

## SECADERO SEMI-INDUSTRIAL PARA FRUTAS Y HORTALIZAS: INFORME PRELIMINAR

Fabris, A.; García, M.; Estol, R. y Roberti, A.  
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales  
Avda. Mitre 3100, 1663 San Miguel, Buenos Aires

y  
Jacand, A.; Marsili, R. y Lanzelotti, J.  
Universidad Nacional de Lujan, C.C. 221, 6700 Lujan, Buenos Aires

### Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un prototipo de secadero semi-industrial para frutas y hortalizas que utiliza la energía solar como fuente de energía y que está siendo construido con fines experimentales. El secadero consiste de un colector plano de aire en film plástico (PVC) autosustentado por la presión que genera el ventilador de circulación y una cámara de secado en la que el aire es forzado a través de las bandejas que contienen el producto a secar. El sistema está diseñado de tal forma que permite la recirculación de una gran parte del aire de secado a través del colector.

Se determinaron las variedades frutales a ser utilizadas en las experiencias de acuerdo a su disponibilidad y adaptabilidad al secado.

Se describen las instalaciones de pre y post procesamiento a ser utilizadas.

## SEMI-INDUSTRIAL FRUIT AND VEGETABLE DRYER: PRELIMINARY REPORT

### Abstract

In this paper the design of a semi-industrial fruit and vegetable dryer working on solar energy is presented, A prototype of which is being built for experimental purposes. The drying system consists of an air collector of plastic sheet (PVC), self-supported by the pressure generated by the circulation fan and of a drying chamber in which the air is forced to move through the trays holding the product to be dried. The system is designed in a way that allows the recirculation of most of the air through the collector.

The kinds of fruit to be used in this project were chosen according to their availability and suitability for drying.

The pre- and post-processing facilities to be used are described.

## 1 - INTRODUCCION

La reciente crisis energética mundial a reactivado fuertemente las investigaciones conducentes a reemplazar el consumo de combustibles fósiles tradicionales. Desde el punto de vista de la energía para procesos que se realizan a temperaturas menores que 80°C (lavado, secado, etc.), la energía solar podría suplantar el uso de otros tipos de combustibles en un plazo no muy largo. Si bien este reemplazo es técnicamente posible, resta aún mucho que hacer en el desarrollo de materiales, componentes y sistemas que hagan este tipo de utilización de la energía solar económicamente viable.

Dentro de los posibles usos de la energía solar a corto plazo, figura el de calentamiento de aire para el secado de productos agrícolas.

Se han realizado numerosos estudios de pequeños secaderos solares familiares que han demostrado la posibilidad de secar ciertos productos agrícolas aún en condiciones climáticas consideradas normalmente como no aptas para el secado al aire libre (secaderos tipo invernáculo, con ó sin calentador de aire adosado.) (1), (2), (3).

Para realizar el proceso en mayor escala, se han estudiado teórica y experimentalmente distintos tipos de calentadores de aire solares (4), (5), (6). Los distintos tipos de calentadores surgen como consecuencia de las condiciones en las que cada producto debe secarse. Fundamentalmente la temperatura a la cual se lleva a cabo el proceso.

Existe también experiencia en calentadores de aire en plástico inflable diseñados para ser usados en secado de granos. (8), (9)

En el campo de los sistemas de secado a escala industrial las experiencias realizadas son de más reciente data pero arrojan resultados bastante alentadores. (10), (11), (12).

En la investigación que describe éste informe preliminar, nos hemos propuesto el diseño, construcción y ensayo de un prototipo semi-industrial de secadero de frutas y hortalizas con el objeto de estudiar el uso de la energía solar en éste tipo de dispositivos. Llamamos al secadero semi-industrial, porque la capacidad de producción prevista para el mismo (1 Tn de fruta seca por temporada) no alcanza a ser significativa a nivel industrial. Sin embargo el sistema tiene las características operativas propias de un secadero industrial, y la experiencia obtenida en éste prototipo es extrapolable a secaderos de mayor capacidad. Sin embargo debe notarse que la capacidad del secadero es bastante mayor que la esperable para una unidad de tipo familiar.

Como marco de referencia se ha tomado la pampa húmeda y sus adyacencias. Sin embargo los resultados no serán restrictivos en el sentido de que ellos podrán ser extrapolados a otras zonas climáticas, ya que uno de los objetivos de éste proyecto es ganar experiencia en la obtención de modelos de los componentes y del sistema en su conjunto.

Uno de los criterios básicos que guía este trabajo es el de tratar de utilizar materiales y técnicas que estén actualmente al alcance de los posibles usuarios.

La ejecución del proyecto puede dividirse en cinco etapas:

- 1 - Diseño, construcción y ensayo de colectores de aire de bajo costo (construidos en material plástico).
- 2 - Diseño, construcción y ensayo de los demás componentes del sistema.
- 3 - Ensayo en condiciones reales.
- 4 - Elaboración y ajuste de modelos.

## 5 - Análisis y evaluación.

Se estima como fecha de finalización del proyecto el 6/81. A la fecha, se ha completado la construcción de un colector en plástico de una superficie de 50 m<sup>2</sup> aprox.. Se ha diseñado una cámara de secado con sus elementos accesorios. Para más detalles ver los puntos que siguen en el presente informe.

Se han comprado los sensores y el sistema de adquisición de datos y control que será utilizado en esta experiencia.

Si bien no es el objeto estudiar los procesos de pre y post-procesamiento, se ha debido diseñar una instalación de procesamiento pues no se cuenta con una en la zona donde se realizarán las experiencias.

## 2 - DESCRIPCIÓN DEL SECADERO

La figura 1 nos muestra un esquema del mismo con sus componentes. Está compuesto por una cámara de secado, un calentador solar de aire, un calentador auxiliar convencional, ventilador, conductos de conexión, compuertas y controles. En la tabla 1 se resumen las principales características del sistema.

Si bien por el momento se ha previsto un lugar para el calentador de aire convencional para conferirle cierta flexibilidad experimental al sistema, no se piensa por el momento utilizarlo.

No se ha previsto la inclusión de ningún elemento que oficie de acumulador o recuperador de calor.

En la etapa de ensayo en condiciones reales se podrán utilizar dos modos de funcionamiento. Uno completamente solar y otro solar ó convencional.

En el modo solar, el aire de recirculación ingresa al colector calentándose. Retorna al secadero, pasa a través del material a secar y luego de una renovación parcial, el aire vuelve al colector nuevamente. El porcentaje de renovación podrá ser controlado por la humedad relativa en el extremo húmedo del secadero.

En el modo solar ó convencional, el aire de recirculación pasa a través del calentador solar ó del calentador convencional de acuerdo a la disponibilidad de radiación. Un control apropiado posicionará las compuertas según corresponda y pondrá en funcionamiento el calefactor auxiliar.

## 3 - COLECTORES

Se ha decidido trabajar con calentadores solares contruidos en film plástico debido a que éstos ofrecen buenas perspectivas en lo que a su costo se refiere. En la figura 2 pueden verse las dimensiones y geometría de un colector que ha sido construido. Las figuras 3 a 7 muestran fotografías de éste colector con algunos de los detalles de colocación de la aislación.

Este colector tiene una forma de "U" con el fin de utilizarlo como conducto de retorno en el esquema de recirculación propuesto. Está construido con 4 capas superpuestas de material plástico (Cloruro de Poli-Vinilo) de 300 micrones de espesor las translúcidas y 200 micrones las negras. Entre las dos capas negras inferiores se coloca la aislación a través de aberturas laterales con cierres. La aislación es de poliestireno expandido y su espesor es de 40 mm. La capa de plástico negro que se encuentra por encima de la aislación sirve de superficie absorbente de la radiación solar. Por encima de esta lámina se encuentra la zona de circulación del aire. Por sobre ésta lámina, hay una zona estanca de aire encerrada entre dos láminas de P.V.C. translúcidas, co-

locada con el objeto de disminuir las pérdidas térmicas del colector.

#### 4 - CAMARA DE SECADO

Las figuras 8 y 9 muestran la cámara de secado diseñada. Se trata de una cámara que permite la circulación del aire de secado a través de las bandejas que contienen el producto a secar. Están previstas las salidas de aire de y hacia el colector. Las persianas permiten la regulación del caudal de aire de renovación. Será construida en chapa de hierro galvanizado y se aislará con espuma de poliuretano.

Podrá cargar 300 Kg de fruta fresca distribuidos en 26 bandejas de  $1 \times 1 \text{ m}^2$  a una densidad de carga de  $12 \text{ Kg/m}^2$ , aproximadamente. Las bandejas están colocadas en 2 columnas de 13 bandejas c/u. La distancia media entre bandejas es de aproximadamente 10 cm.

#### 5 - CONTROLES

Durante el ensayo se podrán utilizar 2 modos de funcionamiento tal como se mencionara en el pto. 2 de este informe.

En el modo solar solamente, servirá como único elemento de control un sensor de temperatura que medirá la temperatura del plástico que sirve como elemento captador del colector. Cuando ésta temperatura sobrepase un valor determinado ( $60^\circ\text{C}$  p.ej.) se pondrá en marcha el motor del sistema, cuando disminuya por debajo de otro valor, también determinado ( $40^\circ\text{C}$  p.ej.) el motor se apagará.

Se prevee utilizar un control de humedad que mantenga a ésta en un valor determinado a la salida del secadero, variando el porcentaje de ingreso de aire fresco.

#### 6 - ASPECTOS AGRONOMICOS

Teniendo en cuenta la experiencia recogida en las campañas de secado realizadas en la Universidad Nacional de Luján se diagramó una serie de cultivares productores de frutas que cumplieran con los siguientes requisitos: (14)

- Aptitud aceptable para soportar el secado y su posible colocación en el mercado.
- Producción no inferior a los 1000 Kg en la zona cercana a la U.N.Lu, de cultivares perfectamente identificados y de maduración escalonada para evitar la superposición durante la campaña de secado.
- Buen comportamiento agronómico en época de floración, seguridad de cosecha, sanidad y longevidad de la especie frutícola.

Dos especies frutales reúnen éstas condiciones. Las ciruelas y los duraznos. Dentro de las ciruelas, los cultivares Agen, Ponds Seedling y Presidente. Dentro de los duraznos, los cultivares Temprano de Mercedes, Redhaven, Loadel, Limón Marelli, Vesubio y Vivian. (15)

Se experimentará también la posibilidad de secar frutas muy tempranas producidas en grandes cantidades y a bajo costo en la zona como los duraznos Maada 73 y June Gold. De esta forma se intentará buscar un paliativo para el productor en las épocas de bajos precios del mercado de frutos frescos. Estos casos deberán ser cuidadosamente analizados dada la dificultad, ya detectada, del tratamiento previo al secado y la utilización posterior del producto. (16)

Otros trabajos de interés para este proyecto se realizan en la Estación Experimental de Mercedes. Esta estación está adquiriendo y plantan-

do montes frutales compactos de variedades especialmente aptas para el secado.

#### 7 - PRE Y POST-PROCESAMIENTO

En la figura 10 se muestra un diagrama de la línea de pre-procesamiento en durazno que consta de 8 pasos. Comienza por la descarga del material en una mesa de madera. La clasificación se hará sobre una mesa de madera de 2 m de largo revestida en fórmica con una inclinación del 10 % para que el material se deslice.

Posteriormente se procede al lavado con agua fría en barriles de 200 litros, introduciendo el producto en canastas que luego servirán para transportarlo hasta donde se realiza el pelado. El agua caliente necesaria para el pelado podría llegar a calentarse solarmente. Luego de la etapa de pelado se retoca la fruta que no ha quedado bien pelada colocando la fruta debajo de una ducha y sacándole los restos de piel manualmente. Luego se coloca nuevamente la fruta en canastos y se procede al sulfitado para evitar su oscurecimiento. (16)

Finalmente la fruta es embandejada para colocarla en el secadero.

Finalizado el secado se desecha el material que no está en condiciones. Se descaroza manualmente y se envasa en bolsas de celofán.

Cuando se juzge necesario se realizarán análisis químicos y bromatológicos.

Aquí se ha descrito la línea de durazno por ser la que presenta mayor complejidad. En el caso de ciruela, sólo se realiza un lavado con hipoclorito de sodio para romper la capa de pruina. Luego se embandeja para secar.

#### AGRADECIMIENTO

Se agradece al Lic. Hugo Grossi Gallegos la colaboración prestada a este proyecto y al Sr. P. Saltz quien construyó el colector.

#### BIBLIOGRAFIA

1. A SURVEY OF SOLAR AGRICULTURAL DRYERS. Technical Report T-99. Brace Research Institute. Mc Gill University. Diciembre.1975.
2. Selcuk,K. "A Solar Cabinet Dryer" Solar Energy. Vol 10 N°4. (1966) pp 158-164
3. Jacand,A. et al "Informe del Progreso del Grupo de la U.N.Lu sobre secaderos de Frutas y Hortalizas" Actas de la 3ra Reunión de Trabajo de Energía Solar A.S.A.D.E.S. Mendoza 12-15 de Octubre de 1977 . pp 161-173.
4. Whillier,A. "Black Painted Solar Air Heaters of Conventional Design" Solar Energy. Vol 11 N°1 (1966) pp 21-27
5. Gupta,C.L.y Singh,S.P. "Performance Studies on Solar Air Heaters" Solar Energy Vol 11 N°1 (1967) pp 25-31
6. Niles,P.W. et al "Design and Performance of an Air Collector for Industrial Crop Dehydration" Solar Energy Vol 20 (1977) pp 19-23
7. Saravia,L.y Fabris,A. "Ensayo de un Calentador de Aire de Matriz Porosa" Idem referencia 3. pp 101-107

8. Catania, P. "Overview of Solar Crop Dryers in North America". Trabajo presentado en el 2do Congreso Latinoamericano de Energía Solar - Joao Pessoa - Paraíba - Brasil - 13 al 18 de Febrero . 1978.
9. Stork, A. "Survey of the Development of Solar Flat Plate Air Collectors in Germany" Abstract N°1140 Extended Abstract. Vol 2 International Solar Energy Society Congress. New Delhi. 16-21 de Enero 1978.
10. "Research on the Application of Solar Energy to Industrial Drying or Dehydration Processes" Final Report . 2nd Phase . California Polytechnic State University. San Luis Obispo. California 93407. U.S.A. Sept. 1978.
11. Carnegie, E.J. et al "Operation of an Industrial Solar Drying System" Int. Solar Energy Society Congress . May 28- June 1 . Atlanta. Georgia. U.S.A.
12. Saravia, L. et al "Secado Solar de Tabaco: Resultados Experimentales" 4ta Reunión de Trabajo de Energía Solar de la A.S.A.D.E.S. La Plata Julio 31 Agosto 3 . 1978. pp 83-98
13. Grossi Gallegos, H. "Sobre la Transmitancia del Cloruro de Polivinilo" Trabajo Presentado a la 5ta Reunión de Trabajo de Energía Solar . Córdoba Julio 1979 . A.S.A.D.E.S.
14. Jacand, A. et al "Experiencias en el Secado de Frutas y Hortalizas con Energía Solar" Idem 12. pp 111-122.
15. Jacand, A. et al "Algunos Resultados Obtenidos en Secaderos de Frutas y Hortalizas" Actas del Seminario sobre Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. San Miguel Octubre 1978.
16. Harry W. Von Loescke " DRYING AND DEHYDRATION OF FOODS " Reinhold Publishing Corporation - 1955.

CARACTERISTICAS DEL SECADERO:

Capacidad de Carga: 300 Kg de fruta fresca.

Agua evaporada : 255 Kg

Peso Final de la Carga: 45 Kg de fruta seca.

Tipo de Secadero: Batch.

Tiempo de Secado Aproximado: 3 días.

Temperatura máxima que soporta el producto: 65°C.

Período de Utilización del Secadero: Noviembre a Marzo (frutas)

Producción Estimada por Temporada: 1 Tn de fruta seca (100 días)

Potencia del Ventilador: 1/ H.P.

Promedio de Radiación Global Noviembre a Marzo: 5350 Kcal/m<sup>2</sup>.día

Superficie de Colección Estimada: 50 m<sup>2</sup>

TABLA I : CARACTERISTICAS GENERALES DEL SECADERO.

- ① CAMAPA DE SECADO
- ② CALENTADOR SOLAR DE AIRE
- ③ VENTILADOR CENTRIFUGO
- ④ CALENTADOR DE AIRE CONVENCIONAL
- ⑤ SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS
- ⑥ AIRE DE RENOVACION
- ⑦ SALIDA DE AIRE HUMEDO
- ⑧ SENSOR DE TEMPERATURA
- ⑨ COMPUERTAS SOLAR-CONVENCIONAL

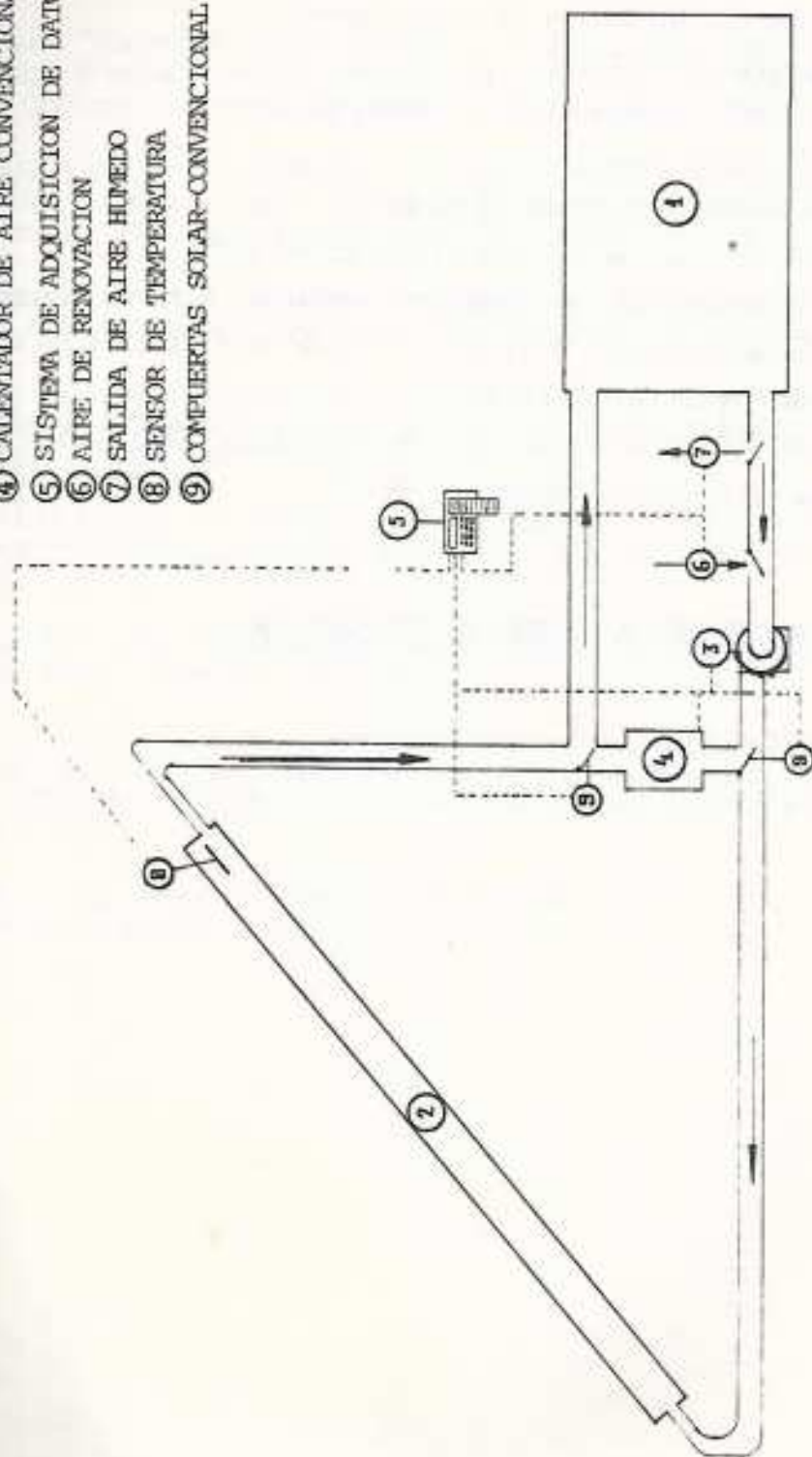


FIGURA 1 - ESQUEMA DEL SECADERO CON SUS COMPONENTES.



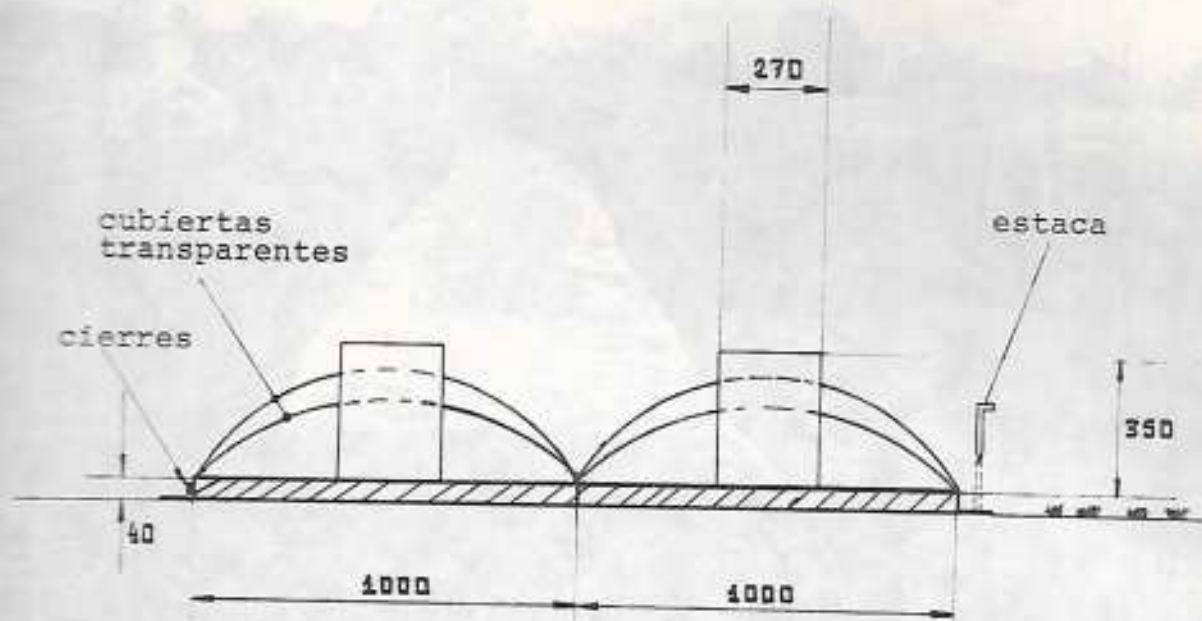


FIGURA 2a - CORTE DEL COLECTOR EN EL SENTIDO NORMAL AL FLUJO DE AIRE. MEDIDAS EN MILIMETROS.

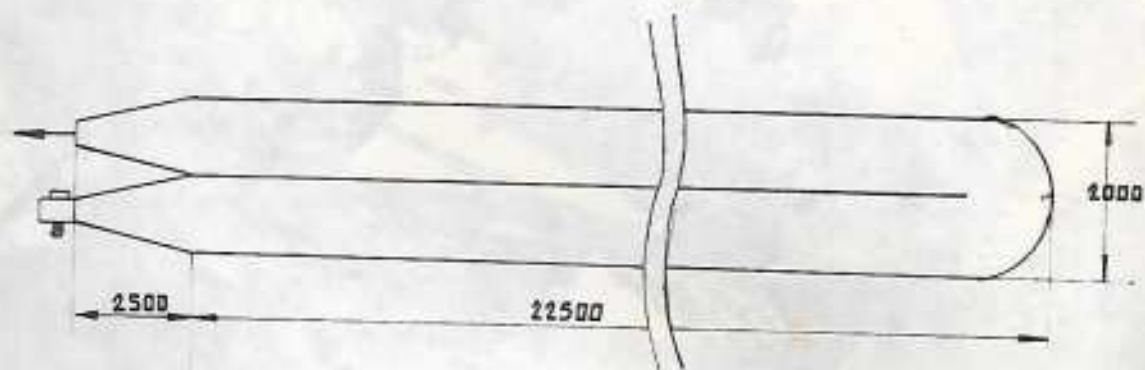
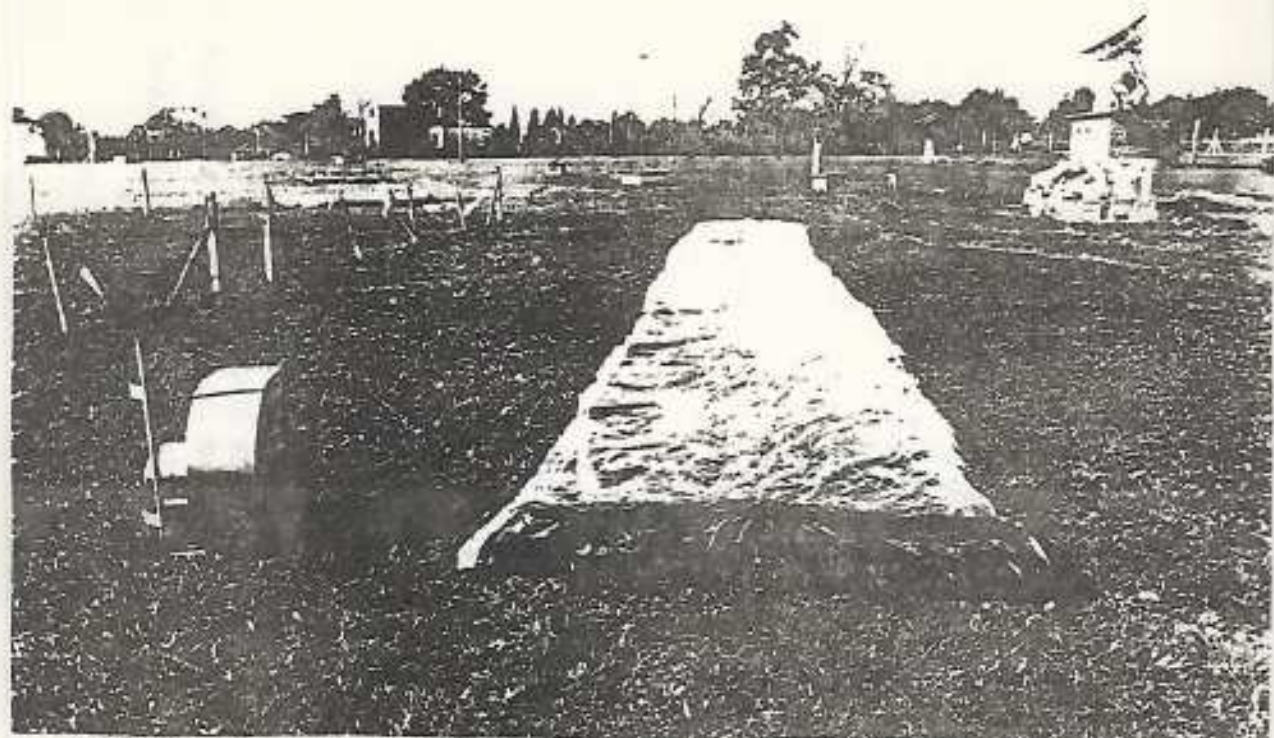


FIGURA 2b - PLANTA DEL COLECTOR. MEDIDAS EN MILIMETROS



**FIGURA 3 - MUESTRA EL COLECTOR MIENTRAS ES DESENRROLLADO. A LA IZQUIERDA SE VE EL VENTILADOR DEL COLECTOR.**



**FIGURA 4 - LAS PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO QUE SIRVEN DE AISLACION SON COLOCADAS A TRAVES DE LAS ABERTURAS LATERALES.**



FIGURA 5 - LAS PLANCHAS DE AISLACION SE DESLIZAN ENTRE LAS DOS CAPAS PLAS-  
INFERIORES A MODO DE ALMOHADA DENTRO DE SU FUNDA.



FIGURA 6 - SE CIERRAN LAS ABERTURAS LATERALES.



FIGURA 7 - UNA VEZ COLOCADAS LAS ESTACAS EL COLECTOR SE PONE EN FUNCIONAMIENTO.

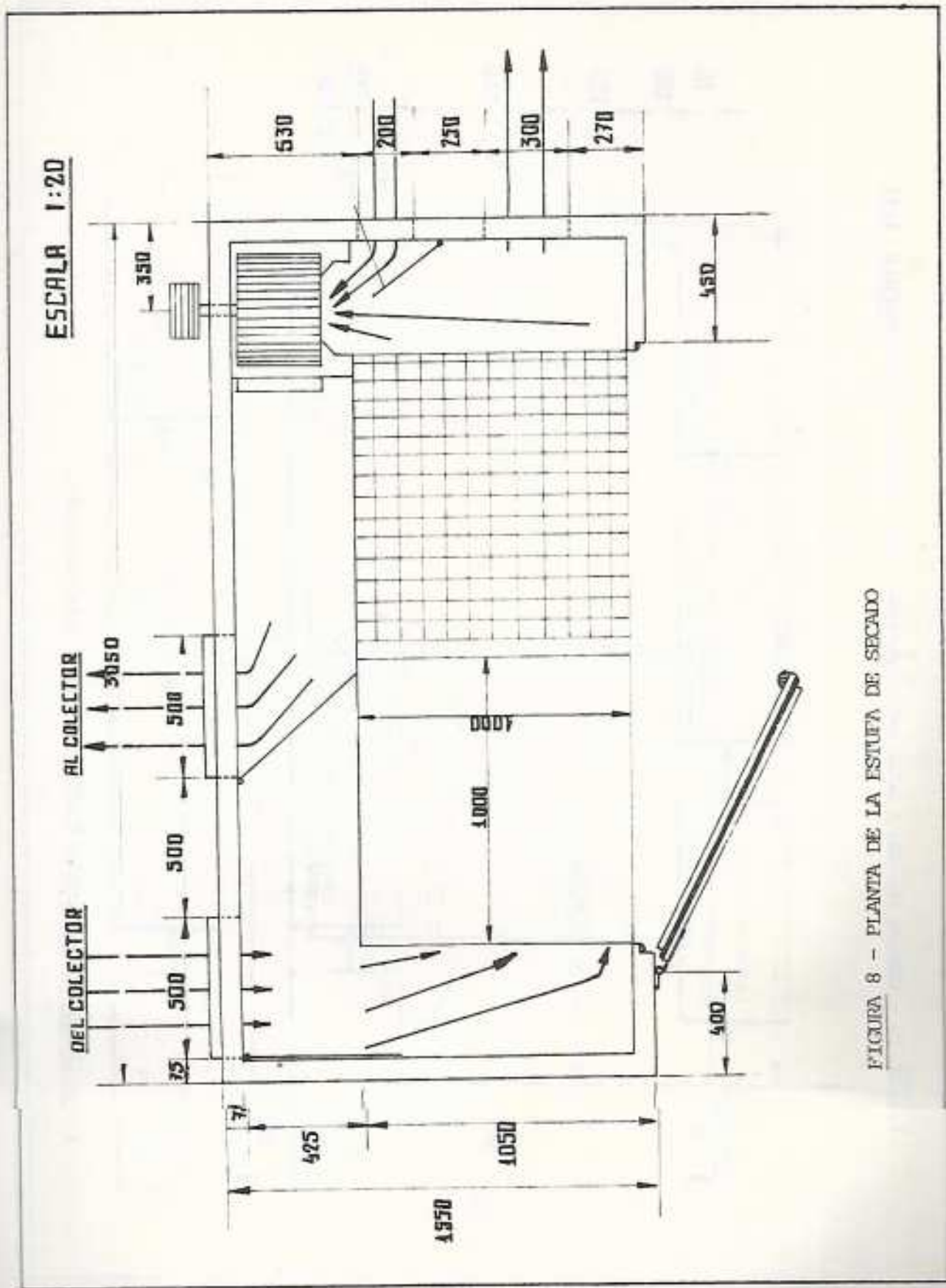


FIGURA 8 - PLANTA DE LA ESTUFA DE SECADO

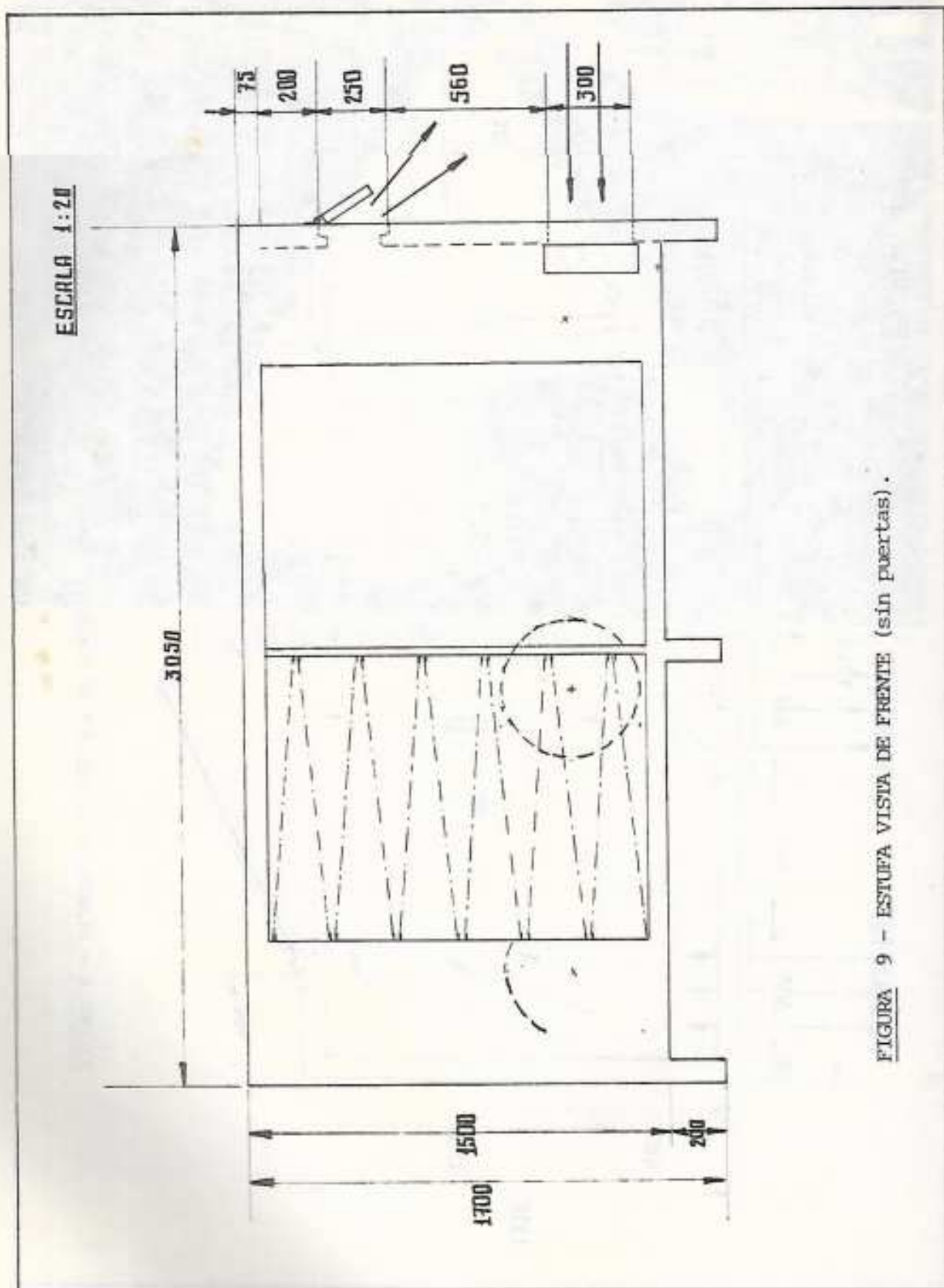
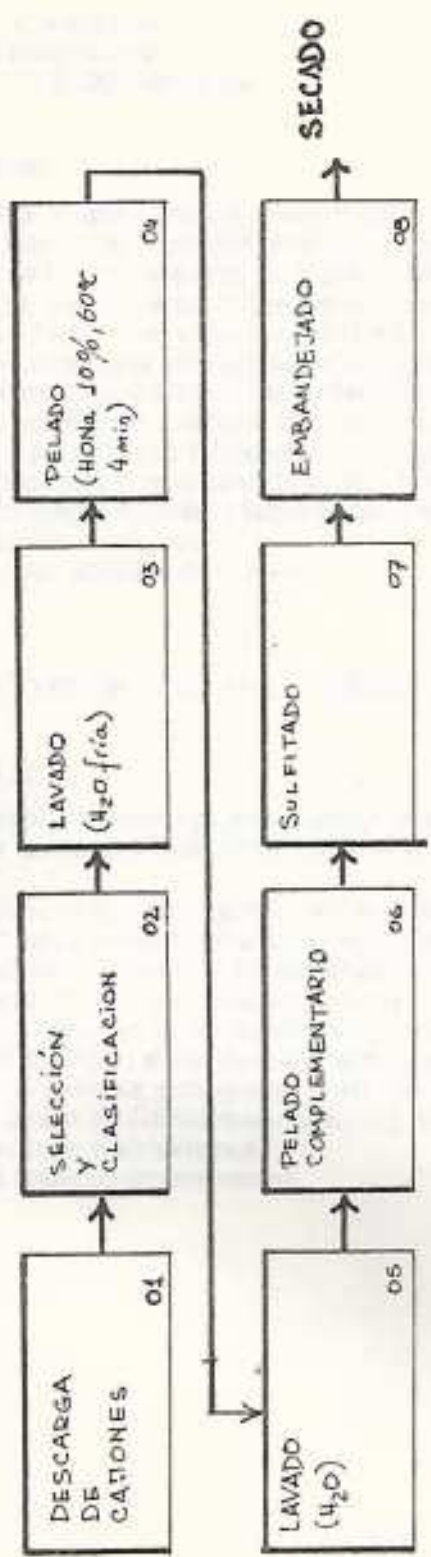


FIGURA 9 - ESTUFA VISTA DE FRENTE (sin puertas).

1 - PRESECCADO DE DURAZNO



2 - POSTSECCADO DE DURAZNO



FIGURA 10 - ETAPAS DE PRE Y POST PROCESAMIENTO PARA SECADO DE DURAZNOS.