



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

3  
2ED

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÁQUINAS PARA EL  
PROCESAMIENTO DE GRANOS Y SEMILLAS. ESTUDIO  
DE CASO, LA SEMILLA DE AMARANTO

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :  
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

FALLA DE ORIGEN

1995



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

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

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

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN  
CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**Tesis que para obtener el título de**

**LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**presenta**

**JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA**

**con el tema**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÁQUINAS PARA EL PROCESAMIENTO DE GRANOS Y  
SEMILLAS. ESTUDIO DE CASO, LA SEMILLA DE AMARANTO**

**Sn. Juan de Aragón Edo. de México, 1995**

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÁQUINAS PARA EL PROCESAMIENTO DE GRANOS Y SEMILLAS: ESTUDIO DE CASO, LA SEMILLA DE AMARANTO

## ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN/ABSTRACT	
AGRADECIMIENTOS	
RECONOCIMIENTOS	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMÁTICA DEL AMARANTO EN MÉXICO	2
1.2 EQUIPOS DISEÑADOS	3
1.2.1 Sistemas artesanales	3
1.2.2 Reventador de lecho fluidificado	5
1.2.3 Reventador de placa	5
1.2.4 Reventador de aire caliente	8
1.2.5 Reventador térmico	8
1.3 OBJETIVOS Y METAS	11
CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE CAMPO	12
2.1 METODOLOGÍA	12
2.1.1 Proceso artesanal	12
2.1.1.1 Limpieza	12
a) Operación de limpieza	
b) Desventajas de la operación	
2.1.1.2 Acondicionamiento	13
a) Humidificación	
b) Desventajas del acondicionamiento	
2.1.1.3 Reventado	13
a) Calentamiento y separación	
b) Desventajas del reventado	
2.1.1.4 Elaboración del dulce conocido como "alegría"	13
a) Descripción	
b) Desventajas de la operación	
2.1.2 Aplicación del proceso artesanal en la sociedad cooperativa de Amatul, Tuyequalco, D.F.	14

	Pag.
2.1.2.1 Descripción	14
2.1.2.2 Limitaciones	15
2.1.3 Aplicación del proceso artesanal en una fábrica independiente	15
2.1.3.1 Descripción	15
2.1.3.2 Limitaciones	15
2.1.4 Resultados del estudio de campo	24
<b>CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>25</b>
<b>3.1 REQUERIMIENTOS</b>	<b>25</b>
<b>3.2 SUBSISTEMAS</b>	<b>26</b>
<b>3.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA</b>	<b>27</b>
<b>3.4 ERGONOMÍA</b>	<b>28</b>
3.4.1 Datos generales	28
3.4.2 Secuencia de actividades para la operación de la máquina	28
3.4.3 Datos antropométricos	30
<b>3.5 SISTEMA DISEÑADO</b>	<b>35</b>
3.5.1 Memoria descriptiva	35
3.5.2 Planos	44
3.5.3 Evaluación preliminar de costo	81
3.5.3.1 Introducción	81
3.5.3.1.1 Objetivos del proyecto	81
3.5.3.1.2 Metas parciales	81
3.5.3.1.3 Metas finales	81
3.5.3.1.4 Necesidades y oportunidades tecnológicas	82
3.5.3.2 Metodología de evaluación económica	82
3.5.3.3 Infraestructura requerida	83
3.5.3.4 Calendario de actividades programáticas	84
3.5.3.5 Presupuesto	85
3.5.3.6 Gasto corriente	86
3.5.3.7 Presupuesto total del proyecto (miles de pesos)	86
3.5.3.8 Costo estimativo del producto	86
<b>CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO (REVENTADOR EXPERIMENTAL)</b>	<b>87</b>
<b>4.1 DISEÑO DEL REVENTADOR EXPERIMENTAL</b>	<b>87</b>

## 4.2 FOTOGRAFÍAS DEL REVENTADOR EXPERIMENTAL 88

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
RESUMEN EXTENDIDO	90
BIBLIOGRAFÍA	93
APÉNDICE I. DATOS EXPERIMENTALES PRELIMINARES PARA VALIDACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN	95
ANEXO I. FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO ARTESANAL	99
ANEXO II. FOTOGRAFÍAS DE LA FÁBRICA DE AMATUL	112
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS DE LA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA")	120
GLOSARIO	127
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	
CUADRO 1. PROCESO ARTESANAL	14
CUADRO 2. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DEL PROCESO ARTESANAL	99
CUADRO 3. FÁBRICA DE AMATUL	15
CUADRO 4. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA FÁBRICA DE AMATUL	16
CUADRO 5. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA")	19
CUADRO 6. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA FÁBRICA INDEPENDIENTE	20
Capítulo 1:	
Fotografías 1 y 2. Sistemas artesanales	4
Fig. I. Reventador de lecho fluidificado (Soriano y col., 1987)	6
Fig. II. Reventador de placa (Dipp-Adla y Tena, 1987)	7
Fig. III. Reventador de aire caliente (Vázquez y col., 1987)	9
Fig. IV. Reventador térmico (Mijares, 1991)	10

## Capítulo 2:

Fig. 1.	DIAGRAMA EN PLANTA DE LA FÁBRICA DE AMATUL (TOMA DE FOTOGRAFÍAS)	17
Fig. 2.	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN POR ZONAS DE LA FÁBRICA DE AMATUL	18
Fig. 3.	DIAGRAMA EN PLANTA DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE (TOMA DE FOTOGRAFÍAS)	21
Fig. 4.	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA")	22
Fig. 4a.	DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE	23

## Capítulo 3:

Fig. 3-1	SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	29
Fig. 3-2	DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DEL USUARIO CON RESPECTO A LA MÁQUINA	31
Fig. 3-3	DATOS ANTROPOMÉTRICOS DEL USUARIO	32
Fig. 3-4	OTROS DATOS ANTROPOMÉTRICOS DEL USUARIO	34
Fig. 3-5	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO MECÁNICO	36
Fig. 3-6	ELEMENTO NEUMÁTICO	36
Fig. 3-7	PRIMER ELEMENTO DE INTERCAMBIO DE CALOR	38
Fig. 3-8	SEGUNDO ELEMENTO DE INTERCAMBIO DE CALOR	38
Fig. 3-9	ELEMENTO ENVOLVENTE	39
Fig. 3-10	ELEMENTO ESTRUCTURAL	40
Fig. 3-11	ELEMENTO DE CONTROL E INDICACIÓN	42
Fig. 3-12	ELEMENTO DE RECEPCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA	43
Pl. 1-4	VISTAS GENERALES	45
Pl. 5	CORTE	49
Pl. 6-8	DETALLES	50
Pl. 9	DESPIECE	53
Pl. 10	V.G. CÁMARA	54
Pl. 11	V.G. INTERCAMBIADOR	55
Pl. 12	V.G. TOLVA RECUPERADORA DE AIRE	56
Pl. 13	V.G. TINA	57
Pl. 14	V.G. CILINDRO	58
Pl. 15	V.G. CRIBA	59
Pl. 15a	DESPIECE CRIBA	60
Pl. 16	V.G. TOLVA	61
Pl. 17	V.G. DUCTO DE LIMPIEZA	62
Pl. 18	V.G. INTERCAMBIADOR	63
Pl. 19	V.G. PANELES	64

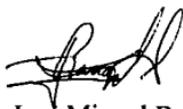
**Nota:**

Uno de los sinodales sugirió el cambio del título de la presente tesis a:

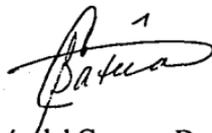
**DISEÑO DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA, ACONDICIONADORA Y REVENTADORA DE GRANOS Y SEMILLAS**

pero, desafortunadamente, la tesis ya estaba registrada con el título que se señala en la portada y ya no se tenía tiempo para llevar a cabo todo el trámite de cambio de título.

Por ello, el sustentante y la asesora incluyen esta nota.



**Pas. D.I. José Miguel Rangel Silva**  
Sustentante



**Dra.-Ing. María del Carmen Durán**  
Domínguez de Bazúa  
Asesora

	Pag.
PI. 20 V.G. PANELES	65
PI. 21 CONTROLES	66
PI. 22 V.G. CARRITO DE TRANSPORTE DE SEMILLA	67
PI. 22a DESPIECE DE CARRITO	68
PI. 23 V.G. CONTENEDOR DE BASURA	69
PI. 24 ESTRUCTURA	70
PL 25 V.G. CARRITO DE VACIADO	71
PL 25a DESPIECE CARRITO DE VACIADO	72

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi familia por todo el amor y apoyo brindado durante mi formación profesional.**

**A mi mamá y a mi papá**

**A mis hermanos**

**A mis hermanas**

**Gracias,**

**su hijo y hermano**

**José Miguel Rangel Silva**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el apoyo de la Facultad de Química de la UNAM por el financiamiento para este proyecto, a través de los fondos que otorga a sus profesores de carrera. Asimismo, se agradece a la OEA, entidad que a través de los bienios 1986-87 y 1988-89, financió los proyectos "Industrialización del maíz para consumo humano" e "Industrialización del maíz y sorgo para consumo humano" y al CONACYT, con el proyecto PCCBBNA-020395, los que permitieron la adquisición de los equipos (extrusor de bajo costo, alimentador, texturómetro, viscoamilógrafo, etc) que fueron empleados en este trabajo para las evaluaciones de calidad de los productos reventados.

## RECONOCIMIENTOS

Con admiración y respeto agradezco a la Dra. María del Carmen Durán de Bazúa por el apoyo, orientación profesional y facilidades ofrecidas para el desarrollo de este trabajo.

Con agradecimiento y gratitud al Ing. Mtro. Claudio Merrifield Castro por su confianza en el proyecto y en mí. Gracias a usted este humilde proyecto pudo continuar y llegar a un feliz término.

A la maestra Griselda Vázquez Carrillo y los ayudantes del Laboratorio de Tecnología de Maíz del INIFAP-SARH en Chapingo, México, por su apoyo para las fases experimentales de prueba con semilla de amaranto.

A los colaboradores del Laboratorio de Procesamiento de Granos y Semillas del Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química de la UNAM, donde se desarrolló además, el reventado de maíz, sorgo y arroz, por su apoyo y confianza, así como a los colaboradores del Laboratorio de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental del PIQAYQA de la Facultad de Química de la UNAM por su camaradería, especialmente a la QFB Hilda Elizabeth Calderón Villagómez, al Dr. Victor Manuel Luna Pabello, al M. en C. Salvador Sánchez Tovar, al QFB Jimmy Arnaldo Cañipa, a la estudiante de Química de Alimentos Adriana Cruz, a la Biol. Rosa María Picaso Hernández, a la I.Q. Ángeles Vargas, a la I.Q. Isalia Chávez Sánchez y a la Sra. Irene González Palacios.

Al técnico Sergio Luna Pabello, del Centro de Investigaciones en Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM por su apoyo y asesoría en parte del desarrollo de este trabajo, por su confianza en el proyecto y su amistad. Gracias.

A los profesores que revisaron la tesis y que formaron parte del jurado: Lic. Nahum Arturo Clemente Salazar, D.I. Gabriel Simón Sol, Ing. Jorge Rodríguez Luna y Ing Everardo Esquivel Sánchez por sus valiosos comentarios y sugerencias que enriquecieron esta contribución a la industrialización de nuestras comunidades tradicionales.

## RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño y los parámetros de la construcción de una serie de máquinas conectadas para procesar semillas por reventado. La planta prototipo que sería construida consta de las siguientes operaciones unitarias (con los equipos requeridos para cada operación): (a) Limpieza (criba limpiadora), (b) Acondicionamiento de los granos (molinos para premolienda, tolvas, sistema generador de vapor, sistema rehidratador, transportadores), (c) Procesamiento (tolvas, reventador, extrusor, transportadores, amasadora, tortilladora, confitadora, laminadora) y (d) Empaque (tolvas, embolsadora para presentación a granel, mesa para envoltura manual individual). Se emplearán para su construcción materiales metálicos durables para evitar costos de mantenimiento y reparación (acero inoxidable). Se buscarán motores, ventiladores, sopladores, quemadores, etc., de producción nacional para que puedan tener mantenimiento y cambio de refacciones sin problemas. Se enviarán los diseños para su construcción a talleres nacionales especializados en la construcción de equipos para la industria alimentaria. Se construyó un equipo modelo que puede procesar hasta 1 kg de semillas por hora. Se ha probado con maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*). La inversión total para este proyecto sería de N\$ 1,810,000 (a pesos del 15 de diciembre de 1994), que incluye equipos procesadores, equipo de control de calidad (laboratorio), montaje de un taller de mantenimiento y reparación, equipo de cómputo y misceláneos.

## ABSTRACT

This research work presents the design and construction parameters for a series of machines connected to process seed using popping techniques. The prototype to be built has the following unit operations (with the requirements for each operation): (a) Cleaning (screeners), (b) Grains conditioning (pregrinding mills, feeding troughs, steam generator, rehydrating system, transporters), (c) Processing (troughs, popper, extruder, transporters, dough maker, tortilla machine, confitting machine, laminating machine), and (d) Packing (troughs, bagging machine for bulk sale, table for manual individual packing). For its construction, hygienic metal materials to minimize maintenance and repair costs (high quality inoxidable or stainless steel) will be used. Motors, ventilators, fans, burners, etc, will be of national production to guaranty spare pieces and maintenance services without any problems. Design documents will be sent to national food industry specialized workshops for its construction. A small model system was built, that processes up to 1 kg seeds per hour. It has been tested with maize (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*). Total investment would be N\$ 1,810,000 (Mexican New Pesos to December 15, 1994), that include processing items and quality control equipments (laboratory), workshop for maintenance and repair, a computer and some miscelaneous items.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El hombre, a través de su evolución, ha tratado de resolver sus necesidades de supervivencia. En este afán por descubrir e idear formas para conseguir las cosas, el ser humano ha creado objetos ideando primero utensilios, herramientas, maquinaria, etc., al principio para satisfacer sus propias necesidades pero, al crecer las comunidades, hubo necesidad de dividir esfuerzos para facilitar aun mas la tarea de conquistar ideales.

Así se crean los oficios, especializando a cada individuo en tareas específicas. A través del tiempo, el hombre sigue creando objetos y los tiene que hacer en grandes cantidades, para satisfacer la demanda, generando las producciones en gran volumen o en masa.

Para hacer esta producción masiva empiezan a surgir talleres para más tarde evolucionar en fábricas conformándose así el concepto de industria. El desarrollo del diseño industrial permite crear alternativas, que resuelvan problemas a través de productos idóneos.

La población tiene tres necesidades básicas, los alimentos, la educación y la salud. De entre ellos destaca la producción de alimentos. En todas las sociedades agrícolas los cereales han representado la base de la alimentación. Dentro de la producción de cereales destaca, para este trabajo, la carencia de maquinaria para limpieza, acondicionamiento y procesamiento de granos, sobre todo en las zonas rurales donde estos granos son cultivados y cosechados.

Un caso que cae en este rubro es justamente el del amaranto, un cereal muy apreciado por sus características nutrimentales (no *nutricionales* que es un barbarismo derivado del inglés). Este cereal fue "redescubierto" por la revista editada en los EEUU, *National Geographic*, con un artículo que ensalzaba sus cualidades nutricias. En realidad, la característica que lo hace un poco diferente a los otros cereales es que tiene un contenido proteico ligeramente mayor. Naturalmente, no es comparable a las leguminosas en lo que a proteínas se refiere pero, de cualquier manera es una buena fuente de energía y constituye una pequeña parte de las proteínas en la dieta diaria.

Lo que es importante destacar es que, detrás de este bledo, se encuentra un contenido histórico-cultural muy especial, ya que en el México precolombino, formaba parte de la dieta, junto con el maíz, el frijol, los quelites, las aves, los peces, etc. También era usada en los rituales religiosos, sobre todo en aquellos dedicados al dios del fuego. Esto hizo que los misioneros españoles prohibieran su cultivo, ya que se asociaba con las creencias nativas. Por ello, resulta trascendente para México, además de conocer su legado histórico en el cual puede apoyarse para resolver las carencias de su población y fortalecer su identidad como país, buscar una fuente adicional de ingresos para la población campesina a través del cultivo, procesamiento y venta (de preferencia en el extranjero) de esta semilla.

En México la semilla de amaranto se consume principalmente reventada. El proceso artesanal se realiza en un comal o superficie convexa de barro o metal calentado sin controles de temperatura, lo que ocasiona ineficiencias en su procesamiento. A nivel experimental y comercial se han utilizado equipos para reventar esta semilla.

El reventador de lecho fluidificado fue fabricado en México e instalado en Tulyehualco, D. F. y proporciona una eficiencia de reventado similar a la obtenida con el método artesanal, de 62-67% (Soriano y col., 1987) y otro, construido en los EEUU, a nivel de laboratorio, da rendimientos mejores

que el anterior (Vázquez y col., 1987). Otros equipos existentes son los reventadores rústicos adoptados por las comunidades de San Miguel del Milagro, Tlaxcala y Tulyehualco, D. F. que consisten básicamente en planchas metálicas calentadas por quemadores de propano y butano y que cuentan con un mecanismo de vaivén que permite obtener semillas reventadas con eficiencias aproximadas de 60%.

Un proceso que pudiera substancialmente mejorar la eficiencia de reventado sin complicar innecesariamente las operaciones unitarias involucradas ni los costos de producción, sería la respuesta idónea para incrementar la eficiencia de producción y la calidad nutricia del amaranto reventado. Esto significaría mayores ingresos para los productores y mejor calidad para los consumidores (Casillas-Gómez, 1977).

Por ello es que en este trabajo se propone el diseño de un sistema de máquinas para el proceso de la semilla de amaranto a nivel semi-industrial. Cabe mencionar que este sistema de máquinas podría procesar otros granos, no solamente el amaranto, permitiendo su uso continuo y haciéndolo mas rentable, desde el punto de vista de factibilidad económica.

## 1.1 PROBLEMÁTICA DEL AMARANTO EN MÉXICO

A través de la historia de Mesoamérica, los bledos y especialmente el amaranto, han sido consumidos como vegetal y como semilla. Su alto valor nutritivo, considerando que es un cereal, atrajo a los pobladores prehispánicos a su cultivo y consumo, junto con alimentos tradicionales como el maíz y el frijol.

Lamentablemente, el cultivo y consumo de este cereal se prohibió durante el período de la colonia (1520-1820), debido a su asociación con ritos religiosos. Sin embargo, no desapareció completamente, sino, que de manera subrepticia (o "subversiva" para los gobiernos dominantes de la época colonial), se mantuvo su consumo entre las clases mayoritarias del valle de México, principalmente. Su principal forma de consumo es como palanqueta en mezclas de la semilla reventada elaborada con miel de abeja o jarabes hechos con azúcar de caña o "piloncillo". En ocasiones especiales se le adicionan uvas pasas, nueces, etc.

El proceso de reventado es típico de las culturas precolombinas y no se restringe solamente al amaranto sino que era ampliamente usado para reventar también maíz (sobre todo el de las variedades de endospermo duro que no eran aptas para usarse en el proceso de "nixtamalización", como la conocida como "toluqueña", que se consume directamente reventado y cuyo producto es conocido como "palomitas" o "rosetas" (y cuyo nombre indígena original era *izquilitl*, o que brota o brinca, de la que se han derivado los esquites, aunque éstos en realidad son granos de maíz hervido, no reventado). De hecho, al introducir los europeos el cultivo de arroz asiático y el trigo, estos también, fueron reventados y, actualmente, representan un mercado importante de los llamados "cereales para desayuno". También puede reventarse el sorgo aunque, por su contenido de taninos y polifenoles, no se ha explorado su consumo humano directo. Dado que ya hay variedades de sorgo blanco, éstas podrían reventarse y consumirse directamente.

Como se mencionaba en la introducción, en los últimos veinte años, se ha dado un resurgimiento de la demanda del amaranto orientado hacia el consumo humano, propiciado por la propaganda hecha en los EE.UU.A. y Canadá por los expendedores de productos alimenticios naturalistas.

Uno de los principales problemas tecnológicos asociados al incremento en la demanda es el proceso de reventado. Actualmente, a nivel comercial, se sigue efectuando mediante el proceso tradicional o con maquinaria cuyo diseño no ha sido el óptimo.

El reventado es básicamente un fenómeno que se da por la evaporación súbita del agua que contiene el grano en su endospermo haciendo que se modifiquen químicamente los almidones que contiene y se expandan, provocando un aumento considerable del volumen original de la semilla y reduciendo la problemática del pericarpio y su efecto de barrera hacia la cocción del cereal.

Por ello, si se diseñan máquinas que lleven a cabo de manera efectiva esta evaporación súbita de la humedad contenida en el interior del grano, se tendrá una mayor eficiencia de reventado de las semillas con el mínimo consumo energético posible.

Con objeto de verificar la originalidad de la idea que se presenta en este trabajo, se llevó a cabo un estudio de campo para evaluar los equipos actualmente en uso, resaltando sus ventajas y desventajas y los equipos a nivel de laboratorio que se tienen en México y que, hasta el momento, no han sido escalados.

## 1.2 EQUIPOS DISEÑADOS

A continuación se presenta una breve descripción de los equipos diseñados hasta el momento en México para procesar el amaranto y producir un dulce tradicional tipo palanqueta, conocido como alegría.

### 1.2.1 *Sistemas artesanales*

Los reventadores rústicos adoptados por las comunidades de San Miguel del Milagro, Tlaxcala y Tulyehualco, D.F., consisten básicamente en planchas metálicas calentadas por quemadores de gas butano y propano y que cuentan con un mecanismo de vaivén que permite obtener semillas reventadas con eficiencias aproximadas de 60% de granos reventados (Fotografías 1 y 2).

Dentro de las ventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Emplea una placa metálica que evita que los gases de combustión estén en contacto directo con la semillas contaminándolas
- \* El gasto másico de grano reventado es de 16 kg/h
- \* Emplea un solo operario
- \* Tiene un mecanismo de dosificación adecuado
- \* La tolva de alimentación tiene una capacidad de 50 kg.

Dentro de las desventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* No tiene controles de temperatura
- \* No reventada toda la semilla y muchas salen "quemadas"
- \* Existe un desperdicio relativamente considerable de semilla
- \* El sistema usado para separar las semillas reventadas de las no reventadas y "quemadas" no funciona adecuadamente
- \* No tiene contenedores donde se reciba de manera automática la semilla reventada y las no reventadas y/o "quemadas"
- \* No es un proceso continuo.

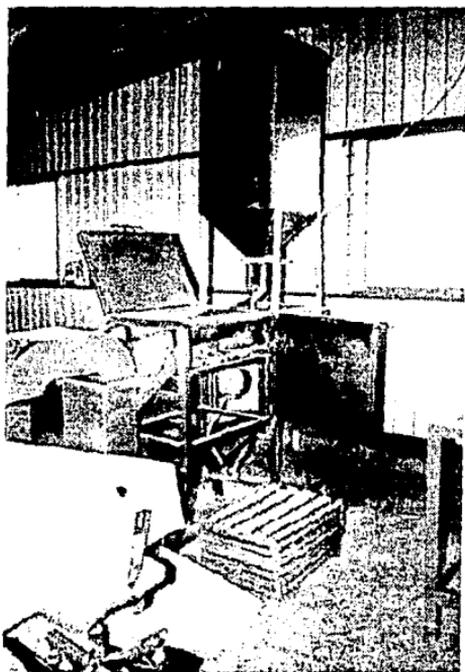


Foto No. 1 Quemadores de la máquina reventadora de amaranto

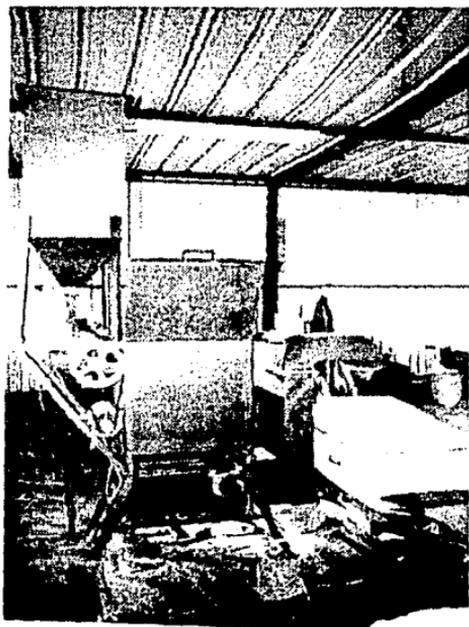


Foto No. 2 Muestra la máquina viendo el motor y la polea, el mecanismo de vaivén y el ventilador que separa la semilla reventada

## Fotografías 1 y 2 Sistemas artesanales

### 1.2.2 Reventador de lecho fluidificado

Este sistema se basa en un principio muy usado en la industria alimentaria para mejorar la transferencia de calor y masa. Las partículas sólidas se encuentran "flotando" por medio de un sistema neumático formando una mezcla homogénea que recibe el calor de manera relativamente uniforme y presentando la mayor área superficial posible. El tiempo de residencia de la semilla (*tiempo de residencia* es un término muy usado en la ingeniería para designar el tiempo que un reactivo y/o producto permanece en el interior del equipo de proceso y se calcula generalmente como el cociente del volumen de trabajo del equipo dividido entre el flujo volumétrico de material que entra y/o sale) en el equipo puede hacerse lo suficientemente corto para evitar problemas de exceso de calor y reduciendo los consumos energéticos. Un equipo de este tipo fue construido en México e instalado en Tulyehualco, D.F. Proporciona una eficiencia similar al proceso tradicional, esto es, de 62 a 67% (Soriano y col., 1987). Puede usarse el mismo equipo, tanto para limpiar la semilla, como para reventarla, sobre todo si la densidad relativa de las impurezas es muy diferente a la del amaranto (Fig. I).

Dentro de las ventajas de este sistema se tienen las siguientes:

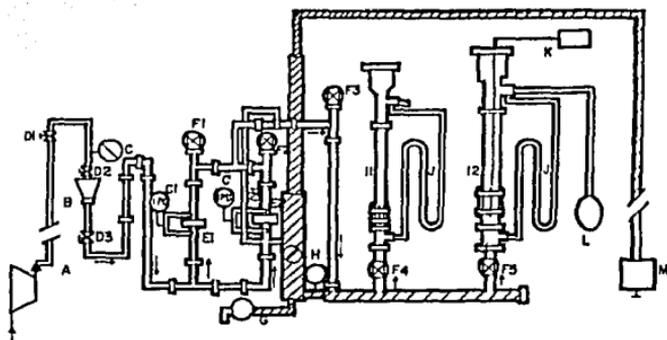
- \* Es una máquina donde las dos operaciones, limpieza y reventado, pueden realizarse en forma secuencial
- \* El gasto másico de grano reventado es de 30 kg/h
- \* Emplea un solo operario
- \* La tolva de alimentación tiene una capacidad de 200 kg.

Dentro de las desventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* No tiene controles de temperatura
- \* No reventada toda la semilla y muchas salen "quemadas"
- \* Utiliza un quemador de gas butano y propano en un tubo y donde los gases de combustión se ponen en contacto directo con la semilla a través de un ventilador centrífugo de paletas, haciendo que el producto se contamine con los subproductos de la combustión
- \* Es un proceso intermitente, ya que es necesario llevar a cabo primero la operación de limpieza y después la de reventado.
- \* En la operación de limpieza, las impurezas cuya densidad es similar a la del grano no pueden separarse.

### 1.2.3 Reventador de placa

Este equipo se tiene solamente a escala de laboratorio y fue diseñado por Jaik Dipp Adla y Jorge Alberto Tena del CIIDIR, en la Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Tiene una superficie de calentamiento de 40 cm<sup>2</sup> el tiempo de reventado promedio es de 10 segundos, la temperatura de reventado está establecida a 168°C, el área total del equipo es de 800 cm cuadrados (40 x 20), la velocidad de la semilla en el equipo es de 4 cm/s y la inclinación del equipo con respecto a la horizontal es de 1.15% (Fig. II).



Equipo de fluidización

- |                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| A Compresor                | H Termómetro de carátula         |
| B Filtro                   | I Columnas de 2.5 y 5.0 cm.      |
| C Manómetro de carátula    | J Manómetro de agua              |
| D Válvula de globo         | K Termopar y registrador digital |
| E Placa de orificio        | L Bolsa de recolección           |
| F Válvula angular de aguja | M Caldera                        |
| G Trampa de vapor          | C' Micromanómetro                |

Fig. 1 Reventador de lecho fluidificado ( Soriano y col., 1987 )

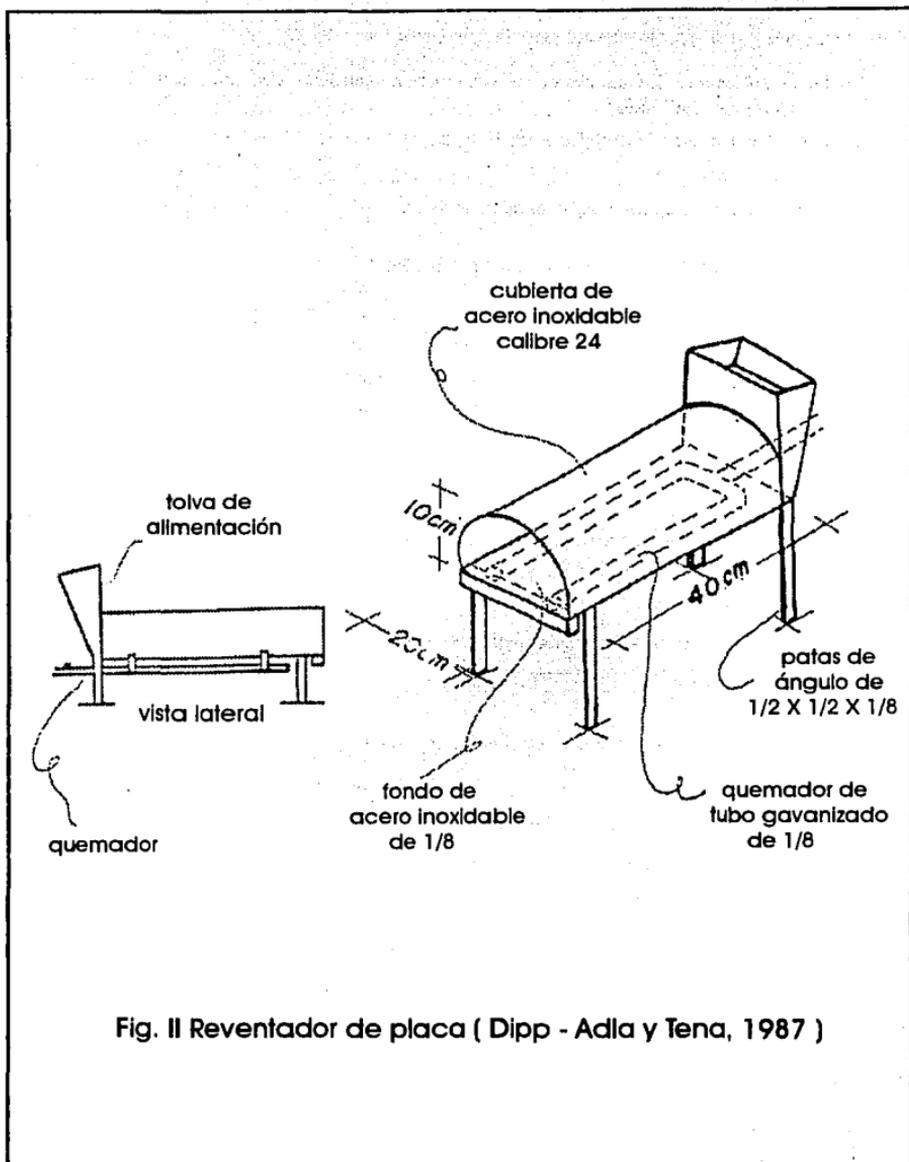


Fig. II Reventador de placa ( Dipp - Adla y Tena, 1987 )

Dentro de las ventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Emplea una placa metálica que evita que los gases de combustión estén en contacto directo con la semillas contaminándolas
- \* El gasto másico de grano reventado es de 10 kg/h
- \* Emplea un solo operario
- \* La tolva de alimentación tiene una capacidad de 50 kg.

Dentro de las desventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* No tiene controles de temperatura
- \* No revienta toda la semilla y muchas salen "quemadas"
- \* Existe un desperdicio relativamente considerable de semilla
- \* La placa es fija por lo que su eficiencia se reduce considerablemente.

#### **1.2.4 Reventador de aire caliente**

Este equipo también está construido a escala de laboratorio (Fig. III). Fue construido en los EEUU y opera con corriente eléctrica. Perteneció al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (Inifap) de la SARH. Su eficiencia de reventado es de 75-80% (Vázquez y col., 1987).

Dentro de las ventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Tiene controles de temperatura y gasto volumétrico de aire caliente
- \* Emplea un solo operario

Dentro de las desventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Consume cantidades considerables de energía eléctrica (1000 W/h)
- \* La resistencia no puede soportar la operación continua
- \* Procesa solamente 500 g/h
- \* La tolva tiene una capacidad de 500 g.

#### **1.2.5 Reventador térmico**

Este reventador fue construido en el Centro de Investigaciones en Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM (Mijares, 1991). Da eficiencias de reventado entre 50 y 60% (Fig. IV).

Dentro de las ventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Tiene controles de temperatura y flujo de aire caliente automáticos
- \* Emplea un solo operario.

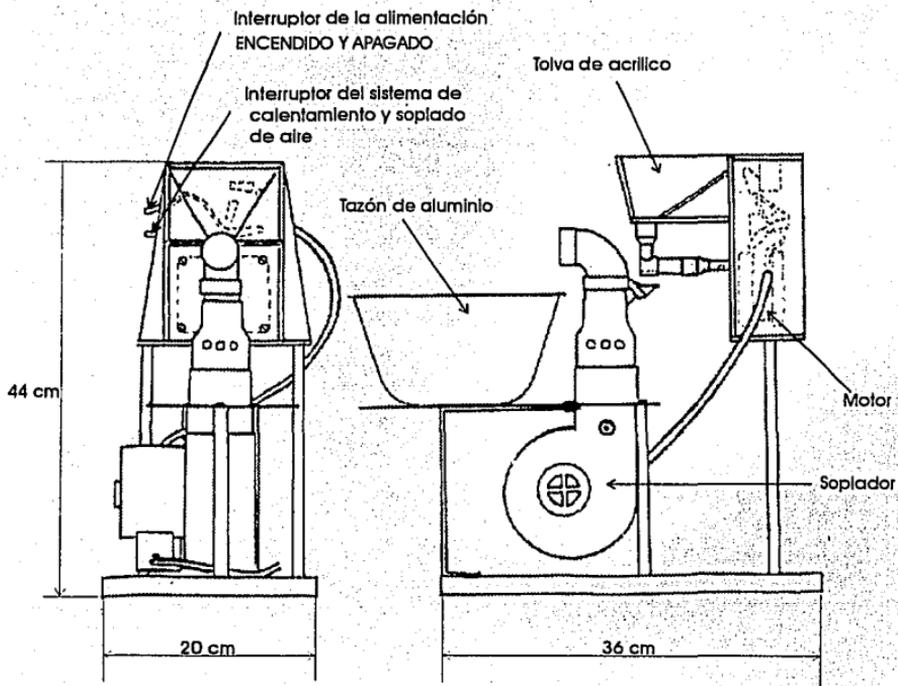


Fig. III Reventador de aire caliente ( VAZQUEZ Y COL., 1987 )

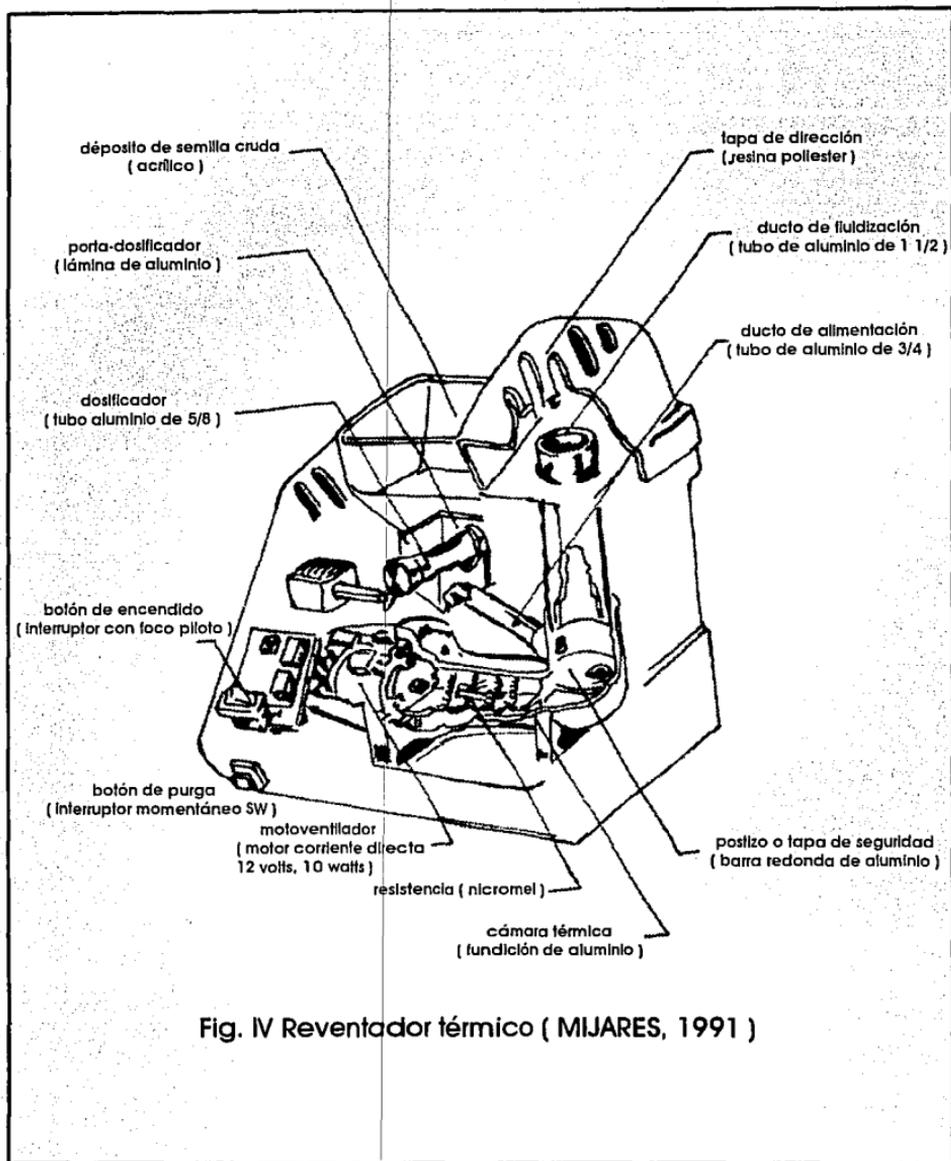


Fig. IV Reventador térmico ( MIJARES, 1991 )

Dentro de las desventajas de este sistema se tienen las siguientes:

- \* Consume cantidades considerables de energía eléctrica (1000 W/h)
- \* La resistencia no puede soportar la operación continua
- \* Su eficiencia de reventado es de 60% (incluso es menor al sistema tradicional)
- \* Procesa solamente 50 g/h
- \* La tolva tiene una capacidad de 500 g.

Puede verse que los cinco equipos evaluados en el trabajo de campo preliminar a este trabajo, no resultan ser opciones adecuadas para los campesinos que producen granos y, en especial, para los que cultivan amaranto.

Por ello, a continuación se presentan los objetivos y metas de este trabajo.

### 1.3 OBJETIVOS Y METAS

Los objetivos generales de este proyecto son los siguientes:

- \* Desarrollar un sistema de máquinas que procese granos y semillas y, particularmente, el amaranto en forma eficiente y continua. Las operaciones unitarias son limpieza, acondicionamiento y reventado.
- \* Este proyecto está dirigido a cooperativas o personas que se interesen en el procesamiento industrial del amaranto u otros cereales que se consuman reventados. La maquinaria debe procesar de 200 kg a 500 kg/diarios.
- \* Diseminar la tecnología a nivel nacional para promover la autosuficiencia de los productores de este y otros granos y semillas.

Para ello, las metas del proyecto son:

- \* Involucrar a los productores en el proyecto para que la comunidad productora se beneficie con las máquinas.
- \* Promover el empleo de estas máquinas en la comunidad productora para que también funcione como maquiladora para otras comunidades cercanas que no cuenten con la infraestructura para procesar sus granos.
- \* Promover la educación alimentaria entre la comunidad productora para mejorar sus hábitos de alimentación y optimizar los costos asociados con una alimentación mas nutritiva a menor costo.

Los objetivos particulares de este trabajo son los siguientes:

- \* Diseñar y construir un modelo de funcionamiento a escala de banco de la o las diferentes máquinas que se requieren para reventar cereales.
- \* Probar el modelo a nivel experimental con amaranto, maíz y sorgo de origen comercial para verificar su eficiencia y definir el dimensionamiento del equipo piloto (escala semi-industrial).

En el siguiente capítulo se presentan con detalles los procesos actualmente en uso en México en las zonas productoras de amaranto para, con base en esa descripción, plantear las bases de diseño del sistema propuesto.

## CAPÍTULO 2

### ESTUDIO DE CAMPO

#### 2.1 METODOLOGÍA

Se realizó una investigación de campo y, para ello, se entrevistaron a los productores de amaranto de Huazulco, Morelos, San Miguel del Milagro, Tlaxcala y Tulyehualco D.F., sobre el equipo disponible para procesarlo.

Dentro de esa investigación de campo se definió la existencia de procesos muy diferentes, los cuales serán presentados a continuación.

##### 2.1.1 *Proceso artesanal*

En el cuadro 1 se da una descripción del proceso a nivel artesanal que se usa en los tres sitios encuestados. Las fotografías de la 1 a la 23 ofrecen una panorámica de cada una de las operaciones involucradas (Anexo I).

El desglose de cada operación se presenta a continuación.

##### 2.1.1.1 Limpieza

###### (a) Operación de limpieza

Después del levantamiento de la cosecha, la semilla se guarda en costales y estos son transportados a la bodega que se tiene reservada para su almacenamiento en la vivienda del agricultor, para luego ser limpiada. La limpieza se hace a nivel casero para quitar impurezas contaminantes como son:

- partes de tallo
- piedras
- tierra
- otras semillas

La semilla sucia se va sacando del costal en pequeñas cantidades y se va pasando por un tamiz grueso para eliminar las impurezas de gran tamaño. Se deja caer la semilla a un metate y después se vacía en un bote.

El contenido del bote se vacía poco a poco a una tina de metal frente a un ventilador, el cual hace que las impurezas más ligeras no caigan en la tina. Esta operación se repite varias veces hasta que se considera que la semilla ya está limpia. Después se vuelve a guardar en costales para ser utilizada en forma intermitente en la siguiente operación.

###### (b) Desventajas de la operación

Esta operación se realiza en espacios reducidos y de manera no continua empleando pocas cantidades de grano por operación. Consume una gran cantidad de mano de obra que la vuelve ineficiente. Además, se tiene en ocasiones desperdicio de la materia prima o limpieza incompleta ya que el operario, dado lo tedioso de la operación, pierde la concentración y la realizan de manera inadecuada.

### 2.1.1.2 Acondicionamiento

#### (a) Humidificación

La semilla limpia de amaranto es vaciada del costal a una tina de metal donde se esparce agua en una proporción de 250 mL por cada 10 kg de grano. Se mezcla y se deja reposar durante 10 a 12 horas. En este tiempo la semilla absorbe la humedad necesaria para que se de el reventado en la siguiente operación.

#### (b) Desventajas del acondicionamiento

Esta operación es totalmente empírica (del latín *empiricus*, y éste del griego εμπειρικός, que se rige por la experiencia). El o los operarios no determinan la humedad inicial y final del grano, lo que ocasiona que no se revienten todas las semillas o que se quemen.

La lentitud de humidificación de la semilla constituye un paso limitante en esta operación ya que, con el método usado, se requiere de lapsos de más de 10 horas.

### 2.1.1.3 Reventado

#### (a) Calentamiento y separación

Se utiliza preferentemente un comal de barro porque consideran los productores que se tiene una transferencia de calor más uniforme y que las semillas revientan mejor.

La utilización de los comales de lámina tiene la ventaja de que pueden ser de mayor diámetro que los de barro haciéndolos más versátiles.

Los comales se calientan con quemadores de gas. La semilla, colocada en su superficie, se agita continuamente con escobas de mano. Una vez reventado el lote se separa del comal con las escobas y se cierne, separando las semillas sin reventar. Estas son usadas para la preparación de harinas (para hacer galletas o panes mezcladas con harinas de trigo). La semilla reventada es depositada en una tina de metal para ser utilizada posteriormente en la preparación del dulce o palanqueta de amaranto conocido como alegría.

#### (b) Desventajas del reventado

Entre las desventajas de esta operación destaca el hecho de que los lotes son muy pequeños y requieren de gran cantidad de mano de obra y tiempos prolongados de operación.

No hay control de la temperatura a la que se encuentra el comal ni del tiempo que se le da al reventado de la semilla. Además, hay pérdidas de materia prima y producto durante las operaciones de cernido o tamizado y de reventado (ya que algunas semillas al reventarse caen al suelo).

Las condiciones de esta operación hacen que el o la operario(a) se fatigue y se vuelve ineficiente.

### 2.1.1.4 Elaboración del dulce "alegría"

#### (a) Descripción

En una olla o recipiente se prepara la miel de piloncillo.

La miel se prepara por ensayo y error para que tenga una viscosidad o consistencia específica (ni muy ligera ni muy espesa). Este punto se lo da el artesano sin el empleo de equipos sino con ayuda de su

experiencia ya que si la miel está demasiado fluida la alegría se desmorona y si esta demasiado espesa se quiebra al exponerlo al sol. Se coloca la semilla y, posteriormente, se agrega la miel (1 1/4 kg de semilla reventada para 1/4 kg de miel). Se mezcla con una cuchara de madera para que la miel quede perfectamente distribuida, durante varios minutos hasta que se forme una masa. Todo esto se hace en forma manual.

Se moldean las palanquetas por medio de un prensado en moldes metálicos, vaciando la masa del recipiente e introduciéndola en un arillo de metal y comprimiéndola con un trozo de madera para darle la altura deseada. Hay varios arillos de metal de diferentes diámetros para la elaboración de palanquetas (alegrías).

El desmolde se realiza después de 2 minutos de permanencia de la palanqueta en el molde. Se coloca en otra mesa, donde otra persona va haciendo paquetes de 10 palanquetas en bolsas de plástico. Aquí también toda la labor es manual.

#### (b) Desventajas de la operación

Son demasiadas operaciones que, como son manuales, implican tiempos de proceso largos y tediosos y mano de obra abundante que puede alterar la calidad microbiológica de los productos ya que no se tiene un control de sanidad del producto elaborado.

Como se mencionaba, en el cuadro 1 se hace una descripción del proceso artesanal con fotografías y en el cuadro 2 de tiempos y movimientos. Éstas se encuentran en el Anexo I.

CUADRO 1. PROCESO ARTESANAL, SAN MIGUEL DEL MILAGRO TLAXCALA

Foto Núm.	Operación unitaria	Manejo	Herramientas utilizadas
1	Cosecha	Manual	
2, 3, 4, 5, 6, 7	Trillado	Manual	- trilla con garrote - trilla con animal de carga - trilla con tractor
8, 9, 10	Limpieza	Manual	criba, zaranda tina y ventilador
11	Almacenamiento	Manual	
12, 13	Reventado	Manual	comal y escobilla
14, 15, 16	Cribado de semilla no reventado	Manual	criba
17	Fundido del caramelo	Manual	cazuela
18, 19	Mezclado del caramelo y semilla reventada	Manual	recipiente y cuchara
20, 21	Moldeado y cortado	Manual	bastidor y rodillo
22, 23	Empacado	Manual	

#### 2.1.2 Aplicación del proceso artesanal en la sociedad cooperativa de Amatul, Tulyehualco, D.F.

En este apartado se describe la aplicación del proceso artesanal de reventado y procesamiento de amaranto empleado en la sociedad cooperativa de Amatul.

##### 2.1.2.1 Descripción

El proceso artesanal usado en Amatul, se describe a continuación con fotografías (Cuadro 2 y Fig. 1) y con un diagrama que muestra la distribución por zonas (Fig. 2) y con un cuadro de tiempos y

movimientos (Cuadro 4). Estas se encuentran en el Anexo II. Puede observarse que la fábrica ocupa una superficie restringida pero, debido al proceso empleado, la asepsia es difícil de mantener y, dado que el producto final es para consumo humano directo, esto va en detrimento de su calidad sanitaria y nutricia.

### 2.1.2.2 Limitaciones

Como se mencionaba, el proceso no es continuo, con mano de obra intensiva y con problemas sanitarios. Esto redundará en posibilidades limitadas de mercadeo y en beneficios económicos marginales para los cooperativistas.

## 2.1.3 Aplicación del proceso artesanal en una fábrica independiente ("La Olivarrera"), Tulyehualco, D.F.

### 2.1.3.1 Descripción

Como en el caso anterior, el proceso se lleva a cabo con mano de obra intensiva. El espacio utilizado es mayor que para la cooperativa (Cuadro 5 y Fig. 3 y Cuadro 6). Esto se debe a que, además del procesamiento de amaranto, también realizan el de aceitunas. Las fotografías se encuentran en el Anexo III.

No solamente elaboran palanqueta de amaranto sino también productos de panificación (con harina producida con las semillas "quemadas") y galletería (Fig. 4).

### 2.1.3.2 Limitaciones

Como se mencionaba para el caso anterior, el proceso no es continuo y con problemas de sanidad. Como en este caso hay más diversificación se tienen ganancias mayores que las de la cooperativa pero no son deseables.

CUADRO 3. FÁBRICA DE AMATUL, TUYEHUALCO, D.F.

Foto Núm.	Descripción
1	Muestra la bodega y la báscula. La bodega tiene una capacidad de 300 toneladas, ocupa un espacio de 5m x 5m y la báscula ocupa un espacio de 1.5m x 1.5m
2	Muestra la máquina reventadora que ocupa un espacio de 2m x 4m, su altura es de 3m, cuya función es reventar la semilla de amaranto al contacto con una plancha metálica que es calentada por quemadores de gas
3	Muestra la vista lateral posterior de la máquina viendo el motor y la polca, el mecanismo de vaivén y el ventilador que separa la semilla reventada
4	Muestra la plancha metálica de reventado y los quemadores
5	Muestra la plancha metálica de reventado y los quemadores
6	Muestra como va cayendo la semilla cruda y luego va reventando
7	Muestra la criba de 2m x 3m x 5m, cuya función es separar la semilla reventada de la quemada
8	Muestra el molino que ocupa un espacio de 1.5m x 1.5m x 1.5m. La semilla que no revienta quemada va a la molienda para hacer harina
9	Muestra la homilla junto con el tanque de gas que ocupa un espacio de 2m x 5m, también se ve la olla donde se prepara el jarabe para la elaboración de la palanqueta de alegría
10	Muestra el espacio de la mesa (2m x 3m x 0.90m) que es el lugar donde se realiza el pesado del cereal reventado para luego ser vendido en bolsas de 1/4, 1/2, 1 kg, etc.
11	Muestra el lugar donde se lleva a cabo la envoltura, que se realiza en una de 2m x 3m x 0.90m

CUADRO 4. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA FABRICA DE AMATUL TUYEHUALCO D.F.

OPERACIÓN	MANEJO, HERRAMIENTA	PESO kg	TIEMPO
LIMPIEZA	MANUAL CRIBA	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE ACONDICIONAMIENTO	MANUAL	50	10 min
ACONDICIONAMIENTO	MANUAL TINA	50	10 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE REVENTADO	MANUAL	50	10 min
REVENTADO	MÁQUINA	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA CERNIDO	MANUAL	50	5 min
CERNIR	MÁQUINA	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA PREPARACIÓN	MANUAL	35	5 min
MEZCLAR CON MIEL	MANUAL RECIPIENTE	35	30 min
TRANSPORTE A LA ZONA PRENSADO	MANUAL	35	5 min
PRENSAR	MANUAL RODILLO	35	1.30 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE ENVOLTURA	MANUAL	35	5 min
ENVOLTURA	MANUAL	35	1.30 h
TRANSPORTE AL ALMACEN	MANUAL	35	5 min
TIEMPO REAL EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO			17 h

NOTA: LOS 15 kg RESTANTES DE SEMILLA QUEMADA SE ÚTILIZAN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA

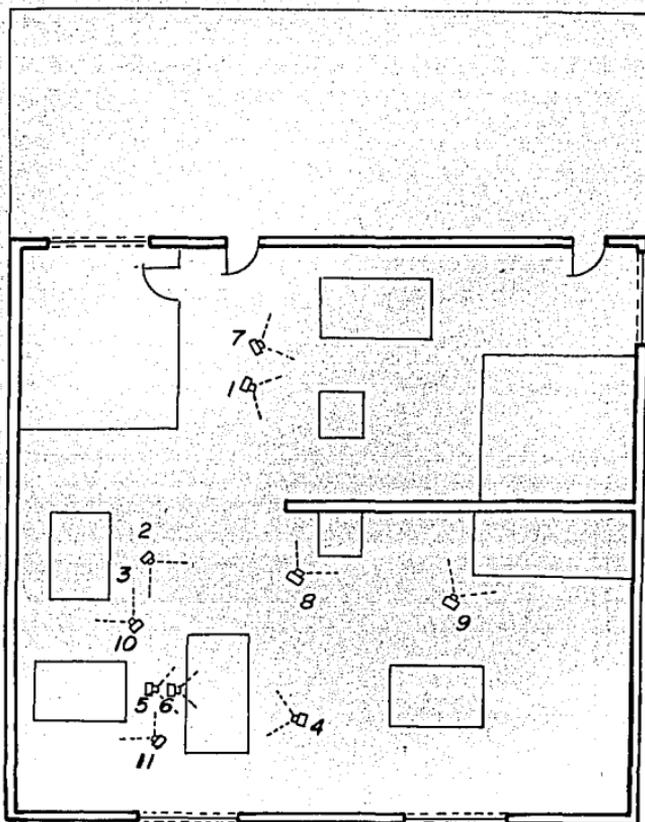


Fig. 1. DIAGRAMA EN PLANTA DE UNA FABRICA DE AMATUL ( TOMA DE FOTOGRAFIAS ).

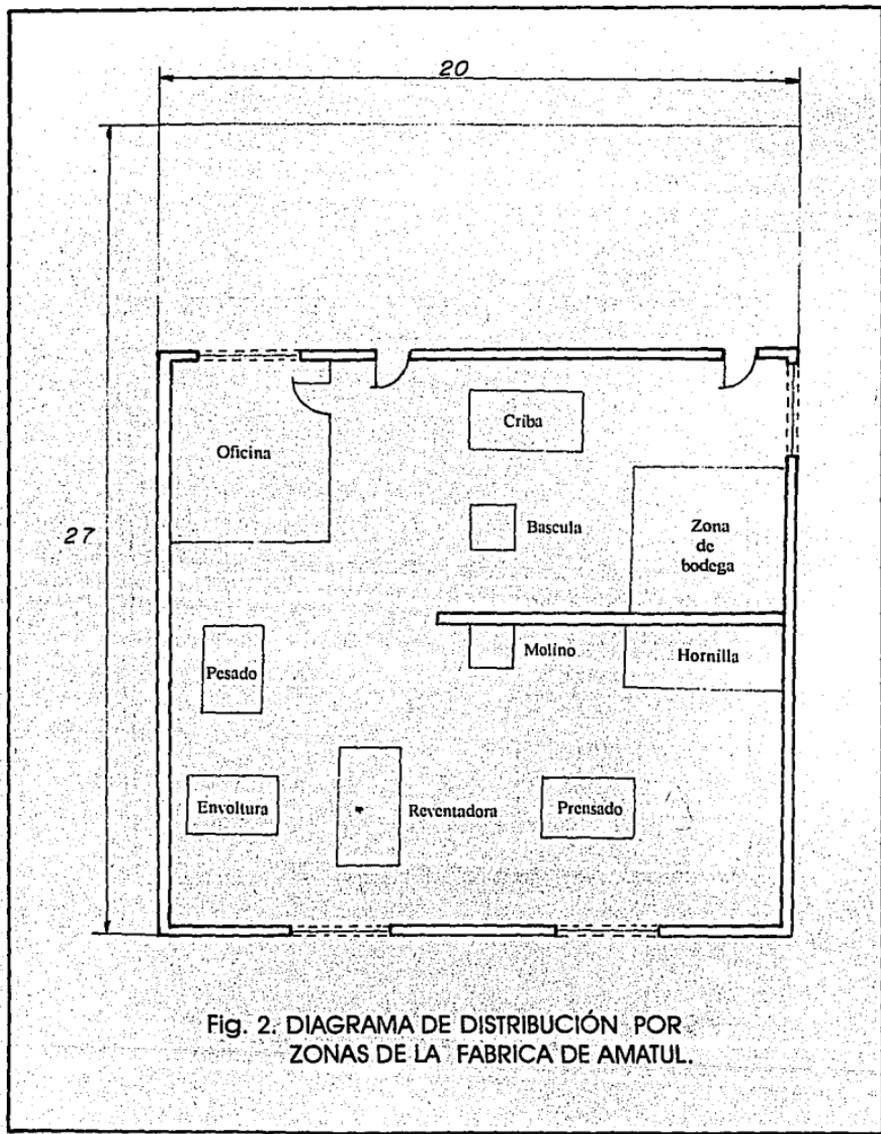


Fig. 2. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN POR ZONAS DE LA FABRICA DE AMATUL.

CUADRO 5. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA"), TULYEHUALCO, D.F.

Foto Num.	Descripción
1	Muestra cómo se hace la limpieza con bolsas, cuya función es quitar la tierra; esta zona ocupa un espacio de 4m x 5m
2	Muestra cómo la semilla es pasada por una malla; en la parte de atrás hay un ventilador cuya función es separar las impurezas ligeras de la semilla, esta zona ocupa un espacio de 4m x 5m
3	Muestra cómo la semilla es reventada en el comal de barro, es removida continuamente con una escobilla de paja extendida dando por terminada la operación cuando la semilla ha tomado un color blanquizco y ha dejado de "tronar"; la zona ocupa un espacio de 8m x 9.7m
4	Muestra como es cernida la semilla reventada para separarla de la que no reventó (quemada)
5	Muestra cómo están trabajando las operarias. En el tamizado o cernido son cuatro personas que desarrollan esta operación y ocupan un espacio de 5m x 10m
6	Muestra las hornillas con quemador de gas, donde en un recipiente es preparado el jarabe para la elaboración de palanqueta de alegría ; ocupa un espacio de 1m x 8m
7	Muestra cómo es revuelta la semilla reventada con el jarabe; esta mezcla se realiza sobre un metate, se revuelve hasta que toma consistencia para luego elaborar la palanqueta esta operación se realiza en un espacio de 2m x 3m
8	Muestra cómo se hace el prensado en aritos de forma de corazón, sobre una tabla se lleva a cabo esta operación con las manos se comprime y el excedente se quita con un cuchillo para quedar al ras del molde
9	Muestra ya desmoldadas las palanquetas en una tabla. En otra tabla se ve como un operario va colocando las nueces, pasitas dentro del molde antes de agregarle la masa y el comprimido de la misma. Esta operación se realiza en un espacio de 2m x 3m
10	Muestra como se va realizando la envoltura y el etiquetado sobre una mesa de 2m x 3m x 0.90m

**CUADRO 6. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA FABRICA INDEPENDIENTE LA OLIVARERA TUYEHUALCO D.F.**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>MANEJO, HERRAMIENTA</b>	<b>PESO kg</b>	<b>TIEMPO</b>
LIMPIEZA	MANUAL CRIBA	50	1 h
" "	" " VENTILADOR	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA ACONDICIONAMIENTO	MANUAL	50	10 min
ACONDICIONAMIENTO	MANUAL TINA	50	10 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE REVENTADO	MANUAL	50	10 min
REVENTADO	MANUAL COMAL	50	1.30 h
TRANSPORTE A LA ZONA CERNIDO	MANUAL	50	10 min
CERNIR	MANUAL CRIBA	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA PREPARACIÓN	MANUAL	35	5 min
MEZCLAR CON MIEL	MANUAL RECIPIENT	35	30 min
TRANSPORTE A LA ZONA PENSADO	MANUAL	35	5 min
PENSAR	MANUAL RODILLO	35	1.30 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE EMPACADO	MANUAL	35	5 min
EMPACADO	MANUAL	35	1.30 h
TRANSPORTE AL ALMACEN	MANUAL	35	10 min
TIEMPO REAL EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO			17 h

NOTA: LOS 15 kg RESTANTES DE SEMILLA QUEMADA SE UTILIZAN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA

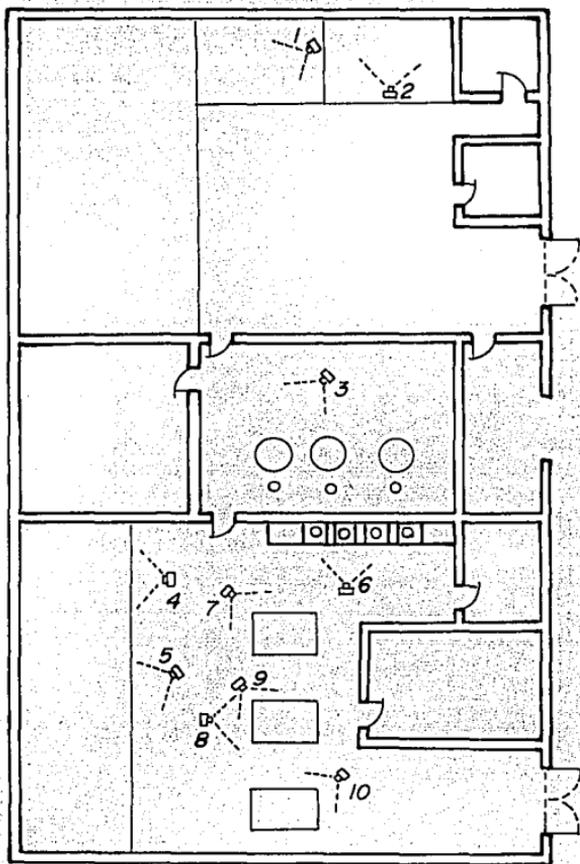


Fig. 3. DIAGRAMA EN PLANTA DE UNA FABRICA INDEPENDIENTE ( TOMA DE FOTOGRAFIAS ).

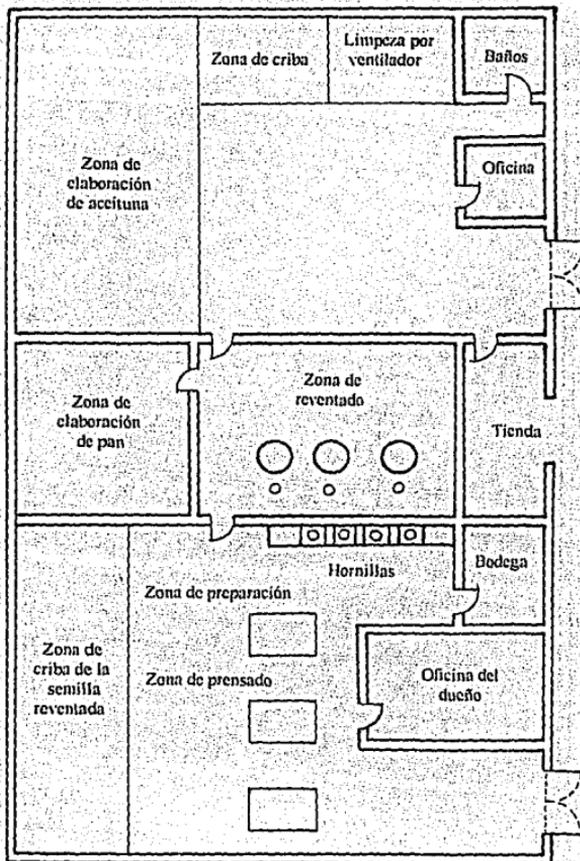


Fig. 4. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE UNA FABRICA INDEPENDIENTE ( LA OLIVARERA ).

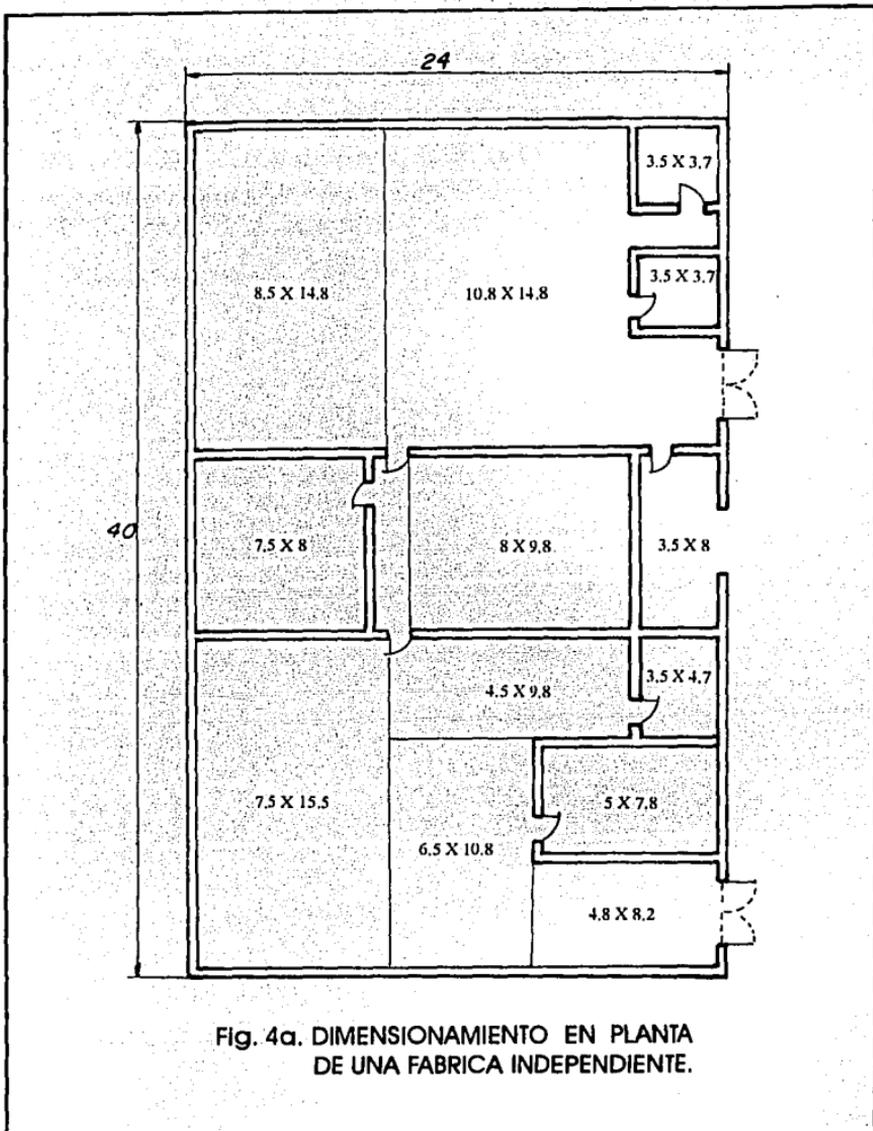


Fig. 4a. DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DE UNA FABRICA INDEPENDIENTE.

#### **2.1.4 Resultados del estudio de campo**

De la estancia con los productores se dedujo que los puntos claves del procesamiento del amaranto a nivel artesanal y fábrica estaban en las operaciones de:

- 1) Limpieza
- 2) Acondicionamiento y
- 3) Reventado

Esto significa que, para mejorar esas operaciones unitarias, es necesario minimizar la mano de obra y mejorar las condiciones sanitarias, especialmente a través del diseño de un equipo continuo pero sencillo de operar y mantener.

En el siguiente capítulo se presentan las bases de diseño para estos equipos y su descripción.

## CAPÍTULO 3

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Aunque las fuentes consultadas contienen cierta información sobre el proceso de semillas de cereales en México, hay datos faltantes que son indispensables, para determinar algunas características funcionales que el equipo debe poseer, particularmente para el caso en estudio que es el amaranto. Así, se decidió elaborar un modelo prueba que implicara el manejo de las variables más importantes dentro del proceso.

Para el caso particular del amaranto (semilla de tamaño muy pequeño), se considera que es preferible que un solo equipo hiciera la limpieza, el acondicionamiento y el reventado, además de que no ocupe mucho espacio. Esta decisión se respalda en el hecho de que el equipo debe satisfacer la demanda de la cooperativa que cultiva, procesa y comercializa la semilla procesada para la elaboración de productos. Inclusive, puede ser una opción para maquilar a otras comunidades que no cuenten con el equipo.

#### 3.1 REQUERIMIENTOS

En este inciso se anotan los requerimientos del producto de toda la investigación que limitan y condicionan las funciones que deben de cumplir el sistema. Estos son:

1. Es necesario conjuntar las operaciones unitarias de limpieza, acondicionamiento y cocción o reventado de la semilla en un equipo integral.
2. La zona de limpieza debe tener un elemento que separe la basura de la semilla, especialmente las fracciones de mayor tamaño que el grano, como primera fase de limpieza.
3. Asimismo, debe contar con un elemento que separe las partes ligeras de la semilla por medio de aire para una segunda fase de limpieza.
4. La semilla ya limpia deberá elevarse mediante un elemento para la operación de acondicionamiento.
5. La parte acondicionadora debe tener un elemento que permita poner en contacto vapor de agua con la semilla.
6. La exposición de la semilla al vapor de agua no debe exceder de un lapso corto (no más de 30 segundos a un minuto) para que la semilla no sufra cambios estructurales que afecten su calidad nutricia o nutrimental (*nutricional* es un barbarismo derivado del inglés).
7. La sección de acondicionamiento debe tener sellos o materiales aislantes que eviten, tanto fugas de vapor de agua como pérdidas de calor al ambiente.
8. Es necesario colocar un elemento que una a la sección de acondicionamiento con la cámara de cocción o reventado.
9. La temperatura máxima de cocción (a la que puede expandirse la semilla acondicionada sin quemarse) debe ser determinada por experimentación previa.
10. Para llevar a cabo la cocción o reventado se requiere de una fuente de energía, y una corriente de aire caliente. Para que el aire atmosférico se caliente debe ponerse en contacto indirecto con gases de combustión. Este contacto indirecto impide la contaminación del aire con los gases producidos por la combustión de gas doméstico (LP o butano). El intercambiador de contacto indirecto, además, permite el posible uso del excedente de energía de estos gases de combustión.

11. Es importante aprovechar el exceso de energía de los gases calientes de combustión del intercambiador que sirve para calentar el aire usado en la cámara de cocción o reventado. Este uso adicional puede ser el de calentar el agua que generara el vapor para acondicionar la semilla.
12. Dado que se requiere una mayor área de transferencia de masa (efecto neto de la cocción o reventado), es importante contar con un dispositivo que permita que la semilla de menor densidad (reventada) sea arrastrada por la corriente de aire y expelida por la parte superior de la cámara y que la mas densa (semilla sin reventar) permanezca en contacto con el aire caliente el tiempo suficiente para la evaporación instantánea de su agua de constitución (que es el proceso de reventado).
13. Debe instalarse un dispositivo para introducir el aire atmosférico al intercambiador de calor, donde se caliente a la temperatura deseada y con la mínima cantidad de energía posible (esto se logra controlando la velocidad de flujo del aire y de los gases de combustión).
14. Es necesario colocar un aditamento a la salida que recupere la semilla reventada y el aire tibio y húmedo que la acompaña deberá reciclarse al intercambiador de calor con un sistema de acondicionamiento adecuado.
15. El quemador para el combustible (gas butano) debe lograr temperaturas elevadas, precisamente para que se lleve a cabo una combustión, de ser posible, completa.
16. Para evitar pérdidas de energía, todas las partes calientes del equipo deben estar aisladas.
17. El equipo debe ubicarse en un lugar ventilado ya que el exceso de vapor de agua generado tenderá a aumentar la humedad relativa del ambiente.
18. Deben colocarse elementos desmontables para su fácil limpieza y servicio de mantenimiento preventivo.
19. El equipo debe cubrir la siguiente demanda: 11.5 toneladas/mes (500 kg/día), 1 mes laborable (20 días hábiles)

### 3.2 SUBSISTEMAS

Hasta ahora se han mencionado diferentes requerimientos que definen el problema a solucionar, integrando el producto a proyectar, de manera que se está en condiciones de proponer jerárquicamente los subsistemas que deben componerlo, permitiendo hacer una propuesta ordenada de requerimientos.

El sistema está compuesto de las siguientes partes:

- a) limpiadora
- b) acondicionadora
- c) reventadora

Cada parte, a su vez, esta compuesta de elementos, como son:

- I. MECÁNICO. Son elementos que dan movimiento en el sistema.
- II. NEUMÁTICO. Se refiere a los elementos que manejan aire.
- III. DE INTERCAMBIO DE CALOR. Se refiere a los elementos involucrados en la elevación de la temperatura en el sistema.
- IV. ENVOLVENTE Elementos que permiten mantener el calor, protegen al operario y dan un acabado al sistema fácil de mantener y operar.
- V. ESTRUCTURAL. Elementos a través de los que se sostienen, arman o apoyan los demás subsistemas.
- VI. DE CONTROL E INDICACIÓN. Elementos que permiten asignar valores dados a cada parámetro y/o visualizar los diferentes factores que condicionan el proceso para hacerlo más eficaz.
- VII. RECEPCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA. Son elementos que permiten el manejo de la semilla al entrar al sistema y ya procesada.

### 3.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA

A continuación se describe cada uno de los elementos necesarios para construir el sistema:

#### I. MECÁNICO

- Estos elementos deben estar contruidos de materiales resistentes a la corrosión.
- Deben estar en lugares accesibles para su mantenimiento.

#### II. NEUMÁTICO

- Deben manejar aire con eficiencia y desplazar la semilla con facilidad.
- Deben estar contruidos de materiales resistentes y que no contaminen al aire y/o semilla.
- Deben ser accesibles para su mantenimiento.

#### III. DE INTERCAMBIO DE CALOR

- Deben estar contruidos de materiales no contaminantes para el lado de los gases que están en contacto con el alimento y que permitan el intercambio de energía con eficiencia.
- En el caso del elemento calentador debe proporcionar una flama uniforme y graduable.
- Debe tener un dispositivo de seguridad contra falla de flama, para evitar cualquier fuga de combustible.
- Debe utilizar materiales aislantes en su exterior para que conservar la energía.
- Debe utilizar accesorios sencillos que puedan montarse y desmontarse para su mantenimiento y reparación.

#### IV. ENVOLVENTE

- Debe permitir la entrada de aire de proceso.
- Debe aislar el sistema (ambiente interior) del exterior y evitar la exposición del operario a las partes que se encuentran a alta temperatura.
- Debe permitir el acceso a las partes interiores del equipo para su mantenimiento.
- Debe tener una estructura sólida, resistente, durable y segura (que no tenga salientes o accesorios que puedan representar un posible riesgo para el operario).
- Debe estar contruido de materiales refractarios para que resistan altas temperaturas e impidan la transferencia de calor al y del exterior.
- Debe tener un color exterior que no incremente la sensación de calor en los operarios (efecto psicológico positivo).
- Debe ofrecer un aspecto exterior que reafirme las características físicas del objeto (funcionalidad y operatividad).

#### V. ESTRUCTURAL

- Debe soportar satisfactoriamente las diferencias de temperaturas ya indicadas.
- Debe dar estabilidad física al resto del equipo.
- Debe permitir la unión de las partes fijas y móviles del sistema.

#### VI. DE CONTROL E INDICACIÓN

- Debe permitir la activación y desactivación del sistema motriz y del suministro de materiales peligrosos (combustible) para evitar riesgos.
- Debe contar con un regulador que automáticamente mantenga una temperatura constante en cada parte del sistema.
- Debe tener un panel de controles visible para el operador.

## VII. RECEPCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA

- Debe permitir la transportación de la semilla de manera simple.
- Debe estar constituido por materiales que resistan cambios bruscos de temperatura.
- Debe tener un diseño funcional para facilitar su manipulación (y evitar posibles riesgos para los operarios).
- Debe tener una estructura sólida, resistente, durable y un material no tóxico para el alimento.

### SITUACIONES DESEABLES

1. Tener la posibilidad de ser armado en el lugar en que se va a usar.
2. Utilización de materia prima nacional para su fabricación.

## 3.4 ERGONOMÍA

### 3.4.1 Datos generales

En las requerimientos y elementos del sistema ya se han incluido requerimientos ergonómicos del producto en cuanto a materiales, acabados, forma, mantenimiento, funcionamiento y controles del producto (Aguirre-Sánchez, 1980).

Para determinarla se requiere de la definición de la secuencia de actividades asociadas con el procesamiento de la semilla.

### 3.4.2 Secuencia de actividades para la operación de la máquina

En la Fig. 3-1 se muestra la secuencia de las actividades requeridas para la operación de la máquina.

Las actividades previas son:

- Transportar la materia prima (semilla) a la zona de proceso, por medio de un carrito de vaciado cuya función es servir de transporte desde la bodega hasta la máquina, así como alimentar de semilla a la máquina.
- Poner en funcionamiento el equipo definiendo los parámetros de temperatura, flujo de aire, etc.

Las actividades de operación son:

- Controlar la temperatura de cocción o reventado y la humedad final de la semilla acondicionada para garantizar la máxima proporción de semillas reventadas con respecto a las alimentadas.

Las actividades posteriores son:

- Transportar la semilla ya procesada por medio de un carrito con contenedores para separar la semilla reventada de la que no reventó o quemada a la zona de elaboración de producto terminado (semilla reventada para "alegrías", palanquetas, etc. y semilla no reventada o quemada a molinos para la elaboración de harinas).

<sup>1</sup>En México se acostumbra usar los apellidos paterno y materno, mientras que internacionalmente solamente se emplea el paterno. Por ello, en este documento se coloca un guión uniendo los apellidos paterno y materno de los autores que emplean ambos.

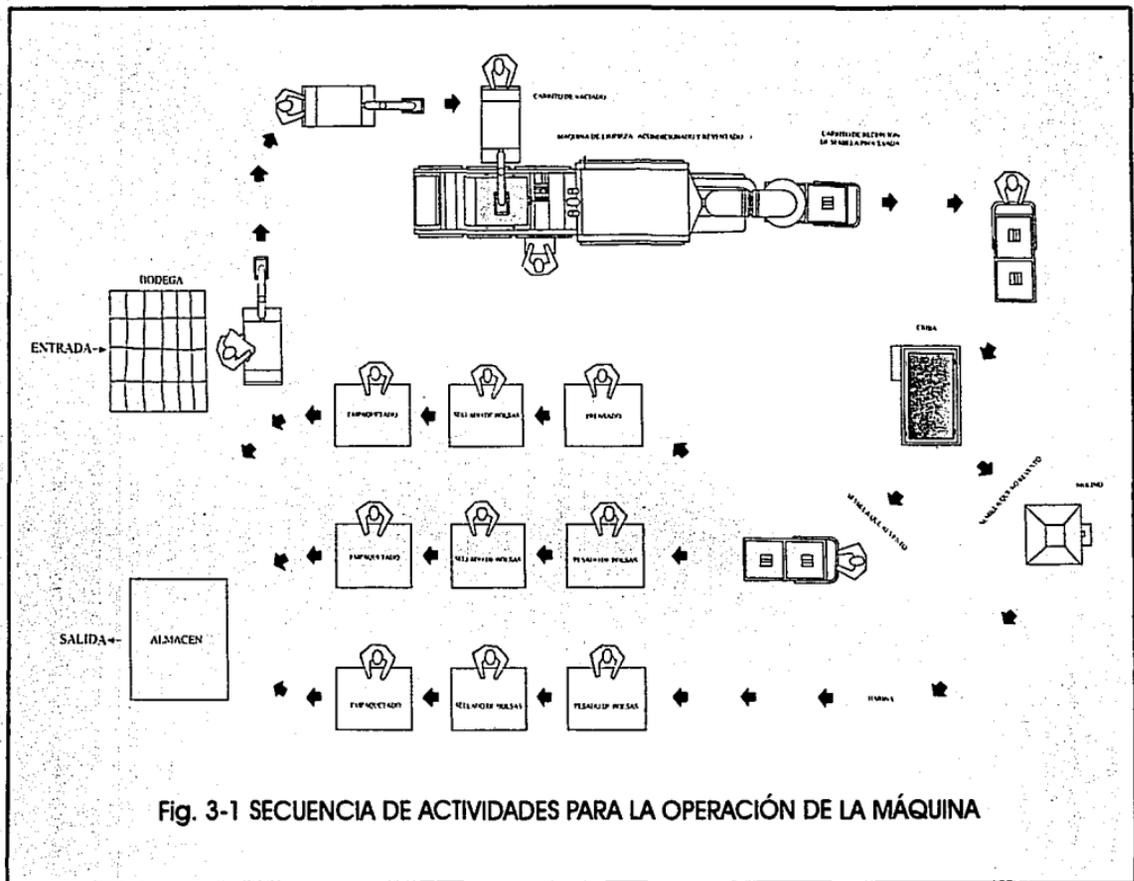


Fig. 3-1 SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Las actividades especiales son:

- Realización de maniobras de mantenimiento, lubricación, limpieza, etc., que se llevan a cabo desmontado los paneles. Así se tiene acceso a las partes mecánicas, como las poleas, el motor, ventiladores, chumaceras, etc.

En la Fig. 3-2 se muestra el dimensionamiento del operario en función del equipo para realizar estas maniobras (Fotografías 13,14).

### 3.4.2 Datos antropométricos

Con objeto de definir la ergonomía del usuario es necesario contar con sus datos generales.

El perfil del usuario es el siguiente:

Es, en términos generales, un campesino (el propio productor que, simultáneamente, se convierte en el procesador y comercializador de su producto).

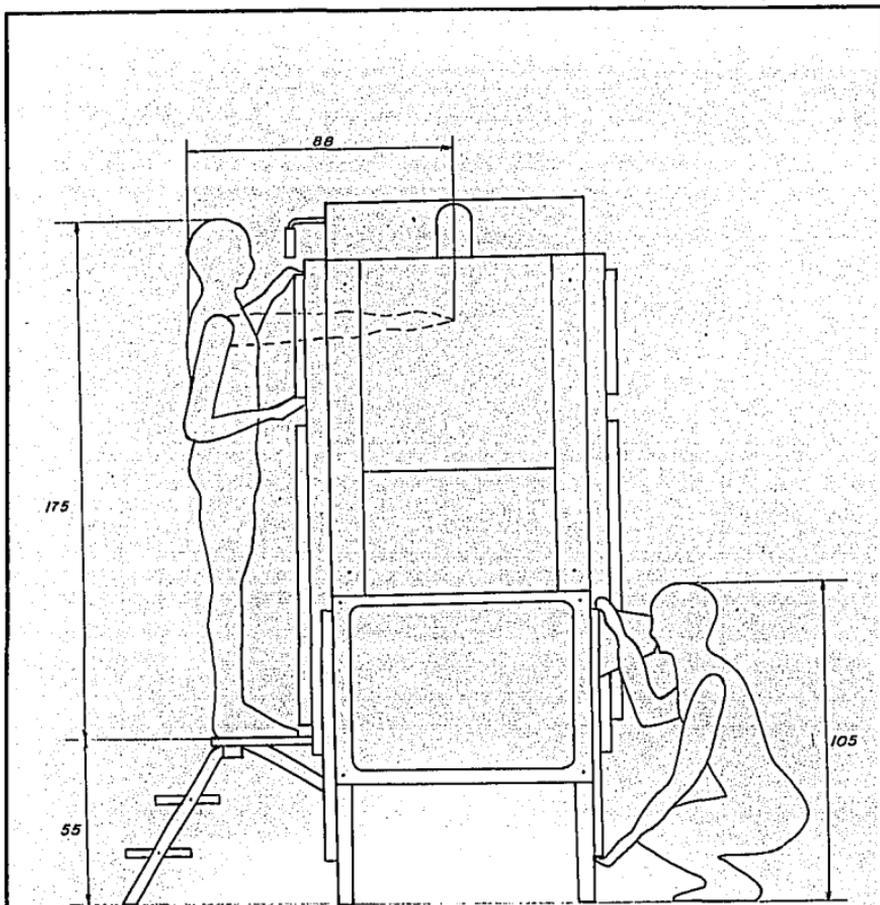
Considerando la talla (1.75 cm) y peso promedio (66 kg) de los usuarios mexicanos, probablemente fuera adecuado su empleo por operarios del sexo masculino. También, como lo determina la ley, y por ser una labor que implica ciertos riesgos y, en ocasiones, rudeza, los usuarios deberán ser mayores de 18 años. El estudio realizado por Aguirre-Sánchez (1980), sirvió de base para esta información sobre antropometría de operarios mexicanos de máquinas y herramientas, dado que no se encontró en la revisión bibliográfica un estudio antropométrico específico para campesinos mexicanos.

Es importante que el usuario pueda leer y escribir y que tenga sentido común, para poder responder con prontitud a cualquier emergencia (enseñanza primaria como mínimo).

Es importante darle al usuario una preparación técnica, enfatizando un programa de capacitación en el arranque, manejo, mantenimiento y suspensión de actividades en el equipo.

Dentro de los parámetros importantes para la definición del equipo con respecto al usuario, se encuentran los factores antropométricos. Las Figs. 3-3 y 4 muestra los siguientes puntos:

- a) Estatura promedio, tomada de Aguirre-Sánchez (1980)
- b) Altura piso ojo, tomada de Aguirre-Sánchez (1980)
- c) Altura codo, tomada de Aguirre-Sánchez (1980)
- d) Altura superficie de trabajo, tomada de Aguirre-Sánchez (1980)
- e) Flexión cabeza, tomada de Panero (1984)
- f) Rotación cabeza, tomada de Panero (1984)
- g) Límite visual ojo, tomada de Panero (1984)
- h) Rotación óptima ojo horizontal, tomada de Panero (1984)
- i) Límite campo visual, tomada de Panero (1984)
- j) Rotación óptima del ojo, tomada de Panero (1984)



**Fig. 3-2 DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS DEL USUARIO CON RESPECTO A LA MÁQUINA**

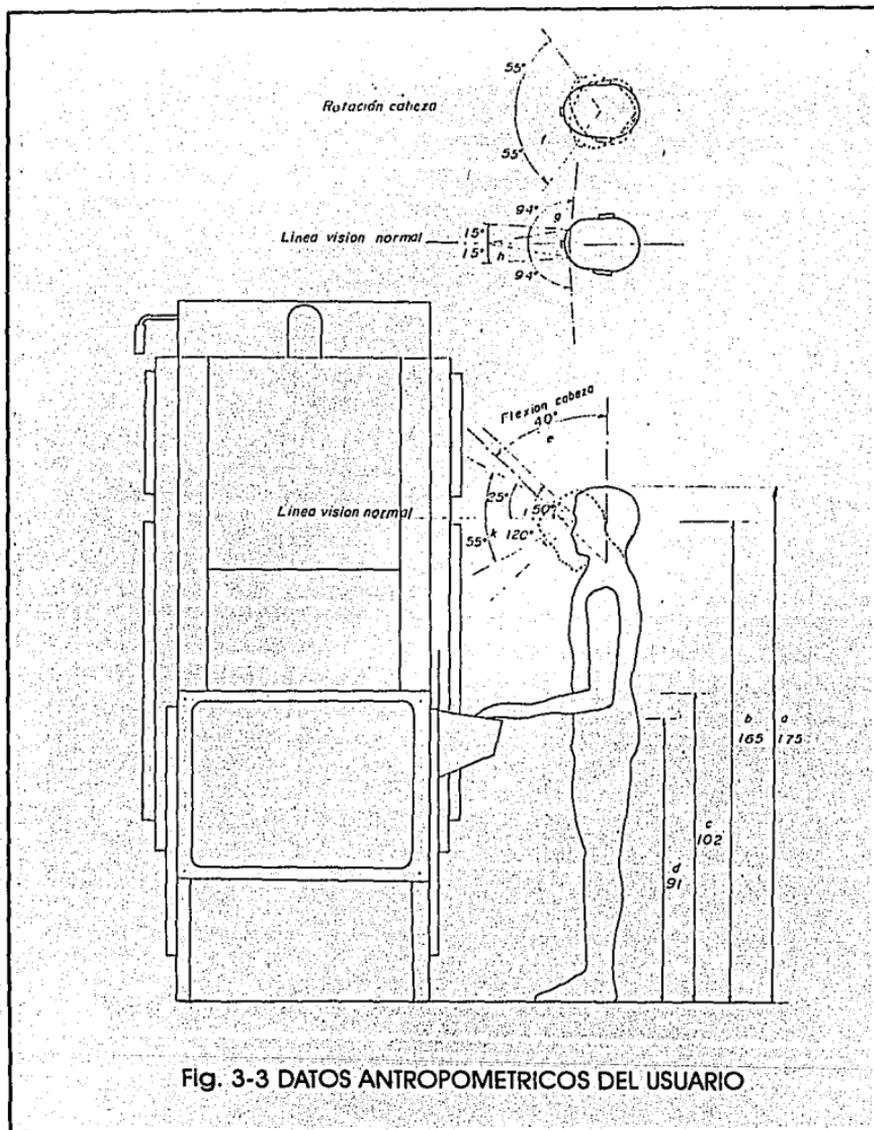


Fig. 3-3 DATOS ANTROPOMETRICOS DEL USUARIO

La Fig. 3-4 muestra los siguientes puntos:

- l) Anchura cuerpo, tomada de Aguirre-Sánchez (1980)
- m) Rotación columna vertebral, tomada de Panero (1984)
- n) Rotación del hombro, tomada de Panero (1984)
- o) Flexión brazo, tomada de Panero (1984)
- p) Hiperextensión, tomada de Panero (1984)
- q) Elevación, tomada de Panero (1984)
- r) Supinación mano, tomada de Panero (1984)
- s) Pronación mano, tomada de Panero (1984)

Con base en la tabla 1 se obtienen las características de los contenedores de recepción de semilla ya que el peso de cada contenedor con semilla procesada es de 23 kg (intervalo entre 18-35 años).

**TABLA 1. DATOS ANTROPOMÉTRICOS PARA GRUPOS HUMANOS (Mc Cormick, 1980)**

	Peso, en kilogramos que pueden cargar grupos de edad específica					
	14-16	16-18	18-20	20-35	35-50	Mas de 50
Hombres	15	19	23	25	20	16
Mujeres	10	12	14	15	13	10

También se consideró el contenedor de basura, cuyo peso es de 15 kg, que también puede ser cargado y vaciado por el mismo tipo de operario.

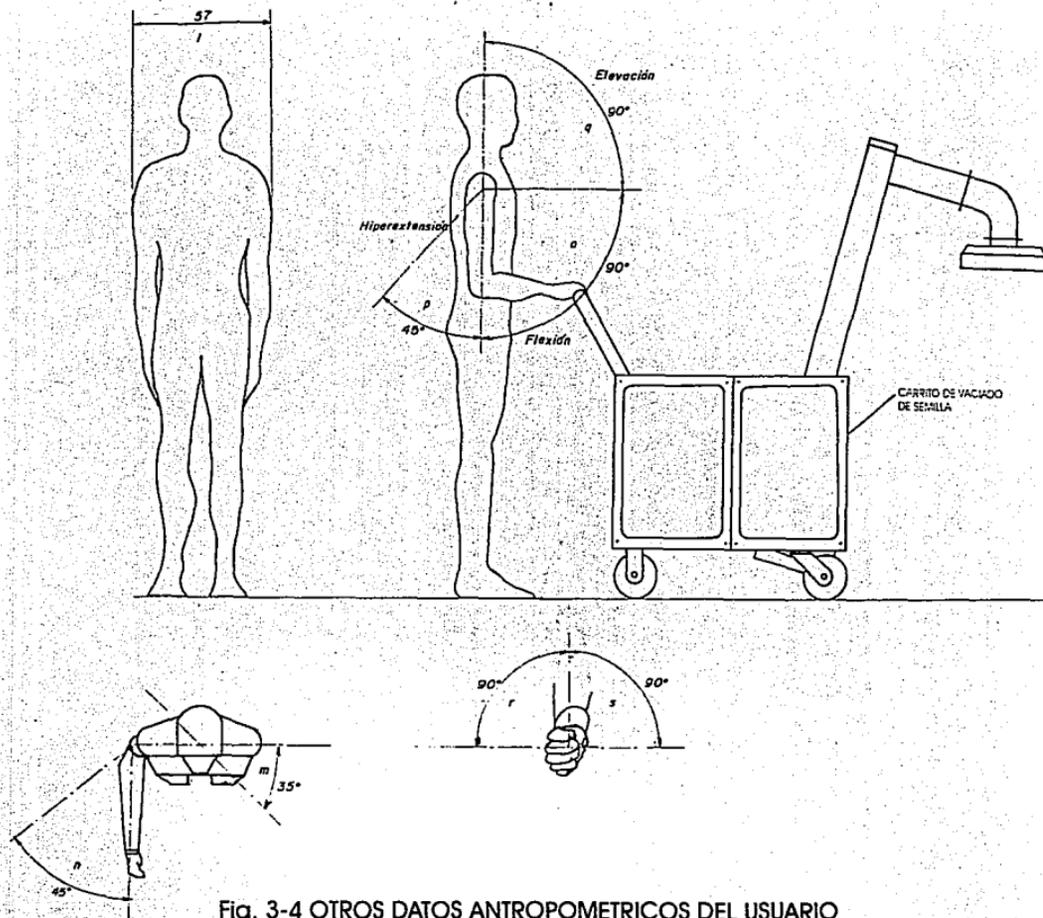


Fig. 3-4 OTROS DATOS ANTROPOMETRICOS DEL USUARIO

### 3.5 SISTEMA DISEÑADO

Para diseñar el equipo necesario para el procesamiento del amaranto (cocción o reventado), se llevaron a cabo pruebas experimentales preliminares en diferentes equipos de laboratorio buscando la optimización de cada parte del equipo.

A continuación se presenta la memoria descriptiva del diseño del producto y en el apéndice I se tienen los datos experimentales en los que se basó este diseño.

#### 3.5.1 Memoria descriptiva

A continuación se describen cada uno de los elementos necesarios ya descritos en los párrafos anteriores.

#### I. MECÁNICO

El elemento mecánico está constituido por la criba de limpieza de la materia prima. Esta constituye la primera fase de limpieza que elimina las fracciones más grandes que la semilla, como son piedras, partes de tallo, etc (Fig. 3-5).

Está fijada a la estructura por partes que tienen movimiento de péndulo. Asimismo, es empujada por una biela, que es movida por una transmisión de banda unida a un motor de 1/4 HP.

Los materiales empleados en la construcción de la criba son lámina de acero inoxidable, malla del mismo material, solera de acero, baleros, biela de acero, poleas, chumaceras, tornillos de fijación a la estructura, flecha de acero, poleas y el motor eléctrico de 1/4 HP.

#### II. NEUMÁTICO

Está constituido por los elementos que manejan aire. En este caso son tres (Fig. 3-6).

Por medio de un soplador de 1/4 HP en un conducto se realiza la segunda fase de limpieza de la semilla, donde separan las impurezas más ligeras que la semilla (como la paja, el polvo, etc.).

La semilla ya limpia cae a un compartimento donde es elevada por un ventilador centrífugo de 1/2 HP hacia la siguiente operación, que es el acondicionamiento de la semilla.

Otro soplador de motor de 1/2 HP es empleado para alimentar de aire atmosférico al intercambiador de calor y que, simultáneamente lo envía ya caliente a la cámara reventadora.

Los materiales empleados en la construcción del conducto son lámina de acero inoxidable, tubo del mismo material, tornillos de fijación, soplador de 1/4 HP, ventilador centrífugo de 1/2 HP y soplador de 1/2 HP.

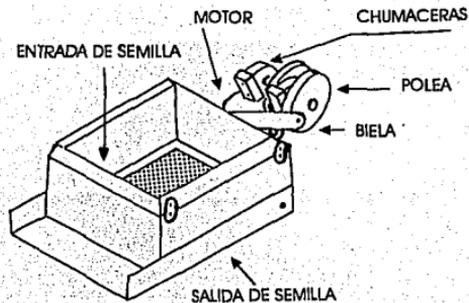


Fig. 3-5 DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO MECÁNICO

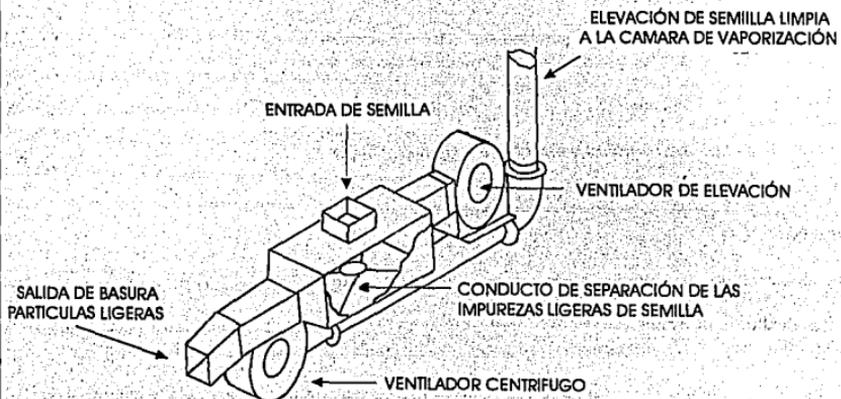


Fig. 3-6 ELEMENTO NEUMÁTICO

### III. DE INTERCAMBIO DE CALOR

Se refiere a los elementos involucrados en elevar la temperatura en el sistema. Existen descripciones precisas sobre estos equipos en la literatura (Chávez-Alvarado, 1988).

Aquí se utiliza un intercambiador para calentar el aire usado en la cámara reventadora. El equipo consta de un tubo envolvente y tubos donde circulan los gases de combustión por el envolvente y el aire por los tubos (Fig. 3-7).

El aire atmosférico, impulsado por el soplador (con motor de 1/2 HP) entra al intercambiador y es calentado a una temperatura aproximada de 220°C que, en los experimentos preliminares resultó ser la óptima para reventar la semilla.

Los gases generados por la combustión de propano líquido o LP son dirigidos, a través de una tubería a otro intercambiador de tubos pero en este caso el agua fluye por el tubo envolvente y los gases por los tubos. El vapor de agua generado se usa para acondicionar la semilla que posteriormente pasará a la reventadora (Fig. 3-8).

Los materiales empleados en la construcción del intercambiador son lamina de acero inoxidable, tubos del mismo material, aislante (fibra de vidrio), tubería de acero inoxidable para transportar aire caliente, malla acero inoxidable para el compartimento de reventado, tornillos de fijación y un soplador de 1/4 HP.

### IV. ENVOLVENTE

Está constituido por paneles de fibra de vidrio de fácil desmontaje para el mantenimiento y permiten la circulación de aire para mantener una adecuada ventilación en la sección de calor. Se escogió un color claro que dé sensación de frescura al ambiente de trabajo (Fig. 3-9). Existen en la literatura datos sobre la resistencia térmica de estos paneles a temperaturas promedio de 300°C (Parrilla-Corzas, 1980). Estos paneles pueden pintarse con colores armonizantes para tener un ambiente adecuado de trabajo (Chijiwa, 1987).

Los materiales empleados en la construcción de los paneles de fibra de vidrio están hechos de colchoneta de fibra de vidrio, resina, colorante.

### V. ESTRUCTURAL

Está compuesto por perfil cuadrado, con ángulo, solera con uniones soldadas y, para su fácil armado y transportación, algunas partes de la estructura como los costados se ensamblarán con largueros con tornillos permitiendo su ensamblado en el lugar de instalación. Se empleó una forma trapezoide para dar mayor resistencia a la parte móvil del equipo (Fig. 3-10).

Los materiales empleados en la construcción son perfil cuadrado, ángulo, soldadura, insertos para atornillarse y tornillos para su ensamblado.

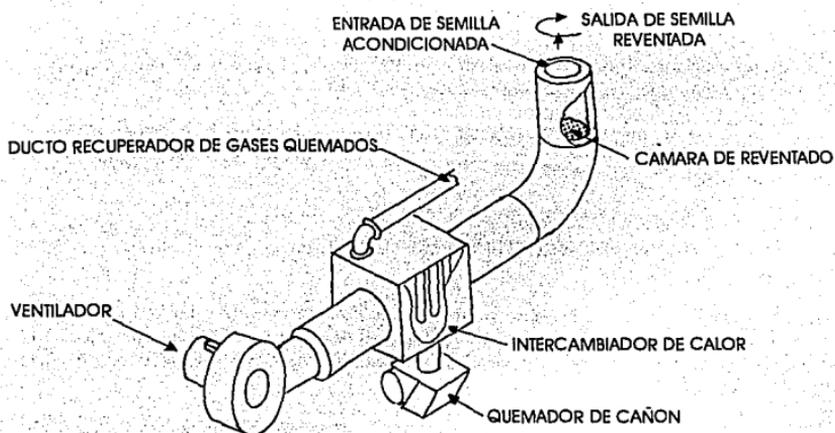


Fig. 3-7 PRIMER ELEMENTO DE INTERCAMBIO DE CALOR

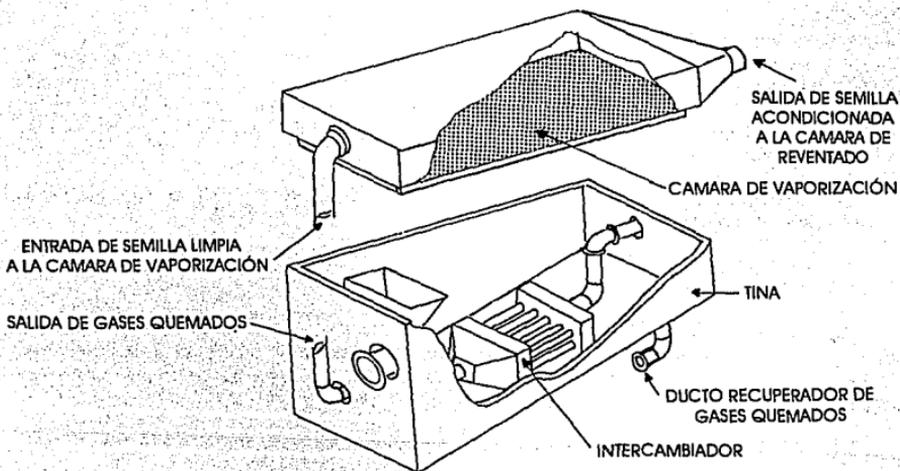


Fig. 3-8 SEGUNDO ELEMENTO DE INTERCAMBIO DE CALOR

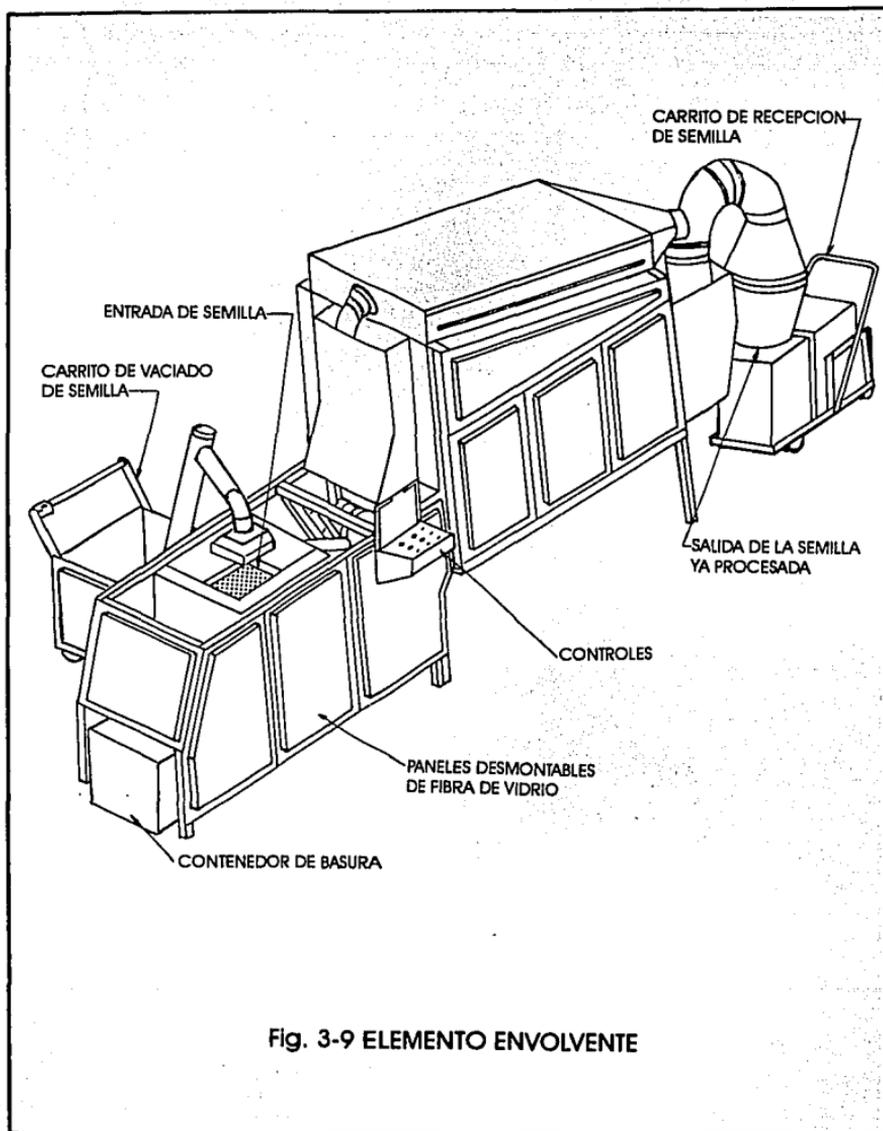


Fig. 3-9 ELEMENTO ENVOLVENTE

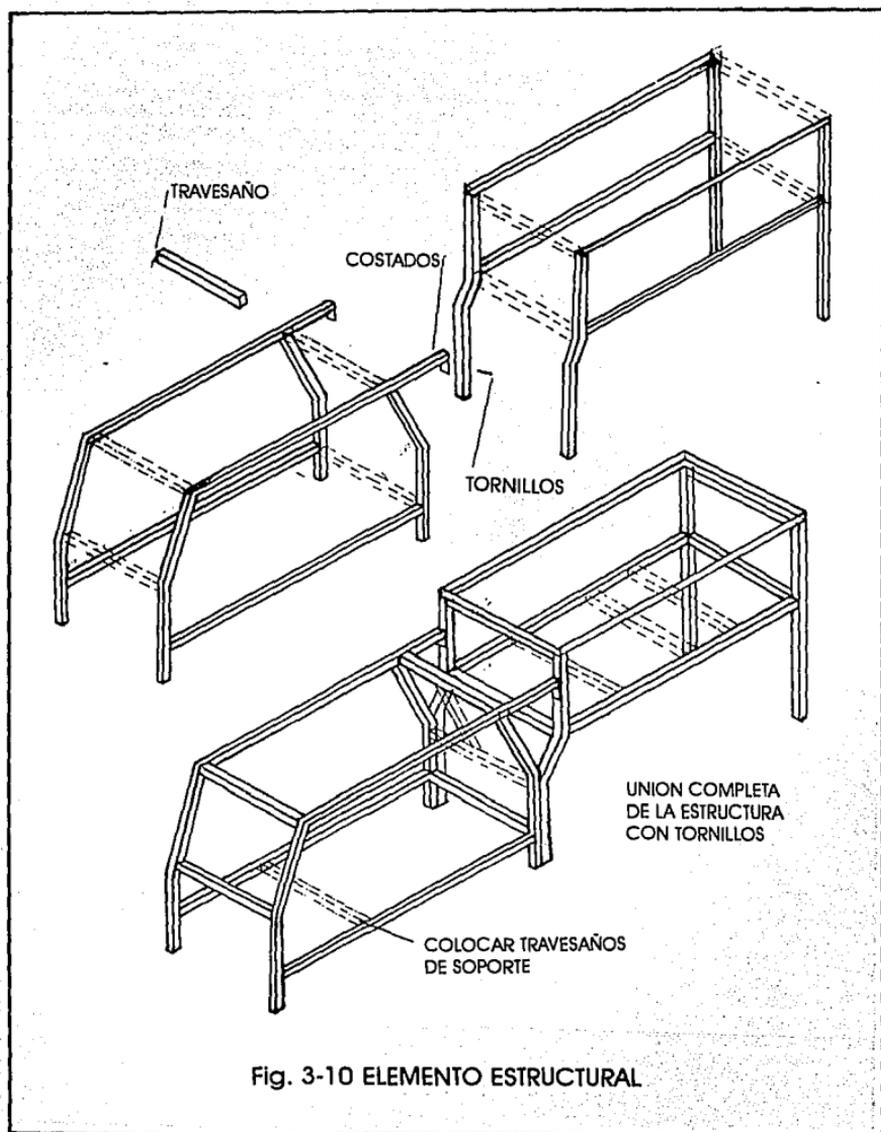


Fig. 3-10 ELEMENTO ESTRUCTURAL

## VI. DE CONTROL E INDICACIÓN

Está constituido por los siguientes componentes (Fig. 3-11):

- Termostato de 50 a 300°C
- Medidor de temperatura del aire de 0 a 300°C
- Medidor de temperatura del agua de 0 a 100°C
- Medidor de la cantidad de agua de 0 a 100 mL/min
- Interruptor de encendido del motor de la criba
- Interruptor de encendido del soplador de limpieza
- Interruptor de encendido del ventilador centrifugo de elevación de la semilla
- Interruptor de encendido del soplador del intercambiador
- Interruptor de encendido de la bomba de llenado de la tina de vaporización
- Válvula pilotática contra falla de flama

Los controles se localizan en la parte central de la máquina y pueden ser manejados con facilidad. Además, cuentan con un capelo que los protege del polvo.

Para mejorar la visibilidad del panel de controles, el fondo se propone en color negro mate, mientras los números que describen la secuencia de operación de los interruptores de cada elemento está en color blanco.

## VII. RECEPCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA

Son elementos que permiten el manejo de materia prima y semilla ya procesada. Está compuesto por un carrito de vaciado que permite la transportación de semilla a la máquina facilitando el vaciado. Está compuesto de una tolva y un sistema de elevación de la semilla. Funciona por un motor que hace girar un gusano helicoidal que eleva la semilla y alimenta la máquina (criba). Otro de los elementos es un carrito con contenedores de fácil manipulación para transportar la semilla reventada para la elaboración de productos y un contenedor de basura (Fig. 3-12).

Los materiales empleados en la construcción son, para el carrito de vaciado, los siguientes: lámina de acero inoxidable, perfil cuadrado, ángulo, tubo de acero inoxidable, gusano helicoidal (elevación de la semilla), motor 1/2 HP, codo, cable, arrancador, paneles de fibra de vidrio, ruedas, tornillos para fijación y remaches.

Para el carrito con contenedores, los materiales son los siguientes: lámina de acero inoxidable (para los contenedores de semilla), ángulo, lámina negra, tubo doblado, ruedas y tornillos.

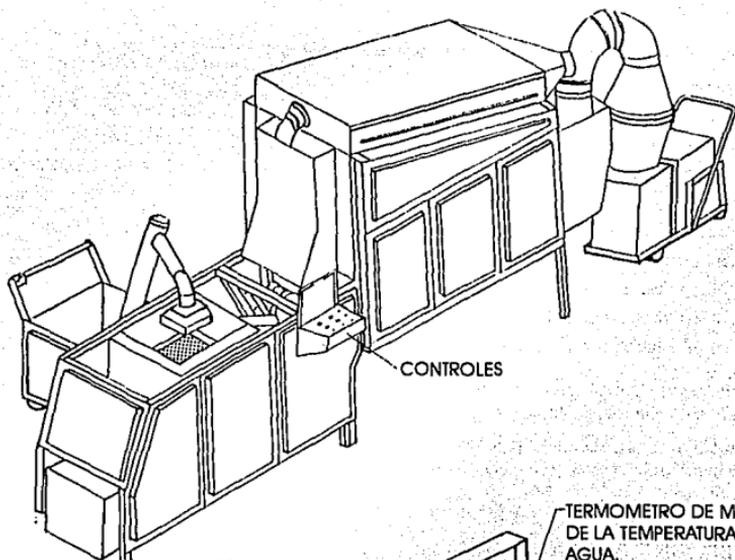
El contenedor de basura está hecho de lámina galvanizada.

### 3.5.2 Planos

En esta sección se presentan los planos que describen con detalle la construcción del equipo. Los planos fueron hechos siguiendo la metodología de Jensen (1987).

La secuencia seguida va de vistas generales a descripciones particulares de las piezas (despiece).

También se presentan unas fotografías del modelo propuesto.



CONTROLES

TAPA DE ACRILICO

TERMOMETRO DE MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.

TERMOMETRO DE MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE.

MEDIDOR DE NIVEL DEL AGUA EN LA TINA

APAGADORES DE CONTROL DE ENC. / APG.

TERMOSTATO

Fig. 3-11 ELEMENTO DE CONTROL E INDICACIÓN

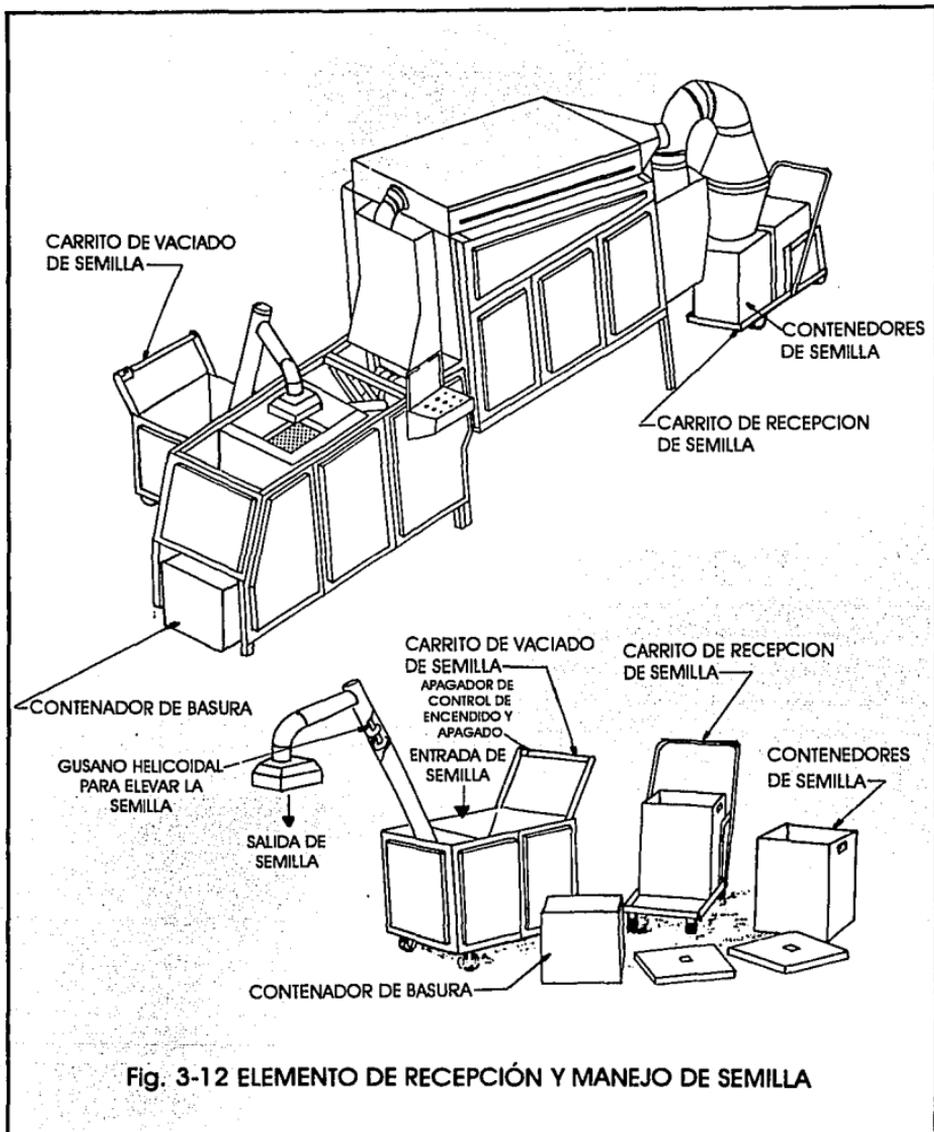
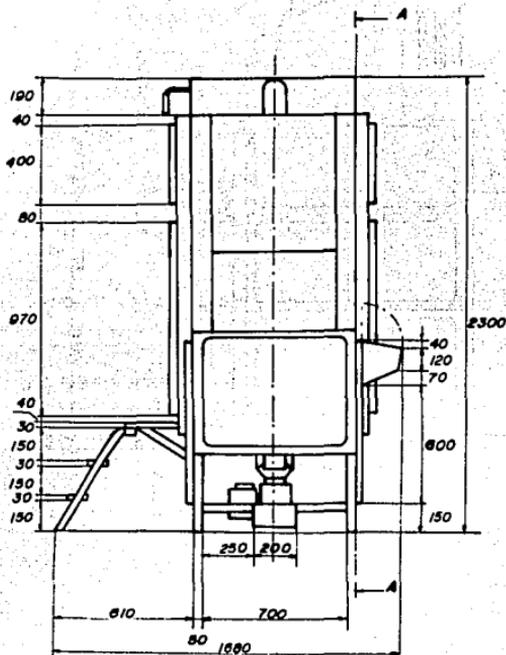


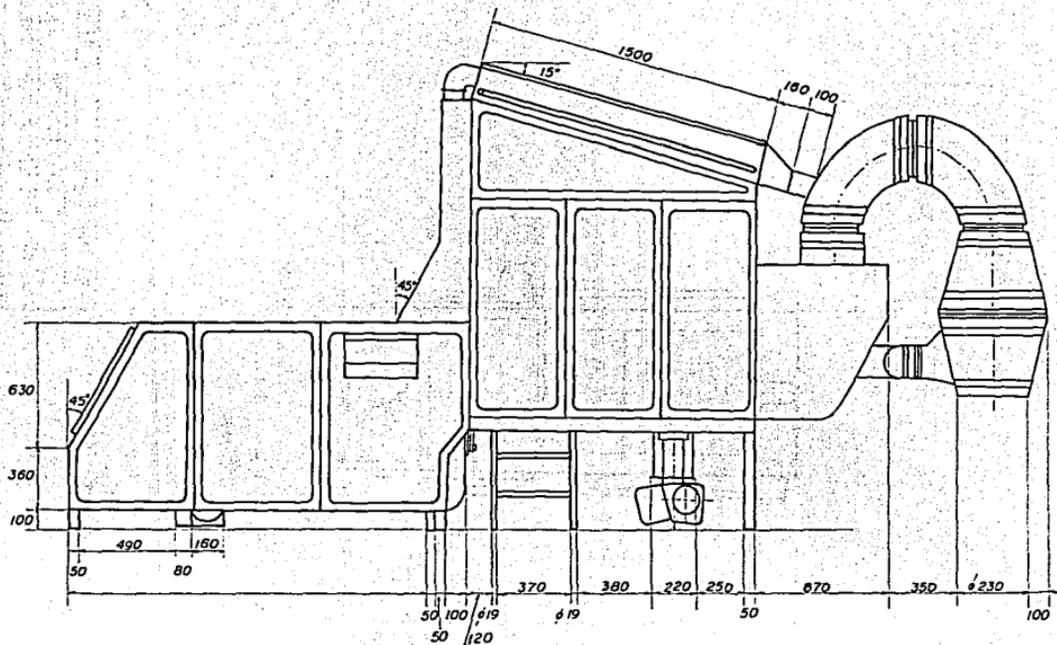
Fig. 3-12 ELEMENTO DE RECEPCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA

# **PRESENTACIÓN PLANOS**



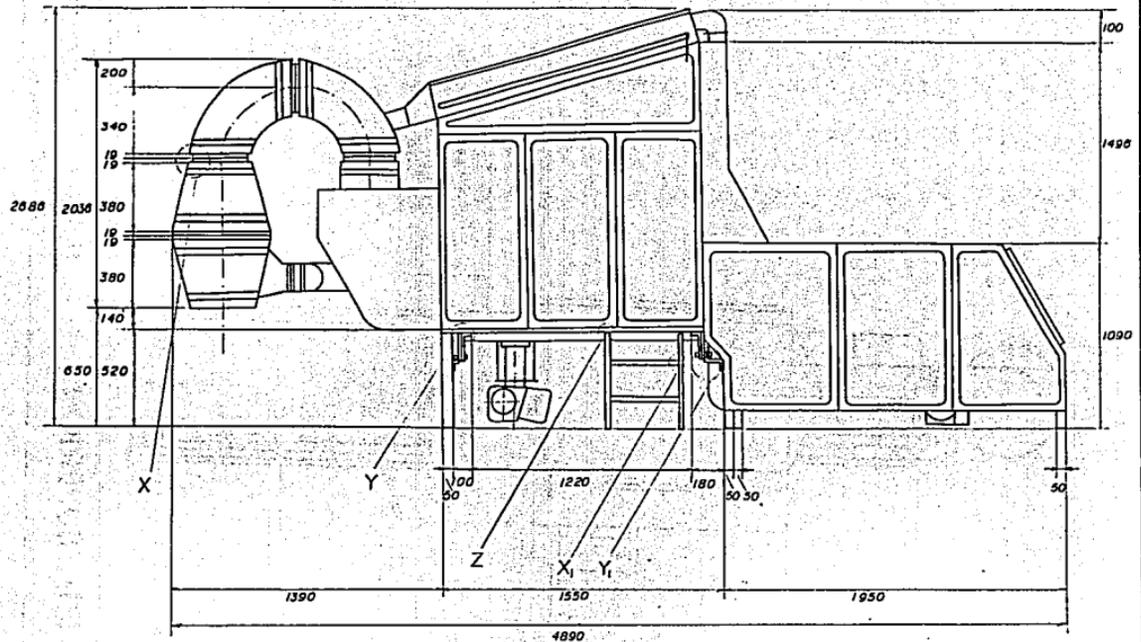
VISTA FRONTAL

VISTAS GENERALES		PL. 1
DISEÑO INDUSTRIAL		UNAM
MÁQUINA PARA PROCESAR AMARANTO		
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA		



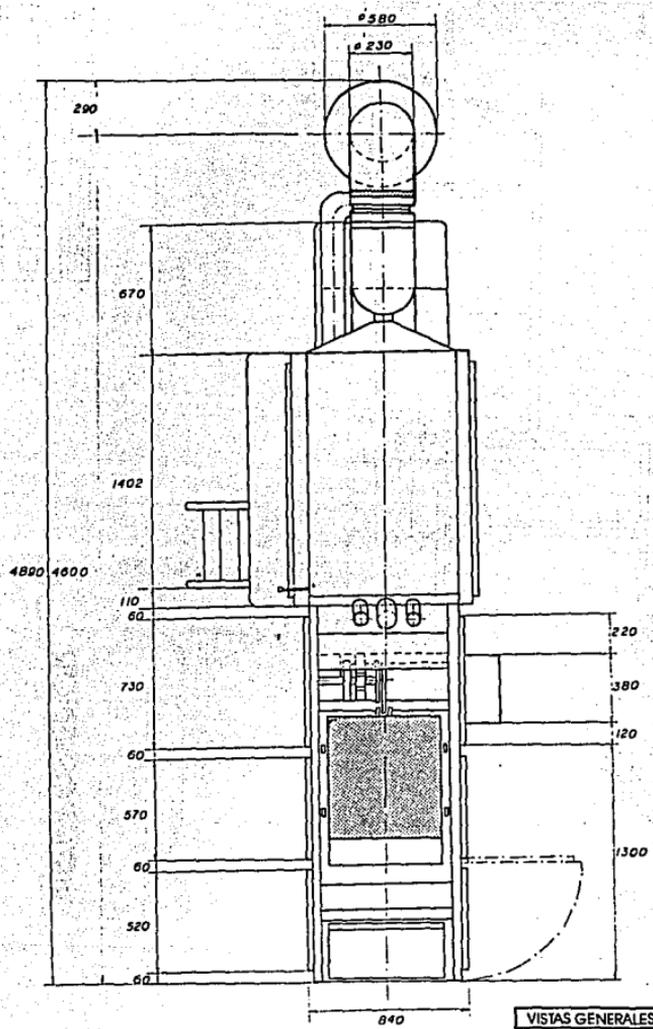
VISTA LATERAL

VISTAS GENERALES		PL. 2
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTICO	
	JOSE MIGUEL RANGEL SILVA	



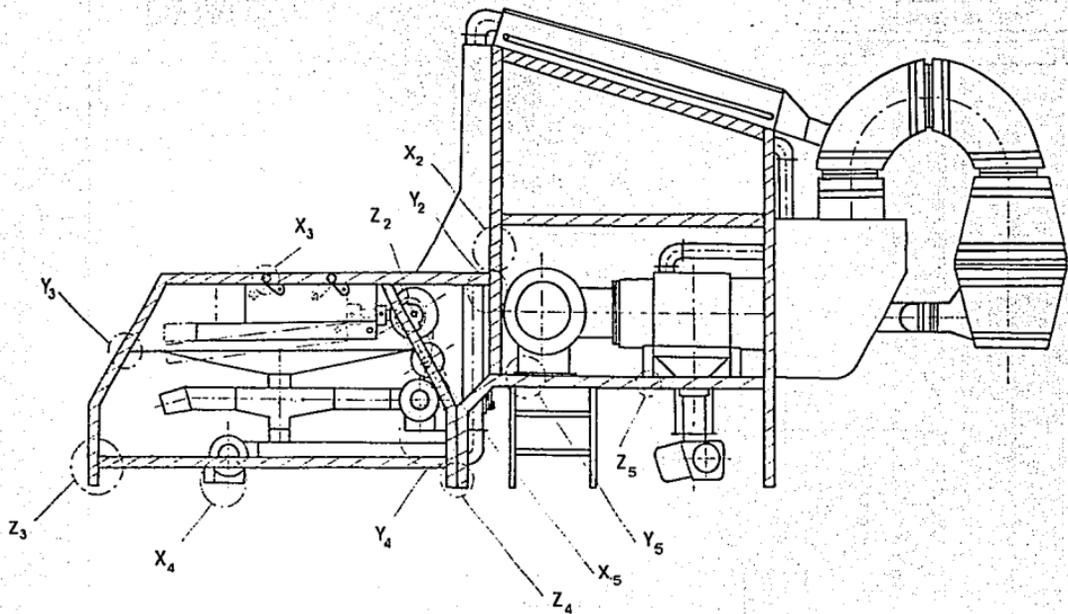
VISTA POSTERIOR

VISTAS GENERALES		PL. 3
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
	MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO	
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA		



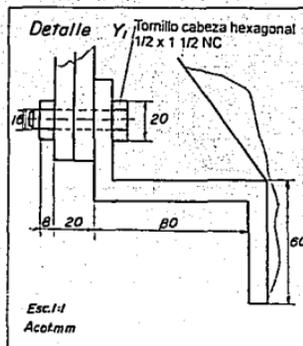
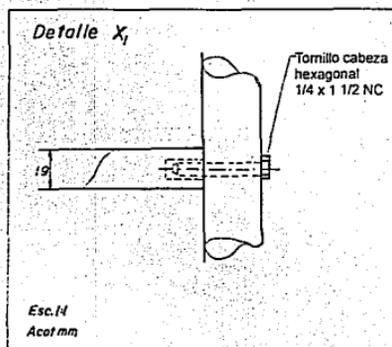
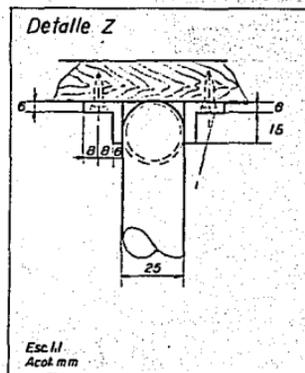
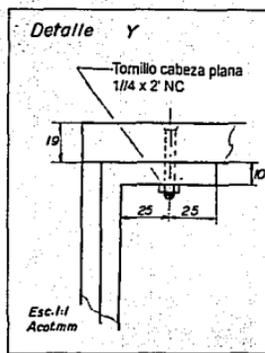
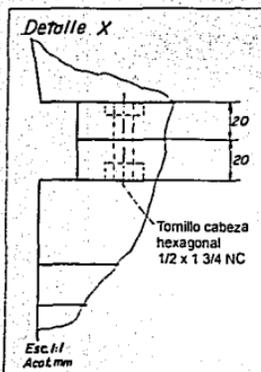
VISTA SUPERIOR

VISTAS GENERALES		PL. 4
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO	
	JOSE MIGUEL RANGEL SILVA	



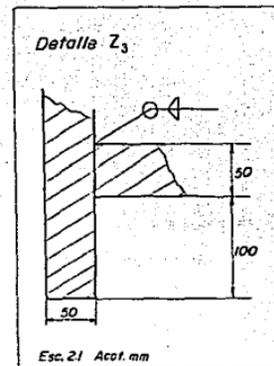
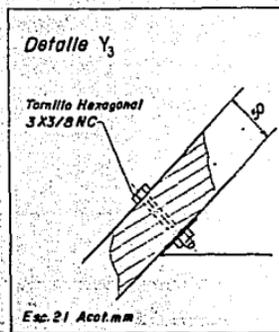
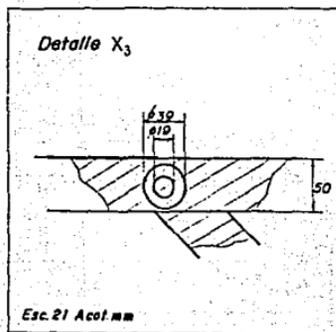
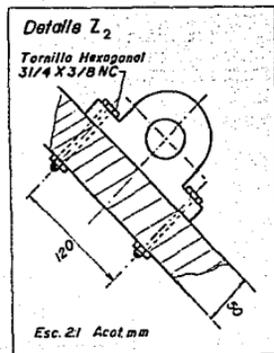
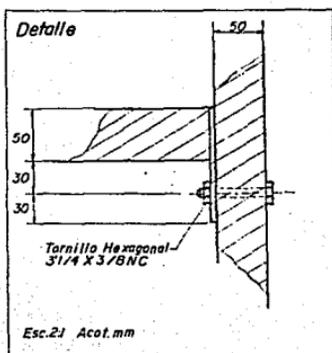
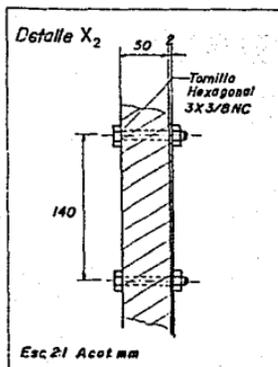
CORTE A - A'

CORTE A - A'		PL. 5
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
	MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO	
JOSE MIGUEL RANGEL SILVA		



## DETALLES

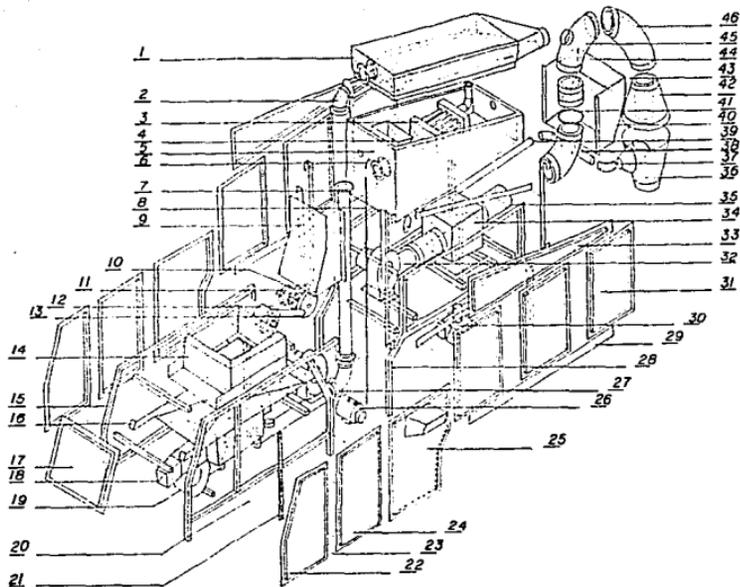
DETALLES	PL. 6
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM
	MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA	



**DETALLES**

DETALLES		PL. 7
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
	MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO	
JOSE MIGUEL RANGEL SILVA		





46	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
45	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
44	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
43	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
42	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
41	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
40	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
39	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
38	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
37	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
36	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
35	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
34	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
33	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
32	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
31	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
30	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
29	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
28	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
27	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
26	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
25	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
24	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
23	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
22	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
21	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
20	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
19	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
18	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
17	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
16	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
15	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
14	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
13	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
12	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
11	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
10	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
9	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
8	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
7	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
6	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
5	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
4	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
3	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
2	1	ALUMI	ALUMI	1	2000
1	1	ALUMI	ALUMI	1	2000

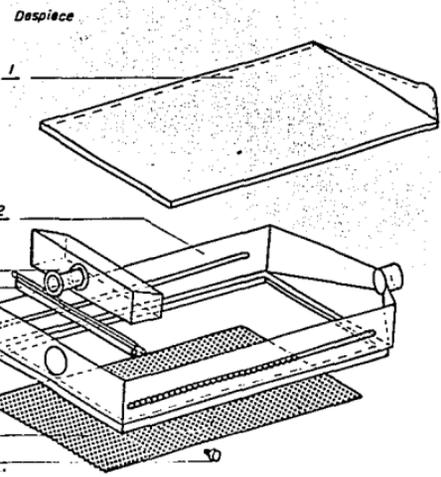
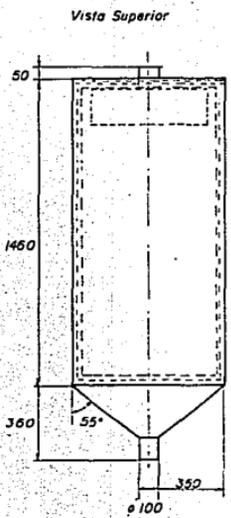
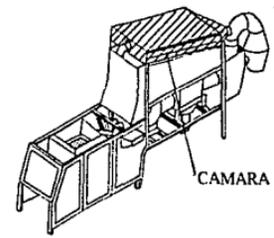
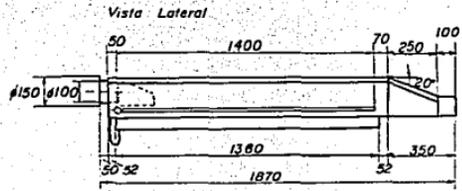
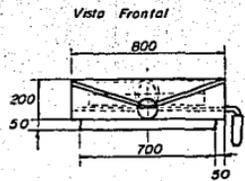
No | Cant | Nombre | Material | Precio

DESPIECE | | | | Pl. 5


**DISENO INDUSTRIAL LNAIA**  
 S.A.

JOSE M GUEL RAYGEL SILVA

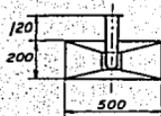
DESPIECE



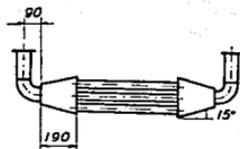
7	1	TORNILLO	ACERO I.	CUBIERTA
6	1	MALLA	ACERO I.	CUBIERTA
5	1	MANGO	ACERO I.	INYECTADA
4	1	RASERO	POLIBETANO	CUBIERTA
3	1	DESGRAPAR	LAMINA A 1	DOBLADO
2	1	TUNEL	LAMINA A 1	DOBLADO
1	1	TAPA	LAMINA A 1	DOBLADO
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso
Vistas Generales CAMARA				PL. 10

	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM
	MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA	

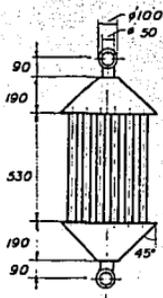
Vista Frontal



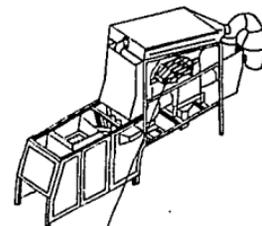
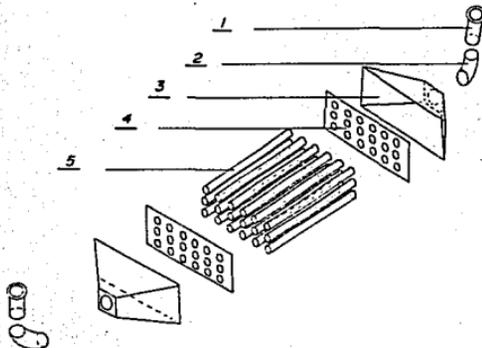
Vista Lateral



Vista Superior



Despiece



INTERCAMBIADOR II

5	1	TUBOS	ACERO I.	1" x 1/2"
4	1	BASE DE T.	ACERO I.	BARRENADO
3	1	TAPA	LAMINA A 1	DOBILADO
2	1	CODO	ACERO I.	1" x 1/2"
1	1	TUBO	ACERO I.	2" x 1/2"
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso
Vistas G. INTERCAMBIADOR II				PL. 11

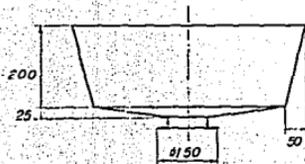


DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

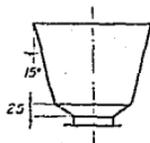
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

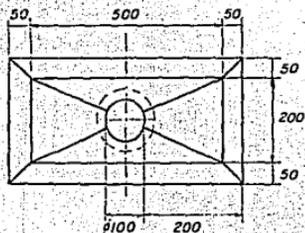
Vista Frontal



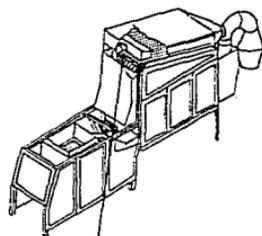
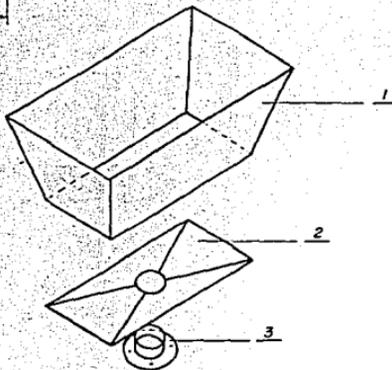
Vista Lateral



Vista Superior



Despiece



TOLVA RECUPERADORA

3	1	BRIDA	ACERO 1	COMERCIAL
2	1	P INFERIOR	LAMINA A 1	DOBLADO
1	1	TOLVA	LAMINA A 1	DOBLADO
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso

Vistas Generales TOLVA R.

PL. 12

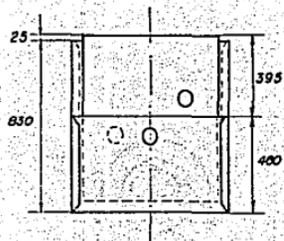


DISENO INDUSTRIAL UNAM

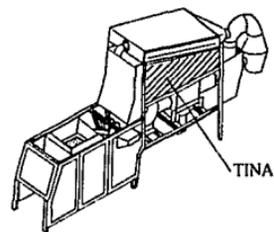
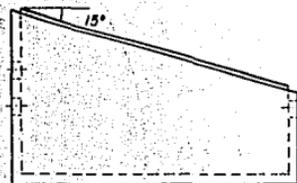
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

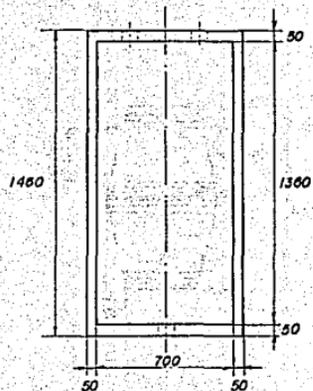
Vista Frontal



Vista Lateral



Vista Superior

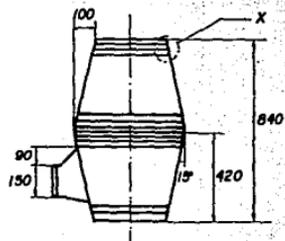


Vistas Generales TINA PL. 13

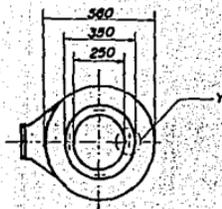
DISEÑO INDUSTRIAL UNAM  
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

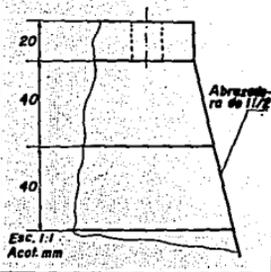
Vista Frontal



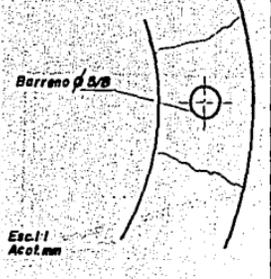
Vista Superior



Detalle X



Detalle Y



CILINDRO

Vistas Generales CILINDRO

PL. 14

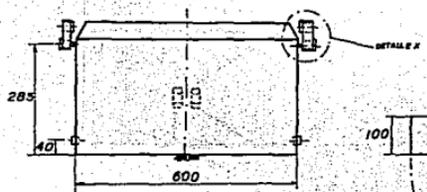


DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

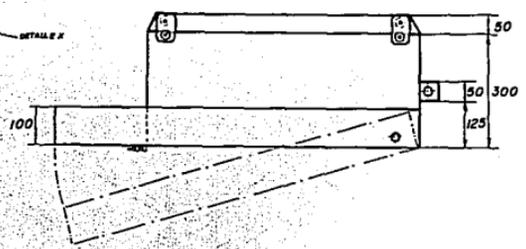
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

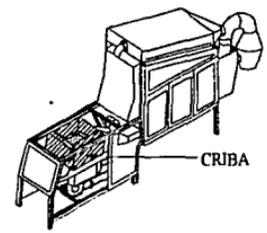
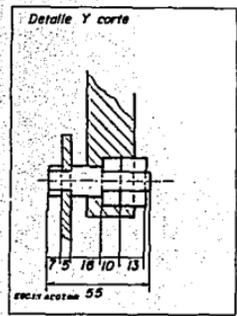
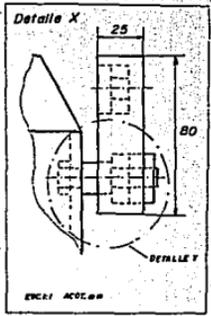
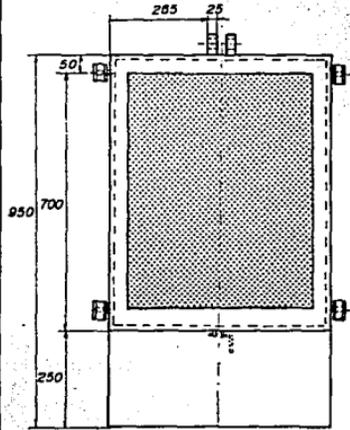
Vista Frontal



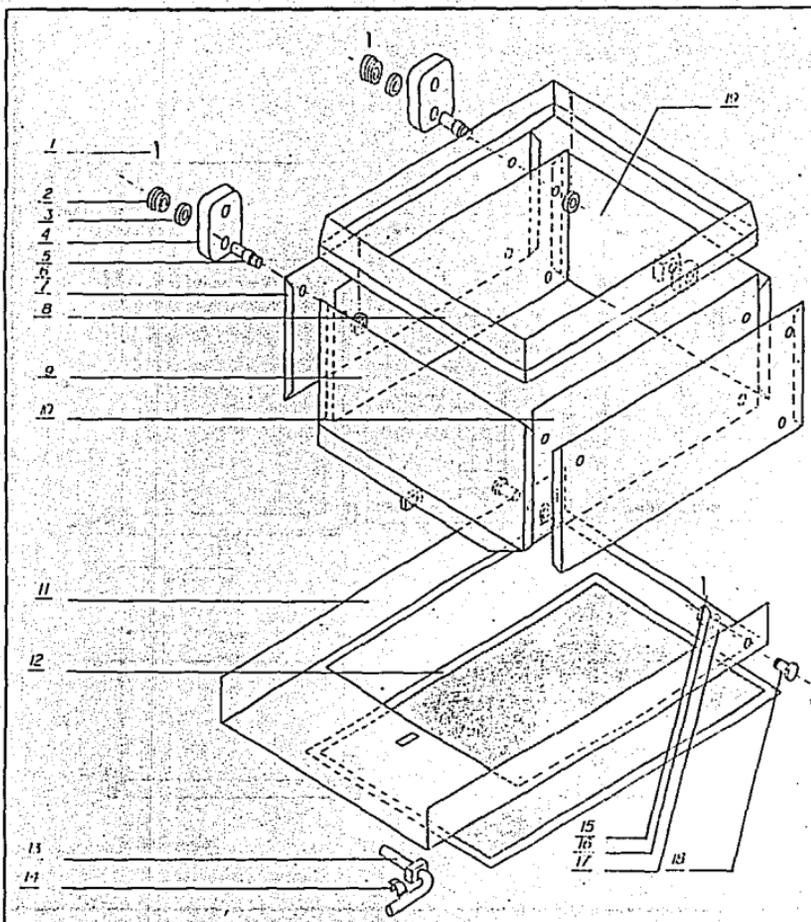
Vista Lateral



Vista Superior



Vistas Generales CRIBA	PL. 15
 DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO	
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA	



19	1	PART. P.	LAMPA A 1	DOBLADO
18	2	TORNILLO	ACERO	CABRILLO
17	2	RODANAS	ACERO	CABRILLO
16	2	TUBERCA	ACERO	CABRILLO
15	2	PASADOR	ACERO	CABRILLO
14	1	SEGURO	ACERO	CABRILLO
13	1	MANCHA	ACERO	DOBLADO
12	1	MUELTA	ACERO 1	CABRILLO
11	1	PART. 1	LAMPA A 1	DOBLADO
10	2	REFUERZO	PLACA A 1	CABRILLO
9	1	FRENTE	LAMPA A 1	DOBLADO
8	1	PART. 5	LAMPA A 1	DOBLADO
7	2	COSTADO	LAMPA A 1	DOBLADO
6	4	BUSH	ACERO	DOBLADO
5	4	PERNO	ACERO	DOBLADO
4	4	DRALZO	ACERO	DOBLADO
3	4	HEMIBO	ACERO	CABRILLO
2	4	BUSH	ACERO	CABRILLO
1	8	PASADOR	ACERO	CABRILLO
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso

DESPIECE CRIBA

PL. 15a

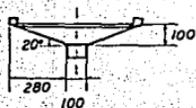


DISENO INDUSTRIAL UNAM

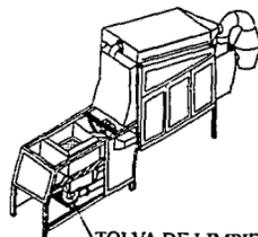
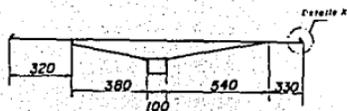
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSE MIGUEL RANGEL SILVA

Vista Frontal

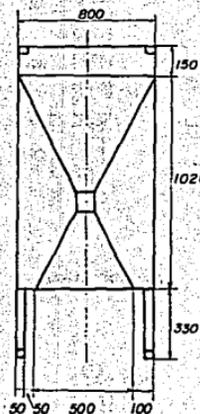


Vista Lateral

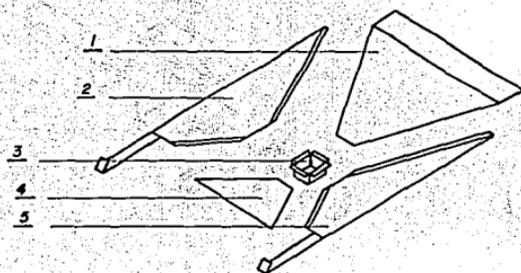


TOLVA DE LIMPIEZA

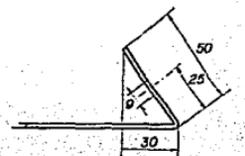
Vista Superior



Despiece



Detalle X



Esc. 1:1

5	1	P. POSTERIOR	LAMINA A 1	DOBLADO	
4	1	P. DERECHA	LAMINA A 1	DOBLADO	
3	1	P. INFERIOR	LAMINA A 1	DOBLADO	
2	1	P. FRONTAL	LAMINA A 1	DOBLADO	
1	1	P. IZQUIERDA	LAMINA A 1	DOBLADO	
No.		Cant.	Nombre	Material	Proceso

Vistas Generales TOLVA DE L. PL. 16

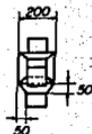


DISENO INDUSTRIAL UNAM

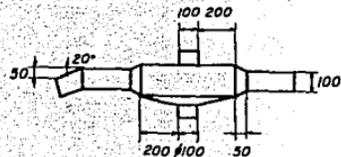
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

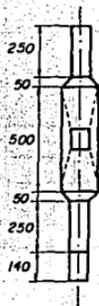
Vista Frontal



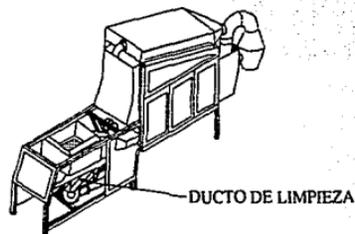
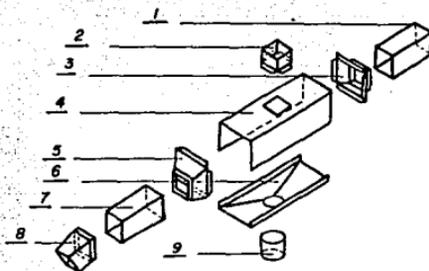
Vista Lateral



Vista Superior



Despiece



9	1	TUBO C	LAMINA A 1	ROLADO
8	1	P. FRONTAL	LAMINA A 1	DOBLADO
7	1	CUADRADO	LAMINA A 1	DOBLADO
6	1	TOI.VA	LAMINA A 1	DOBLADO
5	1	TAPA FRONTAL	LAMINA A 1	DOBLADO
4	1	TAPA FUSIL	LAMINA A 1	DOBLADO
3	1	TAPA P.	LAMINA A 1	DOBLADO
2	1	TAPA S.	LAMINA A 1	DOBLADO
1	1	P. POSTERIOR	LAMINA A 1	DOBLADO
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso

Vistas G. DUCTO DE LIMPIEZA

PL. 17

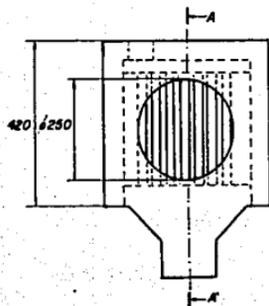


DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

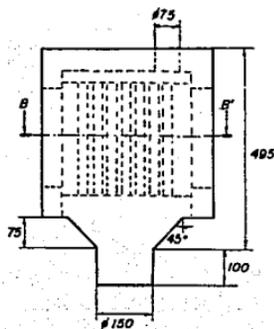
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

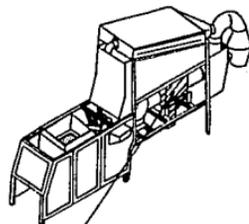
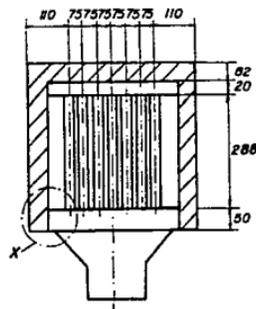
Vista Frontal



Vista Lateral

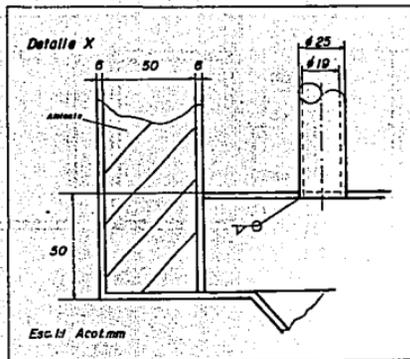
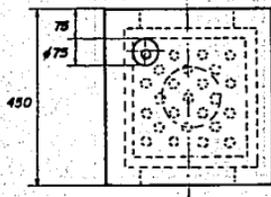


Corte A-A'

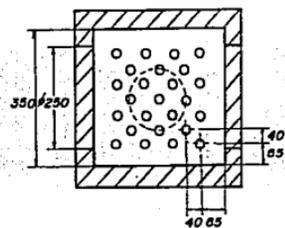


INTERCAMBIADOR I

Vista Superior



Corte B-B'



Vistas G. INTERCAMBIADOR I

PL. 18

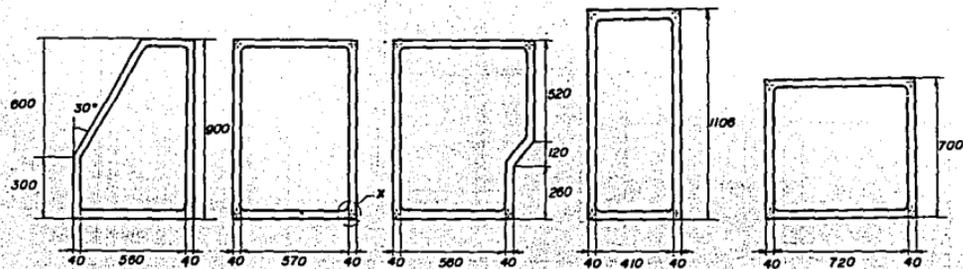


DESEÑO INDUSTRIAL UNAM

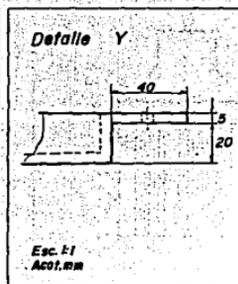
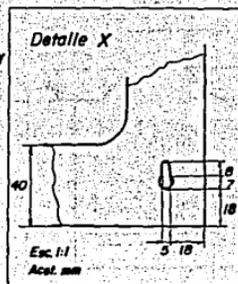
MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

Vista Frontal



Vista Superior



Vistas Generales PANELES PL. 19



DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

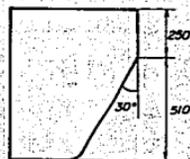
MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

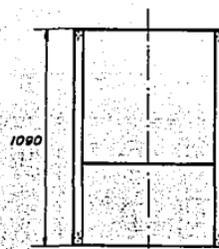
Vista Frontal



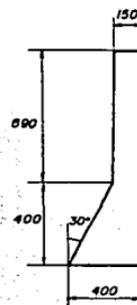
Vista Lateral



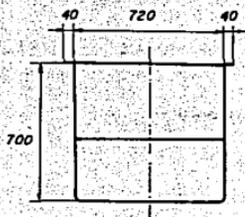
Vista Frontal



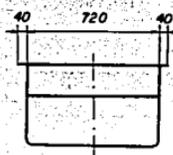
Vista Lateral



Vista Superior



Vista Superior



Vistas Generales PANELES

PL. 20



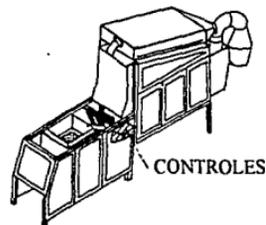
DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

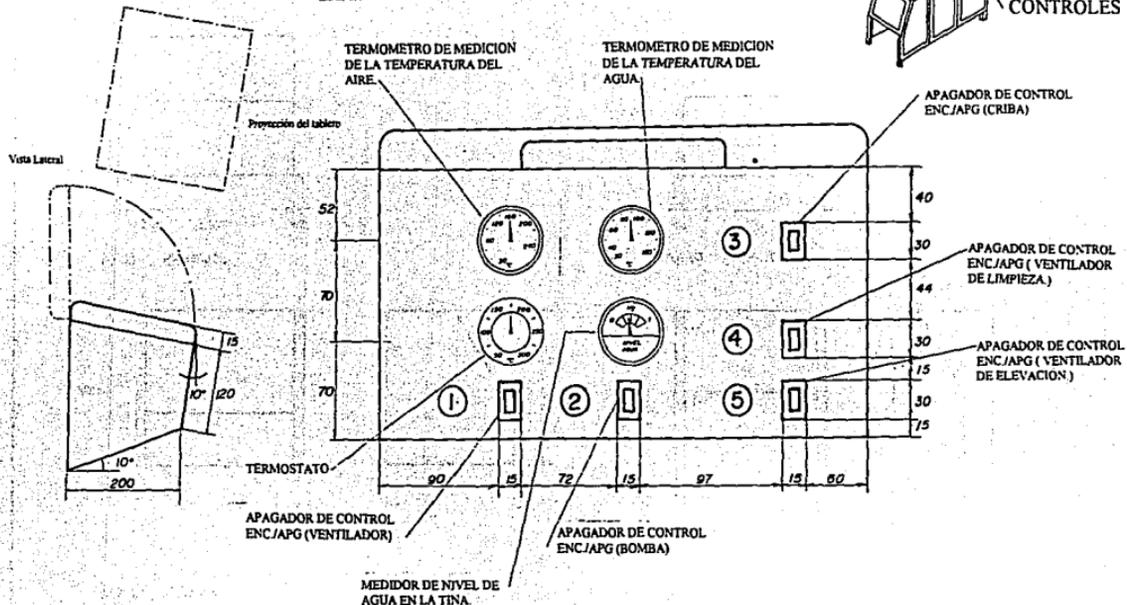
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

# TABLERO

ESC. 1:1

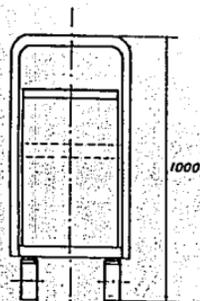


CONTROLES

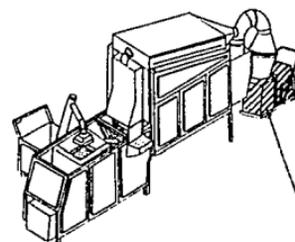
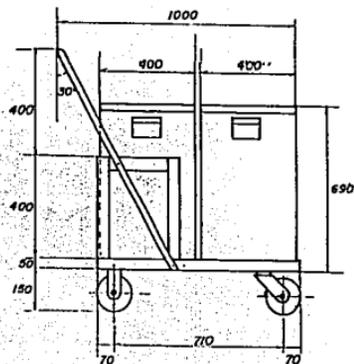


CONTROLES	PL. 21
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAM
	MAQUINA PARA PROCESAR APLICADO
JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA	

Vista Frontal

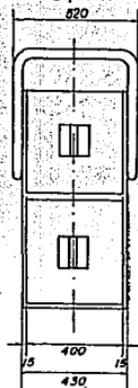


Vista Lateral



CARRITO CON CONTENEDORES

Vista Superior



Vistas Generales CARRITO

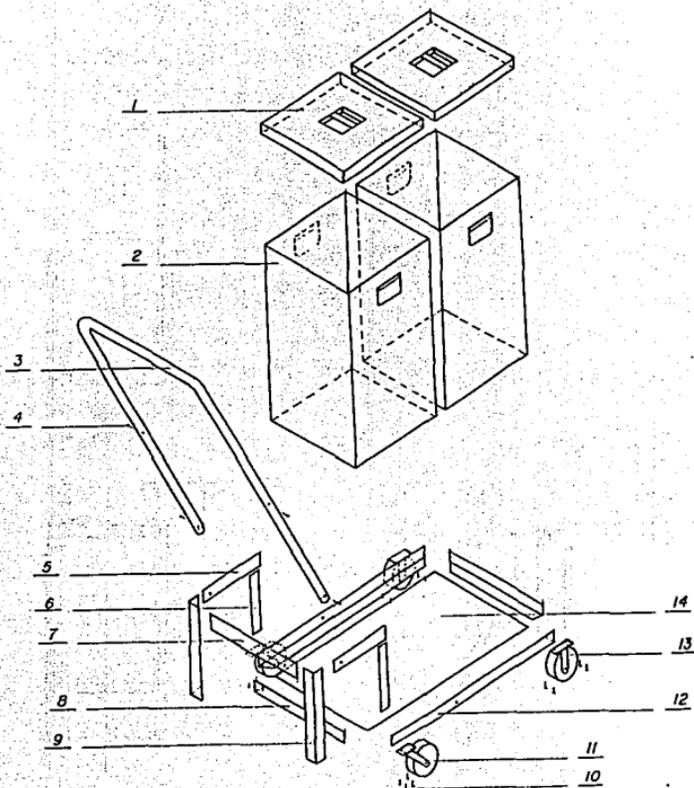
PL. 22



DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA



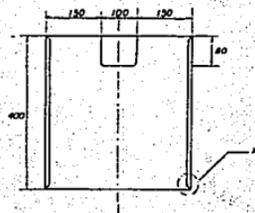
14	1	SOPORTE	LAMINA	SOLDADO
13	2	RUEDAS F.	ACERO	COMERCIAL
12	2	ANGULO	ACERO	SOLDADO
11	2	RUEDAS L.	ACERO	COMERCIAL
10	16	TORNILLOS	ACERO	COMERCIAL
9	2	ANGULO	ACERO	SOLDADO
8	2	SOLERA	ACERO	SOLDADO
7	2	SOLERA	ACERO	SOLDADO
6	2	SOLERA	ACERO	SOLDADO
5	2	SOLERA	ACERO	SOLDADO
4	2	TORNILLOS	ACERO	COMERCIAL
3	1	TUBO	LAMINA A 1	DOBLADO
2	2	CONTENSOR	LAMINA A 1	DOBLADO
1	2	TAPA	LAMINA A 1	DOBLADO

No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso
DESPIECE CARRITO				PL. 22a

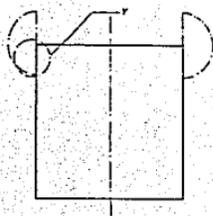
	<b>DISENO INDUSTRIAL</b> UNAM
	<b>MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO</b>

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

Vista Frontal



Vista Lateral



Vista Superior



Detalle X

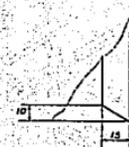


FIG. II  
ACR. mm

Detalle Y

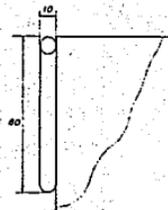
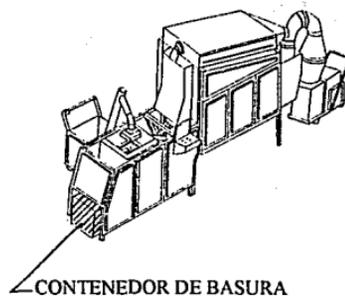


FIG. I  
ACR. mm



Vistas G. CONTENEDOR DE B.

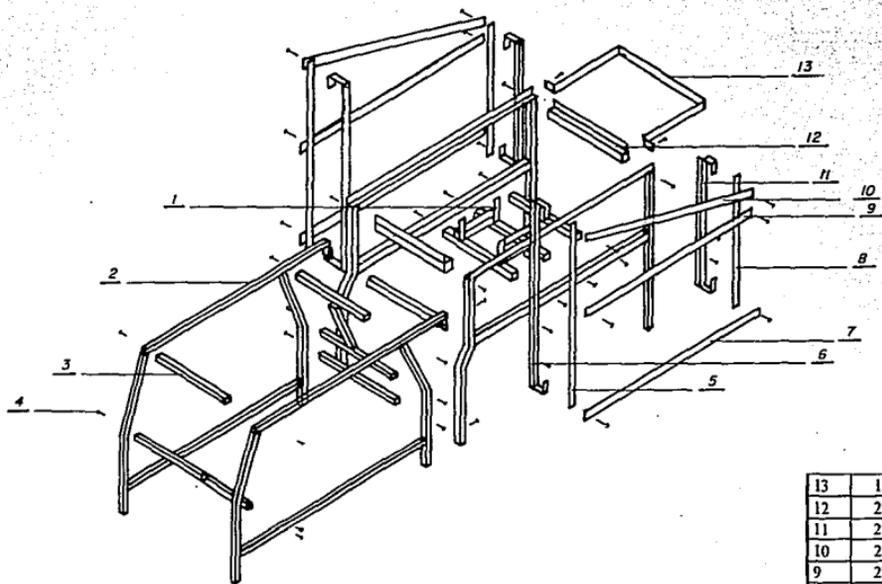
PL. 23



DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA



13	1	SOLERA	ACERO	DOBLADO
12	2	TRAVESANO	ACERO	SOLDADO
11	2	ANGULO	ACERO	SOLDADO
10	2	SOLERA	ACERO	BARRENADO
9	2	SOLERA	ACERO	BARRENADO
8	2	SOLERA	ACERO	BARRENADO
7	7	SOLERA	ACERO	BARRENADO
6	2	ANGULO	ACERO	SOLDADO
5	2	SOLERA	ACERO	BARRENADO
4	30	TORNILLOS	ACERO	COMERCIAL
3	3	TRAVESANO	PERFIL	BARRENADO
2	2	COSTADOS	PERFIL	SOLDADO
1	1	SOPORTE	ANGULO	SOLDADO
No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso
DESPIECE ESTRUCTURA				PL. 24

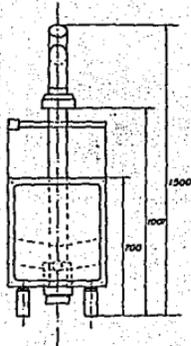


DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

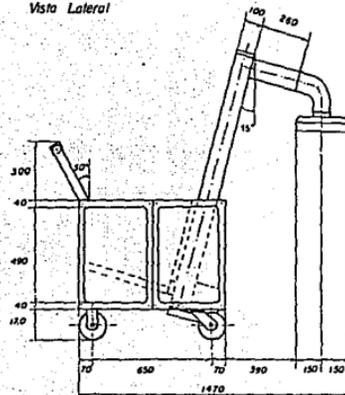
MAQUINA PARA PROCESAR  
AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

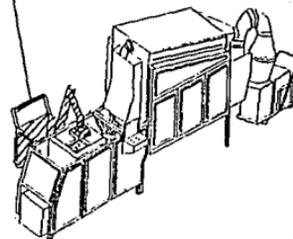
Vista Frontal



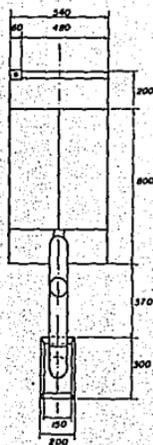
Vista Lateral



CARRITO DE VACIADO



Vista Superior



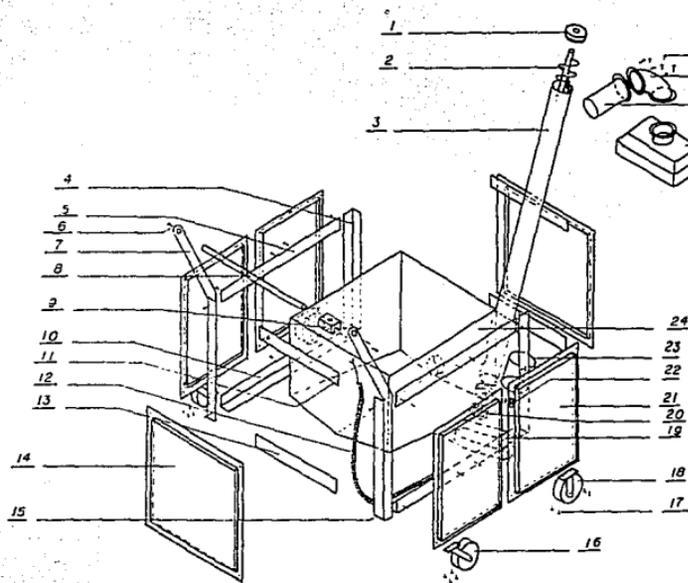
Vistas G. CARRITO DE VACIADO PL. 25



DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

MAQUINA PARA PROCESAR  
AMASANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA



28	8	TORNILLO	ACERO	COMERCIAL
27	1	CODO	ACERO I.	6" x 2" CED 10
26	1	TUBO	ACERO I.	6" x 2" CED 10
25	1	DISTRIBUIDOR	LAMINA A 1	DOBLADA
24	1	TOLVA	LAMINA A 1	DOBLADA
23	1	MOTOR	ELECTRICO	COMERCIAL
22	1	ENGRANE	ACERO	FRESADO
21	1	PANEL	FIBRA V.	PICADO
20	1	ENGRANE	ACERO	FRESADO
19	1	TAPA	LAMINA S	DOBLADA
18	2	RUEDAS F.	ACERO	COMERCIAL
17	16	TORNILLO	ACERO	COMERCIAL
16	2	RUEDAS L.	ACERO	COMERCIAL
15	1	ANGULO	ACERO	SOLDADO
14	2	PANEL	FIBRA V.	PICADO
13	4	SOLERA	ACERO	SOLDADO
12	1	TUBO	ACERO	COMERCIAL
11	1	CABLE	ELECTRICO	COMERCIAL
9	1	APAGADOR	ELECTRICO	COMERCIAL
8	1	TUBO	ACERO I.	1-7/8" CED 10
7	1	ANGULO	ACERO	SOLDADO
6	2	TORNILLOS	ACERO	COMERCIAL
5	2	SOLERA	ACERO	SOLDADO
4	4	ANGULO	ACERO	SOLDADO
3	1	TUBO	ACERO I.	COMERCIAL
2	2	GUSANO	ACERO I.	TORNADO
1	2	TAPA	ACERO I.	TORNADO

No.	Cant.	Nombre	Material	Proceso
DESPIECE CARRITO DE VACIADO				PL. 25a



DISEÑO INDUSTRIAL UNAM

MAQUINA PARA PROCESAR AMARANTO

JOSÉ MIGUEL RANGEL SILVA

# **PRESENTACIÓN DE LA MAQUETA O MODELO A ESCALA**

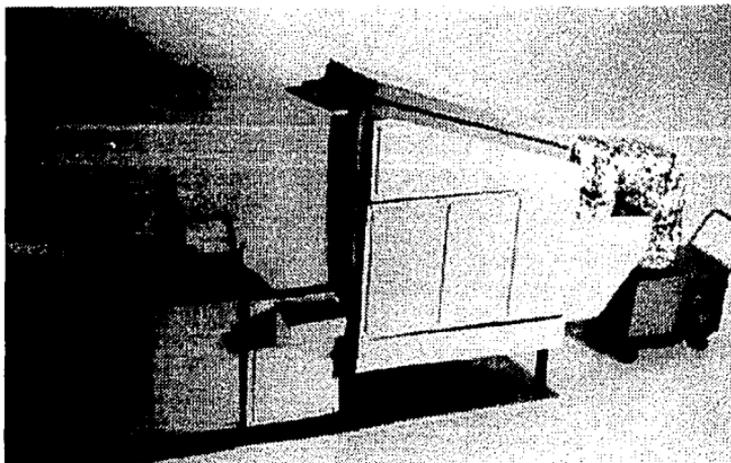


Foto No. 1. Muestra la máquina completa con el carrito de vaciado, y el recepción



Foto No. 2. Muestra a la máquina por la parte de atras con la escalera de mantenimiento.



Foto No. 3. Muestra la máquina con el carrito de recepción y contenedores de semilla.

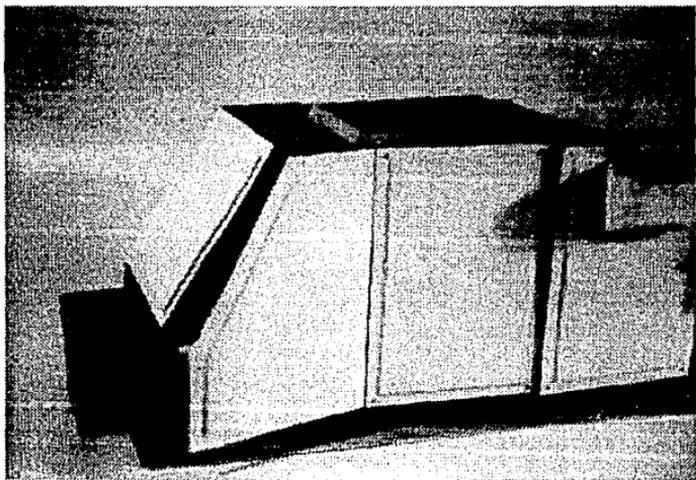


Foto No. 4. Muestra la máquina con el contenedor de basura

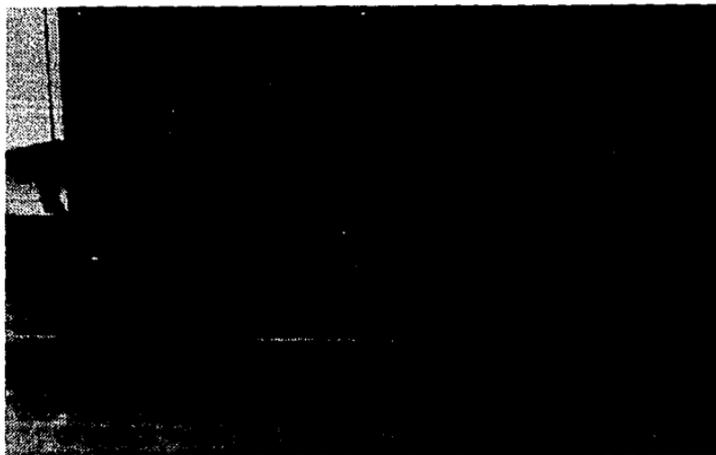


Foto No. 5. Muestra la criba, la tolva, el ducto de limpieza y ventiladores.

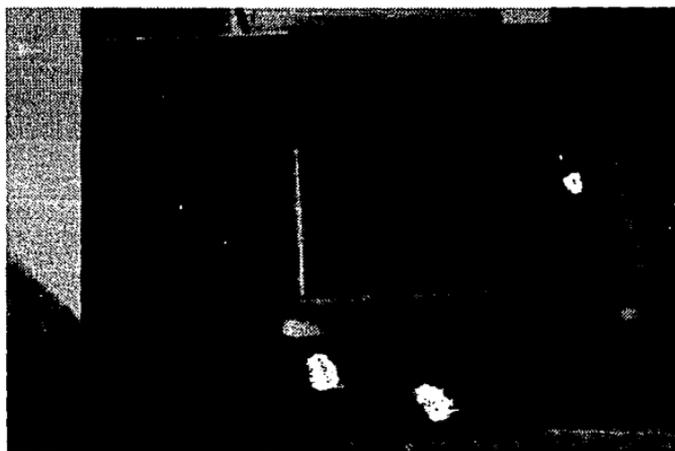


Foto No. 6. Muestra la criba y partes como chumaceras, polea,... etc.



Foto No. 7. Muestra el intercambiador de calor, el ventilador y tubería.

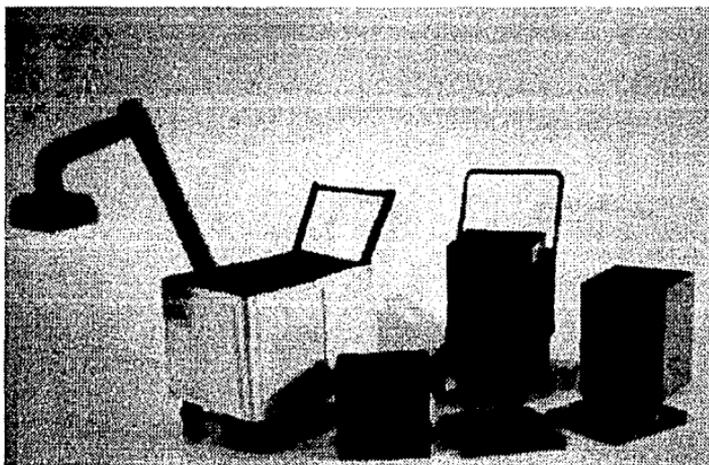


Foto No. 8. Muestra el carrito de vaciado, el carrito de recepción con contenedores de semilla y el contenedor de basura

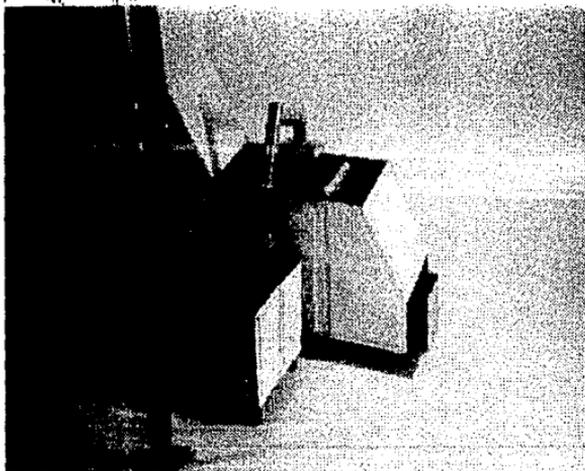


Foto No. 9. Muestra al operario con el carrito de vaciado de semilla a la criba.

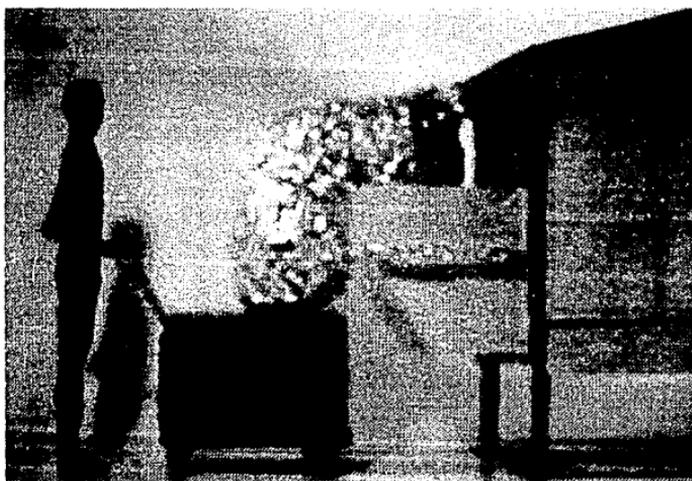


Foto No. 10. Muestra al operario con el carrito de recepción y la salida de semilla de maquina.



Foto No. 11. Muestra el operario y los controles de la maquina.

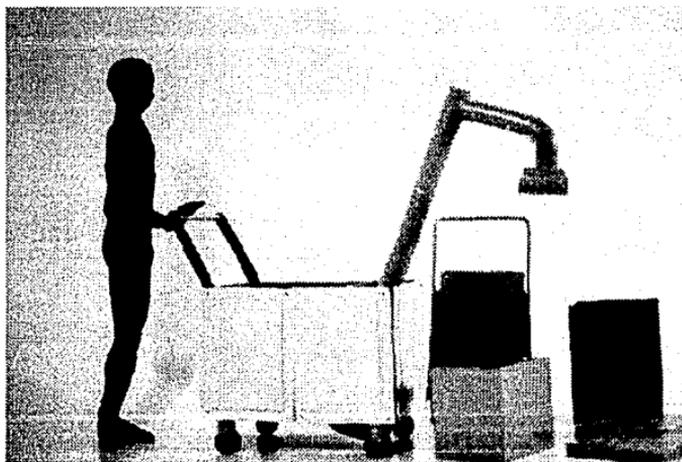


Foto No. 12. Muestra el operario con el carrito de vaciado, carrito de recepción, contenedores de semilla y contenedor de basura.



Foto No. 13. Muestra al operario realizando la operación de mantenimiento.



Foto No. 14. Muestra al operario realizando la operación de mantenimiento.

### **3.5.3 Evaluación preliminar de costo**

#### **3.5.3.1 Introducción**

En este proyecto se ha contemplado el estudio de un proceso versátil para elaborar diferentes productos a partir de granos básicos. La idea es que el equipo tenga dimensiones adecuadas para ser empleado directamente por los productores evitando intermediarismo, que sea simple en su operación y su mantenimiento para que ellos mismos puedan operarlo y repararlo cuando sea necesario y, finalmente, que su costo sea accesible para que esos productores puedan financiar su construcción, instalación y operación, además de obtener ganancias que les permitan mejorar su calidad de vida y nivel económico.

##### **3.5.3.1.1 Objetivos del proyecto**

Los objetivos de este proyecto son los siguientes:

- I. Construir e instalar una planta prototipo para procesar granos básicos,
- II. Operar esta planta empleando maíz, amaranto, arroz, trigo, etc., para optimizar las condiciones de operación para cada producto y
- III. Diseminar o difundir la tecnología a nivel nacional y, de ser posible, a nivel internacional para promover la autosuficiencia de los productores de granos básicos.

##### **3.5.3.1.2 Metas parciales**

Dentro de las metas parciales de este proyecto se encuentran las siguientes:

- I. Involucrar a los productores en el proyecto para que la comunidad productora se beneficie con la instalación de una unidad productiva de alimentos a partir de granos básicos
- II. Promover el empleo de la planta prototipo como maquiladora para otras comunidades cercanas que no cuenten con la infraestructura para procesar sus productos agrícolas y
- III. Promover la educación alimentaria entre la comunidad productora para mejorar sus hábitos alimenticios y optimar los costos asociados con la alimentación (más nutritiva a menos costo).

##### **3.5.3.1.3 Metas finales**

Las metas finales del proyecto son:

- I. Construir unidades para otras comunidades que deseen participar en este programa y
- II. Diversificar la producción de alimentos para mantener la operación de las plantas productivas durante todo el año.

#### 3.5.3.1.4 Necesidades y oportunidades tecnológicas

En México, por ejemplo, la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*) se consume principalmente reventada. Un proceso que mejorara substancialmente la eficiencia de reventado sin complicar innecesariamente las operaciones unitarias involucradas ni los costos de producción, sería la respuesta idónea para incrementar la eficiencia de producción y la calidad nutricia del amaranto reventado. Esto significaría mayores ingresos para los productores y mejor calidad para los consumidores.

Por otro lado, sería importante que la diversificación del uso de esa semilla (produciendo mazapanes, bocadillos de amaranto con chocolate estilo "Tin-Larin", hojuelas de amaranto, bebidas refrescantes amaranto-chocolate, palanquetas, etc.) no quedara en manos de intermediarios como ocurre actualmente, sino directamente en los productores de la semilla a través de la instalación de plantas productivas operadas por ellos mismos.

Esto puede extenderse a otros granos, como el maíz, el sorgo, el arroz, el trigo, etc., los cuales tienen tiempos de cosecha diferentes y harían posible la operación de las plantas productivas todo el año, dando la posibilidad de que los productores maquilaran para otras comunidades y optimizaran el uso de las plantas (cobrando los costos de operación, mantenimiento y depreciación de los equipos y manteniendo estos costos dentro de márgenes no lucrativos para evitar lo que actualmente existe, para el caso del ejemplo de amaranto presentado, en las comunidades de Tulyehualco, D.F. y Pachuca, Hgo., donde los que poseen los equipos acaparan la producción convirtiéndose en intermediarios).

Este proyecto plantea la construcción de una planta prototipo, cuya patente quedaría en manos de una institución no lucrativa (UNAM), que garantice que las nuevas plantas que se construyan sean entregadas a las comunidades productoras brindándoles la asesoría necesaria para asegurar calidad en los productos obtenidos (microbiológica y nutritiva), incluso a nivel de exportación, lo que redundaría en los consecuentes beneficios económicos y sociales (Pérez y col., 1988).

#### 3.5.3.2 Metodología de evaluación económica

##### I. Planta prototipo

La planta prototipo que será construida consta de las siguientes operaciones unitarias (con los equipos requeridos para cada operación):

- a) Limpieza (criba limpiadora)
- b) Acondicionamiento de los granos (molinos para premolienda, tolvas, sistema generador de vapor, sistema rehidratador, transportadores)
- c) Procesamiento (tolvas, reventador, extrusor, transportadores, amasadora, tortilladora, confitadora, laminadora)
- d) Empaque (tolvas, embolsadora para presentación a granel, mesa para envoltura manual individual)

Se emplearán para la construcción materiales metálicos durables para evitar costos de mantenimiento y reparación (acero inoxidable). Se buscarán motores, ventiladores, sopladores, quemadores, etc., de producción nacional para que puedan tener mantenimiento y cambio de refacciones sin problemas.

Se enviarán los diseños para su construcción a talleres nacionales especializados en la construcción de equipos para la industria alimentaria.

Se ha planteado la instalación de la planta prototipo en Amilzingo o en Huazulco, Morelos, para que las comunidades de productores intervengan directamente en la instalación de los equipos, su arranque y operación con el apoyo técnico del grupo de la UNAM.

## II. Determinación de condiciones de operación para cada grano

Se procesarán los granos básicos de la región como ejemplos tipo para probar la bondad de la planta prototipo. En esta fase del proyecto se emplearán maíz, sorgo y amaranto.

Para ello, se seguirán las metodologías probadas a nivel de laboratorio y escala de banco produciendo harinas de maíz y sorgo extrudidos alcalinamente y maíz palomero, sorgo y amaranto reventados y algunos alimentos como tortillas, alegrías, confites y hojuelas para desayuno (Rangel-Silva y col., 1991, 1992; Sánchez-Tovar y col., 1992; Durán-de-Bazúa, 1988; Pérez y col., 1988).

### **3.5.3.3 Infraestructura requerida**

#### **a) Infraestructura física de la institución**

La UNAM y, particularmente, la Facultad de Química y el Centro para la Innovación Tecnológica, cuentan con bibliotecas, laboratorios, equipos a escala de banco y otras facilidades que permiten el desarrollo adecuado del proyecto. Los laboratorios cuentan con equipos analíticos para la determinación de parámetros de calidad de materias primas y productos terminados, así como para determinar las características sensoriales y para evaluar los efectos de las variaciones en las condiciones de operación.

#### **b) Listado de los equipos existentes relacionados con el proyecto**

1. Criba limpiadora
2. Extrusor de granos
3. Transportadores helicoidales
4. Tolvas alimentadoras
5. Amasadora de harinas
6. Tortilladora
7. Empacadora (embolsadora)

c) Nombres y curricula del grupo de trabajo

1. Dra. Ing. Carmen Durán de Bazúa. Coordinadora del proyecto. Departamentos de Alimentos y Biotecnología y de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM.
2. M. en C. Zoila Nieto Villalobos. Coordinadora del Área de Tecnología de Alimentos. Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM.
3. QFB Olga Velázquez Madrazo. Ex-Coordinadora del Área de Química y Microbiología de Alimentos. Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM.
4. Pas. D.I. Miguel Rangel Silva. Diseñador de los equipos de acondicionamiento (rehidratación) y procesamiento de granos por el proceso de reventado. Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM.
5. QFB Hilda Elizabeth Calderón Villagómez. Técnico académico del área de ingeniería de alimentos (tecnologías más limpias). Departamentos de Alimentos y Biotecnología y de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM.
6. M. en C. I.Bq. Salvador Alejandro Sánchez Tovar. Estudiante de doctorado (tecnologías más limpias, como la extrusión alcalina). Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM.

d) Subcontrataciones y costo

1. Rho Ingeniería, S.A. Ing. Rodolfo Lobato. México D.F. Costo de la construcción del equipo rehidratador y procesador de granos.

e) Otros participantes

Como se mencionó anteriormente, la instalación de la planta prototipo podría hacerse en Amilzingo o en Huazulco, Morelos, para que las comunidades de productores intervengan directamente en la instalación de los equipos, su arranque y operación con el apoyo técnico del grupo de la UNAM. Para ello se firmaría un convenio de cooperación entre las partes con objeto de garantizar la transparencia de la relación profesional.

**3.5.3.4 Calendario de actividades programáticas**

Nombre del proyecto: Diseño, construcción, arranque y operación de una planta prototipo de procesamiento de granos para consumo humano
Empresa: Universidad Nacional Autónoma de México Fecha: 28/10/95
Fecha programada de inicio: Enero 1996
Fecha programada de terminación de operación: Diciembre 1997
Duración total programada: 2 años

Actividad	Año 1				Año 2			
	i	II	III	IV	i	II	III	IV
1. Construcción de los equipos	x	x						
2. Instalación y arranque			x					
3. Operación				x	x	x	x	x
4. Informes de proyecto				x				x

### 3.5.3.5 Presupuesto

#### Inversión

#### I) Equipo de laboratorio para la planta prototipo

Balanza analítica  
 Balanza de humedad  
 Estufa (35-150°C)  
 Báscula (1-300 kg)  
 Densímetros  
 Medidores grados Brix (soluciones azucaradas)

#### II) Máquina y equipo para taller

Juego de llaves "allen"  
 Juego de llaves españolas  
 Juego de llaves inglesas  
 Otras herramientas (pinzas, llaves "pericas", etc.)  
 Compresora para limpieza neumática  
 Motor de repuesto (1/4 HP)  
 Voltímetro  
 Termopares  
 Repuestos de termopares, "pilotos", focos indicadores, interruptores, baleros, chumaceras, bandas, pirómetros, etc.

#### III) Equipos de cómputo

Una computadora personal para manejar la información generada con impresora y regulador de voltaje (AT 486)

#### IV) Otros

Camioneta tipo "pick-up" para distribución materias primas y producto terminado  
 Muebles de oficina (un escritorio, un sillón, dos sillas, un archivero, un librero)  
 Gabinete para el equipo de laboratorio y vidriería  
 Escalera plegable (5 m)  
 Pailas (20 y 50 L)  
 Mesa para trabajo de laboratorio

### 3.5.3.6 Gasto corriente

- I) Substancias y materiales
- II) Elaboración de estudios especiales
- III) Acervos bibliográficos y documentales
- IV) Pasajes y viáticos
- V) Contratación temporal de expertos y trabajos a terceros
- VI) Personal
- VII) Otros

### 3.5.3.7 PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO (nuevos pesos al 15/Dic/1994)

INVERSIÓN	FIDEDEC	EMPRESA
Equipo de laboratorio para análisis de calidad	100,000	-
Equipo de laboratorio para la planta prototipo	50,000	50,000
Equipos procesadores	600,000	350,000
Remozamiento equipo UNAM	250,000	250,000
Máquina y equipo para taller	100,000	15,000
Equipos de cómputo	15,000	15,000
Otros	15,000	15,000
Subtotal	1,130,000	695,000
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>1,825,000</b>

(Sin tomar en cuenta el gasto corriente que va a depender de las actividades particulares a las que se aboque el uso del equipo)

### 3.6.3.8. Costo estimativo del producto

Los datos que se manejan en un estudio de costos de un producto y los factores que intervienen, tienen una cierta relatividad temporal por los constantes y reiterados cambios en los precios en el mercado de materia prima.

Por ello, los datos que se presentan a continuación dan una elemental aproximación al costo del sistema de máquinas para el procesamiento de granos, que incluye los siguientes aspectos:

Costo de piezas comerciales.- Este punto incluye, motor, ventiladores, bomba, quemador, termostato, arrancadores, tornillería, aislantes y otros.

Costo de lámina.- Este grupo se estimó con base en el costo de la lámina en sus diferentes calibres, por la cantidad de metros cuadrados utilizados. Las piezas tubulares comerciales se calcularon del mismo modo, pero en metros lineales.

Costo de manufactura.- Siendo la mano de obra para la fabricación de este producto un 90% pailería, 10% de piezas de fibra de vidrio. Se incluyeron cortes, dobleces, soldadura, armado y fabricación de piezas de fibra de vidrio.

Así, el costo total quedó constituido de la siguiente forma:

COSTO DE PIEZAS COMERCIALES	N\$ 200,000.00
COSTO DE PIEZAS DE LÁMINA	3,000.00
COSTO DE MANUFACTURA (MAQUILA)	20,000.00
<b>TOTAL DEL COSTO DE LA MÁQUINA</b>	<b>N\$ 223,000.00</b>

## CAPÍTULO 4

### CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO (REVENTADOR EXPERIMENTAL)

#### 4.1 DISEÑO DEL REVENTADOR EXPERIMENTAL

Se construyó un modelo experimental que ha sido denominado M-1, cuya característica primordial es reventar semillas de diferentes cereales.

Utiliza aire caliente proveniente de la atmósfera calentado por medio de una resistencia eléctrica. Éste llega a una cámara, que es la de reventamiento. El aire seco entra a la cámara por medio de un soplador. A esa misma cámara se empieza a introducir la semilla y ocurre el proceso de reventado en forma instantánea.

Para probarla se empleó amaranto, el cual fue obtenido del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (Inifap).

La variable que se manejó fue la temperatura de la semilla. Esta debía dar el mayor reventado sin producir semillas quemadas. Se probaron seis temperaturas, 150, 180, 200, 230 y 240°C. La temperatura óptima a 14% de humedad fue la de 220°C.

Los resultados obtenidos en estos experimentos con 60 muestras de semillas (30 hechas en un lote, denominado 1 y 30 en otro lote, denominado 2) se muestran en el apéndice I.

Es importante mencionar que la eficiencia promedio de reventado (sin tener granos quemados) fue de 90%, lo cual es superior a los resultados obtenidos por los investigadores que previamente han trabajado con amaranto [75-80% para Vázquez y col. (1987); 50-60% para Mijares (1991); 62-67% para Soriano y col. (1987) y 60% para el equipo de Tlaxcala].

#### 4.2 FOTOGRAFÍAS DEL REVENTADOR EXPERIMENTAL

A continuación, en el siguiente inciso, se presentan las fotografías del modelo M-1.



Foto No.1. Reventador experimental mirando la parte de la tolva y la salida de la semilla reventada



Foto No. 2. Reventador experimental mirando lateralmente así como los controles

#### 4.2 FOTOGRAFIAS DEL REVENTADOR EXPERIMENTAL

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este trabajo se hace énfasis en la importancia de promover la construcción de equipos simples que permitan preservar los valores sociales y nutrimentales del pueblo mexicano. El ejemplo que se presenta en este trabajo es el del amaranto, el cual se ha consumido desde tiempos prehispánicos, empleando una tecnología creada para su aprovechamiento por sus consumidores originales, los habitantes del valle del Anáhuac, el reventado de semillas (las que ellos empleaban eran el maíz y el amaranto).

La contribución de este proyecto es la de substituir la tecnología tradicional del uso de un comal (del náhuatl comalli, plancha de barro) y una escobilla para reventarlo por un reventador cerrado que garantice la eficiencia casi completa de la operación de reventado, sin tener pérdidas de granos que caigan al suelo ni se quemem y con una conversión más eficiente de la energía requerida para este proceso.

Este equipo es muy simple de construir, operar y mantener, lo que hace que su uso sea factible en las comunidades productoras de granos (como el maíz, el amaranto y ahora el sorgo, entre otros), dando así un valor agregado a este insumo que será usufructuado directamente por los productores, evitando el intermediarismo.

De igual manera, esta tecnología puede ser mejorada con nuevos aditamentos, dando incentivos a los productores de emplear el grano reventado para elaborar diferentes alimentos que, en combinación con este equipo básico permitan a estas comunidades aumentar su nivel de ingresos si los productos que elaboren tienen calidad de exportación.

Es recomendable buscar fuentes de financiamiento para construir una unidad prototipo que permita corroborar la bondad de este equipo y que sirva de ejemplo para otras comunidades productoras.

Asimismo, se recomienda que se construyan modelos a escala como el que se hizo en este trabajo para que se use el grano reventado en forma de "muéganos" con chocolate fundido o como palanquetas con otras semillas (calabaza, etc.).

Finalmente, debe mencionarse que el equipo de laboratorio se ha empleado exitosamente para reventar arroz y maíz toluqueño para "palomitas", así como otras semillas de cereales, como el sorgo (para hacer "palomitas" de sorgo), lo que hace al equipo más versátil, ya que podría usarse a lo largo de todo el año, evitando tenerlo ocioso cuando no sea temporada de cosecha de un grano en particular.

## RESUMEN EXTENDIDO

La conservación y procesamiento de los alimentos ha sido una preocupación constante ya que, de su adecuado suministro, depende el bienestar de la población. Los granos, cuando son cosechados secos, no son perecederos aún cuando pueden ser atacados por insectos, roedores y otras plagas si no son adecuadamente almacenados o pre-procesados. Por ello, el procesamiento representa un paso limitante para la disponibilidad y calidad nutritiva de los alimentos dedicados a la población consumidora. Generalmente, los procesos empleados para manufacturar diferentes tipos de alimentos dependen justamente de las características físicas y químicas de ellos.

En este proyecto se ha contemplado el estudio de un proceso versátil para elaborar diferentes productos a partir de granos básicos. La idea es que el equipo tenga dimensiones adecuadas para ser empleado directamente por los productores evitando intermediarismo, que sea simple en su operación y su mantenimiento para que ellos mismos puedan operarlo y repararlo cuando sea necesario y, finalmente, que su costo sea accesible para que esos productores puedan financiar su construcción, instalación y operación, además de obtener ganancias que les permitan mejorar su calidad de vida y nivel económico.

Los objetivos de este proyecto son:

- i. Construir e instalar una planta prototipo para procesar granos básicos,
- ii. Operar esta planta empleando maíz, amaranto, sorgo, arroz, trigo, etc., para optimizar las condiciones de operación para cada producto y
- iii. Diseminar la tecnología a nivel nacional y, de ser posible, a nivel internacional para promover la autosuficiencia de los productores de granos básicos.

Dentro de las metas parciales de este proyecto se encuentran las siguientes:

- i. Involucrar a los productores en el proyecto para que la comunidad productora se beneficie con la instalación de una unidad productiva de alimentos a partir de granos básicos,
- ii. Promover el empleo de la planta prototipo como maquiladora para otras comunidades cercanas que no cuenten con la infraestructura para procesar sus productos agrícolas y
- iii. Promover la educación alimentaria entre la comunidad productora para mejorar sus hábitos alimenticios y optimizar los costos asociados con la alimentación (mas nutritiva a menos costo).

Las metas finales del proyecto son:

- i. Construir unidades para otras comunidades que deseen participar en este programa y
- ii. Diversificar la producción de alimentos para mantener la operación de las plantas productivas durante todo el año.

En México, por ejemplo, la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*) se consume principalmente reventada. Este proceso se realiza en un comal (superficie convexa de barro o metal), calentada sin controles de temperatura ni tiempo, lo que ocasiona ineficiencias en su procesamiento. A nivel experimental y comercial se han utilizado equipos para reventar esta semilla como son los de lecho fluidificado, uno construido en México (instalado en Tulyehualco, D.F.), que proporciona una eficiencia de reventado similar a la obtenida con el método tradicional (62-67%) y otro construido en los EEUU, a nivel de laboratorio, que da rendimientos mejores que el anterior (75-80%). Otros equipos existentes son los reventadores rústicos adoptados por las comunidades de San

Miguel del Milagro, Tlaxcala y Tulyehualco, D.F., que consisten básicamente en planchas metálicas calentadas por quemadores de gas propano y butano y que cuentan con un mecanismo de vaivén que permite obtener semillas reventadas con eficiencias aproximadas de 60%.

Un proceso que mejorara substancialmente la eficiencia de reventado sin complicar innecesariamente las operaciones unitarias involucradas ni los costos de producción, sería la respuesta idónea para incrementar la eficiencia de producción y la calidad nutricia del amaranto reventado. Esto significaría mayores ingresos para los productores y mejor calidad para los consumidores.

Por otro lado, sería importante que la diversificación del uso de esa semilla (produciendo mazapanes, bocadillos de amaranto con chocolate estilo "Tin-Larin", hojuelas de amaranto, bebidas refrescantes amaranto-chocolate, palanquetas, etc.) no quedara en intermediarios como ocurre actualmente, sino directamente en los productores de la semilla a través de la instalación de plantas productivas operadas por ellos mismos.

Esto puede extenderse a otros granos, como el maíz, el arroz, el trigo, etc., los cuales tienen tiempos de cosecha diferentes y harían posible la operación de las plantas productivas todo el año, dando la posibilidad de que los productores maquilaran para otras comunidades y optimizaran el uso de las plantas (cobrando los costos de operación, mantenimiento y depreciación de los equipos y manteniendo estos costos dentro de márgenes no lucrativos para evitar lo que actualmente existe, para el caso del ejemplo de amaranto presentado, en las comunidades de Tulyehualco, D.F. y Pachuca, Hgo., donde los que poseen los equipos acaparan la producción convirtiéndose en intermediarios).

Este proyecto plantea la construcción de una planta prototipo, cuya patente quedara en manos de una institución no lucrativa (UNAM), que garantice que las nuevas plantas que se construyan sean entregadas a las comunidades productoras brindándoles la asesoría necesaria para garantizar calidad en los productos obtenidos (microbiológica y nutritiva), incluso a nivel de exportación, lo que redundara en los consecuentes beneficios económicos y sociales.

La planta prototipo que sería construída consta de las siguientes operaciones unitarias (con los equipos requeridos para cada operación):

- a) Limpieza (criba limpiadora)
- b) Acondicionamiento de los granos (molinos para premolienda, tolvas, sistema generador de vapor, sistema rehidratador, transportadores)
- c) Procesamiento (tolvas, reventador, extrusor, transportadores, amasadora, tortilladora, confitadora, laminadora)
- d) Empaque (tolvas, embolsadora para presentación a granel, mesa para envoltura manual individual)

Se emplearán para la construcción materiales metálicos durables para evitar costos de mantenimiento y reparación (acero inoxidable). Se buscarán motores, ventiladores, sopladores, quemadores, etc, de producción nacional para que puedan tener mantenimiento y cambio de refacciones sin problemas.

Se enviarán los diseños para su construcción a talleres nacionales especializados en la construcción de equipos para la industria alimentaria.

Se ha planteado la instalación de la planta prototipo en Amilzingo o en Huazulco, Morelos, para que las comunidades de productores intervengan directamente en la instalación de los equipos, su arranque y operación con el apoyo técnico del grupo de la UNAM.

Se procesarán los granos básicos de la región como ejemplos tipo para probar la bondad de la

planta prototipo. En esta fase del proyecto se emplearán maíz y amaranto. Para ello, se seguirán las metodologías probadas a nivel de laboratorio y escala de banco produciendo harinas de maíz extrudido alcalinamente y amaranto reventado y algunos alimentos como tortillas, alegrías, confites y hojuelas para desayuno.

La UNAM y, particularmente, la Facultad de Química y el Centro para la Innovación Tecnológica, cuentan con bibliotecas, laboratorios, equipos a escala de banco y otras facilidades que permiten el desarrollo adecuado del proyecto. Los laboratorios cuentan con equipos analíticos para la determinación de parámetros de calidad de materias primas y productos terminados, así como para determinar las características sensoriales y para evaluar los efectos de las variaciones en las condiciones de operación.

La inversión total para este proyecto sería de N\$ 1,810,000 (a pesos del 15 de diciembre de 1994), que incluye equipos procesadores, equipo de control de calidad (laboratorio), montaje de un taller de mantenimiento y reparación, equipo de cómputo y misceláneos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Sánchez. 1980. Bases ergonómicas para el diseño mecánico en México. *Ergonomía (Méx.)*, 1(4):19-31.
- Casillas-Gómez, F.J. 1977. Anteproyecto técnico-económico de una planta industrializadora de semilla de amaranto. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México D.F.
- Chávez-Alvarado, C. 1988. Estudio para elevar la eficiencia de los hornos en la ENEP Aragón. Tesis profesional. ENEP Aragón, UNAM. San Juan de Aragón, México.
- Chijiwa, H. 1987. *Color Harmony*. Editorial Somohano Ediciones, S.A. de C.V.
- Dipp-Adla, J. y Tena, J.A. 1991. Comunicación personal. CIIDIR, Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Durango, Dur., México.
- Durán-de-Bazúa, C. 1988. Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maíz y sorgo. Monografía tecnológica No. 2. OEA-UNAM. México D.F. México.
- Jensen, A. 1987. *Dibujo y diseño de ingeniería*. Editorial McGraw Hill. México D.F.
- McCormick, E.J. 1979. Factores humanos en ingeniería y diseño. Editorial Gustavo Gili, S.A. P. 168. México D.F.
- Mijares, A. 1991. Procesador térmico de amaranto. Tesis profesional. UNAM, Facultad de Arquitectura (Diseño Industrial). México D.F. México.
- Oborne, D. J. 1990. *Ergonomía en acción*. Editorial Trillas. México D.F.
- Panero, J. 1984. *Dimensiones humanas en los espacios interiores*. Editorial Gustavo Gili, S.A. México D.F.
- Parrilla-Corzas, F. 1980. Resinas poliéster y plásticos reforzados. Publicación personal. México D.F.
- Pérez, R.; Rodríguez, J. y Durán-de-Bazúa, C. 1988. Procesamiento de maíz y sorgo por extrusión alcalina para producción de tortillas. Premio IMIQ a la Investigación. Puerto Vallarta, Jal., México.
- Rangel-Silva, M.; Vázquez-Carrillo, G. y Castañeda-Ortiz, L. 1991. Diseño de un sistema de máquinas para el procesamiento de la semilla de amaranto. En *Memorias del Primer Congreso Internacional del Amaranto*. P. 74. Chapingo, Méx. México.
- Rangel-Silva, M.; Sánchez-Tovar, S. A.; Calderón-Villagómez, H.E. y Durán-de-Bazúa, C. 1992. Procesamiento de amaranto y maíz para elaboración de alimentos tradicionales. Informe interno de trabajo. Facultad de Química, UNAM. 23 pags. México D.F. México.
- Salazar, C.L. y López, E.J. 1989. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Agroindustrias. Chapingo, México.
- Sánchez-Monroy, D. 1990. Antropometría para el diseño. División de Ciencias y Artes para el Diseño. Editorial Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. México D.F.

Sánchez-Tovar, S.A.; Calderón-Villagómez, H.E. y Durán-de-Bazúa, C. 1992. Determinación de la calidad molinera y reológica de harinas de maíz extrudidas alcalinamente. Presentado en XXII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. México D.F. México.

Soriano, J.S.; Brito de la F., E. y Tovar, L.R. 1987. Memorias del Coloquio Nacional del Amaranto. Pp. 233-41. México D.F.

Vázquez, G., Espitia, E. y Márquez, A.R. 1987. Memorias del Coloquio Nacional del Amaranto. Pp. 243-54. México D.F.

#### **EMPRESAS CONSULTADAS(para el cálculo)**

Enterprise S.A. Controles industriales. Departamento de Ingeniería. Calle Rodríguez Saro 422, Col. del Valle.

Hornos Industriales Maroco. Oficina de Ingeniería y Ventas. Calle de Canarias Num. 925, Col. Portales.

Vitro-Fibras. Vitroaislantes. Departamento de Ventas. Calle Acueducto de Guadalupe s/n. Ing. Romero.

## APÉNDICE I

### DATOS EXPERIMENTALES PRELIMINARES PARA VALIDACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN

Los equipos usados en el laboratorio para obtener la información necesaria sobre la eficiencia del reventador experimental fueron los siguientes:

Báscula granataria, báscula analítica de precisión, estufa.

Las ecuaciones usadas para determinar el contenido de humedad de las muestras de granos sin reventar "secos" y humidificados fueron las siguientes (Salazar y López, 1989):

$$A = \frac{(100 - X1)}{(100 - X2)} \times S1 - S1$$

donde:

A = Cantidad de agua que debe agregarse al grano, mL

S1 = Cantidad de semilla por acondicionar, g

X1 = Humedad inicial (x %)

X2 = Humedad final (14%)

Ejemplo:

Para 20 g de grano de amaranto con 8.7% de humedad inicial se requiere de 1.23 mL de agua para obtener grano humidificado al 14% de humedad final:

$$A = \frac{(100 - 8.7)}{(100 - 14)} \times 20 - 20 = 1.23 \text{ mL}$$

Para los experimentos se tomaron dos lotes (1 y 2). En las Tablas A-1, A-2 y A-3 se presentan los resultados de estos experimentos.

La primera muestra la cantidad de agua adicionada a cada muestra de grano para que alcanzara 14% de humedad final y en las otras dos puede verse el volumen final alcanzado por las 30 muestras de cada lote de 20g cada muestra, así como la cantidad de grano que no reventó. La temperatura de reventado

óptima fue de 220°C (se probaron 150, 180, 220, 230, 240).

La eficiencia de reventado, como puede verse, es superior a cualquiera de los experimentos realizados previamente por otros investigadores.

El % de humedad final más baja que tuvieron los granos reventados fue de 2.26 y 2.10 para los dos lotes, respectivamente y la más alta fue de 3.63 y 3.43, respectivamente.

Esto es muy positivo ya que el producto final puede tener una vida de anaquel muy larga ya que a este contenido de humedad no proliferan microorganismos que puedan dañar el producto.

Tabla 1. MUESTRAS DE 20g DE SEMILLA LLEVADAS AL 14% de HUMEDAD

Muestra	Humedad inicial %	Agua adicionada mL	Muestra	Humedad inicial %	Agua adicionada mL
1	8.51	0.28	31	8.43	1.30
2	8.52	1.13	32	8.40	1.30
3	8.42	1.13	33	8.45	1.30
4	8.51	1.13	34	8.37	1.30
5	8.49	1.13	35	8.08	1.40
6	8.34	1.13	36	8.16	1.40
7	8.51	1.13	37	8.07	1.40
8	8.47	1.13	38	8.22	1.30
9	8.59	1.13	39	8.26	1.30
10	8.56	1.13	40	8.07	1.40
11	8.60	1.13	41	8.02	1.40
12	7.87	1.13	42	7.90	1.40
13	7.94	1.40	43	8.05	1.40
14	7.98	1.40	44	8.16	1.40
15	7.80	1.40	45	8.26	1.30
16	8.05	1.40	46	8.12	1.40
17	8.14	1.40	47	8.26	1.30
18	7.92	1.40	48	8.28	1.30
19	7.82	1.40	49	7.71	1.40
20	7.95	1.40	50	8.12	1.40
21	7.84	1.40	51	8.10	1.40
22	7.91	1.40	52	8.13	1.40
23	7.98	1.40	53	8.10	1.40
24	7.92	1.40	54	8.23	1.30
25	7.87	1.40	55	8.30	1.30
26	8.25	1.30	56	8.55	1.30
27	8.08	1.40	57	8.68	1.20
28	8.19	1.40	58	8.40	1.30
29	8.19	1.40	59	8.51	1.30
30	8.27	1.30	60	8.64	1.20

TABLA 2. MUESTRAS ACONDICIONADAS Y REVENTADAS DEL LOTE 1

Muestra	Volumen de grano seco acond.		Tiempo de reventado s	Grano total después del proceso		Grano reventado		Grano sin reventar		Eficiencia de reventado %
	mL	mL		Vol. mL	Peso g	Vol. mL	Peso g	Vol. mL	Peso g	
1	23	25	3.15	225	17.5	222	16.6	1.6	0.9	94
2	24	25	2.21	183	17.7	178	14.8	5.1	2.9	83
3	23	24	2.55	222	17.5	216	16.4	1.6	0.9	93
4	25	24	2.19	209	17.5	204	16.4	2.8	1.3	93
5	26	26	2.20	220	17.6	218	16.8	1.9	0.9	95
6	26	26	2.11	220	17.6	214	16.4	2.2	1.2	93
7	26	25	2.15	228	17.5	222	16.0	3.0	1.6	91
8	26	26	3.01	227	17.5	223	16.5	2.3	1.2	94
9	26	26	2.38	234	17.7	232	16.5	1.8	1.1	94
10	26	24	2.09	230	17.5	226	16.5	1.8	0.9	94
11	25	24	2.00	224	17.5	216	16.3	2.0	1.2	93
12	25	24	2.43	202	17.0	196	16.4	1.3	0.6	96
13	26	24.5	2.21	132	17.7	122	10.8	10.8	5.5	61
14	26	24.5	2.55	216	17.3	210	16.5	2.6	1.5	93
15	26.5	24	2.30	198	17.0	194	15.8	2.7	1.2	92
16	26	24	2.27	214	17.2	208	16.0	2.9	1.4	92
17	26	24	2.39	212	17.2	216	16.2	2.8	1.4	93
18	26	24	2.32	220	17.5	206	16.2	2.3	1.1	92
19	26.5	25	2.51	212	17.6	128	11.5	2.2	1.2	92
20	26.5	25	2.40	136	17.7	196	16.2	9.8	6.0	64
21	27	25	2.44	204	17.5	212	16.5	2.4	1.3	92
22	27	25	2.39	216	17.4	210	16.6	2.3	1.1	94
23	26.5	25	2.32	208	17.5	218	16.4	2.8	1.4	93
24	26.5	25	2.35	222	17.5	210	16.6	2.3	1.2	93
25	27	25	2.40	216	17.5	210	16.6	2.0	1.1	93
26	26.5	24.5	2.43	220	17.6	214	16.6	2.2	1.1	94
27	26	24	2.17	170	17.3	162	14.0	6.1	3.3	80
28	26	24	2.49	206	17.2	204	16.0	2.6	1.1	92
29	26.5	25	2.47	220	17.2	216	16.4	2.0	1.1	95
30	26.5	25	2.37	205	17.4	204	16.3	2.6	1.0	93

Peso original de cada muestra de grano sin acondicionar ni reventar: 20 g

TABLA 3 MUESTRAS ACONDICIONADAS Y REVENTADAS DEL LOTE 2

Muestra	Volumen de grano seco acond.		Tiempo de reventado s	Grano total después del proceso		Grano reventado		Grano sin reventar		Eficiencia de reventado %
	mL	mL		Vol. mL	Peso g	Vol. mL	Peso g	Vol. mL	Peso g	
1	23	25	3.15	225	17.5	222	16.6	16.6	2.9	94
2	24	25	2.21	183	17.7	178	14.8	14.8	2.8	83
3	23	24	2.55	222	17.5	216	16.4	16.7	3.1	95
4	25	24	2.19	209	17.5	204	16.4	16.4	1.3	93
5	26	26	2.20	220	17.6	218	16.8	16.4	2.2	93
6	26	26	2.11	220	17.6	214	16.4	16.4	1.9	93
7	26	25	2.15	228	17.5	222	16.0	16.0	2.1	91
8	26	26	3.01	227	17.5	223	16.5	16.5	2.1	94
9	26	26	2.38	234	17.7	232	16.5	16.7	2.3	94
10	26	24	2.09	230	17.5	226	16.5	16.5	1.4	94
11	25	24	2.00	224	17.5	216	16.3	16.3	1.2	93
12	25	24	2.43	202	17.0	196	16.4	16.4	2.0	96
13	26	24.5	2.21	132	17.7	122	10.8	10.8	2.0	61
14	26	24.5	2.55	216	17.3	210	16.1	16.1	1.4	93
15	26.5	24	2.30	198	17.0	194	15.8	15.8	1.7	92
16	26	24	2.27	214	17.2	194	15.8	15.8	1.2	91
17	26	24	2.39	212	17.2	208	16.0	16.0	1.8	93
18	26	24	2.32	220	17.5	216	16.2	16.2	2.3	93
19	26.5	25	2.51	212	17.6	206	16.2	16.2	3.5	92
20	26.5	25	2.40	136	17.7	128	11.5	11.5	1.4	72
21	27	25	2.44	204	17.5	196	16.2	16.2	1.7	64
22	27	25	2.39	216	17.4	212	16.5	16.3	1.7	92
23	26.5	25	2.32	208	17.5	210	16.6	16.0	1.8	93
24	26.5	25	2.35	222	17.5	218	16.4	16.4	2.2	91
25	27	25	2.40	216	17.5	210	16.6	16.6	2.4	93
26	26.5	24.5	2.43	220	17.6	214	16.6	16.6	1.4	94
27	26	24	2.17	170	17.3	162	14.0	14.0	2.3	93
28	26	24	2.49	206	17.2	204	16.0	16.0	1.6	93
29	26.5	25	2.47	220	17.2	216	16.4	16.4	1.9	95
30	26.5	25	2.37	205	17.4	204	16.3	16.3	1.8	93

Peso original de cada muestra de grano sin acondicionar ni reventar: 20 g

## ANEXO I

### CUADRO 1. PROCESO ARTESANAL

Foto Núm.	Operación unitaria	Manejo	Herramientas utilizadas
1	Cosecha	Manual	
2, 3, 4, 5, 6, 7,	Trillado	Manual	- trilla con garrote - trilla con animal de carga - trilla con tractor
8, 9, 10	Limpieza	Manual	criba, zaranda tina y ventilador
11	Almacenamiento	Manual	
12, 13	Reventado	Manual	comal y escobilla
14, 15, 16	Cribado de semilla no reventado	Manual	criba
17	Fundido del caramelo	Manual	cazuela
18, 19	Mezclado del caramelo y semilla reventada	Manual	recipiente y cuchara
20, 21	Moldeado y cortado	Manual	bastidor y rodillo
22, 23	Empacado	Manual	

### CUADRO 2. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DEL PROCESO ARTESANAL

OPERACIÓN	MANEJO, HERRAMIENTA	PESO, kg	TIEMPO
LIMPIEZA	MANUAL CRIBA	50	1 h
	" " VENTILADOR	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE CONDICIONAMIENTO	MANUAL	50	10 min
ACONDICIONAMIENTO	MANUAL TINA	50	17 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE REVENTADO	MANUAL	50	10 min
REVENTADO	MANUAL COMAL	50	1.30 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE CERNIDO	MANUAL	50	10 min
CERNIR	MANUAL CRIBA	50	1 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE PREPARACIÓN	MANUAL	35	10 min
MEZCLAR CON MIEL	MANUAL RECIPIENTE	35	30 min
TRANSPORTE A AL ZONA DE PRENSADO	MANUAL	35	5 min
PRENSAR	MANUAL RODILLO	35	1.30 h
TRANSPORTE A LA ZONA DE EMPACADO	MANUAL	35	5 min
EMPACADO	MANUAL	35	1.30 h
TRANSPORTE AL ALMACEN	MANUAL	35	10 min
<b>TIEMPO REAL EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO</b>			<b>19 h</b>

**NOTA:** SIN CONSIDERAR LA COSECHA QUE TARDA UN TIEMPO DE 6 MESES Y LA TRILLA QUE TARDA MANUALMENTE 1 DIA Y CON MÁQUINA TRILLADORA 1 h

LOS 15 kg RESTANTES DE SEMILLA QUEMADA SE UTILIZAN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA

## **ANEXO I**

# **FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO ARTESANAL**



Foto No.1. Campo de amaranto



Foto No. 2. Agricultor cortando las espigas



Foto No. 3. Agricultores cortando y encostalando las espigas



Foto No.4. Máquina trilladora en el campo de amaranto



Foto No.5. Máquina trilladora con los operarios



Foto No. 6. Máquina acabando de trillar el campo de amaranto



Foto No. 7. Mirando frente la máquina trilladora

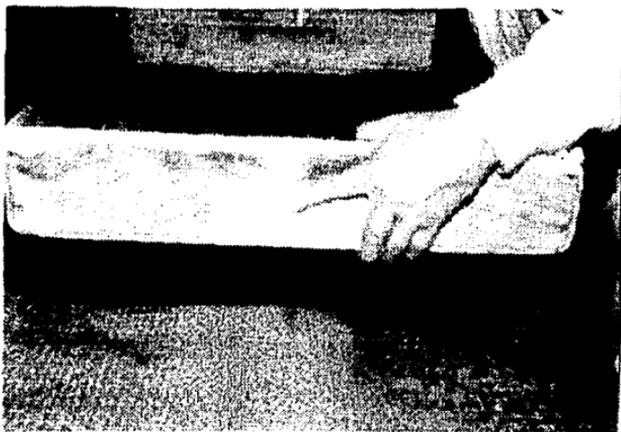


Foto No. 8. El agricultor limpiando la semilla de amaranto por medio de un tamiz



Foto No. 9. El agricultor limpiando la semilla de amaranto por medio de un ventilador



Foto No. 10. Muestra la lina donde va cayendo la semilla de amaranto después de ser limpiada por medio de un ventilador

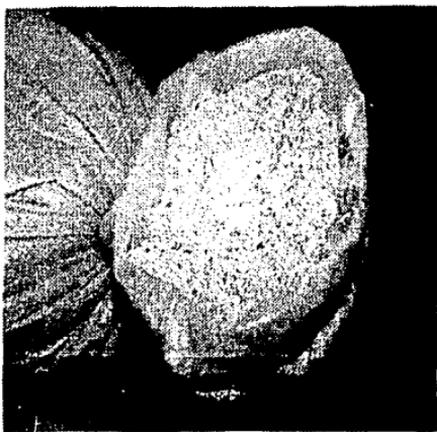


Foto No. 11. Muestra los costales donde se guarda la semilla de amaranto



Foto No. 12. Muestra el comal y el tamiz

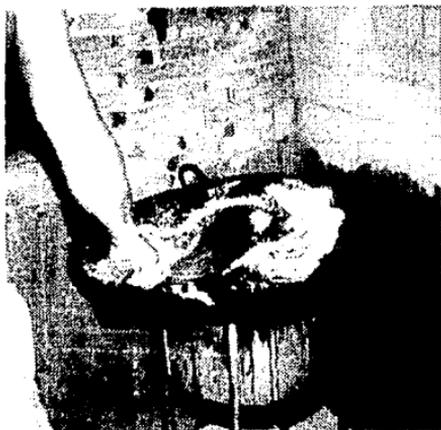


Foto No. 13. Muestra como se esta reventado la semilla de amaranto en el comal



Foto No. 14. Muestra como se va llenando de semilla reventada el tamiz para luego ser tamizada.



Foto No. 15. Muestra la señora tamizando la semilla reventada de la que se quemó en el comal.



Foto No. 16. Muestra la tina con la semilla reventada, sartén y el tamiz.



Foto No. 17. Muestra la olla donde es preparada la miel a base de piloncillo.

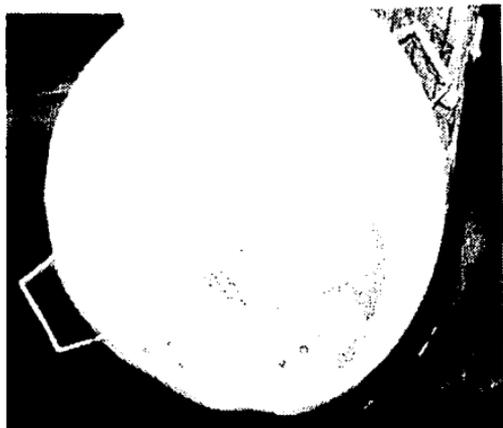


Foto No. 18. Muestra la fina de plástico con semilla reventada y la miel



Foto No. 19. Muestra como se mezcla la semilla reventada con la miel



Foto No. 20. Muestra el molde (arillo de metal), rodillo de madera y la masa.



Foto No. 21. Muestra como se moldean las palanquetas por medio de un prensado en moldes.



Foto No. 22. Muestra como se empacan las palanquetas en bolsas de plástico.

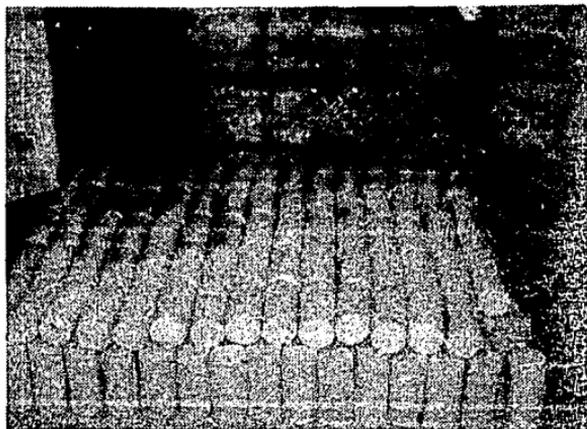


Foto No. 23. Muestra como se acomodan las palanquetas en la bodega.

## ANEXO II

**CUADRO 3. FÁBRICA DE AMATUL ,TULYEHUALCO, D.F.**

Foto Num.	Descripción
1	Muestra la bodega y la báscula. La bodega tiene una capacidad de 300 toneladas, ocupa un espacio de 5m x 5m y la báscula ocupa un espacio de 1.5m x 1.5m.
2	Muestra la máquina reventadora que ocupa un espacio de 2m x 4m, su altura es de 3m, cuya función es reventar la semilla de amaranto al contacto con una plancha metálica que es calentada por quemadores de gas.
3	Muestra la vista lateral posterior de la máquina viendo el motor y la polea, el mecanismo de vaivén y el ventilador que separa la semilla reventada.
4	Muestra la plancha metálica de reventado y los quemadores.
5	Muestra la plancha metálica de reventado y los quemadores.
6	Muestra como va cayendo la semilla cruda y luego va reventando.
7	Muestra la criba de 2m x 3m x 5m , cuya función es separar la semilla reventada de la quemada.
8	Muestra el molino que ocupa un espacio de 1.5m x 1.5m x 1.5m . La semilla que no revienta quemada va a la molienda para hacer harina.
9	Muestra la hornilla junto con el tanque de gas que ocupa un espacio de 2m x 5m , también se ve la olla donde se prepara el jarabe para la elaboración de la palanqueta de alegría.
10	Muestra el espacio de la mesa ( 2m x 3m x 0.90m ) que es el lugar donde se realiza el pesado del cereal reventado para luego ser vendido en bolsas de 1/4, 1/2, 1 kg, etc.
11	Muestra el lugar donde se lleva a cabo la envoltura , que se realiza en una de 2m x 3m x 0.90m .

## **ANEXO II**

# **FOTOGRAFÍAS DE LA FÁBRICA DE AMATUL**



Foto No. 1. Muestra la bodega y la báscula.



Foto No. 2. Muestra la máquina reventadora.



Foto No.3. Muestra la máquina apreciando los quemadores



Foto No. 4. Muestra la máquina apreciando el motor y la polea, el mecanismo de vaivén y el ventilador que separa la semilla reventada.



Foto No. 5. Muestra la plancha metálica de reventado y los quemadores.

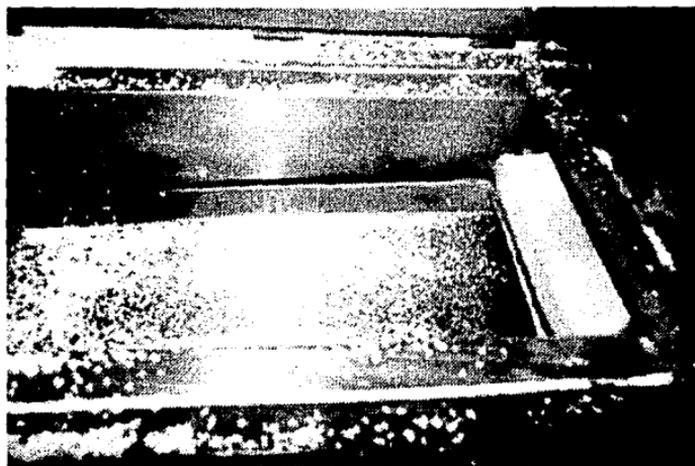


Foto No. 6. Muestra como va cayendo la semilla cruda y luego va reventando.

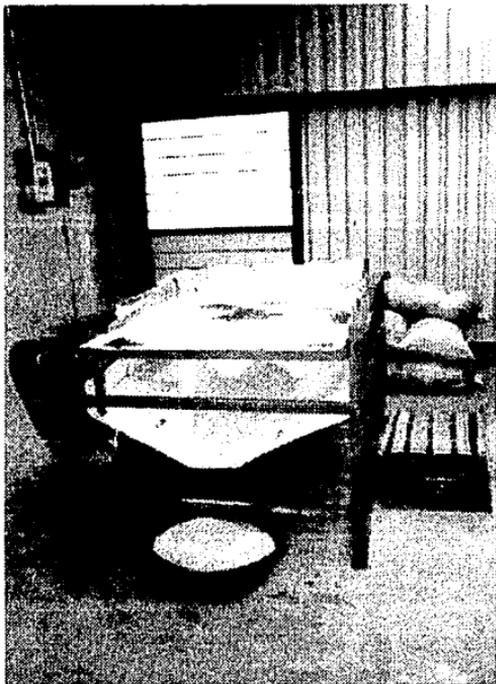


Foto No. 7. Muestra la criba.



Foto No. 8. Muestra el molino.

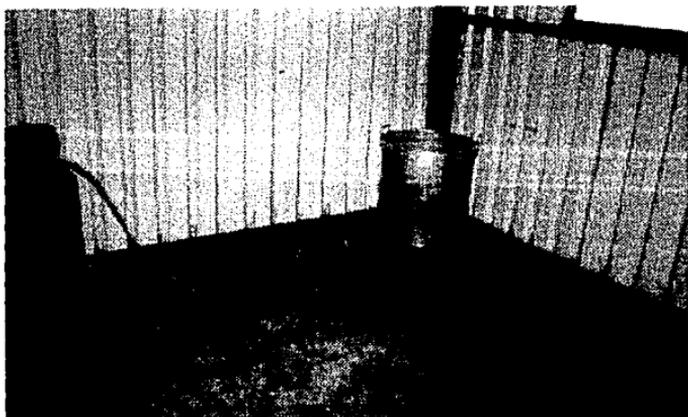


Foto No. 9. Muestra la hornilla y la olla donde se prepara la miel.



Foto No. 10. Muestra el espacio donde se realiza el pesado del cereal.



Foto No. 11. Muestra el lugar donde se lleva a acabo la envollura.

### ANEXO III

**CUADRO 5. DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE UNA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA"), TULYEHUALCO, D.F.**

Foto Num.	Descripción
1	Muestra cómo se hace la limpieza con bolsas, cuya función es quitar la tierra; esta zona ocupa un espacio de 4m x 5m
2	Muestra cómo la semilla es pasada por una malla; en la parte de atrás hay ventilador cuya función es separar las impurezas ligeras de la semilla; esta zona ocupa un espacio de 4m x 5m
3	Muestra cómo la semilla es reventada en el comal de barro, es removida continuamente con una escobilla de paja extendida dando por terminada la operación cuando la semilla ha tomado un color blanquecino y ha dejado de "tronar"; la zona ocupa un espacio de 8m x 9.7m
4	Muestra como es cernida la semilla reventada para separarla de la que no reventó (quemada)
5	Muestra cómo están trabajando las operarias. En el tamizado o cernido son cuatro personas que desarrollan esta operación y ocupan un espacio de 5m x 10m
6	Muestra las hornillas con quemador de gas, donde en un recipiente es preparado el jarabe para la elaboración de palanqueta de alegría; ocupa un espacio de 1m x 8m
7	Muestra cómo es revuelta la semilla reventada con el jarabe; esta mezcla se realiza sobre un metate, se revuelve hasta que toma consistencia para luego elaborar la palanqueta esta operación se realiza en un espacio de 2m x 3m
8	Muestra cómo se hace el prensado en arillos de forma de corazón, sobre una tabla se lleva a cabo esta operación con las manos se comprime y el excedente se quita con un cuchillo para quedar al ras del molde
9	Muestra ya desmoldadas las palanquetas en una tabla. En otra tabla se ve como un operario va colocando las nueces, pasitas adentro del molde antes de agregarle la masa y el comprimido de la misma. Esta operación se realiza en un espacio de 2m x 3m
10	Muestra como se va realizando la envoltura y el etiquetado sobre una mesa de 2m x 3m x 0.90m

## **ANEXO III**

# **FOTOGRAFÍAS DE LA FÁBRICA INDEPENDIENTE ("LA OLIVARERA")**



Foto No. 1. Muestra cómo se hace la limpieza en bolsas.



Foto No. 2. Muestra cómo se hace la limpieza con ventil



Foto No. 3. Muestra cómo la semilla es reventada en comal de barro.



Foto No. 4. Muestra cómo es cernida la semilla reventada para separar la semilla quemada.



Foto No. 5. Muestra cómo están trabajando las operarias en el tamizado.



Foto No. 6. Muestra las hornillas con el quemador de gas.



Foto No. 7. Muestra cómo es revuelta la semilla reventada con jarabe.



Foto No. 8. Muestra cómo se hace el prensado en los arillos (molde).



Foto No. 9. Muestra ya desmoldadas las palanquetas en una tabla.

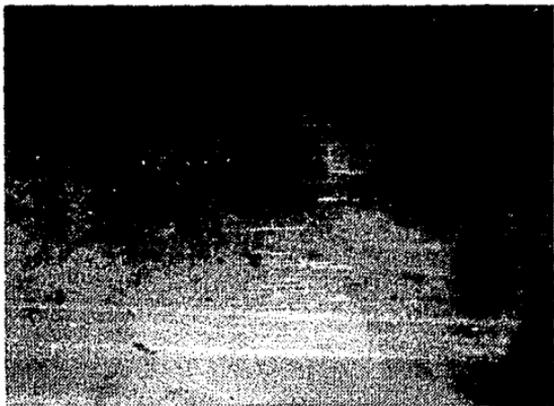


Foto No. 10. Muestra cómo se va realizando la envoltura y el etiquetado.

## GLOSARIO

***Alegría.*** Sentimiento de regocijo y satisfacción. Dulce típico de México hecho a base de miel y semilla de amaranto

***Asperjar.*** Rociar

***Bledo.*** Planta salsolácea anual, de tallos rastreros, hojas triangulares, flores en racimos axilares; cocida es comestible. Cosa insignificante

***Endospermo.*** Tejido nutritivo de las semillas

***Gasto másico.*** Flujo de material en masa por unidad de tiempo

***Lecho fluidificado.*** Material sólido suspendido por medio de una corriente de aire

***Nixtamalización.*** En México, maíz que se ablanda con agua de cal y con el que se hacen las tortillas, luego de molido

***Pericarpio.*** Parte exterior del fruto, que cubre las semillas de las plantas.