.

Por ejemplo, en LA FLECHA es el Ministerio de Agricultura venezolano quien determina la política de aprovisionamiento, en tanto que POLAR es el concesionario y CASA supervisa.

Las reparaciones de menor importancia corren a cargo de POLAR, pero es CASA la que se encarga de las más importantes.

Esta situación, que nos ha parecido compleja, debe crear disfunciones y conflictos de interés en detrimento de la rentabilidad del almacenamiento. Del sistema se desprende además que no existe una política global, coherente, para la programación de las entradas y salidas.

#### Recomendaciones:

Por lo que respecta a cada una de las instalaciones, sería necesario nombrar a un responsable único con autoridad sobre el conjunto del personal y con competencias necesarias para determinar y aplicar la política corriente de gestión en el marco de un presupuesto elaborado con antelación. Estaría secundado por adjuntos, cada uno de los cuales se encargaría de un sector:

- Recepción - laboratorio
- Secado
- Ventilación - conservación - desinsectación
- Mantenimiento y cuidado
- Ejecución de las ventas.

Esta enumeración tiene únicamente valor indicativo y debería adaptarse a cada tipo de instalaciones.

Estas personas, elegidas según criterios de competencia, deberán recibir una formación teórica y práctica (véase más adelante en el capítulo sobre formación profesional).

### 2. Higiene y seguridad

La misión ha constatado que se realizan esfuerzos importantes en materia de higiene y de seguridad en los silos en activo, en particular:

- existencia de cascos y máscaras antipolvo,
- presencia de extintores y de bocas de incendio para los bomberos, así como RIA,

- exhibición de consignas de seguridad,
- prohibición de fumar,
- limpieza periódica de las instalaciones para evitar acumulación de polvo.

Por otra parte, la misión no ha tenido conocimiento de incidentes tales como incendios o explosiones.

#### Recomendaciones

- Prever la utilización de cascos antirruido en instalaciones muy ruidosas como las fábricas de tratamiento de semillas en las que el nivel sonoro alcanza entre 80 y 85 dBA.

- Para los trabajos con puntos de calor (soldadura, amolado) aplicar el procedimiento del "permiso contra incendios" que determina y codifica las medidas de prevención que han de adoptarse (véase el modelo en un anexo) a fin de reducir el riesgo de explosión de polvo.

- Dedicar atención particular al riesgo de incendio en los silos de EL PLAYON y de LA VEGUITA debido a la proximidad de los depósitos de combustible respecto de las secadoras.

## II. LA FORMACION

La misión ha constatado que muy frecuentemente el personal encargado de la recepción del grano poseía las bases técnicas indispensables para ejercer su cometido correctamente.

No es ese el caso para el resto de las actividades:

- secado
- ventilación
- almacenamiento
- mantenimiento básico electromecánico y mecánico.

En estos sectores el personal actualmente empleado tiene conocimientos muy rudimentarios o nulos sobre el funcionamiento del material que tiene a su cargo y sobre la manera de utilizarlo (véanse en particular los capítulos sobre secado, ventilación y manipuleo).

El mejoramiento de la gestión global de las instalaciones y de la eficacia del trabajo exige obligatoriamente una política de formación del personal adaptada a las circunstancias.

Ello dará como resultado:

- una mayor motivación del personal,
- un menor desgaste del material,
- economías de funcionamiento,
- menores pérdidas de grano,
- una mejor calidad de los productos,
- un mayor rendimiento del trabajo.

## RECOMENDACIONES

### 1. Contenido de la formación

#### a) Formación básica común

Se sugiere que esta formación englobe, para cada uno de los pasantes, el conjunto de las actividades relacionadas con el almacenamiento de granos a las que tal vez haya de enfrentarse el personal de los silos.

Efectivamente, es conveniente que cada persona pueda tener un conocimiento lo más completo posible del funcionamiento del silo, aun en el caso de que para su trabajo no tenga que atender más que una pequeña parte de ese funcionamiento.

La formación podría realizarse mediante módulos distintos e independientes entre sí, a saber:

- recepción cultivo
- conservación del grano
- secado del grano
- comprobación-expedición
- diagnóstico almacenaje
- reparaciones eléctricas
- mantenimiento mecánico
- riesgo de explosión, incendio.

Se adjuntan en anexo puntualizaciones sobre cada uno de los módulos de formación.

Cada módulo abarcaría cursos teóricos en aula y trabajos y ejercicios prácticos según la instalación de almacenamiento.

#### b) Especialización

Se deberá añadir a esta formación común básica una formación más puntualizada y más avanzada para el personal que ejerza una actividad específica importante.

Por ejemplo, un operador de secadora recibirá una formación más amplia sobre secado: regulación del quemador, control de las fichas de secado, normas de seguridad contra incendios,...

Eso mismo puede aplicarse a los casos de la ventilación, la conservación, el mantenimiento, etc...

### 2. Duración de la formación

La formación básica común podría durar alrededor de uno o dos meses, en función del estado inicial de los conocimientos de los pasantes.

La especialización podría durar dos semanas suplementarias.

Convendría también prever períodos anuales cortos de reciclaje (de tres a cinco días) para verificar que se aplican correctamente los métodos y adaptarlos a los casos particulares.

### 3. Organización

Para obtener una buena eficacia, sería necesario que la formación se impartiera a grupos de 15 personas de nivel homogéneo.

Se entregarán a cada pasante documentos pedagógicos sencillos y prácticos.

Sería de desear que los cursos y documentos se presenten en su mayor parte en español.

Lo ideal sería crear en un lugar adaptado un centro de formación permanente que comprendiese:

- . aulas
- . laboratorios
- . silos pedagógicos
- . locales de alojamiento y alimentación
- . biblioteca

Pero en un primer momento la formación podría organizarse en un silo que se hubiera rehabilitado o que ya estuviese en situación satisfactoria.

### 4. El caso de los responsables de silos

Previamente a la aplicación de la formación antes indicada, se propone que los responsables de los silos principales, así como algunos cuadros técnicos interesados en el plano nacional por los problemas de almacenaje (o sea, alrededor de una quincena de personas), vayan a Francia para recibir formación de cuatro semanas repartida del modo siguiente:

- dos semanas en el centro de formación de las cooperativas francesas en Chartres
- una semana de visitas técnicas a cooperativas
- una semana en un centro técnico como el ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages) o el CEEMAT (Centre d'Etude et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical, en Montpellier).

Esta formación les permitiría perfeccionarse en:

- . la organización de una política de almacenamiento,
- . la gestión completa de un silo y de su personal,
- . la aplicación de una política de mantenimiento de las instalaciones.

Durante su estancia podrían precisarse las modalidades prácticas de la aplicación de los cursos de formación en Venezuela.

## CONCLUSIONES

Tras esta misión relativamente corta (del 3 al 15 de abril de 1991), los dos expertos se han esforzado, de acuerdo con lo que se les había pedido en el "mandato" de la ONUDI, así como en la reunión preparatoria celebrada en Caracas el 3 de abril, por destacar puntos en los que deberán centrarse las autoridades responsables de Venezuela para incrementar la eficacia y la productividad de los silos de almacenamiento de granos.

Por consiguiente, en el presente informe han destacado sobre todo lo que, a su juicio, parecía importante mejorar, omitiendo tal vez aspectos positivos numerosos.

Se han examinado las técnicas y la formación profesional, pero es evidente que no son las únicas que contribuyen a la eficacia de una actividad agroalimentaria: igual importancia tienen el contexto político, sociológico, administrativo y bancario. Los expertos han constatado que en el origen de esa actividad hay productores agrícolas eficaces, dinámicos y dispuestos a invertir todavía más en su actividad. Su opinión es idéntica por lo que respecta al sector industrial al otro extremo, por lo poco que han visto. Sería lamentable que el sector intermedio (los silos de almacenamiento) no estuviesen a la altura de las esperanzas de aquéllos.

Los expertos sugieren completar esta misión con lo siguiente:

- la aplicación rápida de un programa de formación profesional;
- la iniciación a nivel nacional venezolano del proyecto de investigaciones aplicadas que se han propuesto sobre secado y calidad agroindustrial del maíz;
- una investigación técnica que se refiera sobre todo a la ventilación y al aumento de las tasas de manipuleo en un silo, a cargo de los servicios técnicos del ITCF y de la FFCAC que ya tienen experiencia en ese terreno (Francia, Túnez, Guinea, Paraguay);
- por último, la elaboración de un pliego de condiciones, nacido de esa investigación técnica, para abrir una licitación que permita elegir a la empresa encargada de los trabajos.

Ese silo y la localidad más próxima a él podrían servir a la vez de modelo y de base para el centro de formación.

Hecho en CARACAS, el 14 de abril de 1991

Ph. RIGNAULT

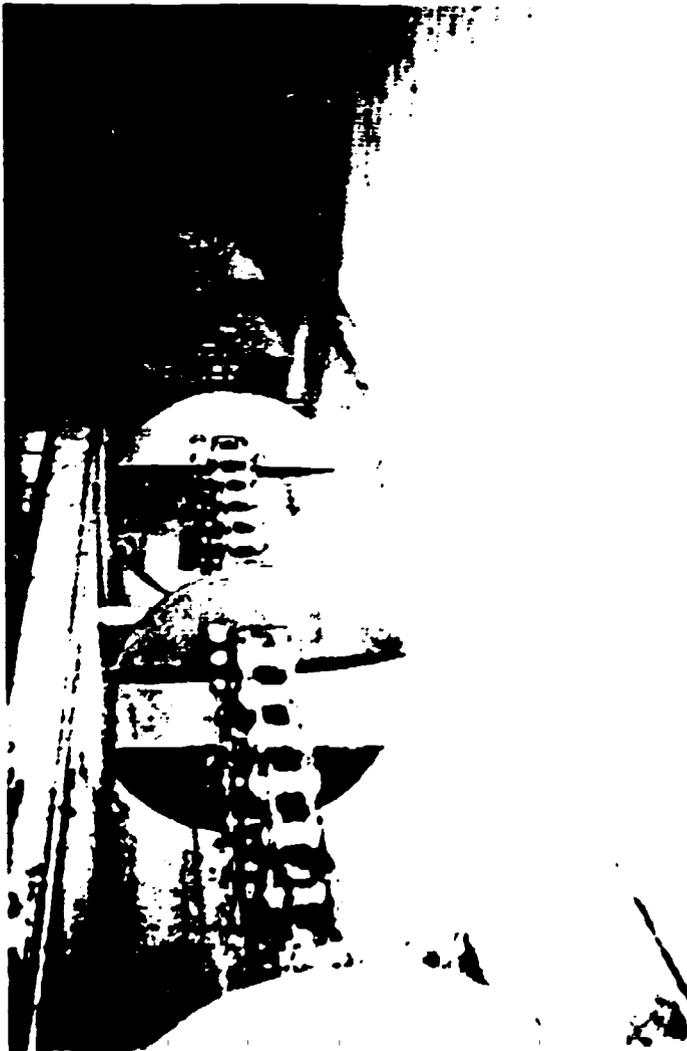
J. C. LASSERAN

ANEXO 1

1. LA FLECHA - uno de los cinco módulos

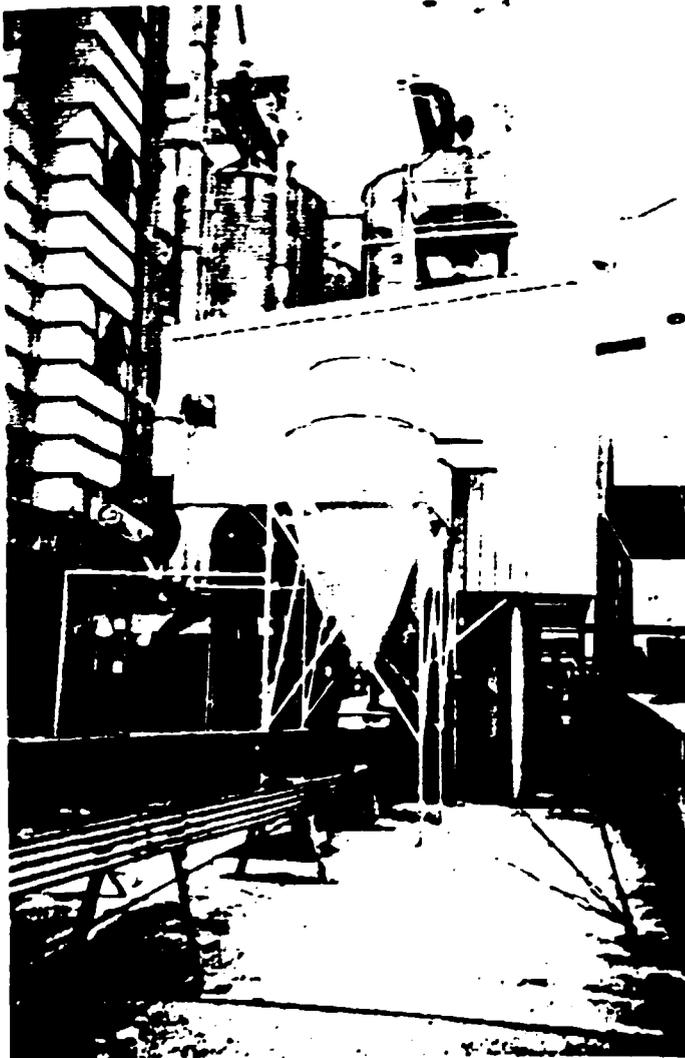
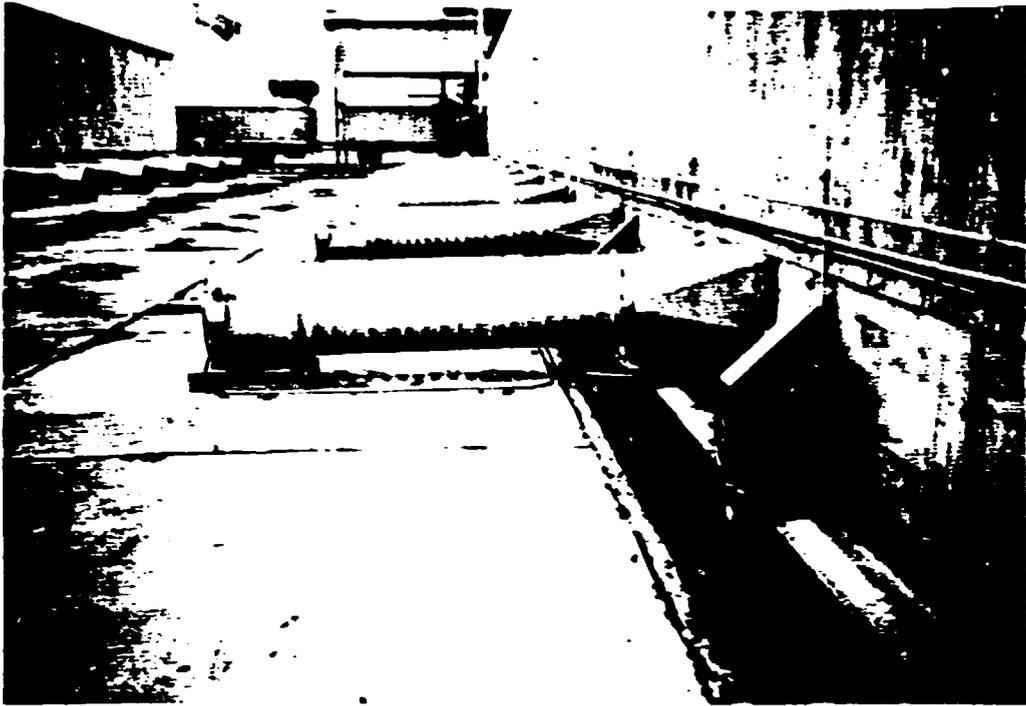


2. LA FLECHA -  
transportador de cadena



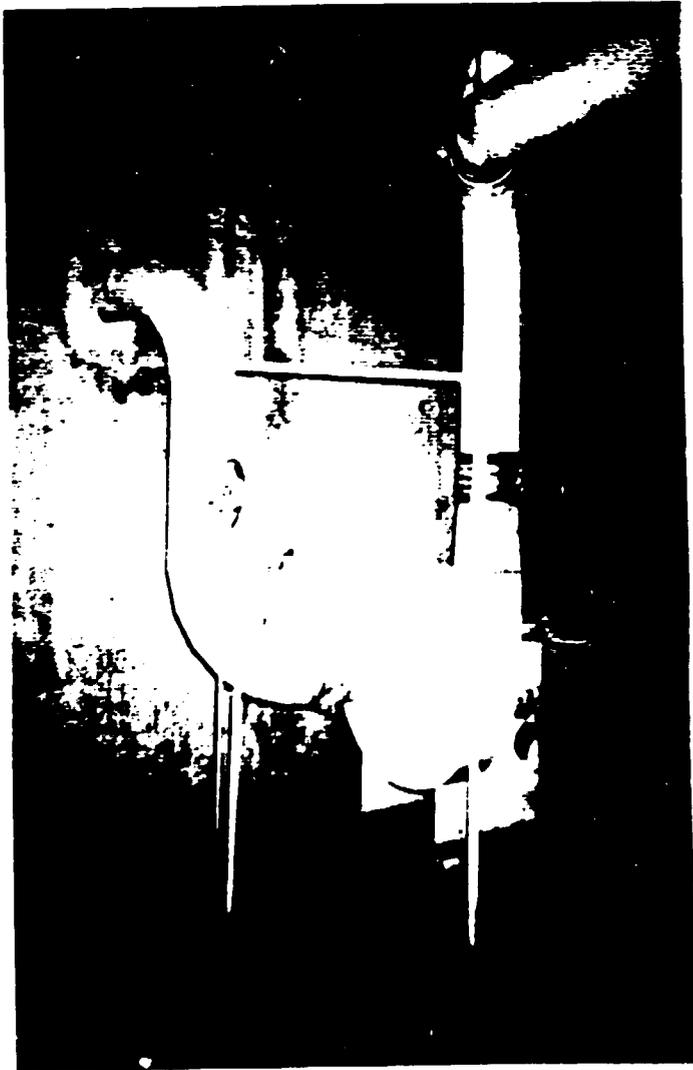
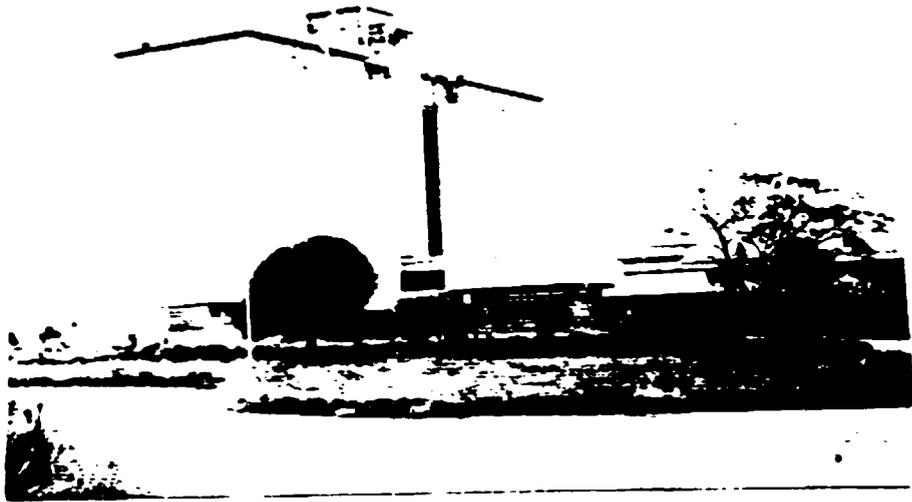
3. LA FLECHA - ventiladores helicoidales

y transportador de cadena de retoma



3 bis. LA FLECHA

4. LA VEGUITA



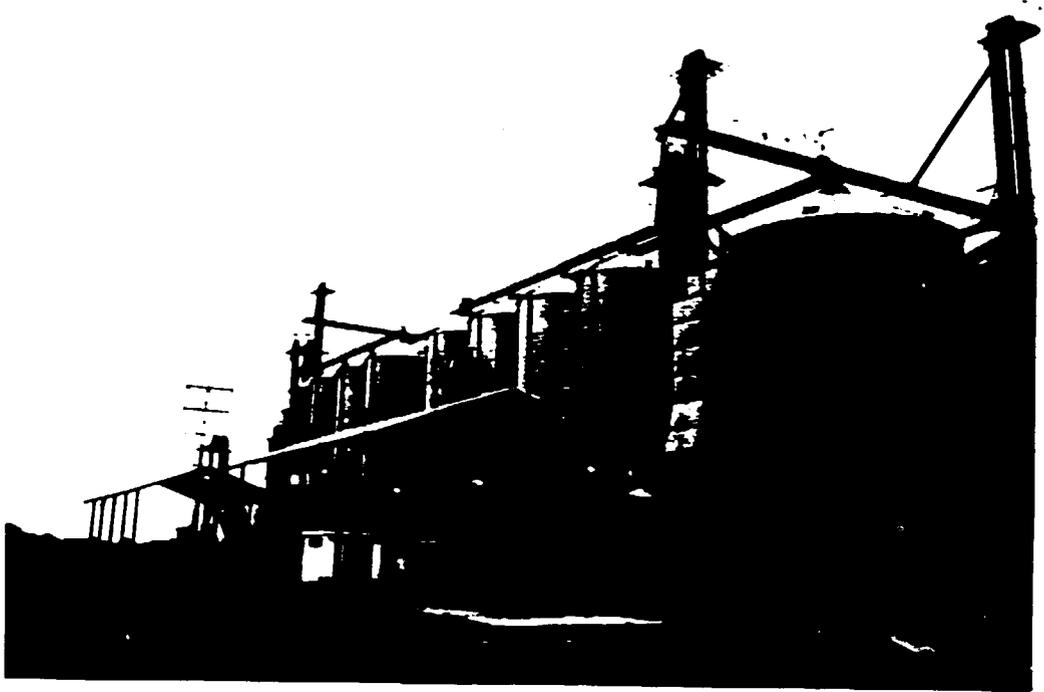
5. EL PLAYON - ventilador

6. GUANARE I

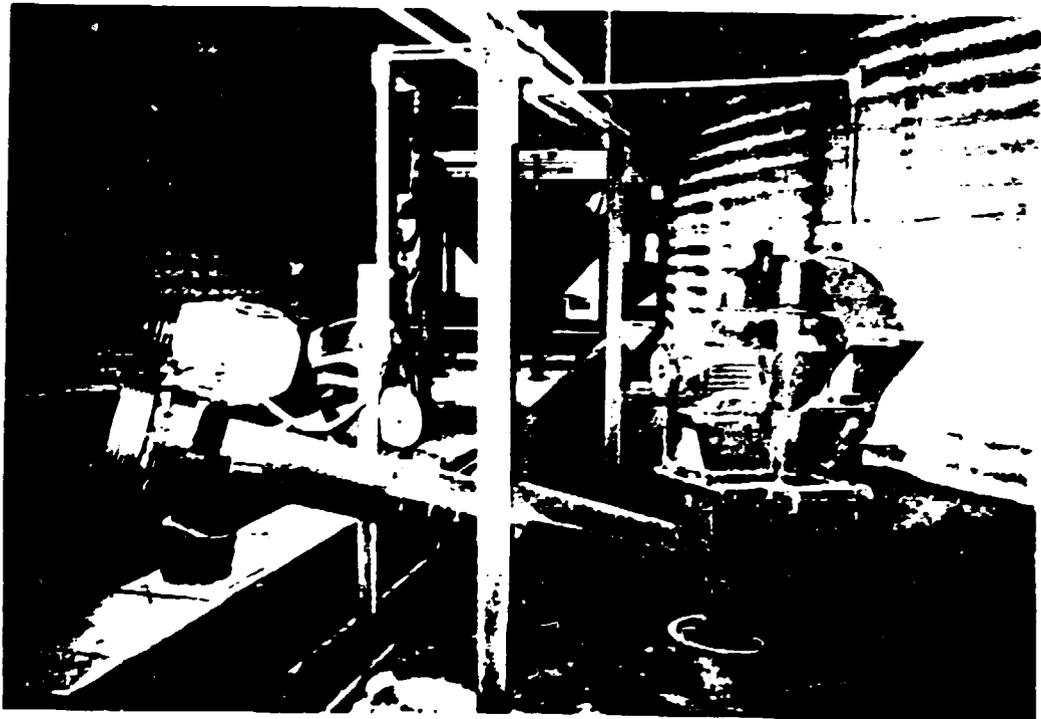


7. GUANARE II - silos de  
fondo plano con rosca  
barredora y retoma  
mediante rosca entubada

8. PROINVEGRA - Secadero y células



9. PROINVEGRA - Manipuleo de retoma y ventilador centrífugo



10. GUANARE - Almacenes de fondo plano con sistema  
de recirculación del aire



ANEXO 2

ESTUDIO DE UN CASO CONCRETO DE VENTILACION DE SILO

Tomaremos como ejemplo un silo redondo con las características siguientes:

- . altura 10 m,
- . diámetro 8 m,
- . capacidad unas 500 toneladas
- . fondo cónico (fondo tolva),
- . ventilación por conductos, circulación de abajo a arriba.

A. MODO DE CALCULO DE LA VENTILACION

1. Observaciones preliminares

Un silo está destinado a almacenar granos de características diferentes (grosor, forma, coeficiente de porosidad). La ventilación debe ser de tal naturaleza que pueda resultar polivalente, es decir, que pueda seguir siendo eficaz para productos que ofrecen una resistencia mayor, o pérdida de carga, a la circulación del aire.

2. Elección del ventilador

Recomendamos elaborar los proyectos sobre la base de un coeficiente de renovación del aire (o caudal específico) de  $n = 20 \text{ m}^3/\text{h}$  y por  $\text{m}^3$  de grano en el caso del maíz 1/.

Efectivamente, el maíz secado entre 12 y 13% de humedad debe poder enfriarse rápidamente después de salir de la secadora, ya que es el producto que presenta la mayor actividad respiratoria y por ende el máximo de riesgos de calentamiento natural debido a su gran sensibilidad a la humedad.

---

1/ Si se tiene la seguridad de que los productos que se van a almacenar se limitan al MAIZ, al SORGO y al ARROZ PADDY, se puede elegir un caudal específico de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  por  $\text{m}^3$  de grano, y luego efectuar los cálculos según el mismo procedimiento. Pero ¡atención si también se deben almacenar girasol o trigo y cebada importados!

- Presión estática - Presión dinámica

Después de haber:

- . calculado la sección del silo, 50,265 m<sup>2</sup>
- . medido la altura del grano, 10 m,
- . calculado el volumen de grano, 502,65 m<sup>3</sup>
- . determinado el caudal de aire mínimo, 502,65 x 20 = 10.053 m<sup>3</sup>/h o  
2,7925 m<sup>3</sup>/s redondeado a 2,8 m<sup>3</sup>/s
- . evaluado el peso específico in situ del maíz: 800 kg/m<sup>3</sup> (incluida compactación sobre 10 m),

Se calcula la velocidad del aire en el silo (V en cm/s):

$$V = \frac{\text{Caudal}}{\text{sección} \times 36} = \frac{10.053}{50,265 \times 36} = 5,55 \text{ cm/s}$$

Se determinan los coeficientes K1 y K2 correspondientes al maíz a 800 kg/m<sup>3</sup>

$$K1 = 0,953 \quad K2 = 0,0777 \text{ (véase cuadro 1)}$$

Se calcula la pérdida de carga por metro de altura  $\Delta p$  en mm C.E.:

$$\Delta p = 0,953 \times 5,55 + 0,0777 \times 5,55^2 = 7,69 \text{ mm C.E.}$$

... luego la presión estática necesaria para atravesar el grano:

$$P = \Delta p \times \text{altura} = 7,69 \times 10 = 76,9 \text{ mm C.E. o} \\ 755 \text{ pascales}$$

En el catálogo de un constructor de ventiladores vamos a elegir un ventilador centrífugo adaptado al maíz (parte baja de la curva caudal-presión) y que pueda aportar 2,8 m<sup>3</sup>/s a una presión estática de 77 mm C.E. No tendremos en cuenta pérdidas de carga en las canalizaciones, ya que al dimensionarlas convenientemente pueden pasarse por alto (véase más adelante).

- Determinación del ventilador

En un catálogo francés de SOLYVENT VENTEC, gama "centripal", elegiremos el modelo DS 46 (figura 1). A  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , la presión dinámica es de 20 mm C.E., o sea una presión total de  $77 + 20 = 97 \text{ mm C.E.}$

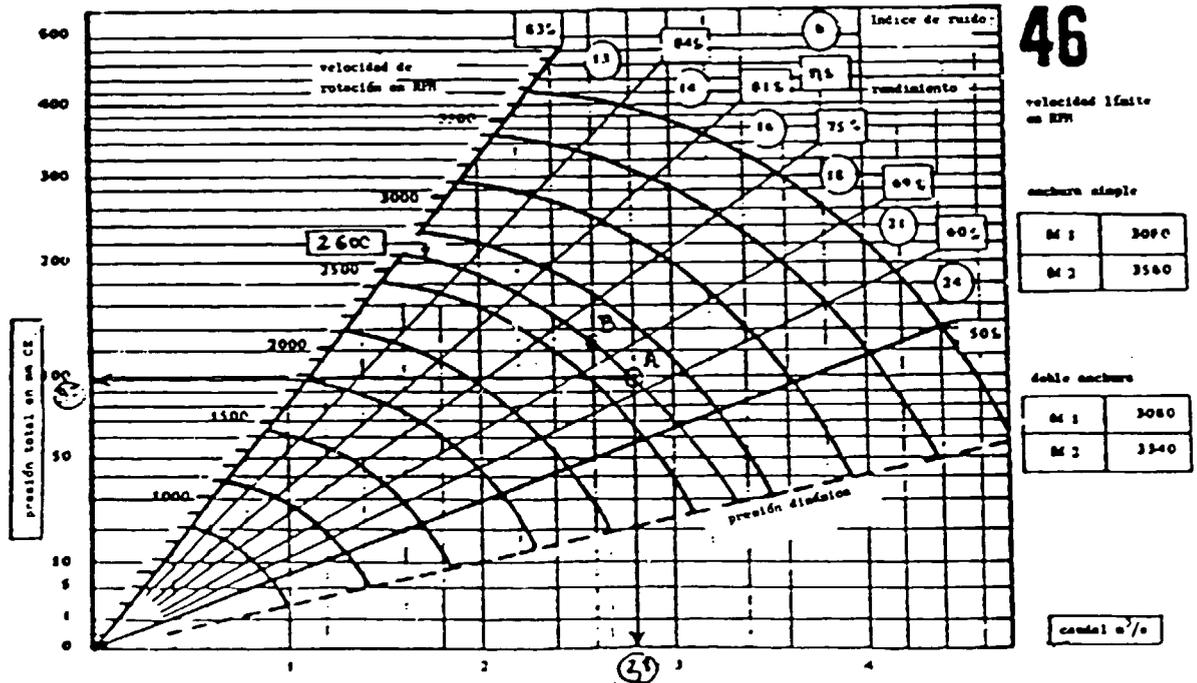
Considérese A el punto representativo de  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$  y de 97 mm C.E.  
La velocidad de rotación del ventilador es de 2.600 t/m (RPM)



SOLYVENT-VENTEC

centripal  
**DS**  
**46**

CEN. DS 022



**FIGURA 1:** CURVAS CAUDAL-PRESION DEL VENTILADOR DS 46.  
A: PUNTO DE FUNCIONAMIENTO SOBRE EL MAIZ A 2.600 RPM

- Verificación de la buena elección del ventilador respecto de los otros granos

Se trata de comprobar cómo va a comportarse el ventilador elegido en el caso de otros granos. Es absolutamente necesario evitar que el punto característico de funcionamiento no salga, en la izquierda, de la zona "útil" para los productos que ofrecen la mayor resistencia a la corriente de aire (colza, cebada, girasol).

Para esta verificación sólo se dispone de la curva caudal-presión total del ventilador y de los coeficientes K1 y K2 de la fórmula de cálculo de la pérdida de carga (cuadro 1).

La primera operación consiste en trazar la curva caudal-presión estática, al régimen de rotación establecido (2.600 RPM).

Presión estática = presión total - presión dinámica

Los puntos obtenidos se marcan en papel gráfico bilogarítmico, "double-log" (figura 2)

Grano	Peso específico in situ (kg/m <sup>3</sup> )	K1	K2
Maíz	750	0,6185	0,05372
	800	0,9530	0,07768
	850	1,4980	0,11500
Trigo	750	1,933	0,0860
	800	2,802	0,1170
	850	4,082	0,1613
Cebada	700	3,959	0,1571
	750	5,639	0,2089
Colza	600	3,471	0,0750
	650	5,580	0,1140
	700	9,210	0,1707
Sorgo	700	1,066	0,0258
Arroz paddy	750	1,622	0,0367
	800	2,526	0,0536
Girasol	450	1,968	0,1003
	500	3,459	0,1587
	550	6,249	0,2601
Soja	650	0,634	0,0127
	700	0,948	0,0176
	750	1,438	0,0250

CUADRO 1: COEFICIENTES K<sub>1</sub> Y K<sub>2</sub> DE LA ECUACION (1) QUE SIRVE PARA EL CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA DEL AIRE EN EL GRANO

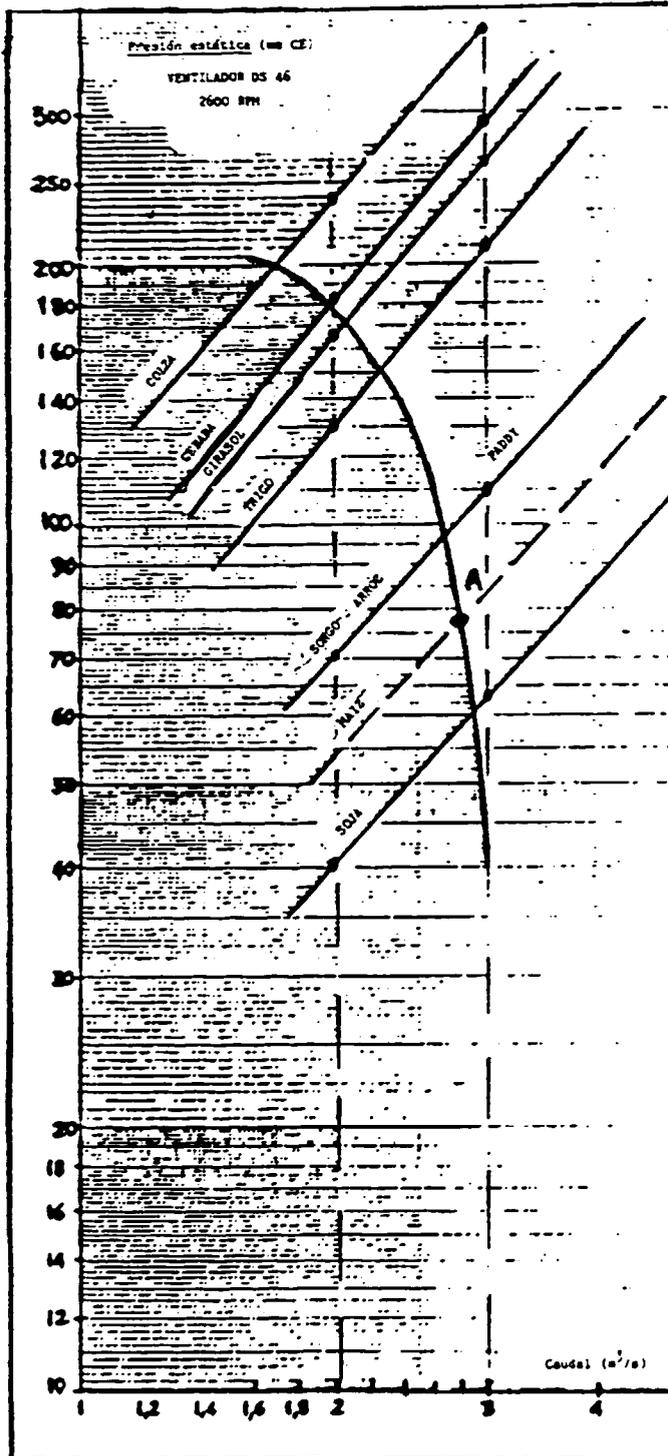


FIGURA 2: CURVA CAUDAL-PRESION ESTATICA DEL VENTILADOR DS 46 A 2.600 RPM.

Seguidamente se toman arbitrariamente dos caudales de aire que enmarquen el caudal "maíz", o sea, por ejemplo, 2 y 3 m<sup>3</sup>/s. Para esos dos caudales y las velocidades de aire correspondientes se van a calcular los puntos teóricos de funcionamiento y transportarlos al gráfico de la figura 2. En coordenadas logarítmicas, las pérdidas de carga varían casi linealmente en caso de una débil variación de caudal. En consecuencia, el punto verdadero de funcionamiento se sitúa en la intersección de la línea obtenida con la curva caudal-presión estática del ventilador (cuadro 2).

Grano	Peso específico <i>in situ</i> * (kg/m <sup>3</sup> )	Coeficientes		Presión estática (mm C.E.) para		Punto de funcionamiento			
		K1	K2	2 m <sup>3</sup> /s	3 m <sup>3</sup> /s	Presión (mm CE)	Δ T (°C) ventilador	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal específico (m <sup>3</sup> /h.m <sup>3</sup> )
Soja	700	0,948	0,0176	40.5	63	61	0,7	2,90	20,8
Maíz (referencia)	800	0,953	0,0777	-	-	77	0,9	2,80	20,0
Sorgo	750	1,622	0,0367	70.5	110	97	1,1	2,70	19,3
Trigo	800	2,802	0,117	130	209	151	1,8	2,26	16,2
Girasol	500	3,459	0,1587	163	263	171	2,0	2,05	14,7
Cebada	700	3,959	0,1571	182.5	292	179	2,1	1,98	14,2
Colza	650	5,580	0,1140	240	374	200	2,4	1,72	12,3

\* Peso específico *in situ*: los valores que figuran aquí deben considerarse con reserva; deben efectuarse mediciones precisas en dimensiones reales en el silo de 10 m. Determinar seguidamente K1 y K2 por intrapolación.

**Cuadro 2:** PRESION ESTATICA DEL VENTILADOR DS 46 EN EL CASO DE DOS CAUDALES DE AIRE ARBITRARIOS (2 y 3 M<sup>3</sup>/s) Y CARACTERISTICAS DEL PUNTO AUTENTICO DE FUNCIONAMIENTO (PRESION ESTATICA, RECALENTAMIENTO DEL AIRE, CAUDAL Y CAUDAL ESPECIFICO), PARA SIETE TIPOS DE GRANO

## OBSERVACIONES

1. La elección de ventilador no se improvisa, por lo que es necesario un cálculo caso por caso. La ayuda de una microcomputadora con un programa de "ventilación" bien concebido permite evitar esta operación que es bastante farragosa.
2. El ventilador elegido en este ejemplo responde a la exigencia de polivalencia para todos los granos, desde el más "poroso" (la soja) al menos "poroso" (la colza). Puede trabajar a una presión estática que va de 60 mm C.E. (soja) a 200 mm C.E. (colza) sin que el caudal de aire o el caudal específico resulten demasiado afectados (variaciones de 12,3 a 20,8 m<sup>3</sup>/h-m<sup>3</sup>). Solamente los ventiladores centrífugos del tipo "presión mediana" ofrecen esa ventaja, en la parte descendente de su curva caudal-presión. Los ventiladores helicoidales no convienen cuando la altura del grano es superior a 5 m, debido a que su curva caudal-presión es mucho más plana.
3. Con un ventilador mal adaptado (punto de funcionamiento para el maíz colocado en lo alto de la curva caudal-presión estática), los granos que ocasionan pérdidas de carga elevadas (colza, cebada, girasol) corren el riesgo de ser ventilados con un caudal de aire demasiado débil, lo cual origina tiempos de ventilación excesivamente largos. Por otra parte, un punto de funcionamiento situado a la izquierda del punto puede provocar el fenómeno denominado "bombeo" y causar el deterioro rápido del motor eléctrico.
4. El hecho de inyectar el aire de abajo a arriba en el silo ocasiona un ligero calentamiento del aire debido a la débil compresión del aire por el ventilador (véase  $\Delta T$  ventilador, cuadro 2). Este calentamiento puede variar de 0,7 a 2,4°C, según el producto ventilado. Esto no es un inconveniente: 1°C de calentamiento representa una reducción de 5 puntos de humedad relativa. En cambio, en el caso de alturas de granos superiores a 15 m que necesitan presiones mucho mayores y que entrañan un calentamiento demasiado fuerte del aire de ventilación, se tendrá interés en ventilar por aspiración, circulando el aire de arriba a abajo.

### - Potencia eléctrica absorbida por el ventilador

La potencia eléctrica absorbida P viene calculada por la fórmula:

$$P = \frac{(\text{Presión total}) \times (\text{caudal})}{1.000 \times (\text{rendimiento})}$$

- con P en kW (dividir por 0,732 para calcular los caballos, CV o HP),
- presión total en pascales (multiplicar por 9,81 los mm C.E. para conocer los Pa),
- caudal en m<sup>3</sup>/s,
- rendimiento, decimal.

La potencia P varia según el punto de funcionamiento. Es máxima en el punto correspondiente a la mediana en el campo de variación de la zona útil. Considérese B ese punto.

$$P = \frac{130 \times 9,81 \times 2,6}{1.000 \times 0,72} = 4,6 \text{ kW (o 6,3 CV o HP)}$$

Se elegirá un motor eléctrico, en la gama de potencias normalizadas, de una potencia de 5,5 kW o 7,5 HP.

### 3. Tiempo de enfriamiento:

Es posible calcular el tiempo aproximado de enfriamiento basándose en relaciones experimentales. Efectivamente, para enfriar 1 m<sup>3</sup> de grano entre 5 a 10°C, con una temperatura exterior de 20°C, las necesidades de aire ascienden a 1.200 m<sup>3</sup>. Cuando se enfría el grano en una temperatura exterior próxima a 10°C, la relación aumenta a 2.000 m<sup>3</sup> de aire/m<sup>3</sup> de grano. Estas relaciones nos permiten calcular el tiempo de enfriamiento T<sub>R</sub>:

$$T_R \text{ (horas)} = \frac{1.200 \text{ ó } 2.000}{\text{Caudal específico (m}^3\text{/h-m}^3\text{)}}$$

Tomando nuevamente los caudales específicos calculados en el ejemplo que tratamos se obtiene lo siguiente (cuadro 3):

Grano	Caudal específico (m <sup>3</sup> /h-m <sup>3</sup> )	Tiempo de enfriamiento (horas)	
		En torno a 20°C (base 1.200 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	En torno a 10°C (base 2.000 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Soja	20,8	58	96
Maíz	20,0	60	100
Sorgo	19,3	62	104
Trigo	16,2	74	123
Girasol	14,4	82	136
Cebada	14,2	84,5	140
Colza	12,3	98	163

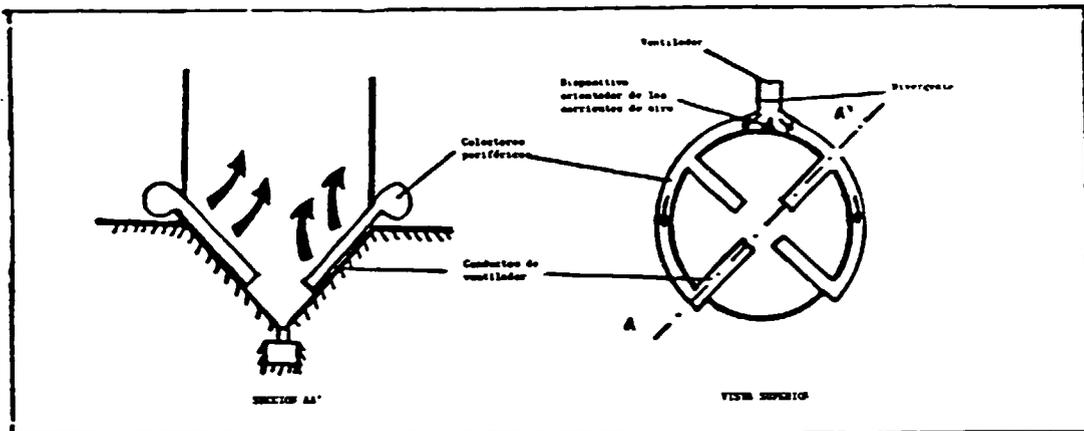
**CUADRO 3:** TIEMPO DE ENFRIAMIENTO APROXIMADO, EN FUNCION DEL TIPO DE GRANO Y DEL CAUDAL ESPECIFICO INYECTADO, ASI COMO DEL NIVEL DE TEMPERATURA AMBIENTE

#### 4. Dimensionamiento de los conductos de ventilación:

Hay varias soluciones para llevar el aire del ventilador al grano. Debido al fondo cónico (fondo tolva) enterrado, me inclinaria por un colector periférico colocado a nivel del suelo y que alimentase cuatro conductos de ventilación (figura 3).

A fin de reducir al mínimo las pérdidas de carga en los circuitos de aire, las leyes de la aerúlica nos indican que la velocidad del aire debe ser inferior a:

- . 8 m/s en el colector,
- . 4 m/s en los conductos,
- . 0,25 a 0,50 m/s en el paso del aire de los conductos al grano



**FIGURA 3:** ESQUEMA DE POSICIONAMIENTO DEL COLECTOR Y DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACION

El dimensionamiento de los conductos se hace en función del caudal de aire más elevado, es decir, 2,90 m<sup>3</sup>/s (soja).

El ventilador debe estar unido al colector por un divergente. A la entrada del colector el caudal se reparte por mitades a derecha y a izquierda, es decir, 1,45 m<sup>3</sup>/s por semicolector. Considérese d (metros) como diámetro del colector. Su sección es  $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$ . En consecuencia, se debe tener:

$$\frac{1,45}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} < 8, \text{ de donde } d > 0,48 \text{ m, redondeado a } 0,5 \text{ m}$$

A la entrada de cada conducto el caudal es de  $0,725 \text{ m}^3/\text{s}$ . La sección del conducto de ventilación debe ser tal que:

$$\frac{0,725}{S} \leq 4, \text{ de donde } S \text{ (conductos)} \geq 0,2 \text{ m}^2$$

Si se trata de un conducto semicilíndrico, deberá tener un diámetro de  $0,7 \text{ m}$ . Por otra parte, su longitud podrá ser de  $4,5 \text{ m}$ . La superficie distribuidora (interfaz conducto-grano) será de  $4,95 \text{ m}^2$ . Con un metal que tenga un coeficiente de perforación del 30%, la velocidad del aire que entre en el grano será de  $0,5 \text{ m/s}$ , lo cual es conveniente.

ANEXO 3

RECEPCION Y COMPROBACION DE LOS CULTIVOS

Programa:

1. Control de un lote de grano a la recepción

- a) Pruebas con las muestras    maíz    [ ]        arroz    [ ]  
   girasol [ ]        soja    [ ]

   criterios aplicables:  
   humedad-roturas, cuerpos extraños

- b) Pruebas con las mismas muestras en comparación con las normas de salida:

2. Muestreo

Toma de muestras - homogenización - ajuste - sesgo - precisión  
Trabajos prácticos con muestras (manipulación, clasificación)

3. Los diversos aparatos

Utilización - fiabilidad  
Práctica con muestras testigo

6. Peso: controles en puente báscula y báscula de circuito

5. Evaluación - Revisión

## EXPLOSION - INCENDIO

### PROGRAMA:

#### El riesgo de "explosión de polvo"

- diferentes riesgos: inflamación, explosión, deflagración,
- principales características del polvo de granos,
- importancia del riesgo en los silos,
- factores agravantes,
- película sobre una explosión de polvo.

#### La demostración de una explosión de polvo:

- demostración con diferentes tipos de polvo (cereales, azúcar, leche en polvo).

#### Prevención a nivel del almacenero o jefe de silo:

- papel del empleado,
- cómo asegurar de la mejor manera la limpieza del silo,
- en caso de trabajos de soldadura: reglamentación "permiso contra incendios".

#### Prevención a nivel del servicio de mantenimiento:

- permiso contra incendios
- captación de polvo
- filtración
- medidas obligatorias

Documentación: folleto "mantenimiento y seguridad en los silos"

Consignas de seguridad - carteles.

## REPARACIONES ELECTRICAS

### OBJETIVO:

Esta etapa está concebida para el personal de los silos (almaceneros, jefes de silo...) que deseen conocer mejor las instalaciones electrotécnicas a fin de garantizar un funcionamiento óptimo y una reparación sencilla.

### PROGRAMA:

#### Reparaciones electrotécnicas:

- definición de corriente eléctrica: unidades de medida: voltios, amperios, ohmios, vatios,
- el electroimán: aplicaciones que tiene en una instalación,
- aparatos conmutadores: interruptor, disyuntor, contactador, seccionador, relé térmico, magnético, diferencial,
- conductores activos: cobre, aluminio (longitud y secciones)
- conductores de protección: aislantes, fusibles
- el motor trifásico: rotor en cortocircuito, rotor embobinado, acometida estrella, triángulo, resistencias, placa descriptiva,
- aparatos de medición: voltímetro, amperímetro,
- esquemas eléctricos: circuito de mando, circuito de potencia, símbolos, servicios,
- montajes y búsqueda de averías en maquetas

#### Normas de seguridad:

- principios generales de seguridad
- peligros de la electricidad: quemaduras, tétanos, fibrilación
- ejemplos de accidentes: con baja tensión y con alta tensión
- aspecto reglamentario y aspecto práctico: las diferentes clasificaciones, trabajos de tipo eléctrico y no eléctrico,
- material de seguridad: protección contra contacto directo e indirecto, transformador de separación, doble aislamiento,
- material amovible: lámparas portátiles, taladradoras,
- nociones de socorrismo: gestos que hay que evitar, precipitación, ausencia de fenómeno visible
- simulaciones en maqueta: papel de los diferentes aparatos existentes
- pruebas de conocimientos.

## MANTENIMIENTO MECANICO

### OBJETIVO:

Facilitar a los almaceneros y jefes de silo conocimientos básicos con el fin de que ellos mismos puedan garantizar:

- el mantenimiento preventivo del material de los silos
- la reparación sencilla de las instalaciones.

Tal es el objetivo de esta fase que se basa fundamentalmente en trabajos prácticos.

### PROGRAMA:

#### Instrumentos de medición

#### Transmisión por correa:

- diferentes tipos de correa, de poleas
- control de una transmisión por correas y mantenimiento

#### Las transmisiones por cadenas:

- tipos de cadenas, control, mantenimiento, lubricación
- acortamientos de las cadenas

#### Los rodamientos: diferentes tipos, calidades

#### Los aceros: fabricación, tipos de acero y características

#### Nociones sobre tolerancias

#### Lubricación y engrase:

- función del lubricante
- principales lubricantes: aceite (normalización), grasa
- especificación, frecuencia.

#### Las aplicaciones sobre material de manipuleo:

- noria de cangilones, transportador de cadenas, cinta transportadora
- controles que han de efectuarse: periodicidad y momento

## VENTILACION

### PROGRAMA:

1. **Recapitulación de los diferentes principios relativos a la conservación del grano:**
  - . duración del almacenamiento en función de la humedad y de la temperatura del grano,
  - . conservación del poder germinativo.
2. **El grano es un organismo vivo:** alteración posible en el curso del almacenamiento.
3. **Principios básicos:**
  - . cómo apreciar el estado de conservación de un silo de grano,
  - . cómo vigilar la temperatura: los posibles aparatos, los métodos.
4. **El trasilado:** interés que presenta, inconvenientes y límites.
5. **La ventilación:**

Conocer la instalación de ventilación,  
Cálculo de la presión y caudal de aire producido por el ventilador,  
Qué duración ha de tener la ventilación,  
Aplicación práctica de la ventilación:

  - . ¿cuándo ventilar?
  - . ¿se puede automatizar la ventilación?
  - . ¿con qué medios?
  - . ¿qué controles deben efectuarse?
  - . ¿cómo reducir el consumo de electricidad?
  - . catalogación y estudio de los "accidentes de conservación".

**SECADO**

**PROGRAMA:**

**1. El almacenamiento del grano previo al secado**

La degradación del grano

Pérdida de materia

Acidificación de los productos oleaginosos

El dosaje de agua: problema particular del grano almacenado antes del secado y del grano que sale de la secadora

**2. Cantidades de agua que han de extraerse**

La humedad de las impurezas

**3. Objeto del secado**

Las cantidades de agua extraídas por el aire según la temperatura de trabajo

Principales características de una secadora

Potencia evaporadora, caudal de aire

Caudal de aire, potencia calorífica, fuentes de energía

Principio de funcionamiento de las diferentes marcas de secadoras: sus particularidades

**4. Controles que han de efectuarse:**

En el generador de aire caliente, regulación y modulación de la temperatura

En la campana de aire

En la columna de grano: temperatura de masa, utilización de este dato

Temperatura en la campana de aire usado

Sobre el grano a la salida de la secadora

Dispositivos de extracción

**5. Mantenimiento de la secadora**

**6. Posibilidades de que ocurra un siniestro**

Factor exterior a la secadora, factor relacionado con la secadora, factor humano

Detección de un conato de incendio

Comportamiento que hay que seguir en caso de incendio

Aplicación de un plan de intervención

## COMO ANIMAR EFICAZMENTE A UN EQUIPO

**PERSONAS INTERESADAS:** Jefe de centro, Jefe de silo o todas las personas que encuadren a personal de temporada, eventual o permanente.

### OBJETIVO:

- Mejorar su eficacia como "jefe de equipo" gracias a técnicas de administración y de gestión de sus relaciones.
- Favorecer sus relaciones humanas cotidianas (acogida - espíritu de servicio - relaciones comerciales).

### PROGRAMA:

- Elementos básicos de la comunicación
- ¿Qué se entiende por gestión?
- El papel y el espíritu de un equipo
- La autoridad y modo de ejercerla
- ¿Cuál es mi estilo de dirección?
- Análisis y detección de bloqueos
- Arte y manera de transmitir consignas de trabajo.

### PEDAGOGIA

- Aporte de informaciones
- Representación de roles.

PERMISO CONTRA INCENDIOS

FECHA:

EDIFICIO

PISO:

NATURALEZA DEL TRABAJO:

El encargado de la seguridad contra incendios concede autorización para efectuar el trabajo que se expone seguidamente, tras haber procedido al reconocimiento del lugar y haberse cerciorado de que se han adoptado las precauciones indispensables así como las medidas particulares enumeradas a continuación.

Autorización valedera del \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_

Firma del responsable de la seguridad contra incendios

Trabajo iniciado el \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_

Trabajo terminado el \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_

Firma del operador \_\_\_\_\_

PRECAUCIONES INDISPENSABLES

- Se ha verificado el estado satisfactorio del material de corte y de soldadura.

Precauciones en un radio de 10 metros

- El suelo ha sido barrido y ha quedado desprovisto de toda materia combustible.
- Las planchas combustibles han sido recubiertas con chapas, materiales de amianto, etc.
- Se han alejado los líquidos inflamables y se ha preferido las otras materias combustibles con lonas ignífugas o pantallas metálicas.
- Se han obturado todos los orificios de los muros y del suelo.
- Se han suspendido bajo el puesto de trabajo lonas ignífugas.

Vigilancia de incendios

- Se ha instalado cerca del lugar de trabajo un extintor adaptado a los riesgos.
- Treinta minutos después de finalizados los trabajos se efectuará una ronda.

MEDIDAS PARTICULARES

Ejemplar para el operador