

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR
PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE AGUAJE**
(Mauritia flexuosa)

TESIS

Para Obtener el Título de
INGENIERO AMBIENTAL

Autor

Bach. BRUNO FERNANDO MENDOZA WONG.

Asesor

Ing. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA.

MOYOBAMBA (PERU-2007)

Registro N°: 06060807

Moyobamba, Setiembre 2007.

A mis padres

Carlos y Doris

Agradecimientos

 *Gracias Dios, el Gran Arquitecto del Universo...*

A mis amados padres Carlos Mendez Villar y Doris Wong Arias

De manera especial al Ing. Santiago Alberto Casas Luna. Estimado asesor de Tesis. Gracias por su confianza y aquella paciencia al guiarme en esta enmienda.

A la Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ecología, Departamento Académico de Ciencias Ambientales. Querida Alma Mater, a ti y a todos los que en tu seno albergas, eternamente Agradecido.

A los miembros del Jurado integrado por los señores Ing. M.Sc. Manuel Ramírez Navarro: Presidente, Lic. Fabián Centurión Tapia: Secretario, Ing. Juan José Pinedo Canta: Miembro, por los aportes realizados en la revisión del presente documento

Humberto y Gineth, gracias hermanos míos por su fuerza y ejemplo.

Natalia, por tu comprensión y compañía, gracias princesita.

Amigos míos de cercanías y distancias: Miguel O, Mario R, Miguel Ch, Jorge P, Iván T, Jhon L, Wilson G, Pedro C, Giovanna C, Marco P. Gracias por estar siempre presentes apoyándome de una u otra manera durante esta etapa de mi vida.

Y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en las diferentes etapas del desarrollo de este proyecto de Tesis, Gracias.

INDICE

	Pág.
1. Dedicatoria	i
2. Agradecimiento	ii
3. Índice	iii
4. Resumen	iv
5. Abstract	v
6. Contenido	vi
7. Índice de cuadros	viii
8. Índice de gráficos	ix
9. Índice de figuras	x
10. Índice Anexos	xi
11. Introducción	1
12. Materiales y Métodos	19
13. Resultados	28
14. Discusión de resultados	51
15. Conclusiones	54
16. Recomendaciones	55
17. Bibliografía	58
18. Anexos	59

RESUMEN

Los productos alternativos amazónicos están ganando un espacio importante en el mercado local, nacional e internacional debido a las bondades benéficas que poseen; estos elementos particulares les otorgan un alto valor agregado que en términos de desarrollo económico, permiten que comunidades rurales ingresen activamente en la cadena productiva de una manera sostenible, obteniendo beneficios económicos que repercuten directamente en su nivel de vida (salud, educación y empleo).

La difusión del uso de tecnología alternativa, como la energía solar, debe ser fortalecida por los entes gubernamentales, centros de estudios superiores así como por las organizaciones no gubernamentales que participan del cambio en la estructura y visión de desarrollo, colaborando de esta manera con la estabilidad ambiental y disminuyendo el uso de energías no renovables.

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de evaluar el aprovechamiento de energía solar como fuente de energía alternativa para la obtención de harina de aguaje (*Mauritia flexuosa*), colaborando de esta manera con información para el desarrollo de agro negocios amazónicos alternativos.

Los resultados obtenidos permiten concluir que es factible en principio el deshidratar la pulpa del fruto de la *Mauritia Flexuosa* y transformarla en productos de valor agregado como Harina de Aguaje con un 11 y 12% de humedad haciendo uso de tecnología simple y de impacto ambiental mínimo al emplear un Secador Solar indirecto por convección forzada.

ABSTRACT

The Amazon alternative products are winning an important space in the local, national and international market due to the beneficent goodnesses that possess; these particular elements grant them a high added value that in terms of economic development, they allow that rural communities enter actively in the productive chain in a sustainable way, obtaining economic benefits that rebound directly in their level of life (health, education and employment).

The diffusion of the use of alternative technology, as the solar energy, it should be strengthened by the government entities, centers of superior studies as well as for the non government organizations that participate of the change in the structure and development vision, collaborating this way with the environmental stability and diminishing the use of non renewable energy.

The present investigation work had the purpose of evaluating the use of solar energy as source of alternative energy for the obtaining of aguaje meal (*Mauritia flexuosa*), collaborating this way with information for the development of agriculture alternative Amazon business.

The obtained results allow to conclude that it is feasible in principle the to dehydrate the pulp of the fruit of the *Mauritia Flexuosa* and to transform it in products of value added as Flour of Aguaje with a 11 and 12% of humidity making use of simple technology and of impact environmental minimum when using an indirect Solar Dryer for forced convection.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.	2
2.1 Energía solar y colectores solares	3
2.2.1 ¿Cómo se aprovecha tanto sol?	5
2.2.2 Colectores	6
2.2.3 Colectores planos	7
2.2.4 El Calentador Solar	7
2.2.5 Capacidad de transformación de radiación solar en energía calorífica	9
2.2 LA <i>Mauritia flexuosa</i> (Aguaje)	10
2.2.1 Descripción Botánica	11
2.2.2 Distribución	12
2.2.3 Ecología y adaptación:	13
2.2.4 Variedades:	14
2.2.5 Propiedades	14
2.2.6 Composición química y valor nutricional	15
2.2.7 Características más importantes fruto del aguaje	16
2.3 Ubicación y variables climáticas	17
2.3.1 Unidad Climática.	17
2.3.2 Temperatura	17
2.3.3 Precipitación.	17
2.3.4 Humedad Relativa	18
2.3.5 Viento.	18
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Materiales	19
3.2 Métodos	21
3.2.1 Etapa preliminar.	21
3.2.1.1 Recopilación y análisis de información	21
3.2.1.2 Contrastación de parámetros de diseño y métodos para la construcción del secador solar.	21
3.2.1.3 Construcción de un secador solar	22
3.2.2 Etapa de campo	22
3.2.2.1 Reconocimiento y delimitación del área para instalación del equipo.	22
3.2.2.2 Deshidratado: Estimación de tiempo y calor requerido para la deshidratación de la pulpa de aguaje.	22
3.2.2.3 Diseño experimental:	23
3.2.2.3.1 Distribución de Bloques dentro de la cámara de Secado.	24
3.2.2.3.2 Universo experimental:	25
3.2.2.3.3 Toma de datos:	25
4.2.2.4 Determinar las ventajas comparativas en	

	términos económicos del aprovechamiento de energía solar en la obtención de harina de aguaje	26
4.2.2.5	Análisis e interpretación de resultados.	26
IV.	RESULTADOS	27
4.1	Construcción de un secador solar	27
4.1.1	Especificaciones técnicas	28
4.1.1.1	El colector	28
4.1.1.2	La cámara de secado	39
4.1.1.3	Contrastación de parámetros de diseño y métodos para la construcción del secador solar.	39
4.1.1.4	Pautas para la instalación	39
4.1.1.5	La Instalación del equipo	31
4.2	Acumulación de calor -temperatura- en la cámara de secado	31
4.3	Deshidratado: Estimación de tiempo y calor requerido para la deshidratación de la pulpa de aguaje.	33
4.4	Análisis de Varianza ANVA de un factor para un diseño aleatorizado por bloques para la primera toma de datos.	38
4.5	Calculo del Análisis de Varianza ANVA de un factor para diseño Aleatorizado por bloques para la segunda toma de datos.	39
4.6	Determinar las ventajas comparativas a nivel económico del aprovechamiento de energía solar en la obtención de harina de aguaje haciendo uso del secador solar	41
4.6.1	Proceso de obtención de la Harina de Aguaje	41
4.6.2	Balace del rendimiento en peso de la pulpa sometida al proceso.	44
4.6.3	Cálculo de producción por tratamiento según la capacidad efectiva contenida en el secador solar.	45
4.6.4	Costo por unidad producida (resultados de análisis económico)	45
4.6.5	Análisis de Beneficio/Costo	46
4.6.6	Valor Actual Neto Económico (VANE)	46
4.6.7	Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE)	48
4.6.7.1	Relación Beneficio - Costo (B/C).-	48
4.6.7.2	Periodo de Recuperación	48
4.6.8	Contrastación con los datos meteorológicos:	48
V.	DISCUSION DE RESULTADOS	49
VI.	CONCLUSIONES	51
VII.	RECOMENDACIONES	52
VIII.	BIBLIOGRAFIA	55

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO N° 01 Radiación Solar Media Anual	10
CUADRO N° 02 Peso de los tratamientos	23
CUADRO N° 03: Distribución de tratamientos por bloque	24
CUADRO N° 04 Diseño de bloques	24
CUADRO N° 04 Radiación Solar Media Anual	33
CUADRO N° 05 Mediciones de Temperatura (1)	33
CUADRO N° 06 Mediciones de Temperatura (2)	33
CUADRO N° 07 Tabla de ANVA	38
CUADRO N° 08 Medias de tratamientos por bloques (1)	38
CUADRO N° 09 ANVA primera toma de datos	39
CUADRO N° 10 Medias de tratamientos por bloques (2)	40
CUADRO N° 11 ANVA segunda toma de datos	41
CUADRO N° 12: Datos para calculo de Tukey 2da toma de datos	41
CUADRO N° 13: ANVA para la 2da toma de datos Tukey	41
CUADRO N° 14: Comparación de tratamientos de Tukey	49
CUADRO N° 11: Costo unidad producida /Kg.	49
CUADRO N° 12: Evaluación Económica	50
CUADRO N° 13 Contrastación Meteorológica/temporada cosecha	50

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico N° 01 Palmera de Aguaje. (Yantalo 2006)	11
Gráfico N° 02 Fruto del Aguaje (Yantalo 2006)	15
Gráfico N° 03: Secador solar Facultad de Ecología.	29
Gráfico N° 04: Prensa Hidráulica especial para Aceite de Aguaje de la Facultad de Ecología	34
Gráfico N° 05 Distribución de las muestras en la cámara de secado.	35
Gráfico N° 06: Distribución de las muestras para su medición en el Analizador de humedad MA45	36
Gráfico N° 07: Analizador de Humedad Sartorius MA45	43
Gráfico N° 08: Porcentajes de media de humedades de los tratamientos	36
Gráfico N° 09: Comportamiento de medias de tratamientos y bloques en 1ra medición	39
Gráfico N° 10: Porcentajes de media de humedades de los tratamientos	43
Gráfico N° 11: Comportamiento de medias de tratamientos y bloques en 2da medición	43
Gráfico N° 12: Evolución de las medias de los tratamientos en la primera y segunda toma de datos.	44
Gráfico N° 13: Masa seca lista para molienda	45
Gráfico N° 14: Moledora manual y pulpa seca	46

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01 Diferentes dispositivos y tipos de sistemas solares.	5
Figura N° 02. Colector plano para un calentador solar.	8
Figura N° 03: Distribución de la masa experimental por tratamiento	25
Figura N° 04: Distribución de la masa experimental por tratamiento	26
Figura N° 05: Diagrama de flujo del aire.	31
Figura N° 06: Distribución de masa.	45
Figura N° 07 Diagrama de flujo para obtención de la harina de Aguaje	47
Figura N° 08: Fruto del Aguaje	53

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: MEDICIONES REALIZADAS

ANEXO 03: CALCULOS DE ANALISIS DE VARIANZA (ANVA)

ANEXO 04: COSTOS DE PRODUCCIÓN

ANEXO 05: CALCULO DEL VAN Y TIR

ANEXO 06: GALERIA FOTOGRAFICA

ANEXO 07: MAPAS DE IRRADIACION SOLAR

ANEXO 08: PLANOS PARA CONSTRUCCION DEL SECADOR SOLAR

I. INTRODUCCION

La creciente demanda de productos alternativos en el mercado mundial, ofrece una ventana de intercambio y de progreso para aquellas comunidades que estén dispuestas a desarrollar la producción de este tipo de abastos. Así mismo en nuestras comunidades rurales, se observa el potencial agroecológico que ofrecen los productos nativos y que no están siendo aprovechados. La necesidad de incorporar tecnologías económicamente viables y de fácil acceso al productor local, es una alternativa para activar el desarrollo sostenible en nuestra Región San Martín.

El aprovechamiento de la energía solar es una alternativa que no esta siendo usada en nuestra localidad, los avances tecnológicos sobre sus bondades se han desarrollado de gran forma en las ultimas décadas a nivel global, hacer uso de estos métodos no puede pasar desapercibido por nosotros, debemos hacer mayor uso de estos innovaciones tecnológicas, puesto que no causan mayor impacto negativo (casi nulo) sobre el medio ambiente, y a la vez pueden incrementar los beneficios socioeconómicos para la población, en términos de ahorro y aprovechamiento de los recursos naturales de forma racional.

Por otro lado el Aguaje (*Mauritia flexuosa*) es una planta que contribuye con el medio ambiente por su aptitud de sumidero de carbono y reserva hídrica, planta que ya recibe atenciones de protección y uso sostenible particularmente en la cuenca del Alto Mayo, por esto, se optó por esta variedad para plantear su aprovechamiento como agronegocio amazónico obteniendo harina del fruto y haciendo uso de tecnologías limpias.

En este marco, la presente Tesis de investigación evalúa el aprovechamiento de energía solar indirecta (térmica) para la obtención de harina de aguaje, con la finalidad de incentivar el desarrollo de proyectos que hagan uso de métodos energéticos alternativos así como de productos alimenticios de consumo humano innovadores, logrando fortalecer los agronegocios amazónicos.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

Se realizó la recopilación de información sobre el uso de secadores solares, con al finalidad de contar con la información respectiva para las correcciones y adaptaciones ha realizar, así como conocer las experiencias afines en otras investigaciones.

El uso de hornos solares o secadores solares en la Región San Martín han sido poco difundidos, algunos ensayos han sido realizados por la nuestra alma mater (UNSM), en el tema de calentadores solares de agua en la ciudad de Tarapoto por la facultad de agroindustrias. A nivel local se han impulsado tecnologías de aprovechamiento de energía solar haciendo el uso de paneles solares para la carga de baterías, (utilizadas por artefactos de bajo voltaje en las comunidades rurales) en la actualidad se pueden observar estos paneles en los sectores rurales del Alto Mayo donde existe déficit de energía eléctrica. También se han realizado cursos y talleres con las comunidades campesinas por parte del Gobierno Regional de San Martín en el Año 2003 – 2004 sobre la confección de secadores solares del tipo de tiendas de campaña, haciendo uso de plásticos y madera, para el secado del café en la época de lluvia en la Amazonia, pero esta tecnología no tuvo mayor acogida debido a los elevados costos de estos materiales en la zona, especialmente (planchas de plástico) así mismo de la predisposición del poblador rural a no arriesgar en gastos tecnológicos por considerarlos como costos fuera de su presupuesto.

Sin embargo, el enfoque global sobre el mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales nos insta a hacer uso de estas tecnologías por la colaboración implícita que generan a la estabilidad ambiental.

En la actualidad existe un sinnúmero de tecnologías para el aprovechamiento de energía solar, basta con el ingreso al sistema de navegación Internet para obtener información actual sobre todo tipo de avances al respecto como son el tema de cocinas solares, hornos solares, paneles fotovoltaicos, calentadores solares de agua, sistemas de invernadero, secadores de madera, entre otros.

Así encontramos publicaciones como las del Dr. Paul A. Funk, Agricultural Engineer con su pagina en Internet solarcooking.org , o el reconocido Manfred Horn físico alemán que trabaja en nuestro país desde el año 1964 en el tema de Energía Solar (profesor de la UNI) impulsando el uso de estas tecnologías en los sectores rurales, en México el señor Victor M. Berrueta-Soriano con su publicación sobre la “Participación campesina en el diseño y construcción de un secador solar para café”, empresas como Biomass Users Network (BUN-CA) tienen publicado Manuales sobre energía renovable: Solar Térmica, M. Pontin, A. Lema, R. Ritta, en la revista ASADES con su publicación “Secadero solar para frutas: estudio de caso” también publicaciones en la revista LEISA (la revista de la agro ecología) por Jean Banout con el “Uso de secadores solares para el procesamiento de alimentos en la Amazonía Peruana, entre otros hasta la famosa Guía Solar publicada por la Green Peace.

Para nuestra investigación experimental se optó por el diseño elaborado por el ITINTEC (Instituto de Investigaciones Tecnológicas – Perú, el mismo que fue cerrado en la década de los 90 y fue derivado como parte de INDECOPI), el mismo que consta de un secador solar de flujo de aire por convección forzada a través de un colector hacia una cámara de secado, debido a que este tipo de diseño se adapta a los requerimientos del insumo a utilizar, que para nuestro trabajo es la pulpa de Mauritia Flexuosa.

2.1 Energía solar y colectores solares

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma autogestionada (aprovechamiento en el mismo lugar en que se producen). Además tiene la ventaja adicional de complementarse entre si, favoreciendo la integración entre ellas, una de estas fuentes de energía renovable es la Energía Solar en sus diferentes aplicaciones. BUNCA (1)

El aprovechamiento de la irradiación solar como fuente de energía requiere del conocimiento de la cantidad y distribución de la irradiación solar que incide en un lugar determinado y de su variación temporal a lo largo de los ciclos anual y diario.

Respecto al aprovechamiento de la energía solar se puede hablar de dos tipos de sistemas: los que la convierten en electricidad mediante célula fotovoltaica y los que la utilizan para la producción de energía térmica (agua caliente, sanitaria, calefacción). También existe la posibilidad de hacer un uso más racional de la irradiación solar, la luz natural y las condiciones climatológicas características de cada emplazamiento mediante los que se ha llamado arquitectura bioclimática. BUNCA (1)

En estas condiciones, los secadores de energía solar con circulación natural de aire se vuelven cada vez más atractivos como propuesta con fines comerciales. Entre los principales aspectos que hacen económicamente competitivo al secador solar frente a las técnicas locales, están los siguientes:

- Requiere menos espacio que las técnicas locales al aire libre para el secado de la misma cantidad de productos;
- Se logran productos secos en mayor cantidad y con mejor calidad, pues los hongos, insectos y roedores difícilmente pueden infestar la cosecha durante el proceso de secado;
- El periodo de secado es más breve que el de las técnicas locales al aire libre;
- Los gastos de inversión y mantenimiento son relativamente bajos gracias al uso de mano de obra y de materiales disponibles localmente para su construcción.

La irradiación solar que incide sobre una región determinada se suele presentar en mapas mensuales y anuales de irradiación solar. El procedimiento más comúnmente usado para la confección de estos mapas es mediante la interpolación – extrapolación de series temporales de medidas de irradiación solar en superficie, realizadas mediante piranómetros en puntos geográficos específicos. Con posterioridad se han venido desarrollando metodologías para utilizar además datos obtenidos mediante satélites en la determinación de irradiación solar en la superficie. BUNCA (1)

2.1.2 Colectores

El calor se transmite siempre de los cuerpos calientes a los fríos, y nunca de manera inversa. Existen tres formas de transmitir el calor: por radiación, por convección y por conducción. **Omega (11)**

Para comprender mejor las diferentes formas de transmisión del calor, veamos un ejemplo cotidiano. Si tomamos el Sol en la playa y pasan algunas horas observamos que nuestra piel se quemó; el Sol emite energía radiante compuesta de fotones u ondas electromagnéticas. Dicha radiación atraviesa la atmósfera y llega —en un día despejado al nivel del mar— a la superficie como 4% de rayos ultravioleta, 46% de radiación visible y 50% de rayos infrarrojos. Cualquier cuerpo al que le llegue radiación tiene la propiedad de absorberla, produciendo calor que a su vez ocasiona que se eleve la temperatura. Volviendo al caso de nuestro cuerpo, éste absorbe la radiación solar y una de las formas en que ésta se manifiesta es en los rayos ultravioleta que queman la piel. Si nos levantamos rápidamente, huyendo del calor excesivo, notaremos que una brisa nos refresca un poco. Los vientos se originan por las diferencias de temperatura que existen entre distintas capas de la atmósfera y por la rotación de la Tierra, y así se crean corrientes de aire llamadas de convección, a través de las cuales el calor se distribuye en la atmósfera terrestre. La transmisión por convección ocurre también en líquidos, por ejemplo cuando hervimos agua **Omega (11)**

En los sistemas solares fototérmicos se deben aprovechar al máximo estas formas de transmisión de calor, visto de otra manera, tienen que evitarse las pérdidas de calor por estas tres formas de transmisión. Entre los sistemas que convierten la energía solar en calor aprovechable se encuentran los colectores planos y tubulares, que se utilizan principalmente para el calentamiento de agua o aire **Omega (11)**

El principio general de funcionamiento de un colector es el llamado efecto invernadero; aquí hay que recalcar que nuestra atmósfera opera como un gran invernadero. Como se dijo anteriormente, cuando la luz pasa a través de una o varias capas de vidrio u otro material transparente se transmite la radiación que tiene una longitud de onda corta. Si en el interior de un sistema con un vidrio perfectamente aislado del exterior se coloca un material pintado de negro (el color que absorbe

mayor cantidad de radiación) para que absorba al máximo la radiación, el material absorberá la radiación solar, se calentará y se elevará la temperatura; posteriormente, ese material emitirá a su vez radiación de longitud de onda larga, como los rayos infrarrojos lejanos a la parte visible del espectro. La radiación emitida dependerá de la temperatura que posea el material. Pero como la radiación es ahora de longitud de onda larga no podrá atravesar la capa de vidrio, quedará atrapada en el interior y, en consecuencia, provocará que la parte interna del colector esté a una temperatura más elevada que el exterior, tal y como sucede al entrar a un invernadero. Omega (11)

Si en el interior de una caja, con uno de sus lados de vidrio, se coloca una serie de tubos que conduzcan adecuadamente el calor y por los que circule agua, se obtendrá agua calentada por el Sol. Omega (11)

Asimismo, el color que poseen los objetos está directamente relacionado con la absorción, reflexión y transmisión de la radiación solar. Por ejemplo, las hojas son verdes porque de todos los rayos que reciben, únicamente reflejan aquellos cuya longitud de onda corresponde al color verde; el resto de radiación visible que tiene otras longitudes de onda es absorbida por la hoja. Una hoja de papel blanco, en cambio, refleja la radiación de todas las longitudes de onda que le llegan y por eso la vemos blanca. En contraposición con el blanco, el color negro absorbe todas las longitudes de onda. Omega (11)

2.1.3 Colectores planos

Existen tres tipos de colectores: planos, tubulares y de concentración. Los colectores planos funcionan a bajas temperaturas, entre 80 y 60°C, y se utilizan principalmente para calentar o enfriar agua y aire en las casas, pero también para secar granos, obtener agua potable, en albercas, lavanderías, baños públicos, embotelladoras, refrigeración, etcétera. Omega (11)

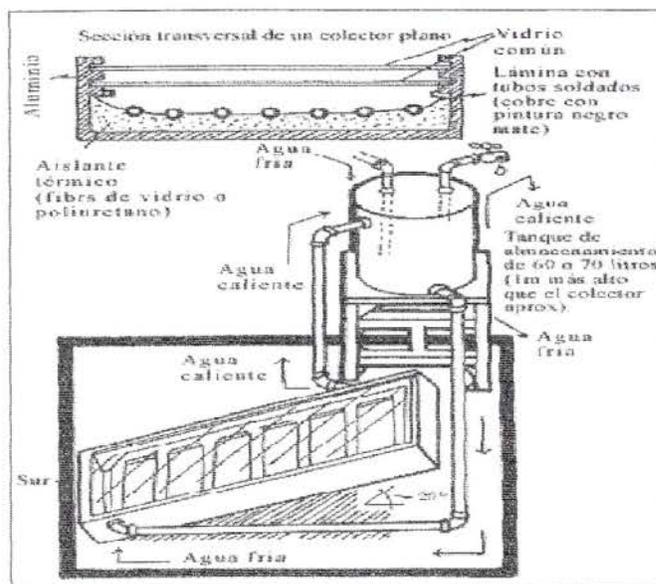
2.1.4 El Calentador Solar

Tal vez la aplicación más sencilla y económica que tienen los colectores planos sea el calentador solar con tanque de almacenamiento. Los colectores planos deben orientarse hacia el norte en el Hemisferio Sur (como es el caso de Perú). A partir de

cálculos complejos de la radiación máxima que recibe una superficie inclinada, en los que intervienen consideraciones teóricas y empíricas, la máxima captación de un colector plano se logra cuando el ángulo de inclinación es aproximadamente igual a la latitud geográfica del lugar. Esto permite lograr una incidencia máxima en todas las épocas del año. una segunda aproximación demuestra que en verano la inclinación del colector debe ser igual a la latitud del lugar menos 10° y, en invierno, la latitud del lugar más 10° . Omega (11)

Para construir un colector plano puede usarse una caja de aluminio anodizado (para reducir costos, la tapa posterior de la caja puede ser de aluminio común). La caja del colector debe tener una superficie aproximada de 1.5 m^2 y 10 cm de espesor (véase la figura 14). Omega (11)

Figura 2. Colector plano para un calentador solar.



Fuente: Omega (11)

La tapa superior del colector, por donde llegan los rayos solares, puede ser de vidrio o de fibra de vidrio y tener una segunda capa de vidrio, colocada aproximadamente a 7.5 cm de la base. La caja debe estar perfectamente sellada para evitar pérdidas de calor y el deterioro de los materiales, y tener dos salidas de agua. En el interior lleva una lámina con tubos soldados pintados de negro (por ejemplo, cromo negro electro

depositado sobre un recubrimiento de níquel) para que absorba y transmita la mayor cantidad de radiación. Los tubos pueden ser de cobre y deben estar uniformemente repartidos en forma de peine para que circule el agua por toda el área del colector. Omega (11)

2.2.5 Capacidad de transformación de radiación solar en energía calorífica

La radiación es una de las tres formas de transferir energía térmica (conducción, convección y radiación). Todos los objetos radian energía continuamente en forma de ondas electromagnéticas, el tipo de radiación asociado a la transferencia de energía térmica de un lugar a otro se conoce como radiación infrarroja. R. Serway (9)

La energía térmica del colector se transmite:

Por convección entre el vidrio transparente y el medio exterior, entre el absorbente y el fluido interno (aire), entre el cobertor y el fluido en el interior, entre el techo y las paredes de la cámara y el fluido interior, entre las paredes de la chimenea y el exterior y entre la chimenea y el fluido. R. Serway (9)

Por conducción a través del suelo del túnel y a través del suelo en la cámara de secado R. Serway (9)

Por radiación del absorbente (piso del túnel), del techo y paredes de la cámara y de las paredes de la chimenea, hacia el cielo. R. Serway (9)

Por medio de la radiación electromagnética, (cerca de 1340Joules de energía térmica proveniente del Sol inciden sobre 1m^2 de la parte superior de la atmósfera terrestre cada segundo). R. Serway (9)

La Región San Martín recibe fluctuaciones de incidencia de radiación solar que difieren según la estación climatológica, los datos recopilados del Atlas Nacional de energía solar del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) sobre la incidencia solar promedio diaria en la ciudad de Moyobamba, son los siguientes:

CUADRO N° 01 Radiación Solar Media Anual (Ver Anexo N° 07)

Febrero	4.0 – 4.5 Kw. h / m2
Mayo	5.0 – 5.5 Kw. h / m2
Agosto	4.5 – 5.0 Kw. h / m2
Noviembre	5.5 – 6.0 Kw. h / m2

Fuente: SENAMHI 2003

2.2 EL AGUAJE (*Mauritia flexuosa*)

En el título de nuestro trabajo de investigación se hace alusión clara sobre la planta del Aguaje, debido a que se presenta en la actualidad como una alternativa de gran potencial y viabilidad para realizar agronegocios como producto alternativo promisorio, la palmera *Mauritia flexuosa*, conocida comúnmente como el Aguaje, es una planta oriunda de la amazonía, presentando características particulares de alto beneficio para la salud humana gracias a sus diversos nutrientes proteicos y vitamínicos, sin embargo, a pesar de tener un consumo local relativamente elevado, no se le ha puesto la debida atención a la forma de explotar sus bondades.

El aguaje a sido clasificado científicamente de la siguiente manera:

Clasificación del Aguaje

Clase	<i>Monocotiledónea</i>
Orden	<i>Arecales</i>
Familia	<i>Arecaceae</i>
Género	<i>Mauritia</i>
Especie	<i>Mauritia flexuosa</i>

IIAP – TCA (3)



Gráfico N° 01 Palmera de Aguaje (*Mauritia flexuosa*).

Yantalo 2006 Fuente: Propia

2.2.1 Descripción botánica:

El aguaje es una palmera arborescente de un solo tallo, sin espinas, que alcanza 25 a 30 m de altura en su estado de adulto, aunque en el Alto Rio Negro se han encontrado plantas con tres a cinco metros de altura. Crece en suelos inundados o con mal drenaje, para lo cual tiene su sistema radical adaptado a este *hábitat* hidromórfico. Las raíces primarias se originan en la base del tallo, ocasionalmente, sobre el nivel del suelo. Inicialmente, las raíces tienen geotropismo positivo hasta que alcanzan cierta profundidad (generalmente 60 cm), a partir de la cual crecen horizontalmente. En la parte superior de estas raíces crecen otras secundarias, perpendiculares, con geotropismo negativo, que tienen la función de absorber agua y nutrientes (la parte subterránea de la raíz) y de respiración (la parte aérea con neumatozonas). Las neumatozonas presentan estructura parenquimatososa formada por dos a tres capas de células alargadas y ligeramente separadas entre sí, de tal manera que el aire puede circular libremente. **Villachica (10)**

El tallo es cilíndrico con hasta 50 cm de diámetro y está constituido por un material fibroso duro. La corona de hojas se presenta en número de 10 a 20 por planta, con peciolo cilíndrico y largo (hasta 6 m). La disposición de las hojas le confiere la

forma de una corona esférica, con las hojas muertas colgando por un período considerable antes de desprenderse. **Villachica (10)**

El fruto es una drupa, de forma elíptica, con longitud entre 5 y 7 cm y diámetro entre 4 y 5 cm. El epicarpio (cáscara) es escamoso, de color rojo vino o rojo oscuro. El mesocarpio, la única parte comestible, de 4 a 6 mm de espesor, es suave, sabor agri dulce y de color naranja a naranja-rojizo y representa solamente 12 a 13% del peso seco del fruto. El endocarpio (cobertura de la semilla) es suave, rico en celulosa y pobremente diferenciado. Hay una, muy raramente, de dos semillas por fruto, casi esféricas, cubiertas con una testa marrón. La floración y fructificación se distribuyen irregularmente durante el año, pero, siempre ocurren anualmente. Los frutos maduros se encuentran todo el año, con abundancia en la primera mitad del año (Perú y Amazonía norte de Brasil), o en la segunda mitad del año (Colombia, Venezuela y Amazonía central de Brasil). El peso promedio de los frutos en una inflorescencia es de 40 kg. **Villachica (10)**

2.2.2 Distribución:

Se encuentra distribuida en toda América Tropical, es una especie nativa amazónica con alta concentración en la Amazonía Peruana, probablemente sea originaria de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali, se cultiva y explota en poblaciones naturales en los departamentos de Loreto, Ucayali, Huanuco y San Martín. Tiene una amplia distribución en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela y Guyana. Esta palmera se desarrolla en climas tropicales calurosos y húmedos con suelos drenados, suelos inundados. **Villachica (10)**

El hábitat natural del aguaje está formado por pantanos y zonas con mal drenaje en la Amazonía, donde predominan los suelos permanente o temporalmente inundados. Crece en ecosistemas típicos denominados “*aguajales*”, también se encuentran en terrazas bajas que no son inundadas por el río o en partes altas con suelos hidromórficos, en estos casos los grupos de plantas son mas pequeños. Se adapta en terrenos no inundables con buen drenaje o drenaje deficiente, desde arenosos hasta provistos de abundante materia orgánica. **Villachica (10)**

2.2.3 Ecología y adaptación:

El *habitat* natural del aguaje está formado por pantanos y zonas con mal drenaje en la Amazonía donde predominan los suelos, permanentemente o temporalmente, inundados. Crece en ecosistemas típicos denominados "aguajales", donde los nativos de la Amazonía peruana distinguen dos tipos de ecosistemas: una formación mixta de aguaje con unguurahui (*Jessenia bataua*), llamada "sacha aguajal" y una formación casi pura de aguaje, llamada "aguajal". También se encuentra en terrazas bajas que no son inundadas por el río o en partes altas con suelos hidromórficos, donde el agua se origina en las lluvias, aunque en estos casos los grupos de plantas son más pequeños. **Villachica (10)**

En la selva peruana los aguajales ocurren en extensos pantanos, siempre con agua y cubiertos por una amplia vegetación lacustre entre la que sobresale el aguaje. En estos casos, los suelos tienen una capa bastante profunda de materia orgánica y pH muy ácido (3,5). **Villachica (10)**

El aguaje es una planta heliófila. En bosques naturales, la germinación y los primeros estados de desarrollo ocurren en la sombra, pero, el crecimiento posterior, especialmente la maduración sexual, requiere de la luz solar directa. En bosques asociados con otras especies, el aguaje tiende a ocupar el estado más alto. **Villachica (10)**

2.2.4 Variedades:

Se reconocen plantas de aguaje fenotípicamente diferentes, tanto a nivel de frutos como de plantas en general, los extractores reconocen hasta tres tipos de aguaje por el color de sus frutos: "shambo" cuando todo el mesocarpo es rojo y vendido generalmente como fruta; "color" cuando la parte externa del mesocarpo es rojo y el resto amarillo y se vende como fruta y en menor proporción para aguajina y "amarillo o posheco" cuando el mesocarpo es de color amarillo vendido como fruta y para todos los usos comerciales (chupetes, helados, aguajina); también identifican un cuarto tipo que lo llaman "shambo azul" pero en realidad sólo son frutos no completamente maduros, todos los tipos presentan también diferencias en cuanto al tamaño y forma del fruto, dureza y sabor del mesocarpo. **Rojas (10)**

2.2.5 Propiedades:

La pulpa del aguaje, es el alimento más nutritivo de los frutos del trópico, existe la tradición de consumo que ha generado una economía importante en el mercado local; presenta elevados tenores de pro vitamina A, 5000 UI/g de aceite y ácidos oleicos que son muy importantes en la alimentación humana, el dulce preparado del mesocarpo del aguaje contiene 1 116 ug/100g de vitamina A, como retinol, suficientes para eliminar la hipovitaminosis A que afecta a los niños desnutridos. **García (3)**

El betacaroteno, es el que el que brinda el color característico rojo- anaranjado- amarillo y el que tiene mayor actividad vitamínica, la ventaja de consumir betacaroteno en vez de vitamina A, es que ésta última consumida directamente y en exceso podría ser potencialmente tóxica pues se acumula en el hígado, mientras que el betacaroteno al actuar como provitamina ingresará a nuestro organismo. Lo cierto es que el betacaroteno, además de tener las propiedades mencionadas anteriormente, es uno de los mejores anticancerígenos que existen. También funciona como un excelente protector de la piel contra los rayos ultravioleta, y ayuda al mantenimiento del cutis, previniendo su resecaimiento y envejecimiento prematuro. Además previene la arteriosclerosis. **García (3)**

El consumo de aguaje en algunas localidades de la Amazonía como Iquitos es alrededor de 20 t/día. Para utilizar la fruta, ésta se sumerge en una vasija con agua y se expone al calor del sol por unas horas (también se puede hacer con una inmersión rápida de 10 a 15 minutos en agua a 60 a 70°C), después de lo cual se conoce como "aguaje maduro". El "aguaje maduro" se utiliza para consumo humano directo o para la preparación de pasta de aguaje (la pulpa como masa pero sin semilla). **García (2)**

La pasta de aguaje se emplea en la elaboración de "aguajina", un refresco muy agradable preparado con agua y azúcar, y de helados, ambos muy populares en la Amazonía. **Rojas (10)**



Gráfico N° 02 Fruto del Aguaje (Yantalo 2006)

2.2.6 Composición química y valor nutricional:

El aguaje tiene potencial como fuente de vitamina A en la Amazonía. La composición promedio en base a 100 g de peso seco es de 23 a 30% de exocarpio, 10 a 21% de mesocarpio, 12 a 20% de endocarpio y 40 a 44% de endosperma. El potencial del aguaje se da también como fuente de aceites y grasas. El aceite virgen, extraído del mesocarpio de los frutos maduros de aguaje, es muy rico en ácido oleico y es equivalente en términos de composición a los ácidos grasos de los aceites de las semillas oleaginosas tradicionales. Los ácidos láurico y mistiárico están presentes en el aguaje, sobre todo en el fruto verde y pueden ser utilizados en la industria farmacéutica. Villachica (10)

2.2.7 Características más importantes fruto del aguaje:

- Sabor agrídulce, agradable para la mayor parte de la población amazónica, y también para muchos paladares extrarregionales.
- La pulpa solamente representa un 12 % (mín. 10 %; máx. 21 %) del peso total del fruto (Rendimiento variable y más bien bajo).
- Alto contenido de lípidos (21 a 31 %) en la pulpa. Alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, aunque un nivel de saturados (18 a 23 %) relativamente alto también, lo que puede representar una limitante. Tiene ácidos linoleico y linoléico en relación variable, que en algunos análisis da 4:1, lo que sería

muy bueno. Pero el contenido total de estos ácidos grasos esenciales es pequeño.

- Enranciamiento rápido de la pulpa por su alto contenido graso, lo que implica una conservación relativamente cara, por la necesidad de refrigeración, y aún así con fuertes limitaciones por pérdida de calidad (“percebilidad”) del producto.
- Bajos rendimientos en la extracción de aceite (entre 9 y 12 % del mesocarpio, lo que equivale a un promedio de 1,3 % del peso total del fruto).
- Contenido proteico relativamente alto para una fruta (2.5 %), aunque no llega a representar una clara ventaja con relación a otras especies. No hay información sobre la composición de la proteína (aminoácidos).
- Alto contenido de provitamina A (beta caroteno, 30 – 300 mg/100 g) en la pulpa (Mejía, 1997). Si se extrae el aceite, éste presenta el mayor contenido de dicha vitamina entre todos los aceites conocidos en el mundo, lo que representa una clara ventaja comparativa en este aspecto.
- Regular contenido de vitaminas B y C, e importante contenido de minerales, pero mucha variabilidad en estos contenidos nutricionales.
- Contenido relativamente alto de tocoferoles (vitamina E), lo que representa una ventaja para cierto tipo de usos, especialmente en cosmética (80 – 100 mg/100 g) (Mejía, 1997).
- Mucha variabilidad en las características interesantes del fruto.

2.3 Ubicación y variables climáticas

El área de investigación se encuentra ubicado dentro del terreno de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín sede Moyobamba, provincia de Moyobamba, Región San Martín, cuya ubicación geográfica según la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) en metros. Datum Horizontal WGS84. Esferoide, zona UTM 18 Sur y se ubica en las coordenadas 285000 en el eje de las ordenadas y 9331000 en el eje de las abscisas a 860 m.s.n.m

Fuente cartográfica: Carta Nacional

2.3.1 Unidad Climática.

El clima está caracterizado por la influencia de la zona de vida, **Bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PT)**.

Fuente: Estación Meteorológica de Moyobamba, 1996 – 2002. Proyecto Especial Alto Mayo. Dirección de Manejo Ambiental)

2.3.2 Temperatura

Temperatura Máxima Mensual Promedio está entre 27.2°C – 29.0°C; durante el mes de Febrero y Octubre – Noviembre respectivamente.

Temperatura Mínima Promedio Mensual está entre 17.1°C – 19. °C; durante el mes de Julio y Diciembre respectivamente.

Temperatura Media Mensual Promedio está entre 21.9°C – 23.4°C; durante el mes de Julio y Noviembre respectivamente.

Las temperaturas más altas se registraron en el año 1997, siendo el mes de agosto el que registro la temperatura más alta con 29.7°C.

(Fuente: Estación Meteorológica de Moyobamba, 1996 – 2002. Proyecto Especial Alto Mayo. Dirección de Manejo Ambiental)

2.3.3 Precipitación.

La precipitación media anual en el Área de Estudio es de 1390.2mm/año. La mayor variabilidad durante los meses lluviosos se da de Octubre a Marzo, siendo está de 115mm/mes durante el periodo analizado de (1996 – 2002); los meses que presentan menos variabilidad en la precipitación promedio mensual son Junio y Julio, con diferencias menores a 55 mm/mes. La Precipitación Total Mensual Promedio está entre 44.6 mm (en el mes de Julio) – 184.8 (en el mes de Febrero).

(Fuente: Estación Meteorológica de Moyobamba, 1996 – 2002. Proyecto Especial Alto Mayo. Dirección de Manejo Ambiental)

2.3.4 Humedad Relativa.

La humedad relativa promedio anual del área es de 83%, registrándose la mínima en el mes de septiembre con 80% de HR y la máxima se registró en el mes de

febrero con 88% de HR. Mientras que la Humedad Relativa Promedio Mensual está entre 81% (entre los meses Julio a Noviembre) – y 86% (en el mes de Febrero), y Vientos que se desplazan de Este hacia Oeste, cuyas corrientes trasladan las nubes sobre saturadas para precipitarse en la ciudad de Moyobamba y sus alrededores.

(Fuente: Estación Meteorológica de Moyobamba, 1996 – 2002. Proyecto Especial Alto Mayo. Dirección de Manejo Ambiental)

2.3.5 Viento.

Según los datos del periodo analizado de la estación CO Moyobamba, la velocidad promedio anual del viento es de 109m/s. Registrándose la velocidad mínima en el año de 1996 en los meses de Febrero y Octubre con una velocidad de 1.1m/s y la velocidad máxima se registró en el mes de mayo con 3.2m/s.

La dirección del viento varía en dos sentidos de Oeste a Este en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, y de Este a Oeste en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre; Según los datos registrados en el mes de octubre se produce en ambas direcciones.

(Fuente: Estación Meteorológica de Moyobamba, 1996 – 2002. Proyecto Especial Alto Mayo. Dirección de Manejo Ambiental)

III. MATERIALES Y METODOS

Se optó por el diseño SECADOR SOLAR ITINTEC INDIRECTO, debido a que cuenta con un sistema de flujo de aire caliente para secado por convección y una temperatura promedio en el interior de la cámara de secado de 45° - 50°C lo que nos permite evitar pérdidas en la calidad del producto entre otros. La elección del sistema de aprovechamiento de radiación solar térmica, estuvo en relación directa con las características de la pulpa del fruto de *Mauritia flexuosa*, porque este fruto posee componentes particulares, por ejemplo un alto contenido de provitamina A en forma de betacaroteno, que al ser expuesto directamente a radiación solar se lisa perdiendo el valor vitamínico (los cuidados al respecto son clave para lograr un mayor valor agregado para la comercialización de la harina.). Estas características técnicas establecieron las pautas para la elección y construcción del secador solar.

3.1 MATERIALES

- Analizador de humedad Sartorius Moisture Analyzer modelo MA45 para medir humedad de la harina
- Termómetro BOECO (Alemania)
- Balanza analítica
- Molino manual.
- Dos tablas de madera tornillo para los laterales de 2.650mt x 5cm
- 3 tablas de madera tornillo para los travesaños de 1.180mt x 7.62cm
- 1 tabla de madera tornillo para la tobera inferior de 1.180mt x 7.62cm
- 1 tabla de madera para la tobera superior de 1.180mt x 38cm x 15cm
- 1 tabla de madera tornillo para la parte inferior de la descarga de aire del colector de 1.180mt x 7.62cm x 7cm
- 1 tabla de madera tornillo para la parte superior de descarga de aire a 1.180mt x 38cm x 75cm
- 8 bloques de tecnoport de 1.180mt x 5.67cm x 7.62cm
- 5 planchas de calamina corrugada
- 2 varillas de fierro para los templadores de 174pulg de diámetro y 1.330mt largo

- 4 tuercas derecha e izquierda de 174 pulgada
- 2 listones de fierro cuadrado de 2pulgadas
- Empaquetaduras
- 7mt de perfil L para el borde de la cubierta
- 5.8mt de perfil en T para panel de vidrio
- 8 vidrios simples de 60 x 60
- 1 plancha de triplay de 2.450mt x 1.280mt
- 5.4mt de perfil en L para unión del colector con la cámara.
- 30 tornillos para sujetar el panel
- 15mt de fierro cuadrado de 2pulg para armazón
- 2 Planchas de fierro galvanizado para estructura interna del horno
- 3 planchas de fierro galvanizado para estructura externa forrado
- 2 planchas de tecnoport para asilamiento de calor
- 1 picaporte
- 2 bisagras para puerta capuchina
- Pestañas para soporte de bandejas
- Clavos
- 8 mallas de plástico tipo mosquitero para bandejas
- 24mt de fierro cuadrado para bandejas
- 2 mallas de fierro galvanizado para bandeja de piedras
- Piedras de 3 – 4cm de diámetro
- Silicona para vidrio
- Pintura negra esmalte
- Pintura anticorrosivo negro
- Pintura negro pizarra para el colector
- Alambre de fierro galvanizado para bandejas
- Soldadura Indura 14 kilos
- Tiner
- 45 Kg. De pulpa de aguaje.
- Prensa Hidráulica Extractora de Aceite
- Papel aluminio
- Cernidor

- Bandejas
- Cocina semi industrial
- Balanza mecánica.

3.2 METODOS

3.2.1 ETAPA PRELIMINAR.

3.2.1.1 Recopilación y análisis de información

- Se realizaron las averiguaciones respectivas sobre experiencias afines al proyecto de tesis en el tema de desarrollo productivo.

- Se tomo un modelo de secador solar evaluando sus características de diseño adaptables al potencial ambiental local, contrastándolos con los requerimientos para la producción de harina de aguaje (temperatura de 50°C y capacidad de producción).

3.2.1.2 Contratación de parámetros de diseño y métodos para la construcción del secador solar.

- Se recopiló la información sobre los parámetros de diseño para la construcción del Secador Solar (requerimientos de incidencia solar promedio para el modelo, capacidad de transformación de radiación en energía calorífica y acumulación de calor -temperatura- en la cámara de secado) se procedió a contrastarlos con datos de clima local y ubicación geográfica (longitud, latitud, norte real, norte magnético y ángulo de azimut) realizando las adaptaciones del modelo para la deshidratación de la pulpa de aguaje.

3.2.1.3 Construcción de un secador solar

- Se procedió a la construcción de un Secador Solar para las evaluaciones de capacidad y eficiencia; siguiendo los lineamientos estipulados en el manual de construcción de secadores por convección según las normas técnicas del ITINTEC ahora INDECOPI.

3.2.2 ETAPA DE CAMPO

3.2.2.1 Reconocimiento y delimitación del área para instalación del equipo.

- El Instituto de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible de la Facultad de Ecología (IGADS) cuenta con un área dentro del terreno urbano de la Facultad destinado al proyecto “Valoración Ecológica y Económica del Aguaje (*Mauritia flexuosa*) como Cultivo Alternativo de Agro negocios en la Cuenca del Río Mayo – San Martín” al que pertenece el presente proyecto de tesis. Por lo cual se dispondrá de un área para la instalación del Secador Solar para los análisis de humedad y tiempo de secado respectivos

- Se instalará el Secador Solar según las especificaciones técnicas de orientación latitudinal y longitudinal, norte real, y ángulo de azimut recomendados para una captación óptima de la radiación solar en el colector.

3.2.2.2 Deshidratado: Estimación de tiempo y calor requerido para la deshidratación de la pulpa de aguaje.

- Se verificará la temperatura promedio a la que funciona el Secador Solar haciendo uso del termómetro, regulando los flujos de aire caliente que ingresa a la cámara de secado a través de los reguladores de entrada y salida de aire durante el periodo de exposición diurna.

- El insumo para el secado es la pulpa del fruto del Aguaje (masa experimental).

3.2.2.3 Diseño experimental:

-Teniendo en cuenta que el secador solar posee una cámara de secado de distribución homogénea de calor, nos encontramos ante un Sistema Controlado, debido a que las condiciones ambientales en el interior serán iguales para toda masa experimental.

-El tamaño de muestras para los tratamientos serán distribuidos de la siguiente manera:

- Tratamiento 1: 20gr. (T1)
- Tratamiento 2: 40gr. (T2)
- Tratamiento 3: 60gr. (T3)
- Tratamiento 4: 80gr. (T4)
- Tratamiento 5: 100gr. (T5)
- Tratamiento 6: 120gr. (T6)

Donde T_n = Tratamiento

- Obteniendo un total en peso requerido como se indica en el cuadro 02

CUADRO N° 02 Peso de los tratamientos

Peso en gramos	Universo muestral	Peso requerido por Tratamiento
120	18	2.160 Kg.
100	18	1.800 Kg.
80	18	1.440 Kg.
60	18	1.080 Kg.
40	18	0.720 Kg.
20	18	0.360 Kg.
	Total	7.560 Kg.

Número de repeticiones: 6

Peso de suma de tratamientos: 6 x 7.560Kg

Total: 45.360kg

3.2.2.3.1 Distribución de Bloques dentro de la cámara de secado:

- La cámara de secado cuenta con 6 pisos o niveles para la disposición de las bandejas con la masa muestral. Estas se alternarán de posición para verificar la eficiencia de distribución de calor así como para realizar la experimentación de tiempo requerido por los tratamientos para llegar a la unidad deseada (12% de humedad recomendada).

CUADRO N° 03: Distribución de tratamientos por bloque

BLOQUE n	
T1: 20gr.	Piso 6
T2: 40gr.	Piso 5
T3: 60gr.	Piso 4
T4: 80gr.	Piso 3
T5: 100gr.	Piso 2
T6: 120gr.	Piso 1

- Cada Bloque representa una experimentación consecutiva haciendo uso de la cámara de secado, por lo que se tendrá en cuenta las condiciones climáticas externas de incidencia de radiación/ horas x Día, y que los tratamientos se ubiquen en cada uno de los pisos de la cámara.
- Diseño de Bloques:

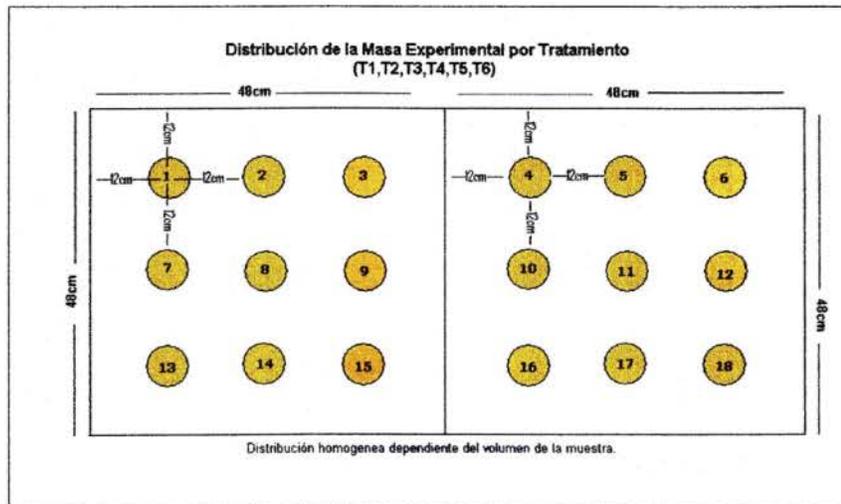
CUADRO N° 04 Diseño de bloques

BLOQUE1	BLOQUE2	BLOQUE3	BLOQUE4	BLOQUE5	BLOQUE6
T1: 20gr.	T6: 120gr	T5: 100gr.	T4: 80gr.	T3: 60gr.	T2: 40gr.
T2: 40gr.	T1: 20gr.	T6: 120gr	T5: 100gr	T4: 80gr.	T3: 60gr.
T3: 60gr.	T2: 40gr..	T1: 20gr.	T6: 20gr.	T5: 100gr	T4: 80gr.
T4: 80gr.	T3: 60gr.	T2: 40gr.	T1: 20gr.	T6: 120gr	T5: 100gr
T5: 100gr.	T4: 80gr.	T3: 60gr.	T2: 40gr..	T1: 20gr.	T6: 120gr
T6: 120gr.	T5: 100gr	T4: 80gr.	T3: 60gr.	T2: 40gr..	T1: 20gr.

3.2.2.3.2 Universo experimental:

La distribución de la masa experimental por peso y tratamiento estará en principio dependiente del volumen de la muestra homogenizando todos los parámetros (distancia, efecto vecinal, efecto de borde) antes de iniciar su colocación en la cámara de secado. La distribución espacial por tratamiento se llevará a cabo de la siguiente manera:

Figura 03: Distribución de la masa experimental por tratamiento

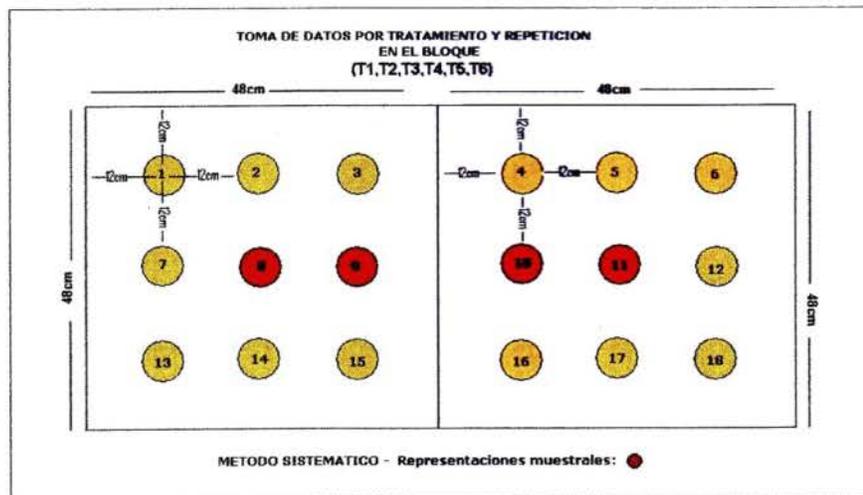


Elaboración: Fuente Propia

3.2.2.3.3 Toma de datos:

- Tamaño de muestra: 4 por tratamiento.
- Área de muestreo: T1, T2, T3, T4, T5, T6 – POR BLOQUE

Figura 04: Distribución de la masa experimental por tratamiento



Elaboración: Fuente Propia

- Se realizará la determinación de la humedad haciendo mediciones de peso sobre los porcentajes de humedad inicial y final con muestras representativas en el Analizador de Humedad MA45 Sartorius Moisture Analyzer.

- Las muestras serán evaluadas cada día a las 10:00 y 16:00 horas para la toma de datos.

- Una vez obtenidos los valores recomendados de 12% de humedad para la pulpa de aguaje será molida y transformada en harina, se harán las comparaciones de tiempo requerido por tratamiento

- El producto obtenido será derivado al encargado del Proyecto “Valoración Ecológica y Económica del Aguaje (*Mauritia flexuosa*) como Cultivo Alternativo de Agronegocios en la Cuenca del Río Mayo – San Martín”.

3.2.2.4 Determinar las ventajas comparativas en términos económicos del aprovechamiento de energía solar en la obtención de harina de aguaje

- Los datos obtenidos serán contrastados con un análisis de costo beneficio para obtener la utilidad óptima del método Así mismo se realizará un cuadro de contrastación climática.

3.2.2.5 Análisis e interpretación de resultados.

- Se realizará el análisis de varianza ANVA para obtener resultados y conclusiones para validar o contrarrestar la hipótesis.

IV. RESULTADOS

4.1 Construcción de un secador solar

En el mes de noviembre del año 2006, se realizó la construcción del secador solar, en conformidad a los objetivos establecidos en el proyecto de tesis. Ver Anexo N° 08

Se optó por un secador de flujo de aire por convección forzada, debido a que el producto deseado del Aguaje (harina) requiere de flujo de calor indirecto para su deshidratación y así llegar a la humedad requerida, evitando de esta manera la radiación directa, teniendo en cuenta que este tipo de radiación desnaturaliza el betacaroteno que se encuentra en la pulpa del aguaje.

Nuestro modelo de secador cuenta con especificaciones técnicas según la latitud y longitud determinando el ángulo de azimut requerido para tener una mayor capacidad de captación de radiación solar, que luego se transforma en energía térmica; el calor es conducido a través del túnel de aire que se encuentra en la cámara de captación (colector) hacia el horno o cámara de secado, al elevarse la temperatura en el horno se produce la deshidratación de la pulpa del fruto del aguaje para luego obtener la harina de aguaje con valores de humedad de 11% y 12%.

La temperatura en la cámara de secado es regulada por el dispositivo de salida de aire, este se encuentra ubicado en la chimenea del horno, lo que permite obtener una temperatura que fluctúa entre los 27 y 50°C, cabe recalcar que la pulpa del aguaje debe mantener sus características naturales, esto se logra evitando su sometimiento a temperaturas mayores a los 60°C y así conseguir su transformación en harina de aguaje. Por tanto los niveles de temperatura óptimas para el secado es aquel que no sobrepase los 60° C.



Gráfico N° 03: Secador solar Facultad de Ecología.

4.1.1 Especificaciones técnicas:

El modelo optado describe un secador solar ITINTEC de flujo de aire libre (convección forzada), que alcanza temperaturas superiores a los 50°C dependiendo del lugar y época del año, y no genera gastos por consumo de energía como ocurre con los secadores convencionales que funcionan con electricidad, gas, kerosén, etc. Ya que utiliza exclusivamente la energía solar, los costos de su construcción e instalación son bastante bajos y los gastos de mantenimiento y operación son mínimos. Posee una vida útil de aproximadamente 10 años.

Consta de las siguientes partes:

4.1.1.1 El colector:

Es una caja térmica en donde el aire se calienta por la captación de la radiación solar. Esta constituido por dos placa metálicas entre las cuales fluye el aire. Tiene una cubierta de vidrio que deja pasar la radiación pero no la deja salir. La pintura negro mate de la placa superior permite absorber toda la radiación solar y no emitirlas; por lo tanto el calor se transfiere por la

otra cara de la plancha hacia el aire de secado. El aire calentado se dirige hacia la cámara de secado donde se encuentran los alimentos. Todo esto dentro de una estructura de metálica y material aislante, diseñado para atrapar la mayor cantidad de energía solar con un mínimo de pérdidas.

4.1.1.2 La cámara de secado:

Es una caja metálica diseñada para aprovechar al máximo el aire debidamente calentado en el colector (temperatura alta y humedad relativamente baja) consiguiéndose una distribución uniforme en toda la caja, en ella ocurre el secado del alimento y permite que el aire esté lo más saturado posible. Sin embargo, la obtención de un producto de buena calidad obedece a una cuidadosa técnica de selección, procesamiento y empaque; operaciones que son anteriores o posteriores al secado ya que este por si solo no es suficiente para garantizar una buena conservación del alimento.

4.1.1.3 Contrastación de parámetros de diseño y métodos para la construcción del secador solar.

La plataforma del colector solar cuenta con un área de 2 metros cuadrados, por tanto la captación de energía esperada a obtener por promedio según los datos meteorológicos son de:

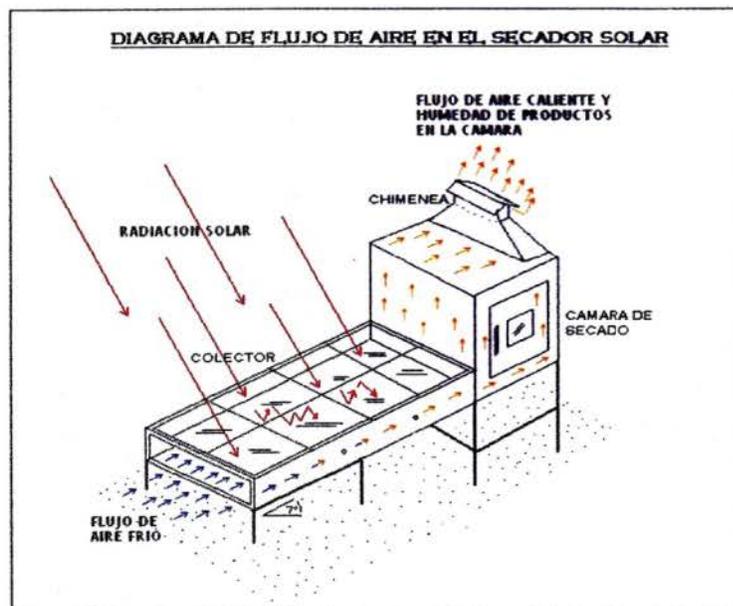
- 8.0 – 9.0 Kw.h/m² para el mes de Febrero
- 10.0 - 11.0 Kw.h/m² para el mes de Mayo
- 9.0 – 10.0 Kw.h/m² para el mes de Agosto
- 11.0 – 12.0 Kw.h/m² para el mes de Noviembre

Esta cantidad de radiación que actúa sobre el colector es absorbida por el panel (capa oscura) creándose un mini efecto de invernadero, al captarse la radiación incidente ésta se transforma en calor en la plancha negra, las

variaciones de calor creado diferirá según las horas de incidencia solar diaria (variaciones climáticas de nubosidad) sobre el panel colector.

El calor generado por el panel colector es transferido a la corriente de aire frío que ingresa al túnel ubicado bajo las capa oscura del panel elevándose así su temperatura, la que alcanza valores promedio de 40° y 50° C y cuyas variaciones responden al grado de incidencia solar diaria sobre el panel, el aire caliente ingresa a la cámara de secado (en donde se encuentra el producto a secar) por convección forzada, las corrientes de aire convectivo en el interior de la cámara absorben la humedad del producto y se logra el secado del mismo.

Figura N° 05: Diagrama de flujo del aire.



Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Pautas para la instalación

- g) Para instalar el equipo se debe buscar un lugar despejado de edificios, montañas, árboles, etc. A fin de evitar que las sombras se proyecten en el aparato.

- h) No instalar en lugar donde el aire del ambiente sea húmedo (cerca de lagos o ríos), por que la eficiencia del aparato disminuirá.
- i) El suelo donde se piensa instalar el secador debe estar libre de vegetación, en lo posible que sea asfaltado, o en todo caso cubierto con cascajo para ayudar e calentar el aire.

4.1.1.5 La Instalación del equipo

- En atención a las pautas previamente mencionadas y luego de los permisos respectivos, se procedió a la instalación del secador solar en el segundo piso del pabellón de aulas (área libre para construcción futura) ubicado frente a la cancha deportiva de la facultad.
- El colector deberá tener una inclinación igual a la latitud del lugar para que la incidencia de radiación sea perpendicular al colector y una dirección norte- sur con el colector hacia el norte. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud.
- Se procedió a la instalación del Secador Solar según las especificaciones técnicas de orientación latitudinal y longitudinal, norte-sur magnético, y ángulo de azimut recomendados para una captación óptima de la radiación solar en el colector según sigue:
 - g) Orientación longitudinal: norte – sur magnético con la inclinación del colector hacia el norte.
 - h) Orientación latitudinal: “7° para San Martín”
 - i) Azimut: igual a la latitud del lugar

4.2 Acumulación de calor –temperatura- en la cámara de secado

Se realizó las mediciones de temperatura en el interior de la cámara obteniendo las siguientes fluctuaciones:

- a) Para la primera medición se tomó como referencia, día despejado de poca presencia de nubes (verano – julio)

CUADRO N° 05 Mediciones de Temperatura (1)

HORA	TEMPERATURA
8:00 HR:	36°C
10:00 HR:	42°C
12:00 HR:	47°C
14:00 HR:	50°C
16:00 HR:	45°C
18:00 HR:	37°C
Con una media de 42.83°C	

Fuente: Elaboración propia

- b) Para la segunda medición se tomó como referencia día nublado (verano – julio)

CUADRO N° 06 Mediciones de Temperatura (2)

HORA	TEMPERATURA
8:00 HR:	27°C
10:00 HR:	35°C
12:00 HR:	42°C
14:00 HR:	40°C
16:00 HR:	39°C
18:00 HR:	33°C
Con una media de 36°C	

Fuente: Elaboración propia

Estos datos fueron tomados como valores promedio para días con estas características climáticas, con la finalidad de permitir el cálculo sobre la capacidad de trabajo del horno por estimación visual del clima diario, y según esto realice a su vez la estimación del tiempo que tomará realizar el deshidratado del producto dependiendo de la cantidad de humedad de la muestra a secar. La temperatura más alta alcanzada en el interior de la cámara es de 50°C, a las 14:00 horas para un día despejado..

4.3 Deshidratado: Estimación de tiempo y calor requerido para la deshidratación de la pulpa de aguaje.

Previamente al proceso de secado en el horno para la toma de datos correspondientes se introdujo la masa experimental para cada tratamiento en la prensa hidráulica extractora de aceite la misma que posee una capacidad de prensado de 10 000 Libras/m² (25 TN/m².) con la finalidad de extraer el agua y parte del aceite que posee la pulpa. Se aplicó una presión de 6 000 Libras/m², a la masa inicial para lo que se utilizó 10.00 kilogramos de pulpa fresca con 65.5% de humedad y una temperatura de 60°C (si se somete a mayor temperatura se desnaturalizan las propiedades del fruto) obteniendo una masa experimental con una humedad promedio de 50.47% y un peso de 8.500 kilogramos.

Esta nueva masa se racionó para cada tratamiento según lo estipulado en el proceso experimental en muestras de 120gr para T6, 100gr para T5, 80gr para T4, 60gr, para T3, 40gr para T2, y 20gr para T1.



**Gráfico N° 04: Prensa Hidráulica especial para
Aguaje de la Facultad de Ecología**

Nota: Se podría suponer que la capacidad de prensado del equipo hidráulico bastaría para realizar la extracción de toda el agua y aceite presente en la pulpa, pero las características naturales del fruto y su densidad evitan que esto suceda en esta parte del proceso.

Luego de colocar las muestras en el secador solar, se procedió a la toma de datos: hora de inicio del secado (10:00 AM para cada bloque), temperatura en la cámara de secado, y finalmente la humedad de las muestras haciendo uso del analizador de humedad Sartorius Moisture Analyzer MA45 siguiendo las pautas estipuladas en el proyecto de tesis, realizando dos tomas de datos de la humedad de la pulpa. La primera a las 4:00 PM y la segunda a las 10:00 AM del día siguiente, repitiendo el proceso de toma de datos en cada uno de los 6 bloques (repeticiones), así como de la temperatura del secador al momento de poner las muestras y luego en el momento de la toma de datos para cada bloque y tratamiento.



Gráfico N° 05 Distribución de las muestras en la cámara de secado.

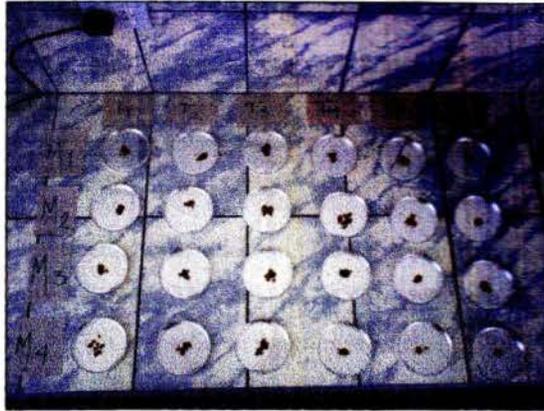


Gráfico N° 06: Distribución de las muestras para su medición en el Analizador de humedad MA45

Se tomaron las muestras representativas de cada uno de los 6 tratamientos (4 muestras) y luego se repitió el mismo proceso por bloque, se realizó el análisis de humedad con un peso de 1gr por muestra en el Analizador Sartorius, teniendo especial cuidado en tomar muestras de la parte interna de la masa en cada plato (papel aluminio) distribuido en el horno para evitar el error del efecto de borde y la no homogeneidad accidental de distribución, disponiendo su ubicación como se aprecia en el Gráfico N°05 así mismo se realizó la toma de datos en ese orden para las evaluaciones estadísticas del proceso.

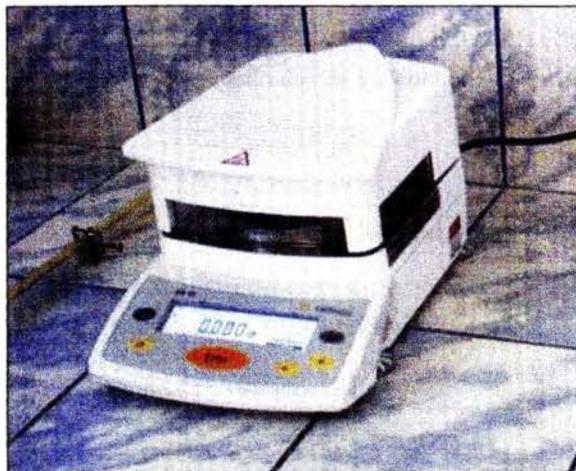


Gráfico N° 07: Analizador de Humedad Sartorius MA45

- Se tuvo un total de 24 muestras por cada bloque, con un promedio de tiempo de análisis en el analizador de 10 minutos por muestra. (Ver Anexo N° 01)
- Los datos de humedad obtenidos se sistematizaron realizando la prueba de Análisis de Varianza ANVA y luego con la prueba de Tukey para corroborar el ANVA. (Prueba de rango múltiple).

4.4 Análisis de Varianza ANVA de un factor para un diseño Aleatorizado por bloques para la primera toma de datos.

Se realizó el cálculo según las formulas siguientes:

$$C = T^2/r \times k$$

Cuadrado

$$SCT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^r x_{ij}^2 - C$$

Suma de cuadrados totales

$$SCC = 1/r \sum_{i=1}^k t_i^2 - C$$

Suma de cuadrados de las columnas

$$SCF = 1/k \sum_{j=1}^r t_j^2 - C$$

Suma de cuadrados de las filas

$$SCE = SCT - (SCC+SCF)$$

Suma de cuadrados del error

Fuente: Córdoba (5)

CUADRO N 07 Tabla de Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Calculada
Humedad	SCC	k-1	CMC=SCC/ k-1	$F_c = \frac{CMC}{CME}$
Bloques	SCF	r-1	CMF = SCF/ r-1	$F_t = \frac{CMF}{CME}$
Error	SCE	(r-1)(k-1)	CME=SCE/(r-1)(k-1)	
Total	SCT	rk-1		

Fuente: Córdoba (5)

Luego

a) Hipótesis: $H_0 = 0, i = \emptyset$

$H_1 =$ Por lo menos una de los α no es 0

b) Nivel de Significación $\alpha = 0.01 - 99\%$

c) Estadística: $F_c = CMC/CME \sim F(r-1) \times (k-1)$, con $k = 6$ $r = 6$

d) Región Crítica = $(k-1)(r-1) = 5 \times 5 = 25$

e) F tabulado= 4.10

f) Cálculos:

CUADRO N° 08 Medias de tratamientos por Bloques (01)

MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE PARA PRIMERA TOMA DE DATOS								
BLOQUES	TRATAMIENTOS						TOTAL DE BLOQUES	MEDIAS DE BLOQUES
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
I	22.4	27.75	20.44	30.83	34.92	20.93	157.27	26.21
II	22.4	23.82	25.69	23.4	23.02	30.28	148.61	24.76
III	35.81	25.63	26.77	31.8	29.99	25.48	175.48	29.24
IV	31.85	41.82	37.28	32.65	30.8	31.89	206.29	34.38
V	40.27	40.3	32.69	38.83	39.9	35.21	227.2	37.86
VI	41.6	36.96	40.6	42.57	36.31	30.2	228.24	38.04
TOTAL	194.33	196.28	183.47	200.08	194.94	173.99	1143.09	
Ni	6	6	6	6	6	6	36	
Medias de medias de los tratamientos	32.38	32.71	30.57	33.34	32.49	28.99		31.75

$$\begin{aligned}
 C &= T^2/rk = 36295.96 \\
 SCT &= 238.09 \\
 SCC &= 80.26 \\
 SCF &= 1017.52 \\
 SCE &= 469.39
 \end{aligned}$$

CUADRO N° 09 ANVA 1ra toma de datos

TABLA DE ANVA (medias totales primera tomas de datos)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Cálculada	F Tabulado
Humedad	80.26	5	16.05	0.85	4.1
Bloques	1017.52	5	203.50	10.84	
Error	469.39	25	18.78		
Total	1567.17	35			

g) Se acepta la hipótesis nula debido a que el F tabulado es mayor que el F calculado para las columnas y los bloques.

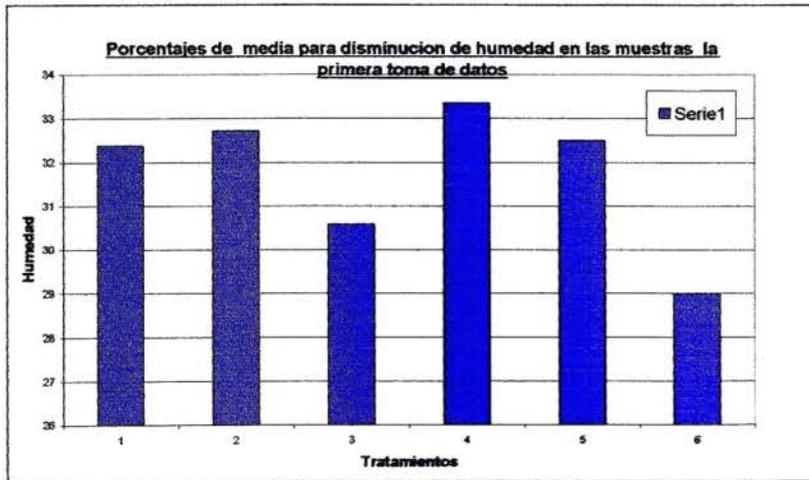


Gráfico N° 08: Porcentajes de media de humedades de los tratamientos

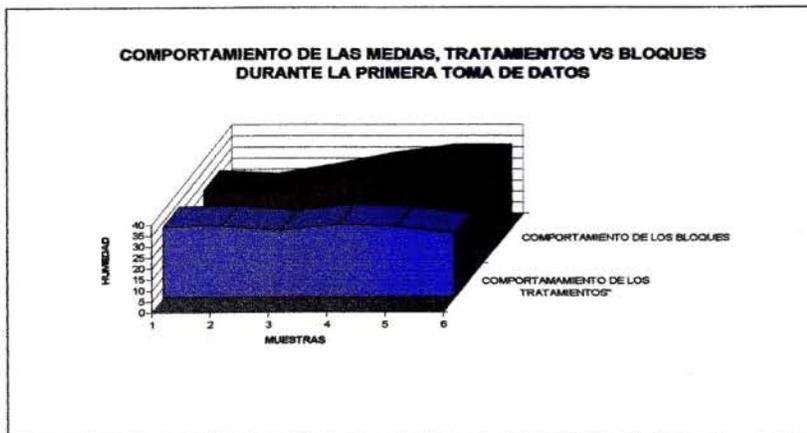


Gráfico N° 09: Comportamiento de tratamientos y bloques en 1ra medición.

4.5 Cálculo del Análisis de Varianza ANVA de un factor para diseño Aleatorizado por bloques para la segunda toma de datos.

a) Hipótesis: $H_0 = 0, i = \emptyset$

$H_1 =$ Por lo menos una de los α no es 0

b) Nivel de Significación $\alpha = 0.01 - 99\%$

c) Estadística: $F_c = CMC/CME \sim F(r-1) \times (k-1)$, con $k = 6$ $r = 6$

d) Región Crítica = $(k-1)(r-1) = 5 \times 5 = 25$

e) F tabulado = 4.10

f) Cálculos:

CUADRO N° 10 Medias de tratamientos por Bloques (02)

MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE PARA SEGUNDA TOMA DE DATOS								
BLOQUES	TRATAMIENTOS						TOTAL DE BLOQUES	MEDIAS DE BLOQUES
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
I	21.02	21.68	16.86	23.71	24.57	6.67	114.51	19.08
II	33.91	13.89	14.98	14.51	13.96	18.99	110.24	18.37
III	23.5	14.44	16.71	15.58	17.37	10.23	97.83	16.3
IV	12.4	17.42	16.43	14.58	13.88	14.69	89.4	14.9
V	15.26	12.76	12.65	14.51	14.24	14.57	83.99	13.99
VI	13.51	12.32	11.75	12.42	11.74	11.03	72.77	12.12
TOTAL	119.6	92.51	89.38	95.31	95.76	76.18	568.74	
Ni	6	6	6	6	6	6	36	
Medias de medias de los tratamientos	19.93	15.41	14.89	15.88	15.96	12.69		15.79

g) Valores de los cuadrados

$$\begin{aligned}
 C &= T^2/rk && 8985.14 \\
 SCT &= && 859.28 \\
 SCC &= && 186.26 \\
 SCF &= && 211.23 \\
 SCE &= && 481.79
 \end{aligned}$$

CUADRO N° 11 ANVA 2da toma de datos

TABLA DE ANVA (medias totales segunda tomas de datos)					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Calculada	F Tabulado
Humedad	166.26	5	33.25	1.73	4.1
Bloques	211.23	5	42.25	2.19	
Error	481.79	25	19.27		
Total	859.28	35			

h) Se acepta la hipótesis nula debido a que el F tabulado es mayor que el F calculado para las columnas y los bloques.

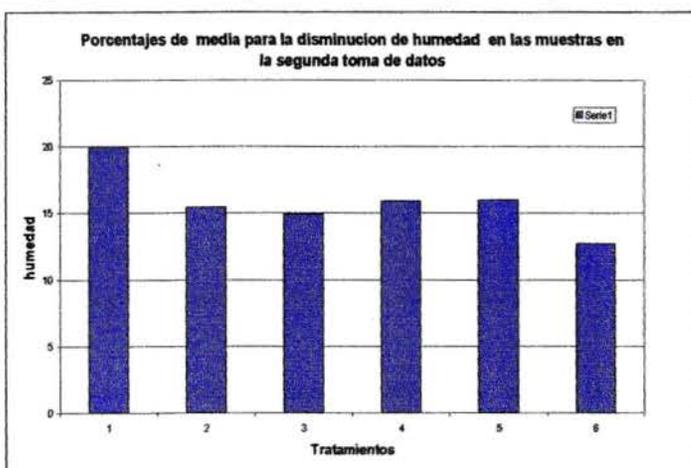


Gráfico N° 10: Porcentajes de media de H° de los tratamientos

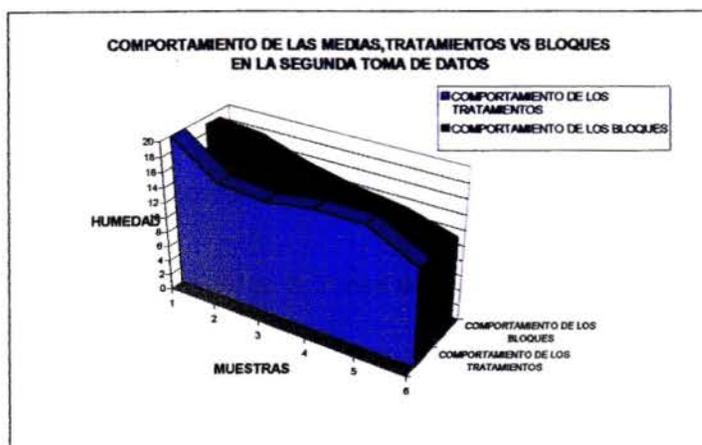


Gráfico N° 11: Comportamiento de medias de tratamientos y bloques en 2da medición

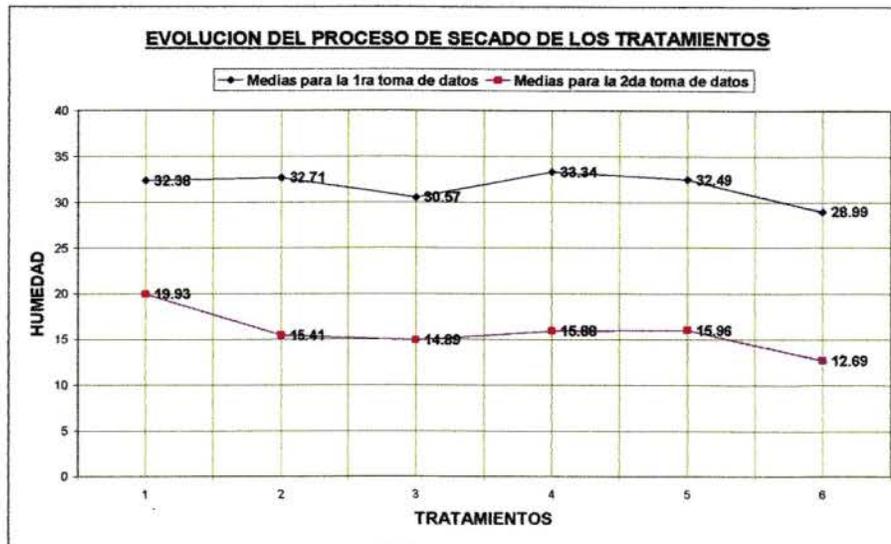


Gráfico N° 12: Evolución de las medias de los tratamientos en la primera y segunda toma de datos. (50% H° inicial)

4.6 Determinar las ventajas comparativas a nivel económico del aprovechamiento de energía solar en la obtención de harina de aguaje haciendo uso del secador solar

Las ventajas comparativas a nivel económico se realizaron a través de una análisis de costo beneficio para determinar la optimización del uso del secador solar. Previamente se realizaron los cálculos dentro del proceso.

4.6.1 Proceso de obtención de la Harina de Aguaje

El proceso de obtención de la Harina de Aguaje consta de los siguientes pasos:

- a) Despulpado del fruto maduro
- b) Calentado de la masa a 50 – 60°C en baño Maria hasta homogenizarla.
- c) **Preparar material para prensado:** Colocar la tela poliseda de manera doble recubriendo el interior del filtro.

- d) Introducir la masa caliente en el interior de la tela ubicada en el filtro de prensado, llevar a la prensa.
- e) **Primer prensado** de la masa para la extracción de agua y aceite (con la finalidad de acelerar el proceso de secado) según la capacidad de la prensa. Realizar esta fase de manera progresiva en la prensa subiendo de a pocos la presión hasta las 6 000libras/m².
- f) Extraer la masa del filtro.
- g) Distribuir la masa con pesos iguales sobre el papel aluminio (13cm²) de manera que quede expandida de manera uniforme en casi la totalidad del papel para colocarlos en el horno.



Figura N° 06, Distribución de masa.

- h) Deshidratado en el Secador Solar.
- i) Extraer la masa seca del horno y llevarla para molienda y prensado.



Gráfico N° 13: Masa seca lista para molienda

- j) **Primer molido** de la masa seca. (molino de mano): Graduar el molino de tal manera que no se produzca obstrucción del proceso (debe estar calibrado al mínimo de molienda es decir partículas tipo arena de río 0.05mm de diámetro), esto debido a que la masa contiene alto contenido de aceite y al ser molido en partículas finas se obtiene una masa aceitosa y de difícil manejo, además de perder gran parte del material.



Gráfico N° 14: Moledora manual y pulpa seca

- k) **Segundo prensado:** la masa seca y molida se ingresa a nuevo prensado para extraer el aceite, realizar el prensado progresivamente hasta las 6 000 libras/m² de presión (no poner mas de 300 gramos en el filtro de prensado en esta parte del proceso debido a que la masa seca prensada puede atorarse en el fondo del filtro siendo difícil de sacar, (y no se desea pérdidas de material). La cantidad de aceite para un kilo de masa seca es de 250mm aproximadamente, esta condición dependerá de la calidad del fruto. Repetir hasta utilizar toda la masa.
- l) **Segundo molido:** se extrae la torta de la prensa, romperla y someterla a la molienda. En este paso se somete a una molienda fina sin problemas. (repetir las veces que sea necesario).

- m) Proceder al cernido de la Harina para desechar las partículas demasiado grandes o someterlas a nueva molienda (repetir proceso) así como de algunas impurezas como cascarillas que accidentalmente puede haber entrado al proceso.
- n) **Medición de la humedad:** en esta parte del proceso, es usual obtener la humedad entre 11% y 12% que es lo óptimo recomendado.
- o) Embolsado, y almacenado.

4.6.2 Balance del rendimiento en peso de la pulpa sometida al proceso.

Figura 07, Diagrama de flujo para obtención de la harina de Aguaje



Elaboración: Fuente Propia

Nota: Se realizó el cálculo de obtención de harina y aceite por kilogramo de masa seca (Segundo Prensado), obteniendo un promedio de 3.040Kg de Harina y 200ml de aceite.

4.6.3 Cálculo de producción por tratamiento según la capacidad efectiva contenida en el secador solar.

Se realizó el cálculo de uso del secador solar en su totalidad por cada tratamiento con los siguientes resultados:

Peso de tratamiento x área de distribución por piso = Masa por piso

Masa por piso x número de pisos = Masa total (En Kg.)

Donde:

18 = área de distribución por piso

Número de platos de aluminio (papel aluminio).

6 = número de pisos disponible en el secador.

➤ **Tratamiento N° 1 de 120gr**

$$0.120\text{Kg} \times 18 = 2.160\text{Kg}$$

$$2.160\text{Kg} \times 6 = 12.96\text{Kg}$$

➤ **Tratamiento N° 2 de 100gr = 10.80Kg**

➤ **Tratamiento N° 3 de 80gr = 8.640Kg**

➤ **Tratamiento N° 4 de 60gr = 6.480Kg**

➤ **Tratamiento N° 5 de 40gr = 4.320Kg**

➤ **Tratamiento N° 6 de 20gr = 2.160Kg**

4.6.4 Costo por unidad producida (resultados de análisis económico)

Para realizar el cálculo económico se tuvo en cuenta el resultado del análisis estadístico el cual indica que no existe diferencia relevante o significativa entre los tratamientos, por tanto se opta por escoger uno de los tratamientos que represente en masa y peso un mayor aprovechamiento del equipo de secado, por este motivo utilizamos el tratamiento de 100gr, por considerarlo de comportamiento mas óptimo según el gráfico de evolución del secado.

Teniendo en cuenta estos aspectos se realizó la estimación de los costos unitarios, los cuales se encuentran en función a 200Kg. de pulpa fresca, con lo que se espera obtener 55kg de harina y 20lt de Aceite de Aguaje equivalente a 27kg. (Ver Anexo N° 04) con los cuales se obtuvieron los siguientes costos de producción:

CUADRO N° 15: Costo unidad producida /Kg.

Costo Unidad Producida (1Kg)	C.O.K (30%)
Harina	S/. 23.26
Aceite	S/. 23.26

4.6.5 Análisis de Beneficio/Costo

Los índices de rentabilidad del Proyecto se muestran en el Cuadro N° 12 evaluación económica (Cálculos Anexo04)

CUADRO N° 16: Evaluación Económica

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Costo de oportunidad (C.O.K)	30%
Valor Actual	S/. 76,986.8
Valor Actual Neto Económico (VANE)	S/. 9,491.8
Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE)	47%
Beneficio – Costo (B/C)	8.1
Periodo de Recupero	3.78

4.6.6 Valor Actual Neto Económico (VANE)

El VANE = S/. 9,491.8 indica que el proyecto es aceptable. El mismo genera resultados netos de S/. 76,986.8 al final del proyecto con lo que se recupera la inversión inicial de S/.20,863.0 y encima se tiene una ganancia neta de S/. 56,123.8 a valores del periodo cero (Año presente).

4.6.7 Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE)

$TIR = 47\% > 30\%$ (Costo de oportunidad) Lo cual indica que el rendimiento del proyecto es mayor en 17% de lo esperado durante la inversión, por lo que el proyecto es viable.

4.6.7.1 Relación Beneficio – Costo (B/C).-

$B/C = 8.1 > 1$ lo cual nuevamente indica que el proyecto es económicamente rentable.

4.6.7.2 Período de Recuperación

El periodo del recuperación del proyecto se da entre el tercer y cuarto año de de operación del proyecto.

4.6.8 Contratación con los datos meteorológicos:

El cuadro N° 13 presenta medias de las fluctuaciones climáticas anuales, contrastándolas con las temporadas de cosecha del Aguaje, el comportamiento medio anual es simil en promedio, por lo que el uso efectivo del equipo Secador Solar puede desarrollarse durante todo el año sin mayor problema.

CUADRO N° 17 Contratación Meteorológica/temporada cosecha

Temporada de cosecha del Aguaje	Baja		Alta	
	Septiembre	Febrero	Marzo	Agosto
Meses	Septiembre	Febrero	Marzo	Agosto
Energía solar incidente Diaria	5.5 – 6.0 Kw. h / m ²	4.0 – 4.5 Kw. h / m ²	5.0 – 5.5 Kw. h / m ²	4.5 – 5.0 Kw. h / m ²
Precipitación (nubosidad Pte.)	75mm/mes	115mm/mes	115mm/mes	65mm/mes
Humedad Relativa	81%	86%	86%	81%
Viento (dirección)	Este - Oeste	Oeste - Este	Oeste - Este	Este - Oeste
Temperatura	21.9°C – 23.4°C	22.15°C - 24°C	22.15°C - 24°C	21.9°C – 23.4°C
Unidad Climática.	Bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PT).			

V. DISCUSION DE RESULTADOS

- Se realizó el Análisis de Varianza de ambos datos muestrales con la finalidad de observar el comportamiento de los tratamientos durante el tiempo de secado.
- Al realizar el análisis de varianza (ANVA) para definir el tratamiento óptimo, se obtuvo como resultado que la hipótesis estadística es nula en ambos casos del proceso (primera y segunda medición), debido a que la comparación del f calculado (f_c) tiene un valor inferior al f tabulado (f_t):

Bajo la premisa: $H_0: \mu_i = \mu_j$
 $H_1: \mu_i \neq \mu_j$

- Para la primera medición se obtuvo: $F_t: 4.1 > F_c 0.85$
Entonces se acepta la hipótesis nula.
- Para la segunda medición se obtuvo: $F_t: 4.1 > F_c 1.09$
Entonces se acepta la hipótesis nula.
- Esta condición determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y la elección de cualquiera de ellos (de los 6 estipulados en la investigación) tendría un cierto grado de factibilidad, debido a que existió un comportamiento casi homogéneo de las muestras en el proceso, como se puede observar en la curva de evolución del proceso de secado.

Bajo esta premisa, y del comportamiento cercano a la homogeneidad durante el proceso de secado de los tratamientos (no significativo entre ellos) se decide definir el "más óptimo" según el valor de la media relevante de los 6 tratamientos, es decir la más cercana al valor porcentual de humedad requerida para la Harina de Aguaje, de 12% de humedad.

- En principio se propuso utilizar El Test de Comparaciones Múltiples de Tukey, y validar así la interpretación del ANVA pero no este cálculo no fue necesario debido a que los valores de F *calculad*, fueron siempre menores que los del F *tabulado*.

- El tratamiento más cercano al valor de humedad óptima esperada (12% de humedad) para la harina de aguaje fue la del tratamiento N° 1 con un valor de 12.69% H^o, teniendo en cuenta que éste tratamiento tuvo un peso de 20gr para los fines experimentales, y el uso de este peso para un proceso productivo sería muy bajo al realizar la cuantificación de capacidad del secador solar en la elaboración de harina, se descarta.
- El siguiente tratamiento más cercano a la humedad óptima esperada (12% H^o) fue el tratamiento N° 4 con un valor de 14.89% H^o, y un peso de 80gr. Al observar el comportamiento en la curva de evolución de secado (comparativamente con los tratamientos vecinos) de este tratamiento podríamos determinar que cuantitativamente (en peso) es más acertado.
- El tratamiento N° 5 alcanzó una humedad de 15.41% H^o y el peso de esta muestra es de 100gr, con una diferencia de 3.41% H^o de lo esperado a alcanzar, este tratamiento optimiza la producción por tanto se realizó el cálculo de producción para determinar la eficiencia del Horno Solar.
- La transformación de pulpa fresca en harina representa el 30.04% de la masa inicial que ingresa al proceso: 10.00Kg de pulpa = 3.040Kg de harina.
- Se debe tomar en cuenta que la harina de aguaje es tan solo uno de los productos de valor agregado que resulta del proceso, por ser motivo de estudio, y con el cual se realizaron los cálculos de producción. De esta manera encontramos también la obtención del aceite de aguaje, resultando un aproximado de 1litro de aceite (de uso alimenticio y farmacología), 15kg de cascarilla (con el que se confeccionan briquetas entre otros), 30kg de semillas de aproximadamente 700 unidades (confección de artesanías). Lo que incrementa el valor agregado final para el uso productivo del fruto de la *Mauritia flexuosa*. **Nota:** cálculo sobre 10kg de pulpa.
- El tamaño promedio del fruto de *Mauritia flexuosa* utilizado fue de 4cm de diámetro medio y 6cm de largo como se aprecia en la figura:

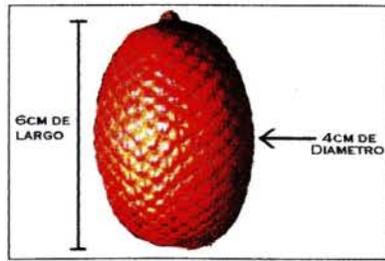


Figura 08: Fruto del Aguaje

- El análisis económico dio resultados positivos en rentabilidad, se observa que el precio puede parecer comparativamente alto respecto a otros precios de harina en el mercado, esto responde a que la evaluación de rentabilidad se encuentra sujeta a los parámetros económicos del proyecto de investigación, en caso de realizarse con fines comerciales hay que optimizar el secado, construyendo mas hornos para lograr una mayor capacidad de deshidratación y así aprovechar mas horas de trabajo del resto del equipo cuantificando su uso y producción.
- La contrastación climática se presenta en términos de promedio con el fin de realizar los cálculos productivos durante el tiempo de cosecha haciendo uso del Secador Solar.

VI. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos indican la viabilidad del uso de Energía Solar como fuente de energía alternativa, empleando una tecnología sencilla, económicamente viable y de mínimo impacto ambiental para la obtención de Harina de Aguaje, teniendo en cuenta el uso alternativo de secadores convencionales cuando las condiciones climáticas se presenten desfavorables en un periodo prolongado de tiempo.
- La energía Solar incidente en la Provincia de Moyobamba sector Uchuclla es aprovechada satisfactoriamente por el equipo de secado (Secador Solar con superficie de colector: $2m^2$), el mismo que cuenta con una capacidad de deshidratado de 10 kilogramos de pulpa de aguaje con humedad inicial de 50% promedio hasta una humedad final de 12%-14%, con fluctuaciones finales de valor óptimo recomendado para la obtención de Harina de Aguaje.
- El tiempo promedio para el deshidratado fue 1 día y medio, lo cual permite optimizar el periodo de secado durante un mes a 20 repeticiones.
- En el proceso productivo para la obtención de harina de aguaje a partir de la pulpa, se obtiene también el Aceite de Aguaje, producto de alto valor agregado, el cual permite optimizar en términos económicos la rentabilidad final.
- La rentabilidad del proyecto estimado según la vida útil del equipo utilizado se encuentra 17% más alto de lo esperado por el Costo de Oportunidad (COK) de 30%. Obteniendo finalmente una utilidad de 47%.
- El Análisis costo beneficio muestra un valor de 8.1 lo que indica que se obtiene más de tres veces el valor de la inversión al final de proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

- Para fines comerciales se debe tener en cuenta la capacidad de todos los equipos de la cadena productiva, realizando por ejemplo la construcción de mayor número de Secadores Solares para optimizar el uso de la prensa hidráulica y obtener una mayor producción de harina y aceite, con esto se logra incrementar los ingresos buscando minimizar los costos y reducir el precio para el mercado.
- La cadena productiva de *Mauritia flexuosa* debe ser tomada de forma integral para optimizar la rentabilidad económica es decir: se debe trabajar desde la etapa agroecológica hasta su comercialización.
- Durante el proceso de transformación en productos de valor agregado del fruto de *Mauritia flexuosa*, no se debe desperdiciar ninguno de los elementos como por ejemplo la cascarilla y las semillas ya que estos pueden ser transformados en otros productos de mayor valor agregado como briquetas, artesanías, entre otros, y así obtendremos mayores ingresos económicos.
- La certificación debe ser el objetivo primordial para lograr un mayor valor agregado, permitiendo su ingreso a mercados internacionales.
- Realizar el estudio de mercado para garantizar la venta de la producción.
- Incentivar a las instituciones públicas y privadas sobre este tipo de tecnologías con el fin de transmitir al poblador rural y urbano información sobre los beneficios del uso de tecnologías limpias en sus procesos productivos, aminorando sus costos e incrementando sus ingresos, y sobre todo para disminuir el impacto del consumo energético tradicional (leña, combustible fósil) y su repercusión en el medio ambiente.
- El secador Solar requiere de diversas pautas de mantenimiento correctivo y preventivo que se mencionan a continuación:

➤ **Mantenimiento preventivo**

⌘ **Para el colector:**

<u>Actividad</u>	<u>Frecuencia</u>
• Limpieza de la cubierta	Semanal (1)
• Cambio de la masilla de los vidrios	Cada 5 meses (2)
• Repintado exterior del colector con esmalte	Cada 18 meses
• Repintado de soportes del sacador con anticorrosivo	Cada 18 meses

⌘ **Para la cámara de secado:**

<u>Actividad</u>	<u>Frecuencia</u>
• Inspección de unión entre cámara y colector	Cada 6 meses
• Limpieza de las bandejas y del interior de la cámara de secado	luego de cada proceso
• Repintado exterior de la cámara con esmalte blanco	Cada 24 meses

- a) Para evitar el deterioro del equipo y en especial de las empaquetaduras, en zonas de constantes lluvias nocturnas se recomienda tener un toldo desplegable de polietileno (plástico corriente) de tal forma que proteja todo el equipo
- b) la masilla depende de las condiciones climáticas de la zona; y si se usa silicona no requiere cambio.

➤ **Mantenimiento correctivo**

- a) Cuando la cámara de secado no llega a la temperatura adecuada estando en buenas condiciones todo el aparato, quiere decir que, las empaquetaduras están defectuosas, por lo cual será necesario cambiarlas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BUNCA. 2002 Manuales sobre energía renovable: Solar Térmica/ Biomass Users Network (). -1 ed. - San José, C.R. pdf.
2. Calzada Benza, 1988 - Métodos Estadísticos para la Investigación, Ed Universidad Nacional de la Molina UNAM. Lima, Perú
3. García A, Pinto JJ, 2002. “Diagnóstico de la demanda del aguaje en Iquitos”, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP
4. J. Banout, P. Ehl, B. Lojka, J. Lojkova y Z. Polesny 2005– LEISA – Revista de Agroecología - Uso de secadores solares para el procesamiento de cultivos en la amazonía peruana
5. Manuel Córdova Zamora 2002. Estadística Inferencial, Aplicaciones 2da Ed. Imp. Moshera S.R.L. Lima.
6. M. Horn; 1994 Situación de las energías nuevas y renovables en el Perú; Memorias del V Simposio Peruano de Energía Solar, pp 101-110; APES, Cajamarca, Perú
7. Raymond A. Serway, Física, Tomo I. Ed. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. México 1999
8. Renzo Piana Iquitos, Perú 2002 Plan de Manejo de los Aguajales Aledaños al caño Parinari.
9. R. Rojas Ruiz, C. F. Salazar. 2001 Industrialización Primaria del Aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.) en Iquitos (PERÚ) Folia Amazónica VOL. OL. 12 (1-2)
10. VILLACHICA, H. (1996). Frutales y Hortalizas Promisorias de la Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica.

Referencias Virtuales

11. <http://www.omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119htm/orosolar.htm>

ANEXOS

ANEXO 01 MEDICIONES REALIZADAS

BLOQUE 1

PORCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 50.89%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM FECHA:27/6/2007
TEMPERATURA EN LA CAMARA 47°C

TOMA DE DATOS N° 1

FECHA: 27/06/2007 HORA:4.00PM TEMPERATURA EN
CAMARA: 40°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
M1	28.87	40.89	26.46	21.33	35.43	24.3
M2	21.82	34.17	44.51	13.32	30.48	24.72
M3	27.15	33.84	39.15	29.17	24.91	25.86
M4	5.88	30.79	13.27	17.97	20.21	14.74

TOMA DE DATOS N° 2

FECHA: 28/06/2007 HORA:10:00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 45°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
M1	13.82	35.51	20.32	19.37	21.1	22.78
M2	4.79	26.77	31.37	16.98	24.46	18.61
M3	6.72	12.25	33.61	13.36	24.32	11.02
M4	4.35	23.77	9.54	17.73	16.87	13.67

BLOQUE 2

PROCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS (2DA REPETICION)

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 50.81%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM FECHA: 30/06/2007
TEMPERATURA EN LA CAMARA 40°C

TOMA DE DATOS N° 1

FECHA: 30/07/2007 HORA: 4.00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 40°C

		TRATAMIENTOS					
		T6	T1	T2	T3	T4	T5
MUESTRA	M1	44.84	32.88	27.09	28.97	26.19	20.47
	M2	50.13	24.22	26.16	20.84	23.48	33.8
	M3	50.69	39.35	19.84	23.6	29.78	25.25
	M4	45.15	24.67	18.99	20.17	23.32	15.79

TOMA DE DATOS N° 2

FECHA: 01/07/2007 HORA: 10:00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 42°C

		TRATAMIENTOS					
		T6	T1	T2	T3	T4	T5
MUESTRA	M1	40.51	11.26	18.32	16.65	14.26	13.26
	M2	35.43	15.06	15.24	17.36	19.25	16.58
	M3	23.89	33.3	12.03	13.59	13.54	17.43
	M4	35.82	16.37	10.25	10.46	12.85	8.27

BLOQUE 3

PROCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS (3RA REPETICION)

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 48.23%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM
FECHA: 02/07/2007 TEMPERATURA EN LA CAMARA
43°C

TOMA DE DATOS N° 1

FECHA: 02/07/2007 HORA: 4:00PM TEMPERATURA EN
CAMARA: 40°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T5	T6	T1	T2	T3	T4
M1	31.26	40.25	24.86	34.27	33.24	30.21
M2	26.48	38.57	27.95	32.46	37.25	29.47
M3	24.57	35.21	24	28.35	30.25	20.46
M4	20.22	29.24	25.12	24.89	26.48	26.94

TOMA DE DATOS N° 2

FECHA: 03/07/2007 HORA: 10:00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 45°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T5	T6	T1	T2	T3	T4
M1	16.56	29.68	12.54	16.24	18.35	27.59
M2	10.25	20.34	10.79	22.63	16.54	16.27
M3	18.67	25.31	9.35	16.4	14.2	12.46
M4	12.31	18.67	8.25	14.24	13.24	10.52

BLOQUE 4

PROCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS (4TA REPETICION)

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 53.19%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM
FECHA: 07/07/2007 TEMPERATURA EN LA CAMARA 45°C

TOMA DE DATOS N° 1

FECHA: 07/07/2007 HORA: 4:00PM TEMPERATURA EN
CAMARA: 39°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T4	T5	T6	T1	T2	T3
M1	35.86	40.21	30.25	31.25	31.67	33.46
M2	40.23	38.26	35.24	36.24	30.62	35.27
M3	35.46	46.25	32.57	29.87	29.65	26.54
M4	37.57	42.58	29.36	30.23	31.26	35.34

TOMA DE DATOS N° 2

FECHA: 09/07/2007 HORA: 10:00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 45°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T4	T5	T6	T1	T2	T3
M1	16.95	18.26	13.25	16.87	15.25	16.93
M2	18.35	17.35	12.54	13.68	13.96	12.52
M3	14.67	16.58	11.23	14.69	13.75	13.64
M4	15.75	17.52	12.58	13.54	12.58	15.25

BLOQUE 5

PROCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS (5TA REPETICION)

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 50.12%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM
FECHA: 09/07/2007 TEMPERATURA EN LA CAMARA:
43°C

TOMA DE DATOS Nº 1

FECHA: 09/07/2007 HORA: 4:00PM TEMPERATURA EN
CAMARA: 40°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T3	T4	T5	T6	T1	T2
M1	35.64	36.59	40.32	40.85	38.35	42.35
M2	37.81	29.35	40.68	39.73	37.46	39.57
M3	40.65	28.64	41.56	38.14	30.25	35.14
M4	41.25	36.21	38.65	42.38	34.78	42.56

TOMA DE DATOS Nº 2

FECHA: 10/07/2007 HORA: 10:00AM TEMPERATURA EN
CAMARA: 42°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T3	T4	T5	T6	T1	T2
M1	16.25	12.34	10.26	14.25	14.33	14.23
M2	14.35	13.54	12.49	15.62	14.58	12.52
M3	13.25	13.48	13.78	16.87	16.47	16.57
M4	14.22	11.25	14.51	14.32	12.93	13.65

BLOQUE 6

PROCENTAJES DE HUMEDAD POR TRATAMIENTOS (6TA REPETICION)

HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS 49.61%
HORA DE INICIO DE SECADO 10:00AM
FECHA: 15/07/2007 TEMPERATURA EN LA CAMARA
50°C

TOMA DE DATOS N° 1

FECHA: 15/07/2007 HORA: 4:00PM TEMPERATURA EN
CAMARA: 38°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T2	T3	T4	T5	T6	T1
M1	36.58	40.25	39.62	37.32	40.25	37.56
M2	34.16	39.91	41.75	35.61	41.35	34.58
M3	37.89	42.65	42.38	38.26	43.25	36.21
M4	36.64	47.48	38.65	36.67	41.57	36.47

TOMA DE DATOS N° 2

FECHA: 16/07/2007 HORA: 10:00QAM TEMPERATURA
EN CAMARA: 45°C

MUESTRA	TRATAMIENTOS					
	T2	T3	T4	T5	T6	T1
M1	10.35	11.24	10.24	13.25	13.64	10.67
M2	12.34	12.35	12.34	12.64	12.58	12.54
M3	13.95	13.75	11.65	12.86	14.57	10.24
M4	10.35	12.34	12.78	10.54	13.25	10.68

ANEXO 03: CALCULOS DE ANALISIS DE VARIANZA (ANVA)

MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE PARA PRIMERA TOMA DE DATOS

BLOQUES	TRATAMIENTOS						TOTAL DE BLOQUES	MEDIAS DE BLOQUES
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
I	22.4	27.75	20.44	30.83	34.92	20.93	157.27	26.21
II	22.4	23.82	25.69	23.4	23.02	30.28	148.61	24.76
III	35.81	25.63	26.77	31.8	29.99	25.48	175.48	29.24
IV	31.85	41.82	37.28	32.65	30.8	31.89	206.29	34.38
V	40.27	40.3	32.69	38.83	39.9	35.21	227.2	37.86
VI	41.6	36.55	40.6	42.57	35.31	30.2	228.24	38.04
TOTAL	194.33	196.28	183.47	200.08	194.94	173.99	1143.09	
Ni	6	6	6	6	6	6	36	
MEDIAS DE TRATAMIENTOS	32.38	32.71	30.57	33.34	32.49	28.99		31.75

TABLA DE ANVA (medias totales primera tomas de datos)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Calculada	F Tabulado
Humedad	80.26	5	16.05	0.85	4.1
Bloques	1017.52	5	203.50	10.84	
Error	469.39	25	18.78		
Total	1567.17	35			

CUADRO DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE PARA TODA SEGUNDA TOMA DE DATOS

BLOQUES	TRATAMIENTOS						TOTAL DE BLOQUES	MEDIAS DE BLOQUES
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
I	21.02	21.68	16.86	23.71	24.57	6.67	114.51	19.08
II	33.91	13.89	14.93	14.51	13.96	18.99	110.24	18.37
III	23.5	14.44	16.71	15.58	17.37	10.23	97.83	16.3
IV	12.4	17.42	16.43	14.58	13.88	14.69	89.4	14.9
V	15.26	12.76	12.65	14.51	14.24	14.57	83.99	13.99
VI	13.51	12.32	11.75	12.42	11.74	11.03	72.77	12.12
TOTAL	119.6	92.51	89.33	95.31	95.76	76.18	563.74	
Ni	6	6	6	6	6	6	36	
MEDIAS DE TRATAMIENTOS	19.93	15.41	14.89	15.88	15.96	12.69		15.79

TABLA DE ANVA (medias totales segunda tomas de datos)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón Cálculada	F Tabulado
Humedad	116.26	5	23.25	1.09	4.1
Bloques	211.24	5	42.24	1.98	
Error	530.86	25	21.23		
Total	858.36	35			

ANEXO 04: Costos de Producción

Materia prima: Pulpa de Aguaje

Producción para 10Kg	10.00kg de Pulpa = 2.565Kg de Harina 10.00kg de Pulpa = 1Lt de Aceite
Repeticiones de Prod./mes	Mes= 30 días Tiempo Secado Día y Medio =1.5 días Total = 20 Días/Mes
Peso Total de Materia Prima	200Kg
Producción para 200Kg	200kg de Pulpa = 50Kg de Harina 200kg de Pulpa = 20Lt de Aceite = 27Kg Peso equivalente TOTAL = 77Kg (Qp)
	QP = 100% Harina = 65 % Aceite = 35 %

Temporada de cosecha	Baja	Alta
Meses	Septiembre - Febrero	Marzo - Agosto
S/.x Kg.	S/. 7	S/. 3
Kg.	10	10
Sub total para 10Kg en S/.	S/. 70	S/. 30
Costo Total materia prima	S/. 1,400	S/. 600

Interpolación de costos por temporada (Año)

6 meses temporada baja	Precio de Kg. = S/. 7	Peso total 200Kg
6 mese temporada alta	Precio de Kg. = S/. 3	Peso total 200Kg

Luego: $(6 \text{ meses} \times S/.7 \times 200\text{Kg}) + (6 \text{ meses} \times S/.3 \times 200\text{Kg}) = \text{Costo total de Materia Prima}$

Costo total de Materia Prima = **S/.12000 Anual**
Entonces: $S/. 12000 / 12 \text{ meses} = 1000 \text{ Mensual}$

Costos Fijos y Variables del Proyecto

Costos Variables/Mes	
	S/.
Materia Prima (200 kgs de Pulpa de Aguaje)	1000
Combustible (1 balón gás)	28
Electricidad (Gasto mínimo estimado)	15
Agua (Gasto mínimo estimado)	10
Mano de obra (01 operador)	600
Envases (para 50 Kg. De Harina)	12
Envases (para 36Kg. mensuales)	10
Etiquitado y encajado	16
TOTAL	1691

Costos fijos (Inversión año 0)	S/.	CF Año	obs
Horno (Vida Util 10años)	2000		20 días de uso/mes
Prensa Hidraulica (Vida Util 10años)	12600		10 hs.de uso /mes
Cocina (Vida Util 3años)	1000		
Ollas (Vida Util 3años)	1000		
Utensilios Varios (Vida Util 3años)	482		
local/Anual	100	1200.00	
Intangibles	2000		
TOTAL	19182		

**Costo Unitario de Producción
(01Kgr.de harina+aceite)**

$CUP = (CF + CV / Qp)$	CUP = S/.	23.26
------------------------	-----------	-------

Costo total = CF + CV	20873
------------------------------	--------------

CUP(Harina+Aceite) Kg.= S/.23.26				
Precios unitarios de los productos				
Descripción	Kilogramos	Porcentaje	Precio CUP	1 Kilo
QP	77	10000%	S/. 23.26	1000gr
Harina	50	6500%	S/. 15.12	650gr
Aceite	27	3500%	S/. 8.14	350gr

Costo Unidad Producida S/.(1Kg)	C.O.K (30%)
Harina	23.26
Aceite	23.26

Descripción	Ingreso Mes	Ingreso Anual
Harina	1661.41	19936.92
Aceite	897.16	10765.94
TOTAL	2558.57	30702.9
Egresos	S/.	
Mensual	1791.0	
Anual	21492.0	

Flujo de Capitales:

Concepto/Años	0	10
Bienes Físicos			
Horno	2000		200
Prensa Hidraulica	12600		1260
Cocina	1000		0
Ollas	1000		0
Utensilios Varios	482		0
Intangibles	2000		0
TOTALES	19082		1460

Cálculo de la depreciación

Depreciación	Años	VR	VR 3años	VR 10 años
Horno	10	10%	180	180
Prensa Hidraulica	10	10%	1134	1134
Cocina	3	10%	300	
Ollas	3	10%	300	
Utensilios Varios	3	10%	144.6	
TOTAL			2058.6	1314

ANEXO 05: CALCULO DEL VAN Y TIR

Flujo de Operaciones Económico

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Entrada											
Ingresos		30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9
Total Ingresos		30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9	30702.9
Salidas											
Egresos		-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0	-21492.0
Depreciación		-2058.6	-2058.6	-2058.6	-1314	-1314	-1314	-1314	-1314	-1314	-1314
Total Egresos		-23550.6	-23550.6	-23550.6	-22806.0	-22806.0	-22806.0	-22806.0	-22806.0	-22806.0	-22806.0
Utilidad Operativa		7152.3	7152.3	7152.3	7896.9	7896.9	7896.9	7896.9	7896.9	7896.9	7896.9

Inversiones	19082										
VR											1460
Depreciación		2058.6	2058.6	2058.6	1314	1314	1314	1314	1314	1314	1314
Flujo Neto Econ.	-19082	9210.9									

VANE =	-19082	7085.27	5450.21	4192.47	3224.97	2480.75	1908.27	1467.90	1129.15	868.58	668.13
VANE =	9393.7										

Valor actual neto económico	VANE	S/. 9,393.7
Tasa interna de retorno económico	TIRE	47%
Costo de oportunidad	C.O.K	30%
Beneficio costo	B/C	S/. 8.17
Periodo de recupero	PR	3.78

ANEXO 06: GALERIA FOTOGRAFICA



Fotografía N° 01: Construcción del Secador



Fotografía N° 02: Construcción del Secador



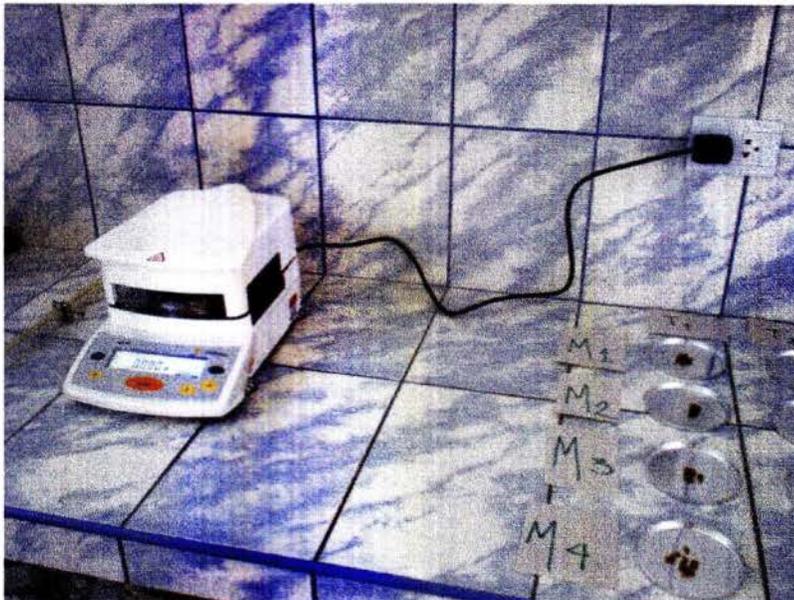
Fotografía N° 03: Estructura metálica



Fotografía N° 04: Secador Solar en la Facultad de Ecología



Fotografía N° 05: Disposición del producto durante el secado



Fotografía N° 06: Analizador de humedad en laboratorio



Fotografía N° 07: Grasa de Aguaje en el primer prensado en laboratorio



Fotografía N° 08: Aceite de Aguaje vaso de 600ml.

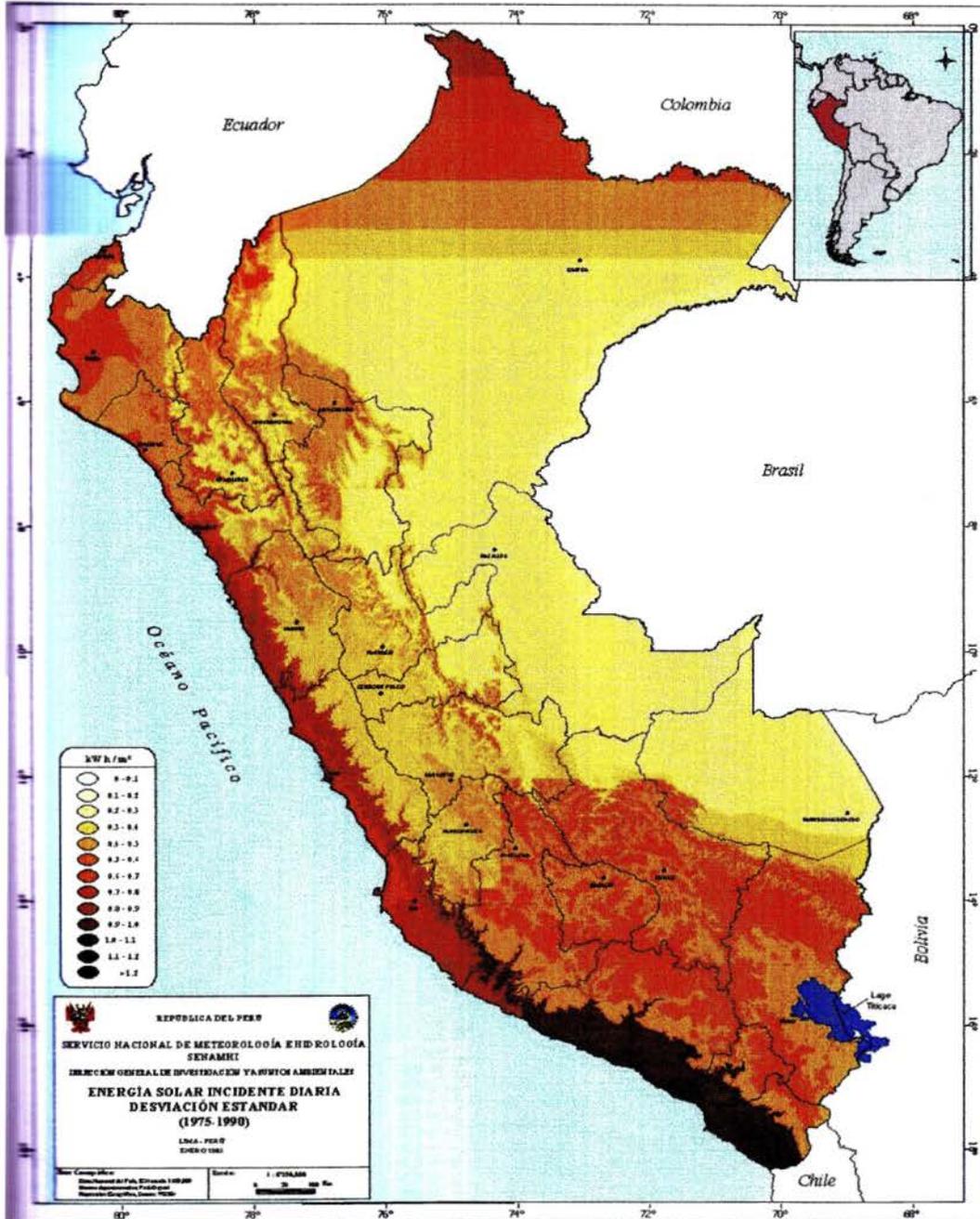


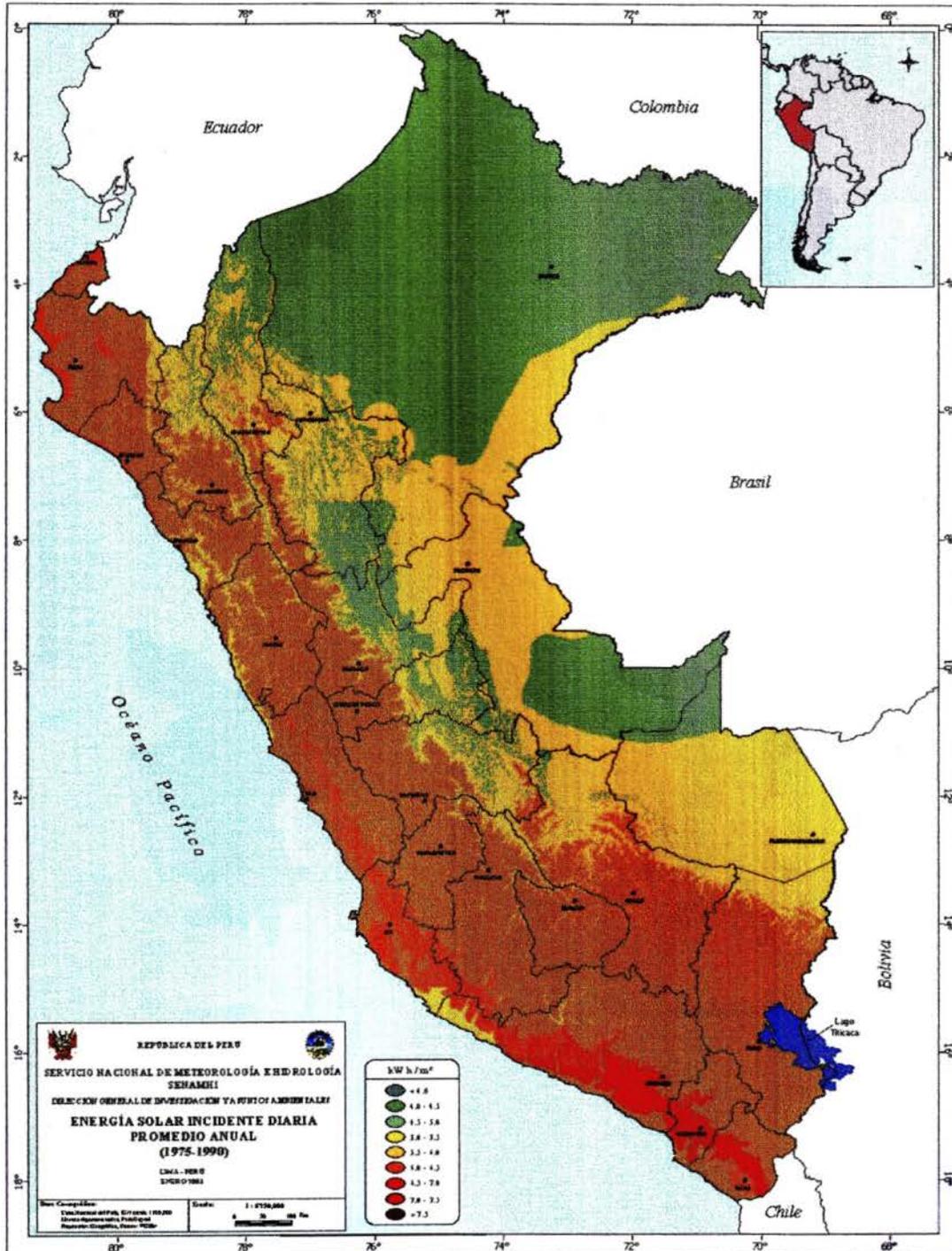
Fotografía N° 09: Residuos de la fase de molienda



Fotografía N° 10: Harina de Aguaje

ANEXO 07: MAPAS DE IRRADIACION SOLAR





SAN MARTIN



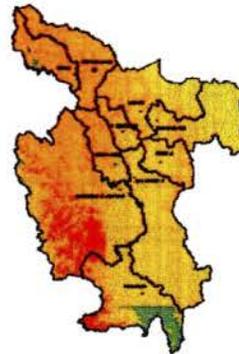
FEBRERO



MAYO



AGOSTO



NOVIEMBRE

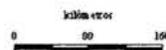
REPUBLICA DEL PERU

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI

DIRECCION GENERAL DE INVESTACION Y ASESORIA AMBIENTALES

ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
Departamento de San Martín
(1975-1990)

LIMA - PERU
ENERO 1991



2 COMO CONSTRUIR EL SECADOR SOLAR

El Colector

La figura N°1 muestra la disposición de las partes del colector.

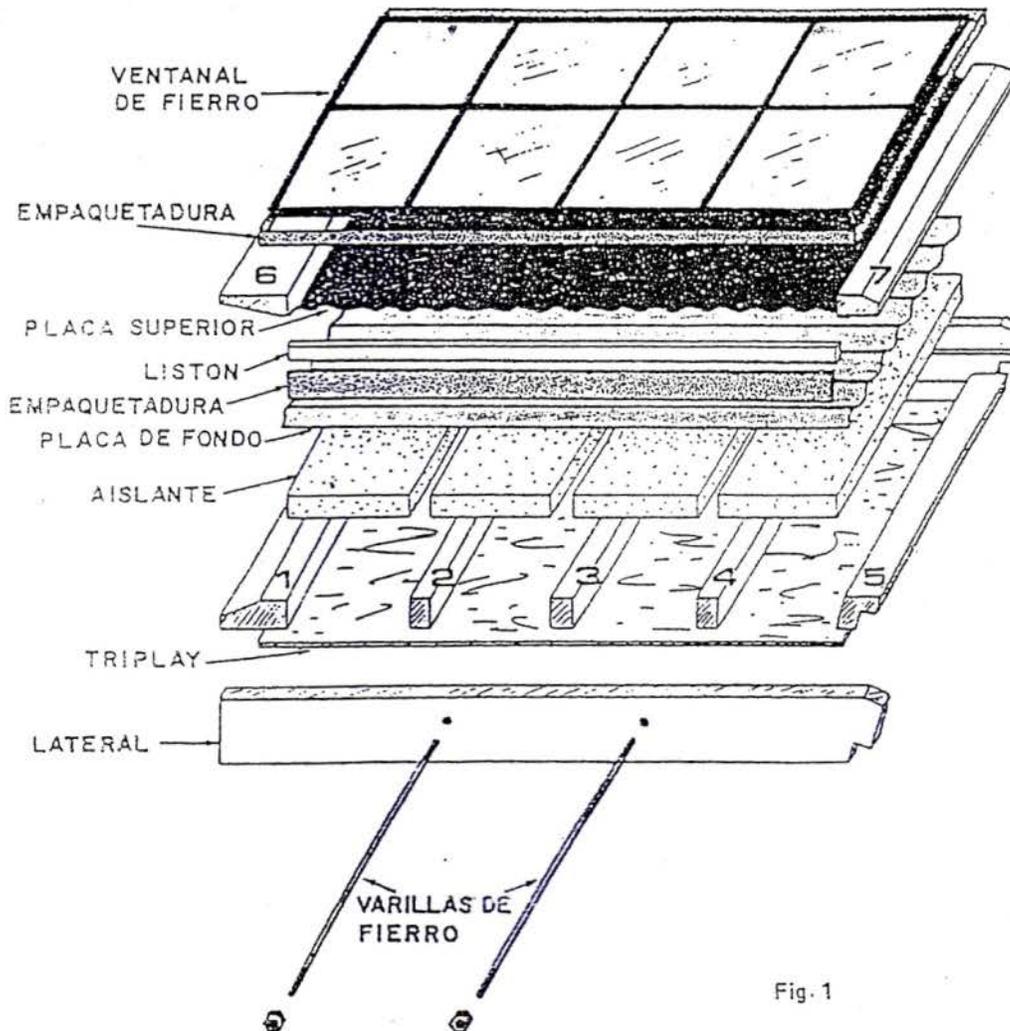


Fig. 1

NOTA:

En todas las figuras, salvo indicación contraria, las dimensiones están expresadas en milímetros. Asimismo, y por razones de claridad, en los gráficos se emplean las siguientes abreviaturas:

Pulg. : pulgada

Fc. Galv. : Hierro Galvanizado

Empecemos construyendo los laterales, tomemos dos tablas de madera "tornillo" de 2,650 x 168 x 50 mm c/u; hagamos un acanalado de 6 mm de ancho por 6 mm de profundidad. Cepillemos 35 mm en los extremos de cada tabla, en un ángulo igual a la latitud de:

lugar donde será instalado el aparato (ver la latitud correspondiente en la pág. 19). Luego cortar en ángulo recto unos 160 mm y nuevamente rebajar en otros 35 mm. de esta forma se conseguirá una inclinación adecuada del secador (Fig. 2).

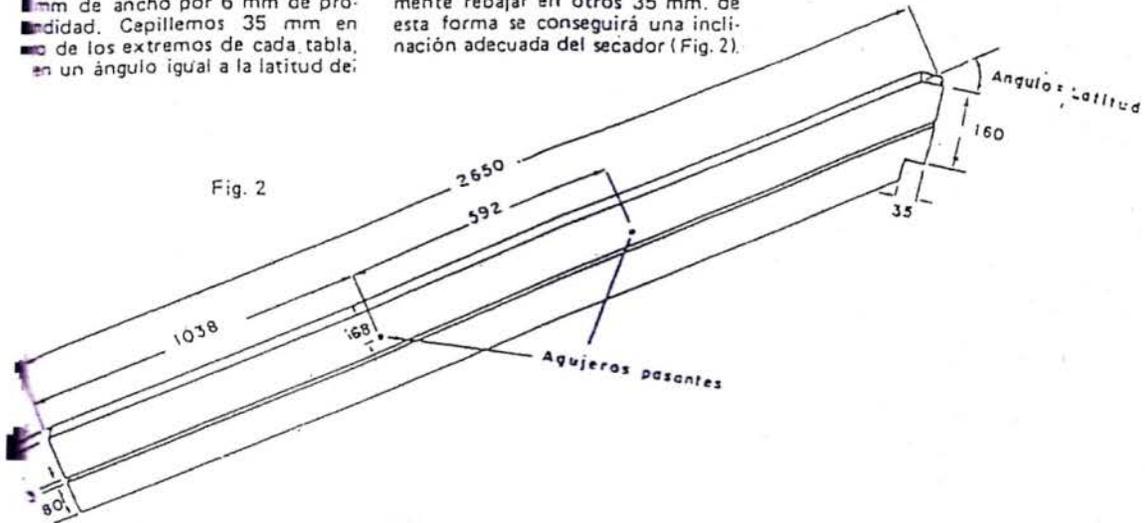


Fig. 2

Construyamos 5 travesaños, el No. 1 con un madero de 1,180 x 50 x 76,2 mm. Cepílese en sesgo hágase un entallado de acuerdo con las ondulaciones de una plancha de calamina (Fig. 3).

Para el No. 2, No. 3 y No. 4, usense maderas simples de 1,180 x 50,8 x 50,8 mm (Fig. 4).

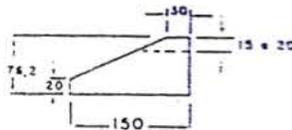


Fig. 3

PRIMER TRAVESAÑO
(a la entrada de aire del colector)

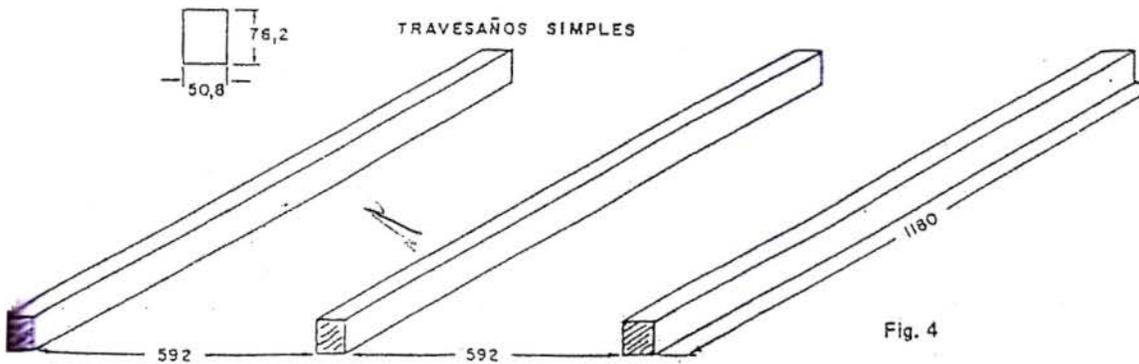
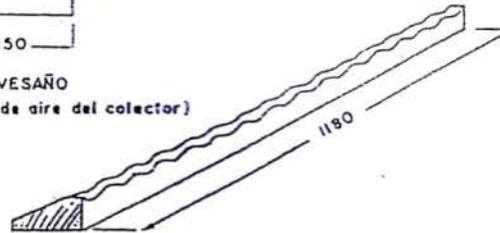
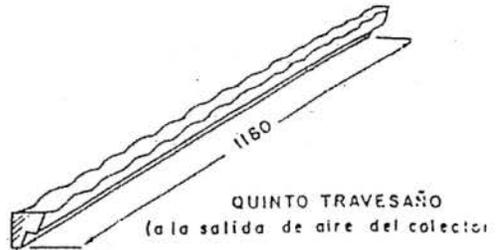
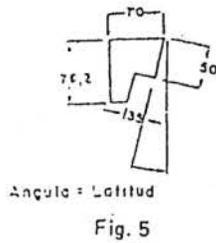


Fig. 4

Para el travesaño No. 5 se requiere un madero de 1,180 x 76.2 x 70 mm. Cepílese en sesgo y entállese de acuerdo con las ondulaciones de una plancha de calamina (Fig. 5).



Ahora debemos formar la estructura básica del colector; tomamos los laterales y coloquemos los acanalados hacia adentro; luego fíjese el travesaño "1" y "5" a los respectivos extremos, enseguida el travesaño "3" al centro. El "2" y "4" a 592 mm a ambos lados del central. En todos los casos usamos clavos de 3 Pulg. A manera de base unámonos la plancha de triplay a la estructura ya formada usando clavos de 1/2 Pulg., tal como se muestra en la figura 5. Para asegurar las uniones es necesario emplear pegamento para madera antes de clavarlos. Por los agujeros se pasan dos varillas de hierro de 1/4 Pulg. ϕ por 1,330 mm de largo, roscados en sus extremos con tuercas que giren en sentido contrario una con otra, dándole mayor ajuste y solidez al conjunto.

Rellenemos con material aislante (tecnopor) los espacios entre travesaño y travesaño que tienen las siguientes dimensiones: 2 bloques de 1,180 x 542 x 76.2 mm y 2 bloques de 1,180 x 567 x 76.2 mm.

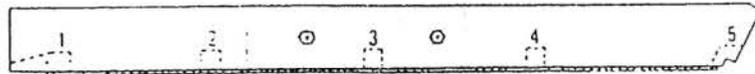
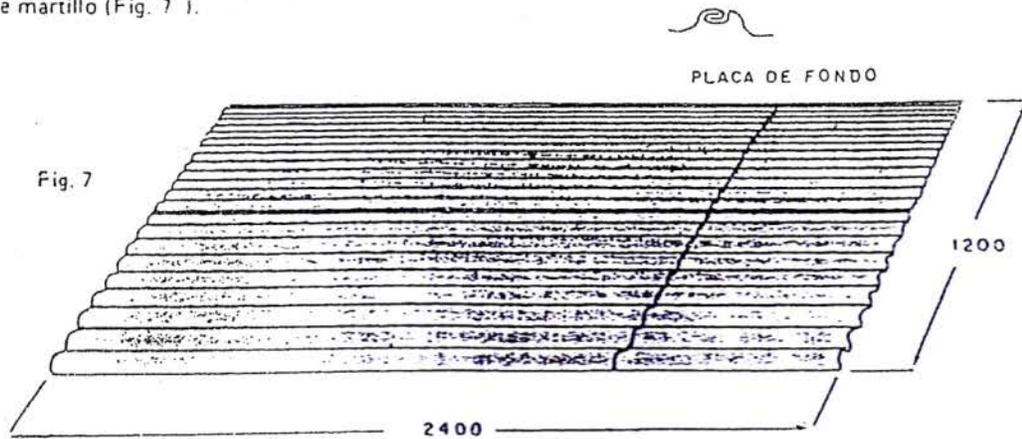


Fig. 6

Para construir la placa de fondo (1200 x 2400) tomemos planchas de calamina, unámonoslas tras apándolas y engrapándolas luego a golpe de martillo (Fig. 7).

Fig. 7



A continuación, coloquemoslas en la caja del colector, de tal manera que entren sus bordes en el acanalado de los laterales de ésta.

Clavemos los extremos ondulados de la calamina a los respectivos travesaños (No. 1 y No. 5) Fig. 8

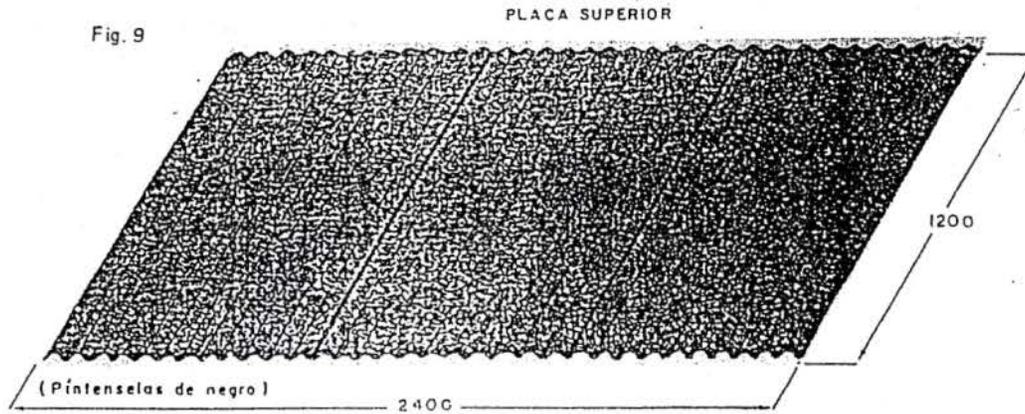
Construyamos la placa superior de la misma medida que la placa de fondo empleando plancha de calamina, pero con el ondulado en forma transversal Fig. 9.



Fig. 8

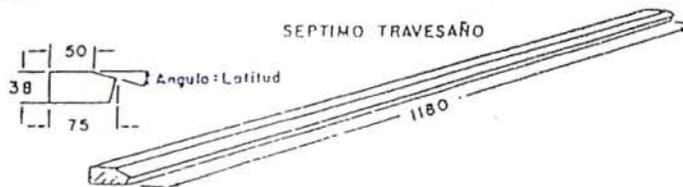
Pintemos esta nueva plancha conseguida (placa superior), por un solo lado con pintura para pizarra

negro mate, utilizando en lo posible soquete.



Ahora es necesario construir dos travesaños (No. 6 y No. 7), de 1,180 mm de largo, haciéndole un

perfil especial a cada uno según se indica en la Fig. 10.

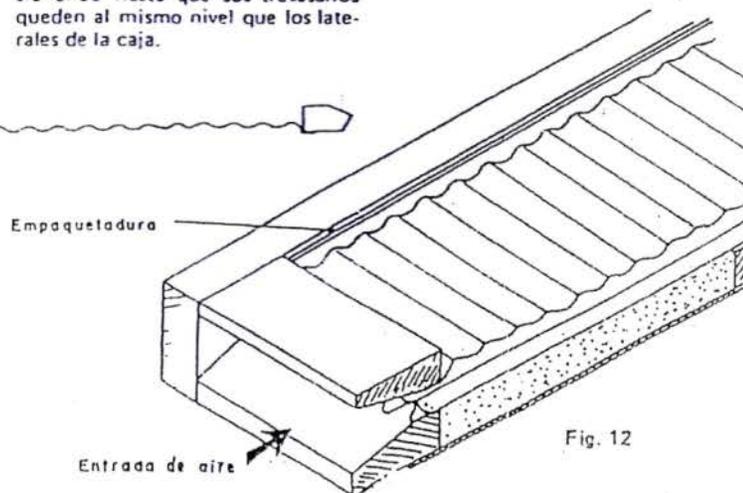


Clavemos los travesaños a los bordes de las calaminas (Fig. 11); luego hay que ensamblarla a la caja del colector a manera de tapa, pre-

sionando hasta que sus travesaños queden al mismo nivel que los laterales de la caja.



Para asegurar una hermeticidad entre éstos, previamente se colocan empaquetaduras de jébe (Fig. 12) de 2,400 x 45 x 2 mm., además dos listones de madera de 2,400 x 18 x 6 mm que servirán como descanso para la placa superior (Fig. 13) Usense clavos de 3 1/2 Pulg. para los travesaños "6" y "7".



Obsérvense que las calaminas del fondo tienen las ondulaciones a lo ancho, mientras que las ondulaciones de las calaminas de encima van a lo largo; esto se hace con la finalidad de conseguir mayor turbulencia del aire, mejorando la captación de calor de la placa absorbente.

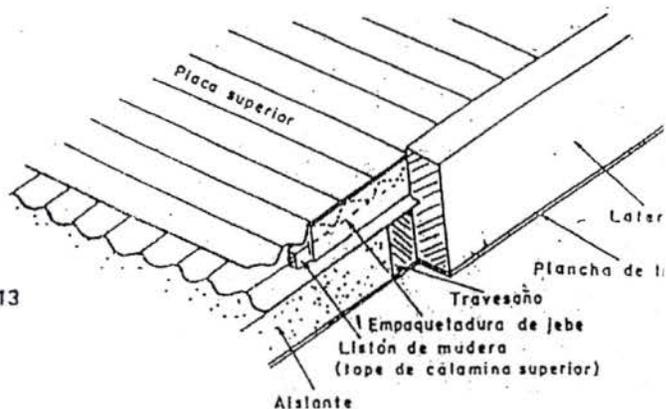


Fig. 13

Es el momento de formar un panel de vidrios. Primero construimos un ventanal con perfiles de fierro soldados a tope, de tal modo que no existan desniveles ni levantamientos. El ventanal tiene 8 divisiones de 587.9 x 587.5 mm. Los bordes son perfiles "L", mientras que los travesaños son perfiles "T" invertidos (Fig. 14).

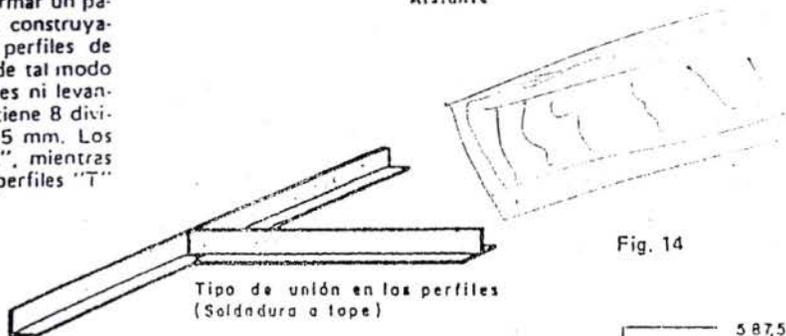
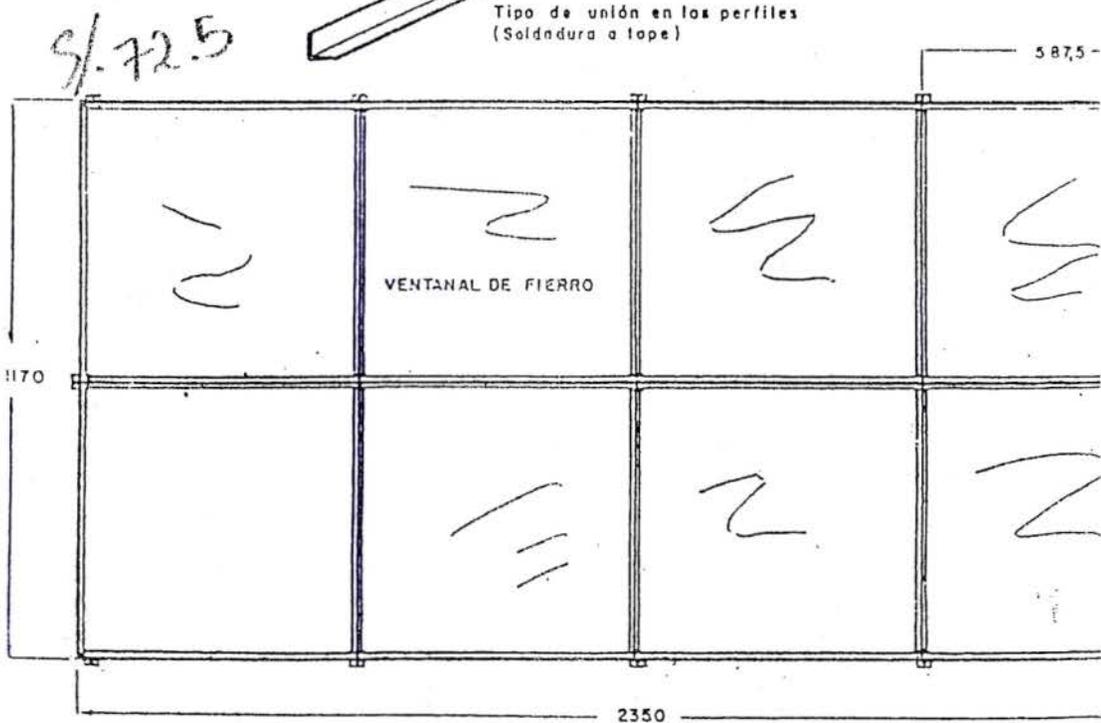


Fig. 14



Antes de asegurar el panel al marco del colector se coloca una empaquetadura de jébe de 600 x 25 x 2 mm para que no haya filtra-

ciones de agua en caso de lluvia. Para fijarlo a la madera úsense tornillos avellanados.

Finalmente, colóquense 8 simples de 585 x 585 mm, con silicona o masillante.

Ia Cámara de Secado

Primero, construiremos la caja metálica. Para ello, tómese una plancha de fierro galvanizado de tamaño standard de 1200 x 2400 mm. y obténgase la forma que se indica en la figura 18. Luego suéldense 9 pestañas con los sobrantes de la plancha.

Tómese otra plancha igual y obténgase la forma que se indica en la figura 19, luego suéldense 9 pestañas con los sobrantes.

Para formar el lado donde va la puerta, cortemos plaquitas de 560 x 230 mm. Déseles la forma que se indica (Fig. 20), y otra de 535 x 130 mm, dése la forma que se indica (Fig. 21).

Para formar el otro lado posterior a la puerta, tómese una plancha de 1,000 x 600 mm y obténgase la forma que se indica (Fig. 22).

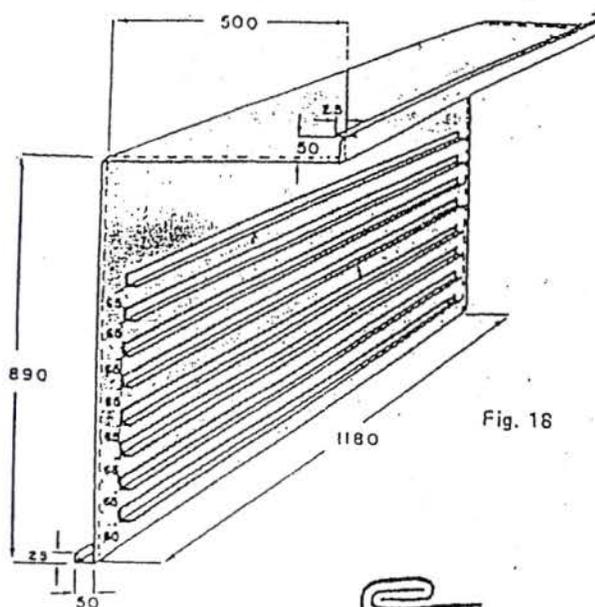


Fig. 18

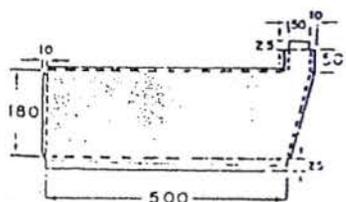


Fig. 20

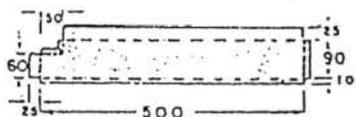


Fig. 21

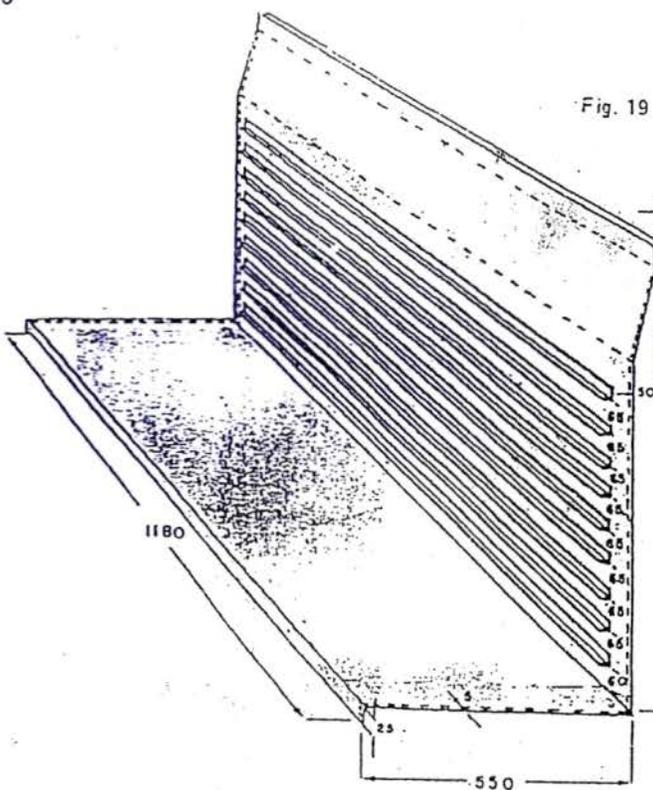
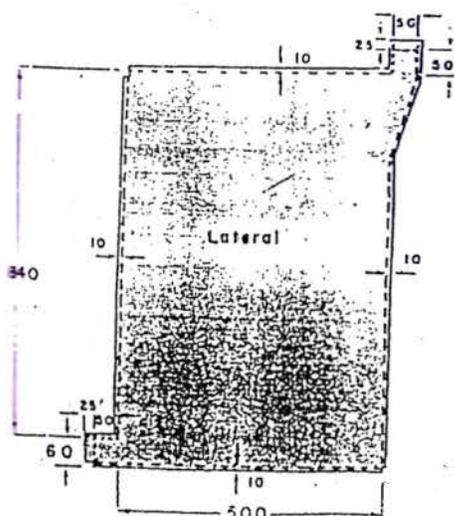
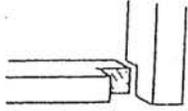


Fig. 19

NOTA:

Todos los dobleces son importantes para poder trasladar las planchas.

Para dar mayor solidez al conjunto es necesario clavar listones de madera de 50 x 50 mm. en las esquinas, a fin de obtener la estructura que se muestra.



Forma del ensamble

Fig. 23

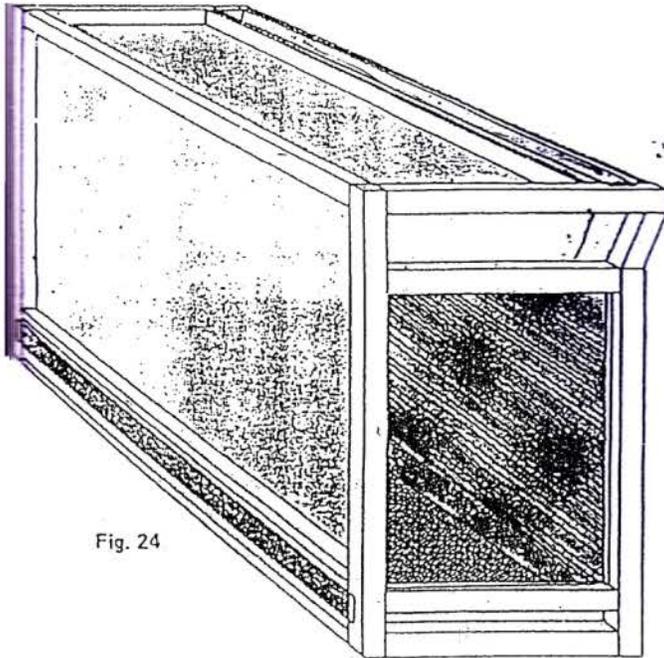
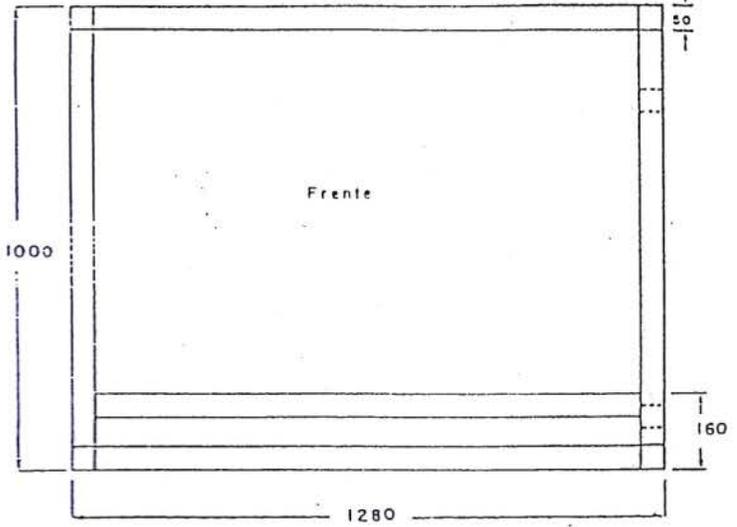
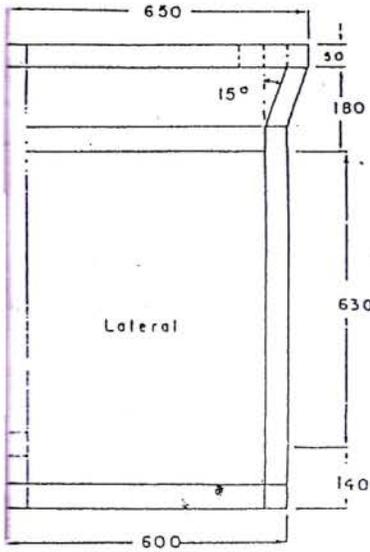
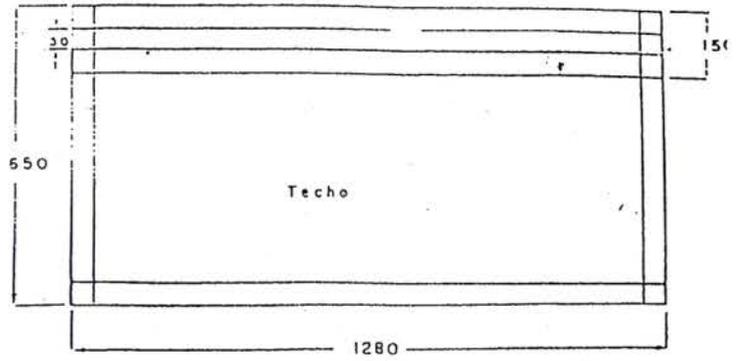
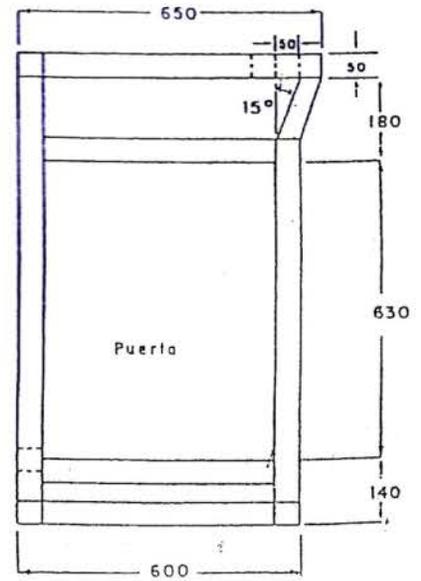


Fig. 24



Antes de forrar exteriormente la cámara de secado, es necesario colocar planchas de "tecnoport" de 50 mm de espesor, en los espacios. Estas nos servirán como aislante.

Ahora empecemos a forrar la cámara de secado utilizando una plancha de fierro de 1,600 x 1,280 x 0.5 mm. para el lado posterior y una plancha de 1500 x 1280 x 0.5 mm. para el lado anterior. En este lado será necesario hacerle 14 agujeros y soldarle un marco de ángulo de fierro con agujeros que coincidan con los de la plancha, de 1,280 x 130 mm de medida y de 1 Pulg. x 1/8 Pulg. para el ángulo.

Asegurémolos con pernos y soldadura, tal como se indica en la figura 25. Para formar los 2 laterales, inclusive el lateral de la puerta, se necesitan 2 planchas de 1,000 x 600 x 0.5 mm. Déseles la forma que se ilustra.

Procedamos ahora a construir la puerta de la cámara. Para ello, tómense listones de madera de 50 x 50 mm y constrúyase un marco de 530 x 490 mm (Fig. 26).

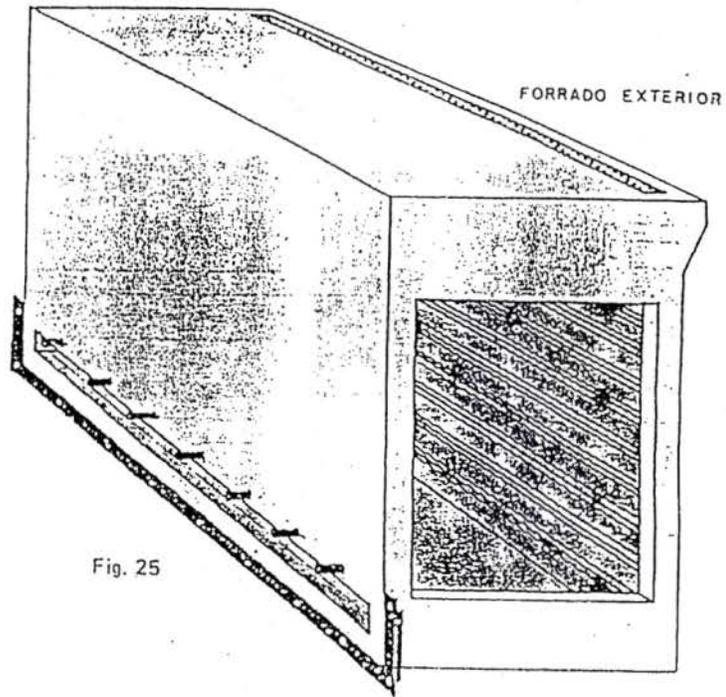


Fig. 25

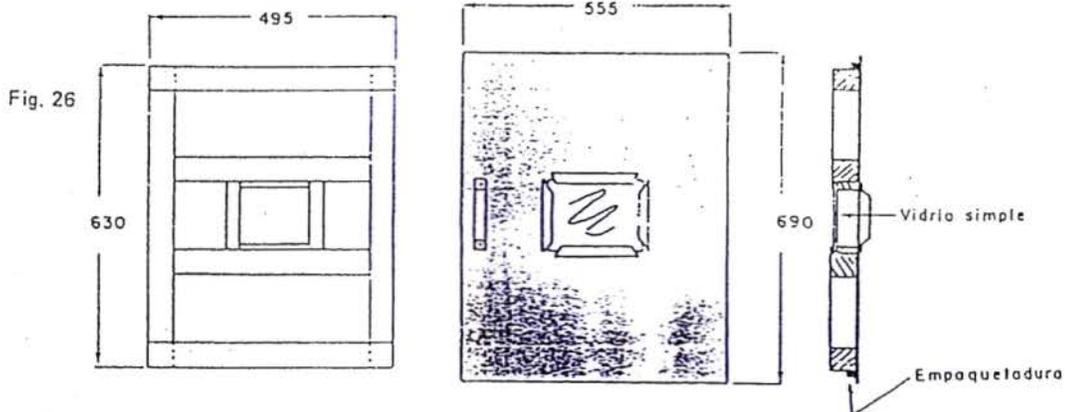
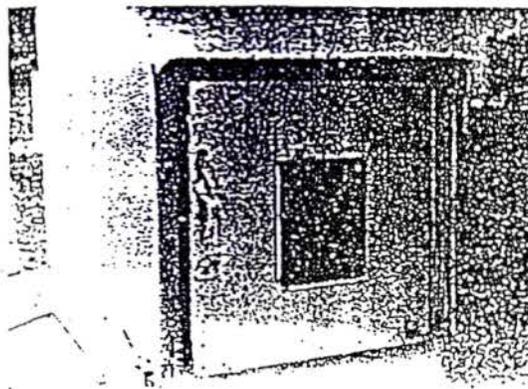


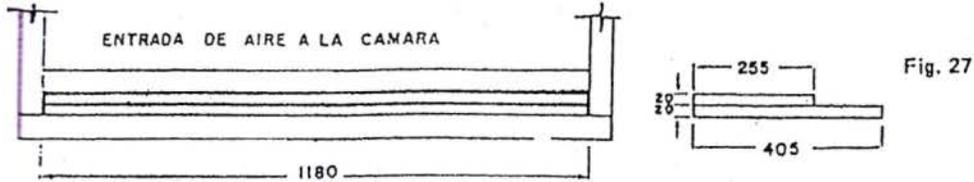
Fig. 26

Los travesaños internos servirán para colocar una luna visora. Reñese aislante "tecnoport" y fórrese internamente con una plancha de fierro galvanizado de 1/32 Pulg. externamente con una plancha de fierro simple de 0.5 mm de espesor. La puerta de alimentación que lista luego de colocarse una bisagra especial de dos movimientos que le permite girar y luego empujarse en el marco de la cámara, con que se logra una adecuada hermeticidad (Ver foto). Es necesario construir unos distribuidores de aire



que se introducirán en la entrada del aire caliente a la cámara de secado. Para ello tómense dos planchas de hierro galvanizado de 0.5

mm de espesor. Una de 1220 x 255 mm y otra de 1220 x 405 mm dobladas y colocadas tal como se indica en la figura 27.



Ahora se construye la chimenea que consta de dos estructuras metálicas, una interna, con plancha de hierro galvanizado de 0.5 mm de espesor, y otra externa con plancha de hierro simple de 1/32 Pulg. de espesor. Para el montaje de las piezas, atornillese primero la estructura interna y rellénesela con material aislante "tecnoport" de 5 cm de espesor. Luego fórrase con la estructura externa a manera de funda y atornillese fuertemente.

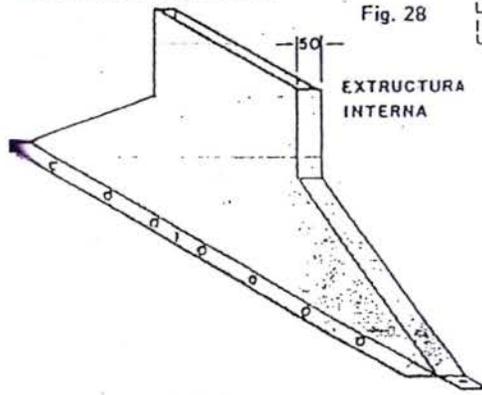


Fig. 28

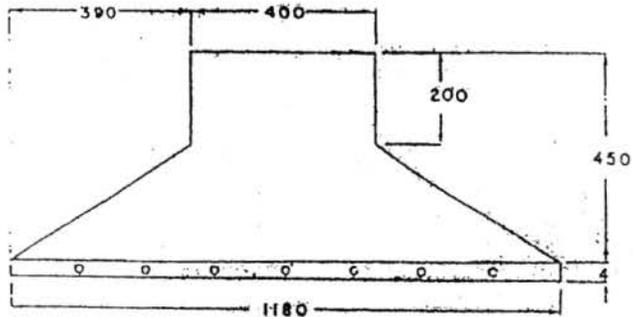


Fig. 29

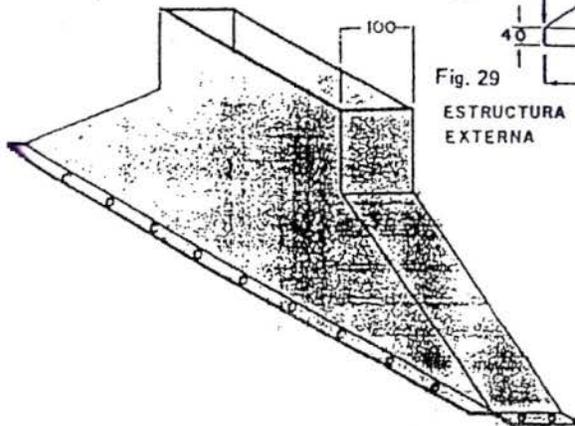
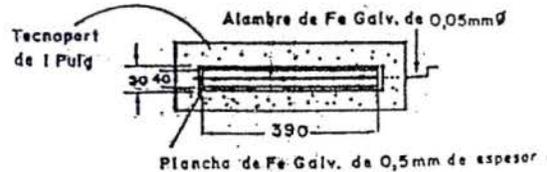


Fig. 30

A continuación hagamos un agujero pasante en la chimenea ya construida e introduzcámosle un alambre de hierro galvanizado de 5 mm. de diámetro. Tomemos una plaquita de hierro galvanizado de 0.5 mm. de espesor y soldémosla al alambre tal como se indica en la figura 30. Esto nos servirá para regular la salida del aire.

Fig. 30



Es necesario construir una especie de "Paraguas" para evitar que penetre agua de lluvia por la chimenea. Para ello se utilizan retazos de plancha metálica dándoles la forma y dimensiones que se especifican en la figura 31.

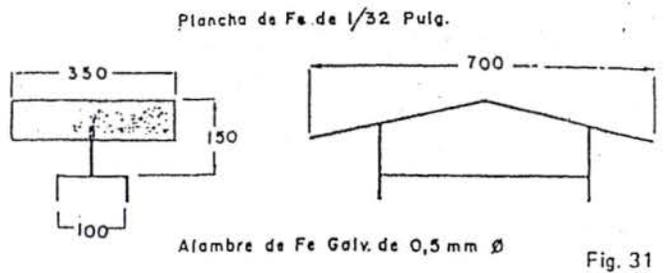


Fig. 31

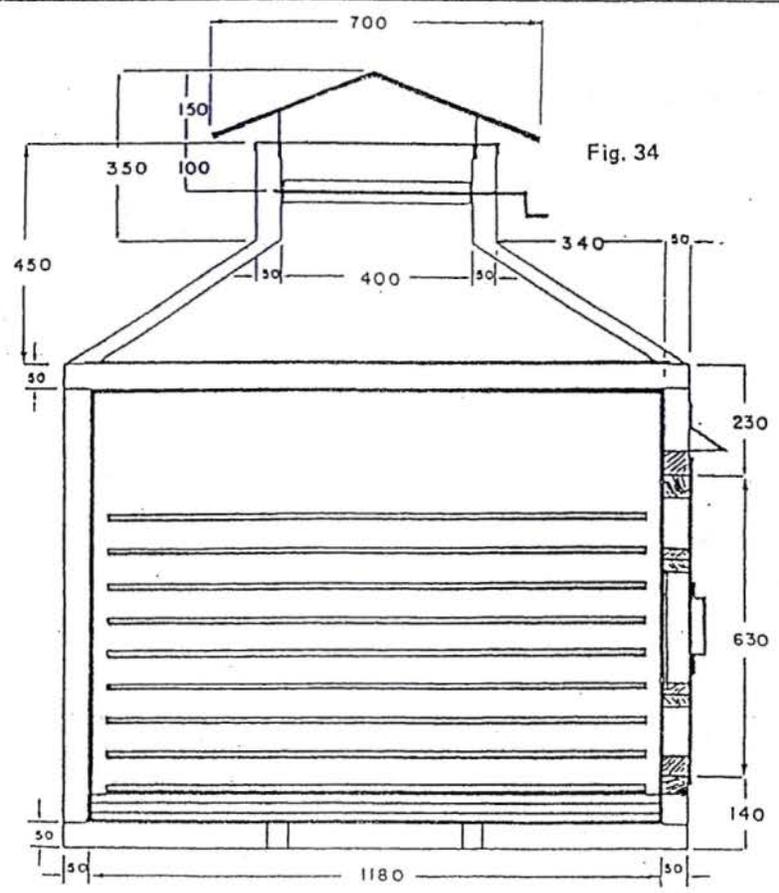
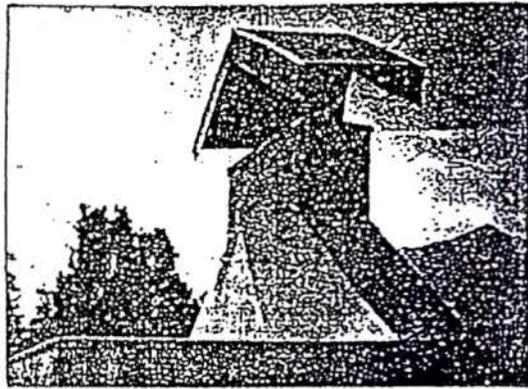


Fig. 34

Finalmente, construyamos 18 bandejas, para recibir los alimentos que se van a secar. De ellas, 16 miden 587 x 496 mm. y su estructura es de alambre galvanizado de 1/16 Pulg. de diámetro, forrado con malla de plástico tipo mosquetero, según se indica en la figura 32.

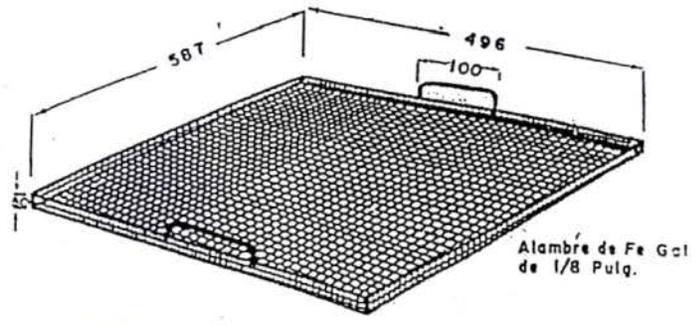


Fig. 32

18 BANDEJAS CON MALLA DE PLASTICO TIPO MOSQUETERO

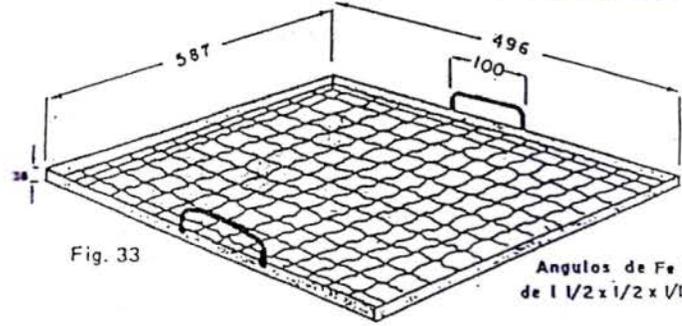


Fig. 33

Angulos de Fe Galv. de 1 1/2 x 1/2 x 1/16 Pulg

2 BANDEJAS CON MALLA DE ALAMBRE GALV. N°16 x 1/2 Pulg DE COCADA.

Con la finalidad de almacen calor y uniformizar el flujo de ai caliente se coloca una primera car de piedras de grava o también l mada piedras de río. Para deposit estas piedras calientes dentro de cámara se necesitan 2 bandejas c ángulo de 1 1/2 x 1/2 x 1/16 Pu de fierro galvanizado con malla N 16 x 1/2 de cocada de alamb galvanizado, según se indica en figura 33 .

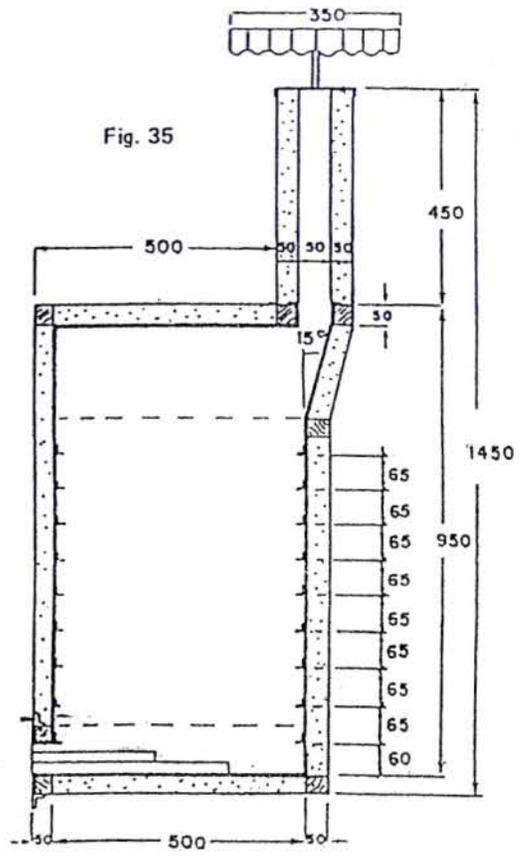
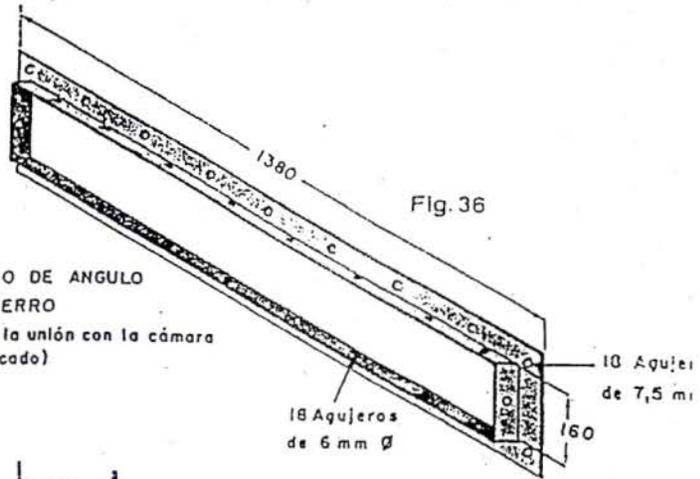


Fig. 35

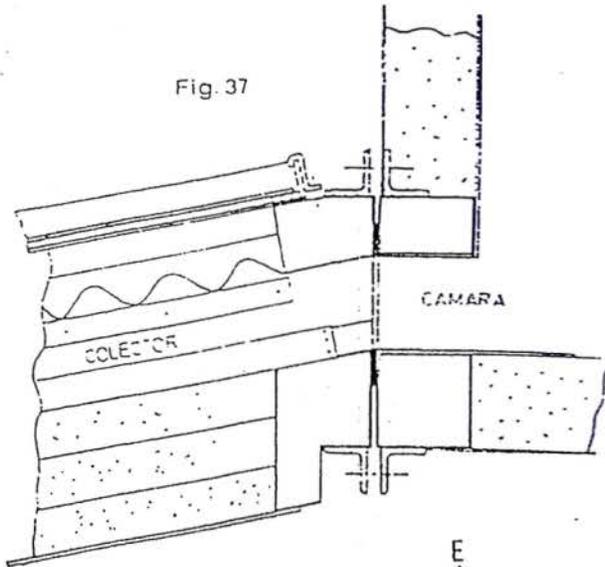
3 INSTALACION Y MANTENIMIENTO

Construyamos primero el soporte en donde descansarán el colector y la cámara de secado, con ángulos de hierro de 1 x 1 x 3/32 Pulg. Hay que cortarlos y soldarlos.

Para construir la brida de unión entre el colector y la cámara, tómense ángulos de hierro de 1 Pulg. x 1/8 Pulg. de 128 x 130 mm de medida interior, agujeréese y atoríllese a los travesaños según la figura 36.

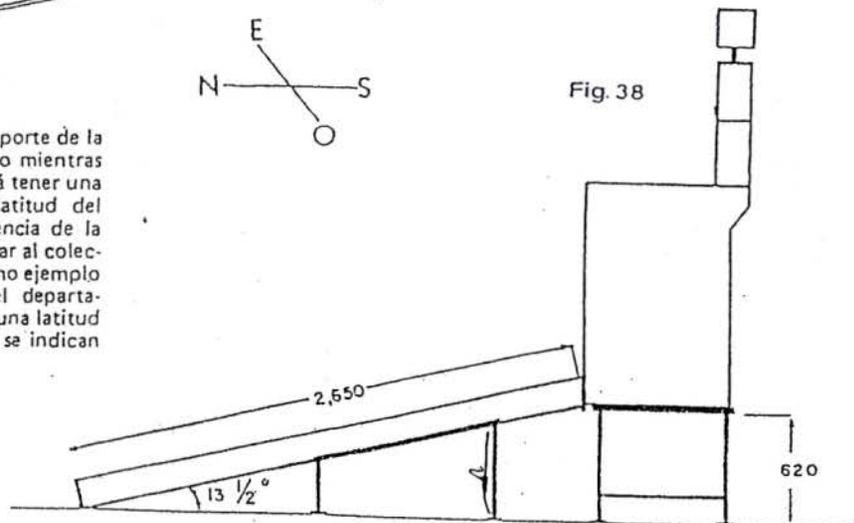


MARCO DE ANGULO DE FIERRO
(Para la unión con la cámara de secado)

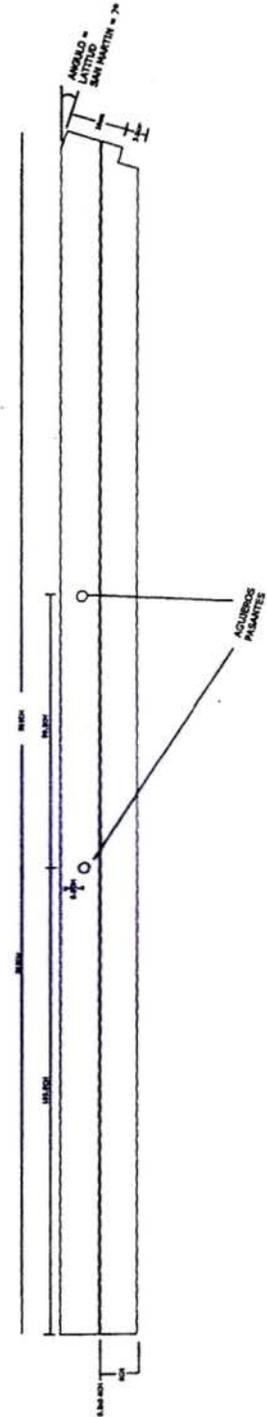
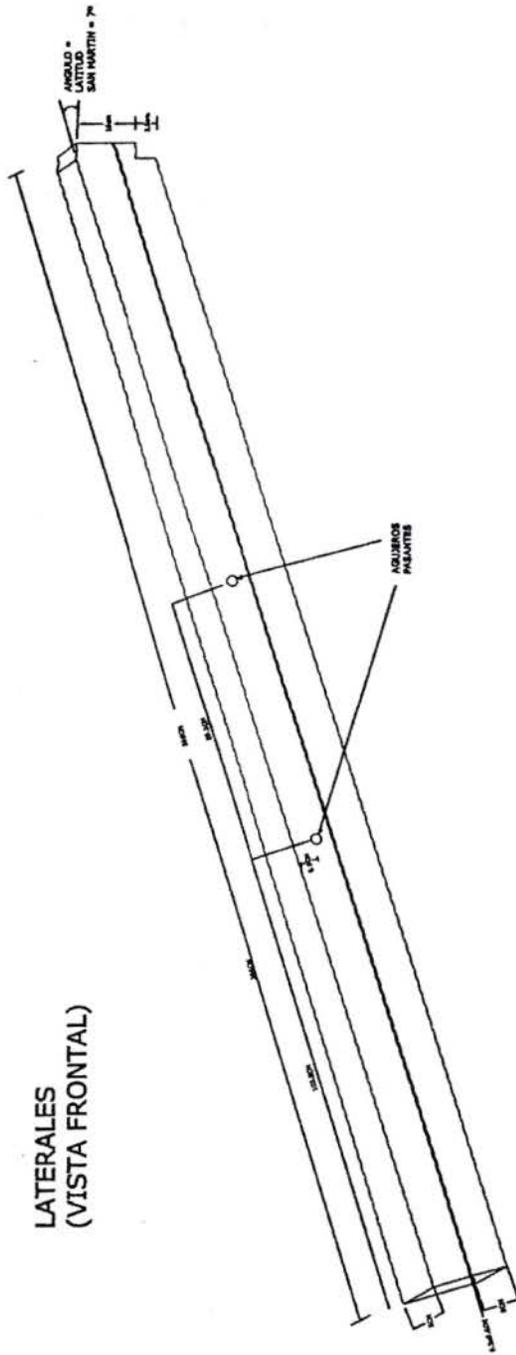


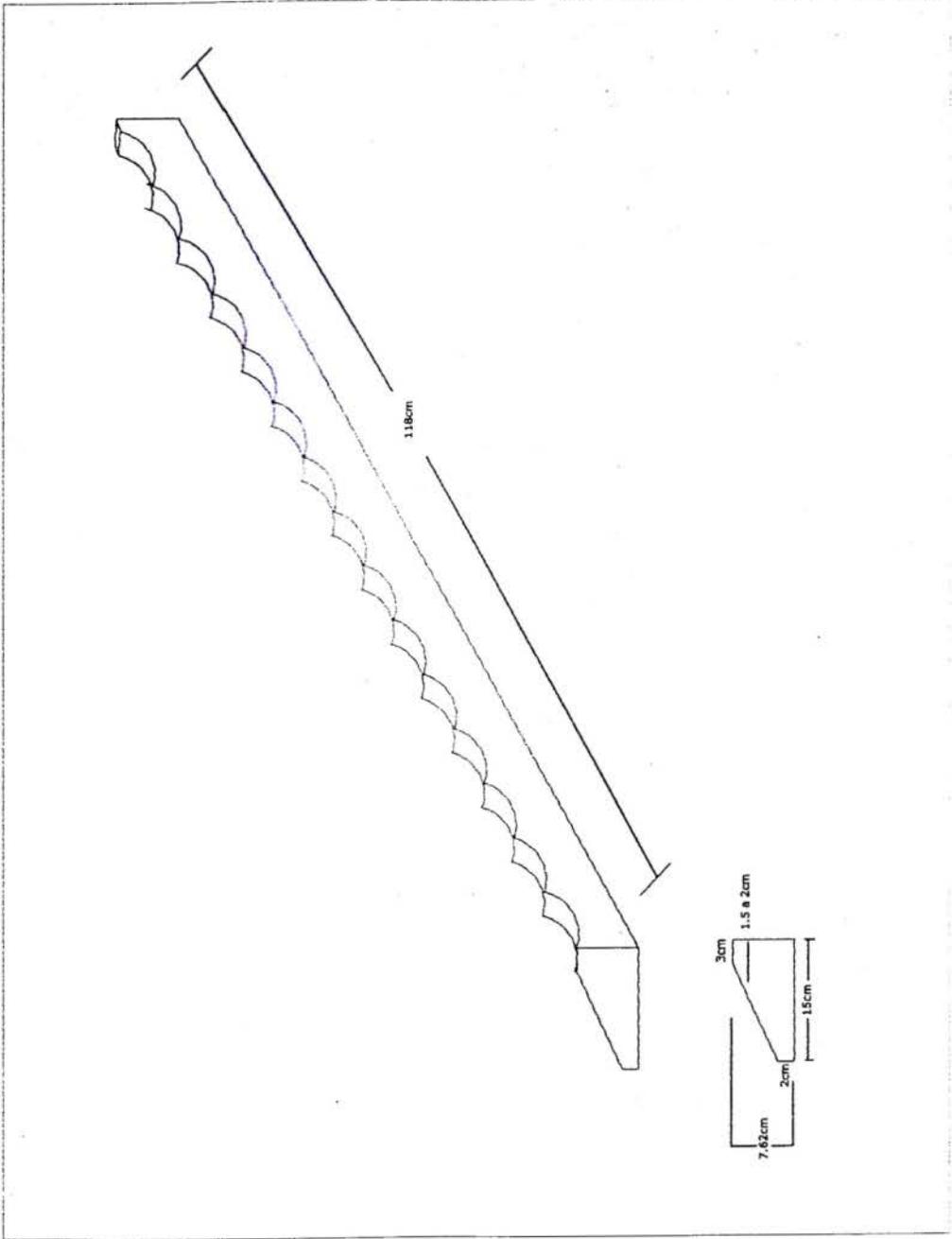
Para el montaje del equipo, colóquese la cámara de secado sobre su soporte correspondiente. Acéquese el colector y hágase coincidir los marcos de ángulo de cada uno. Es el momento de asentarlos sobre su base metálica ya construida. Empéñense ambos marcos con 1 perno de 1/4 Pulg. de diámetro de rosca corriente de 2 Pulg. c longitud. Previamente hay que colocar una empaquetadura de jébe c 2,440 x 50 x 3 mm, tal como se muestra en la figura 37.

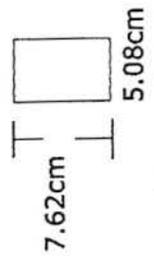
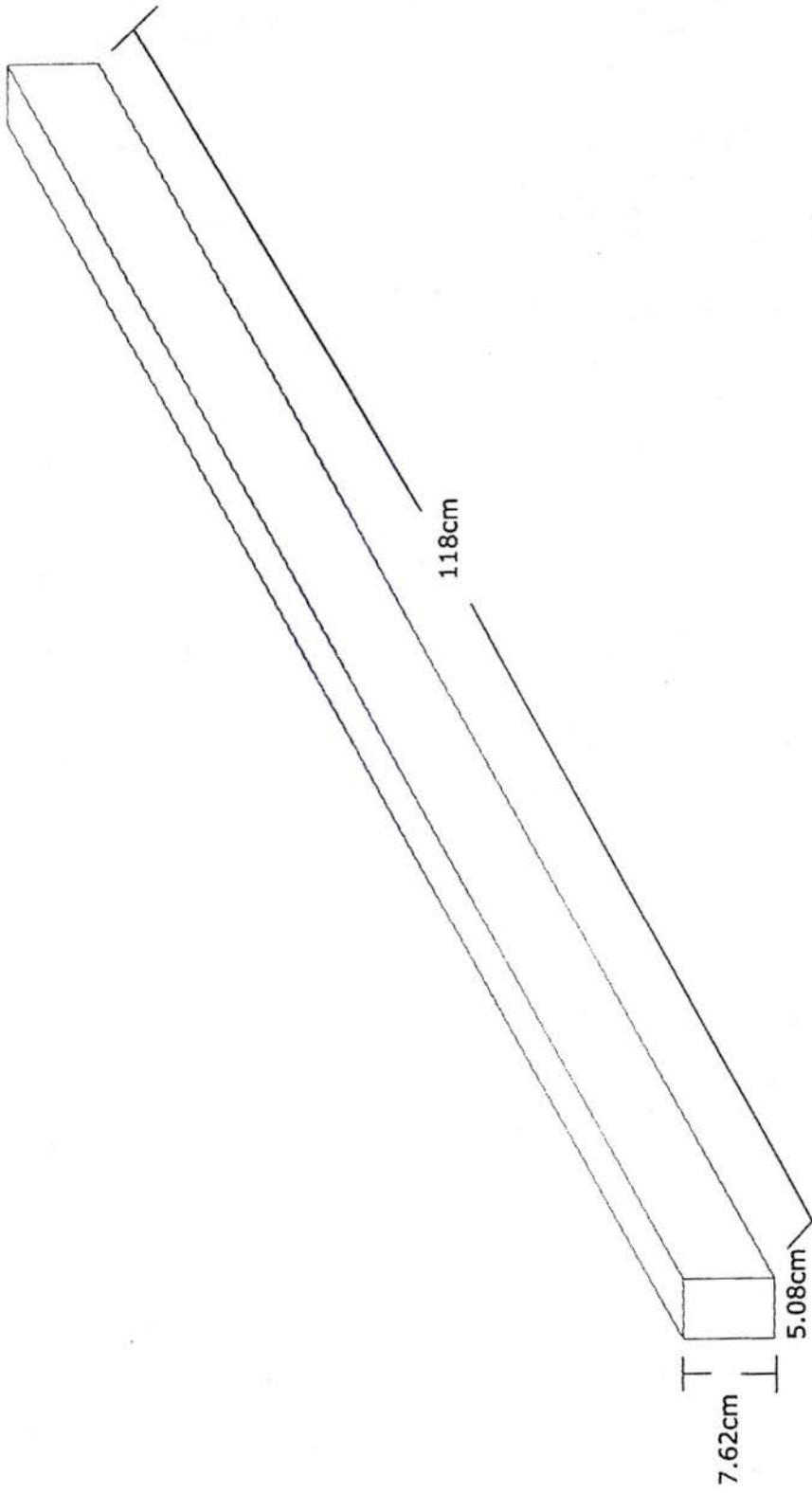
Como se observará, el soporte de la cámara de secado es recto mientras que el del colector deberá tener una inclinación igual a la latitud del lugar, para que la incidencia de la radiación sea perpendicular al colector (véase Pág. 19). Como ejemplo presentamos el caso del departamento de Ica, que tiene una latitud de 13° 30'. Las medidas se indican en la figura 38.

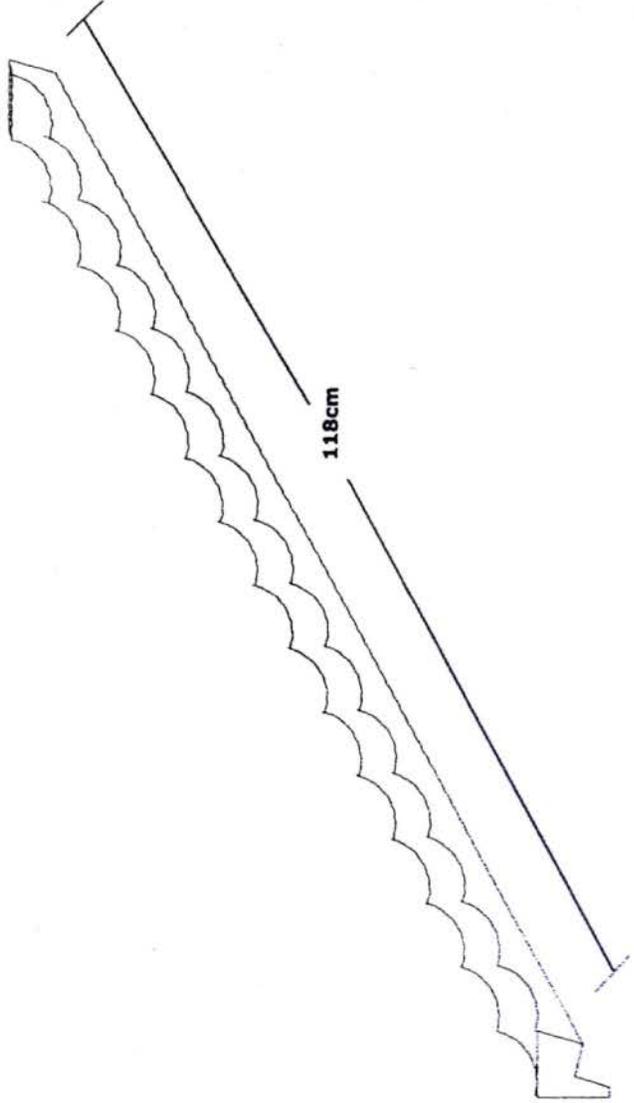


LATERALES
(VISTA FRONTAL)

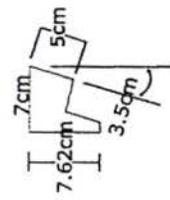




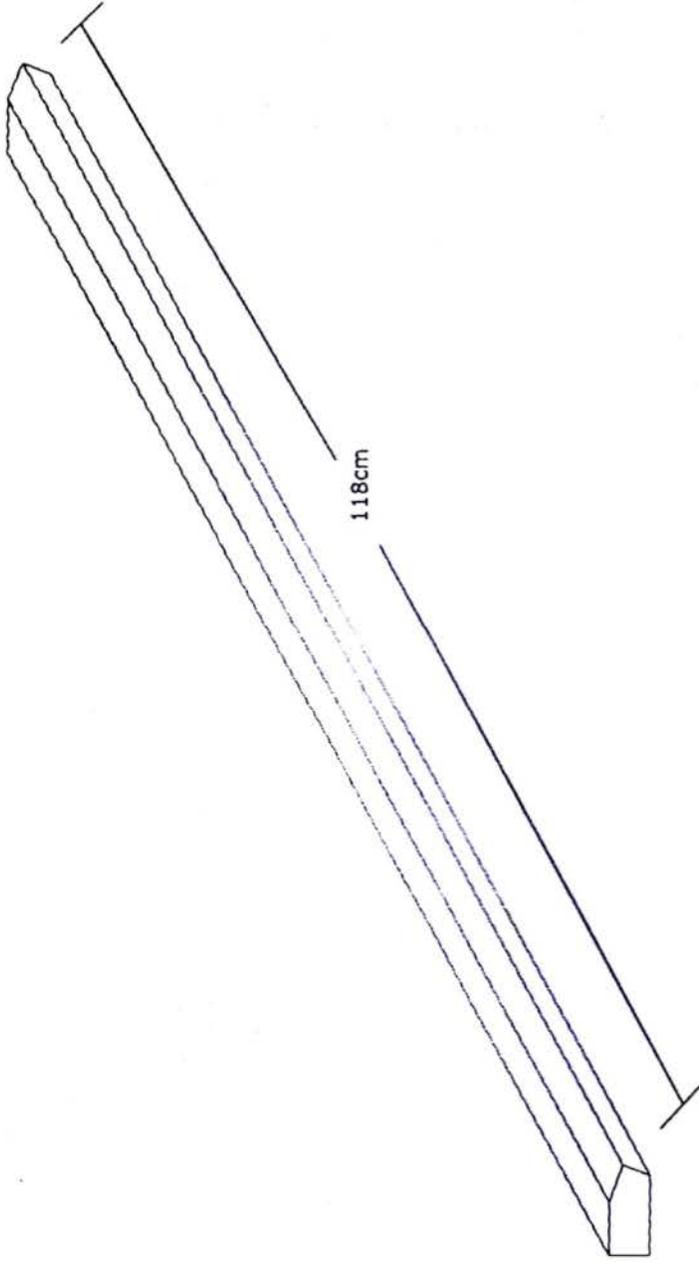




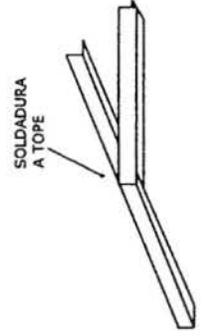
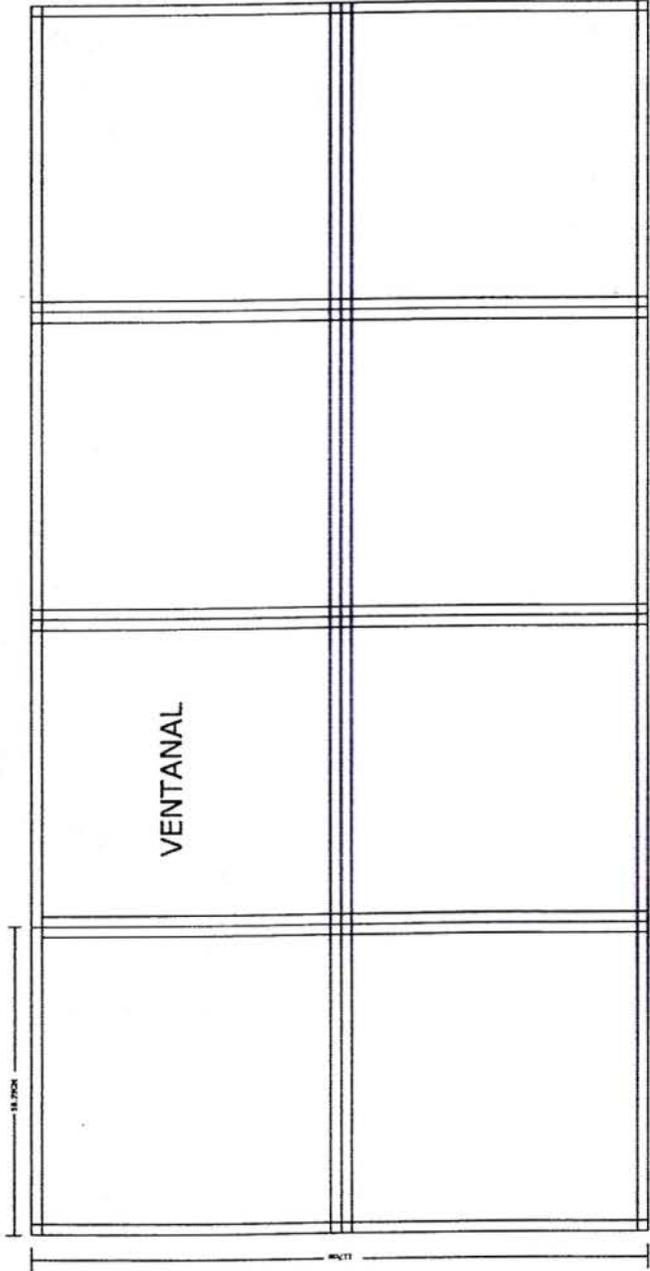
118cm

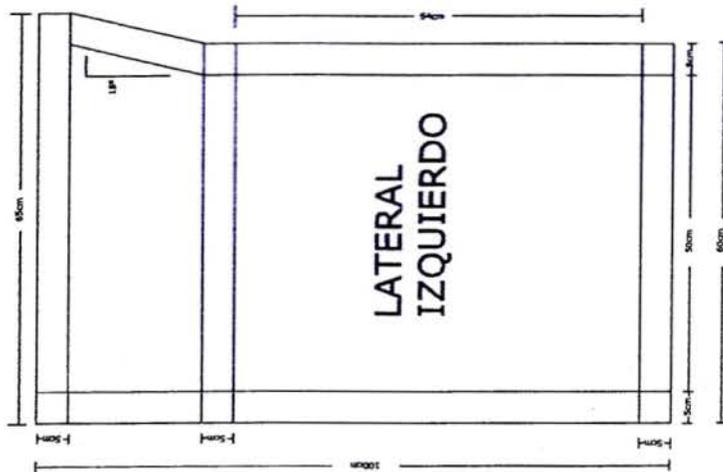
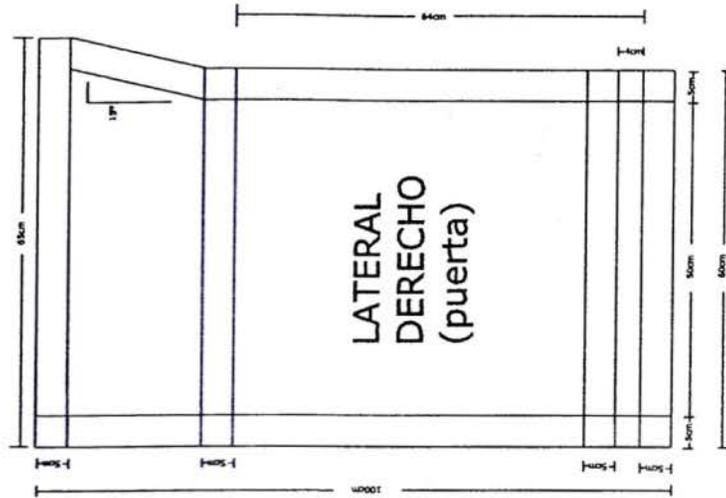


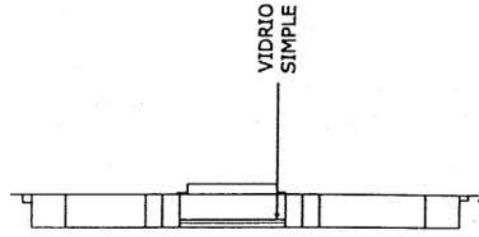
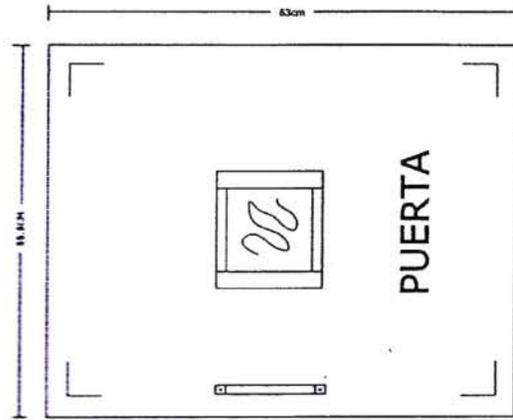
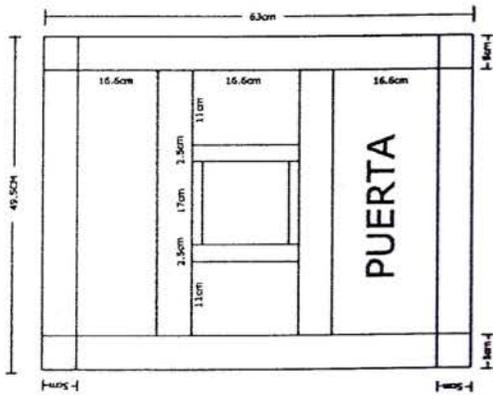
ANGULO = LATTUD
SAN MARTIN = 7°

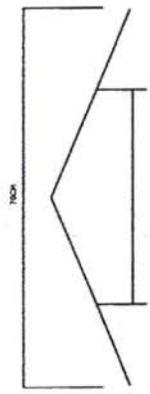
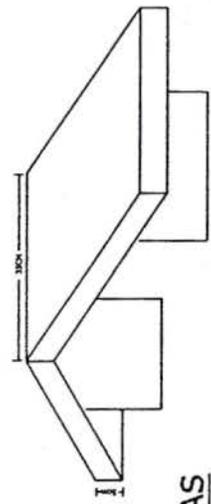
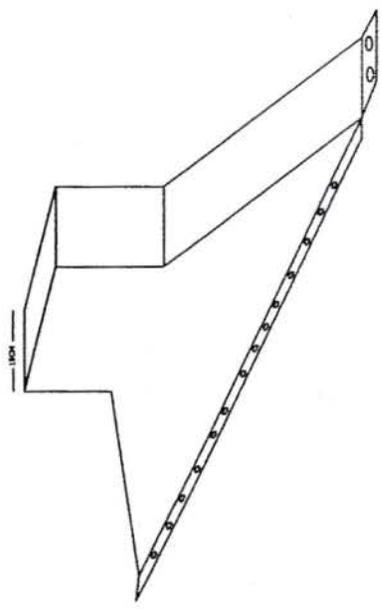
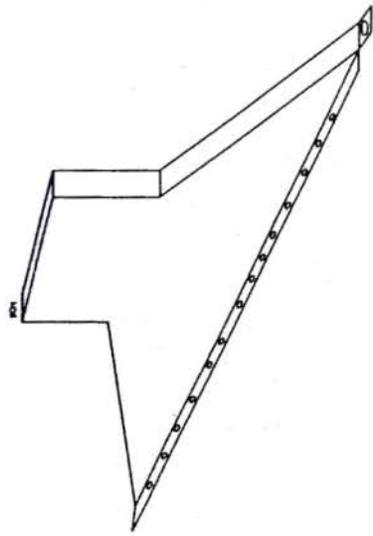


5cm
3.8cm
7.5cm
ANGULO =
LATTITUD
SAN MARTIN = 7°

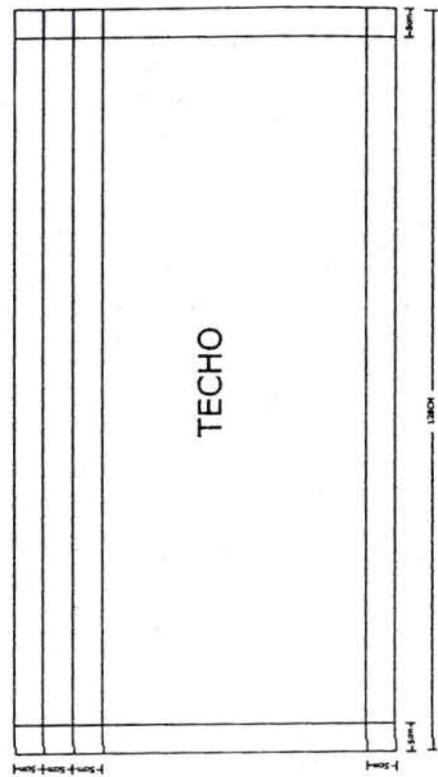
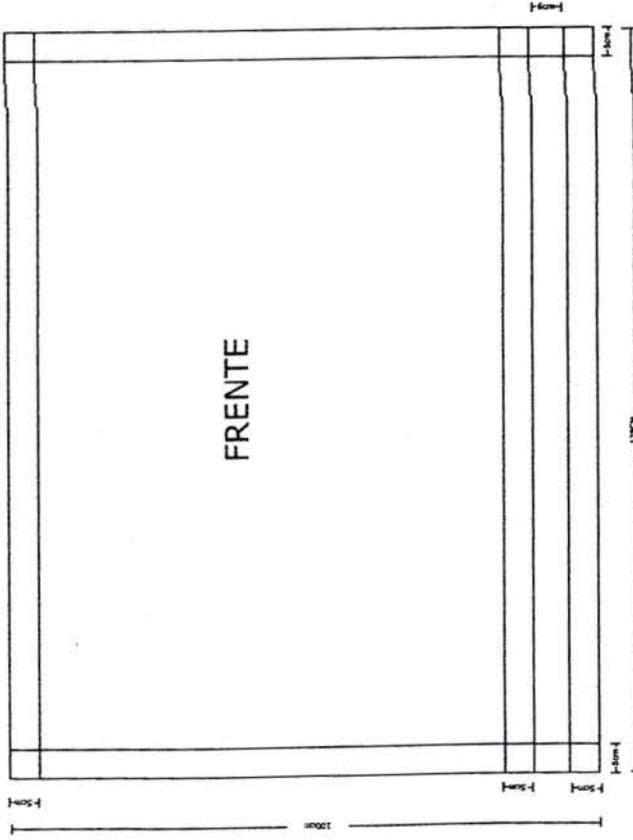


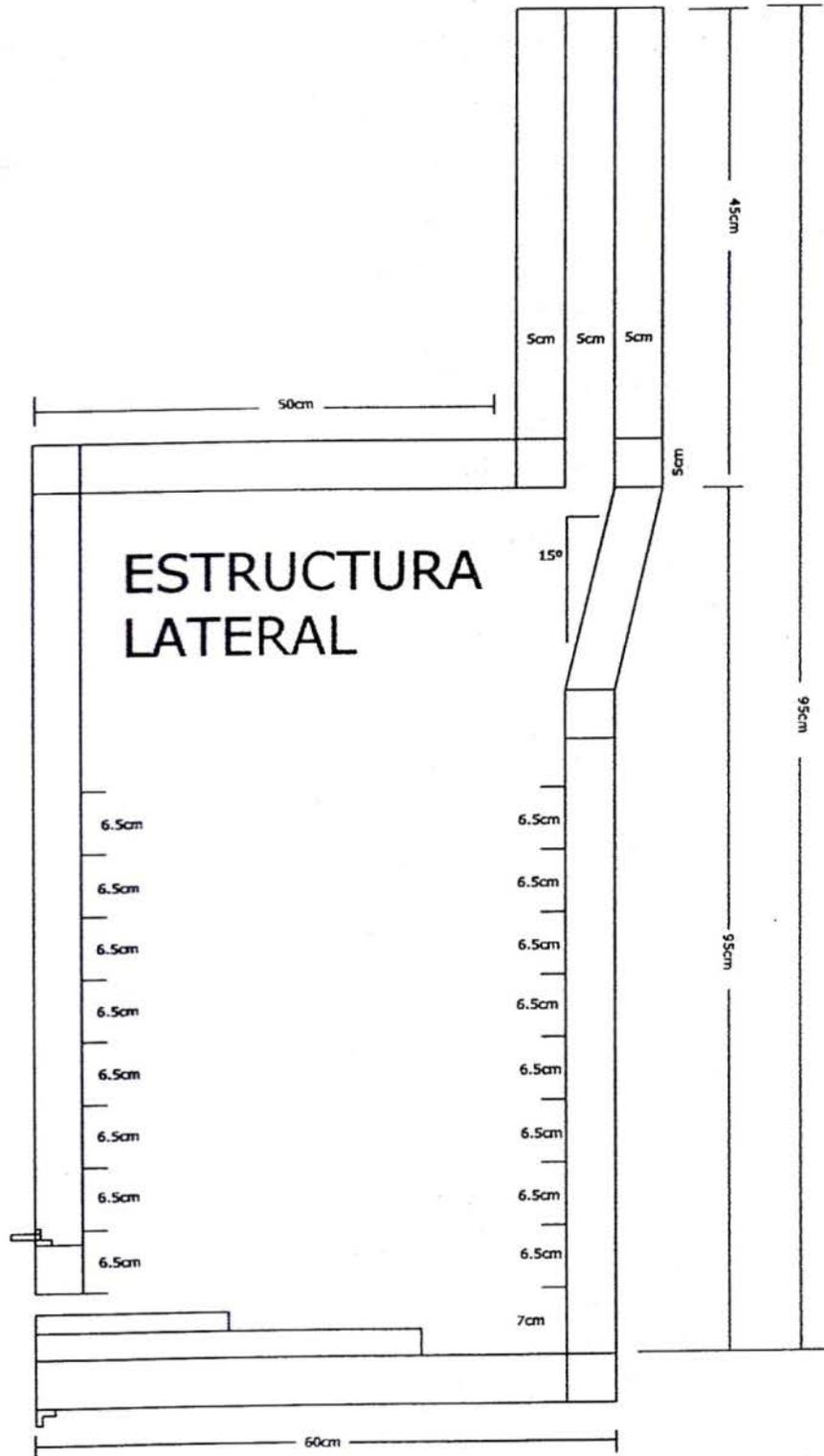


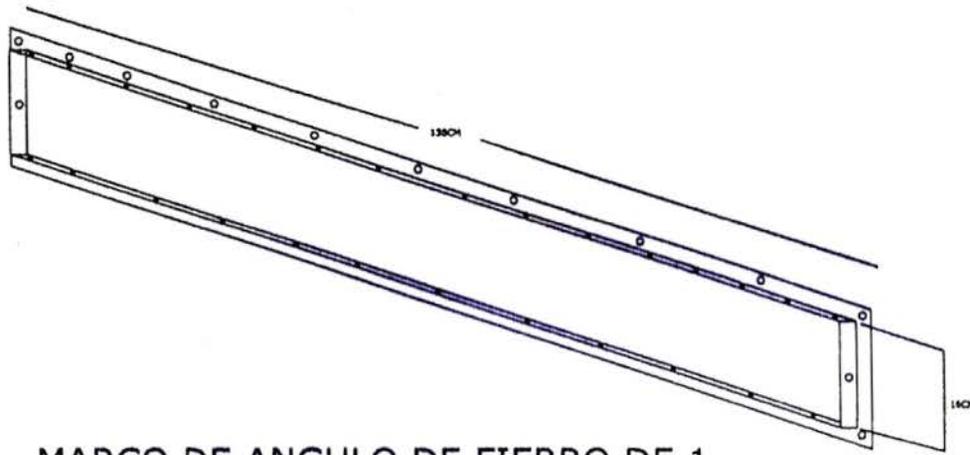




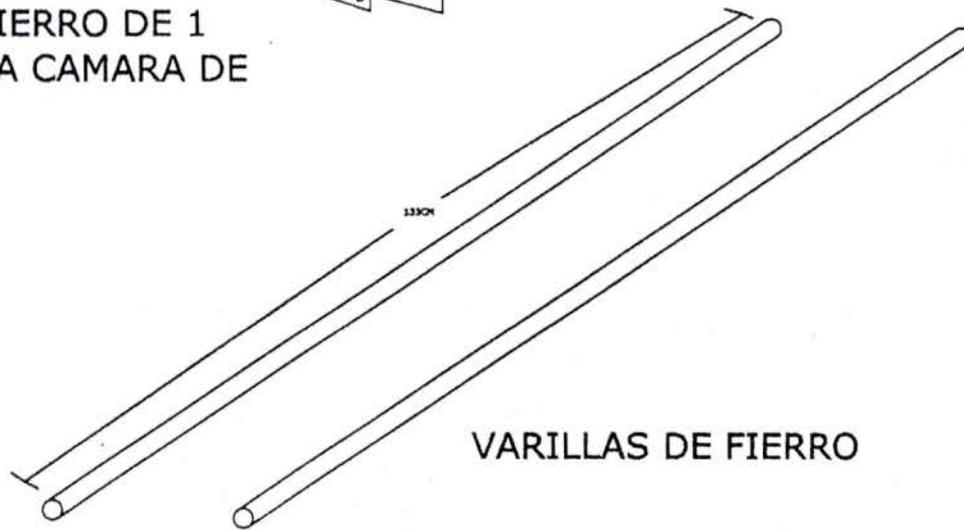
PARAGUAS



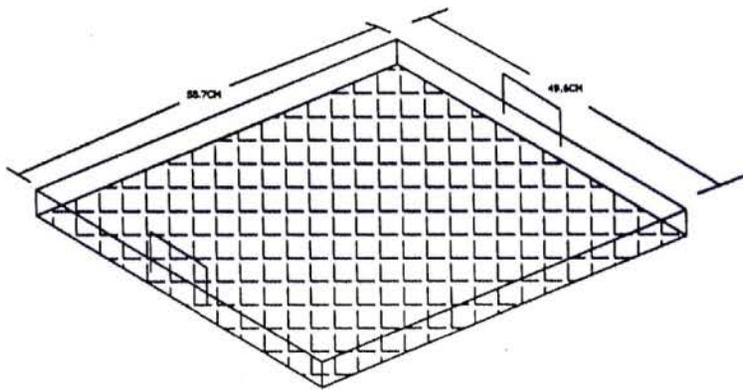




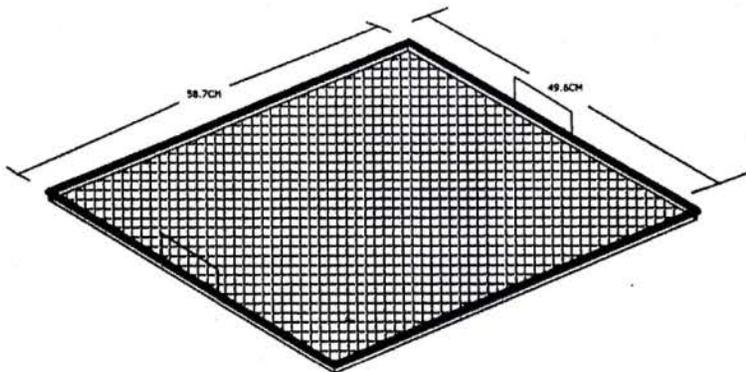
MARCO DE ANGULO DE FIERRO DE 1
Pulg. PARA UNION CON LA CAMARA DE
SECADO



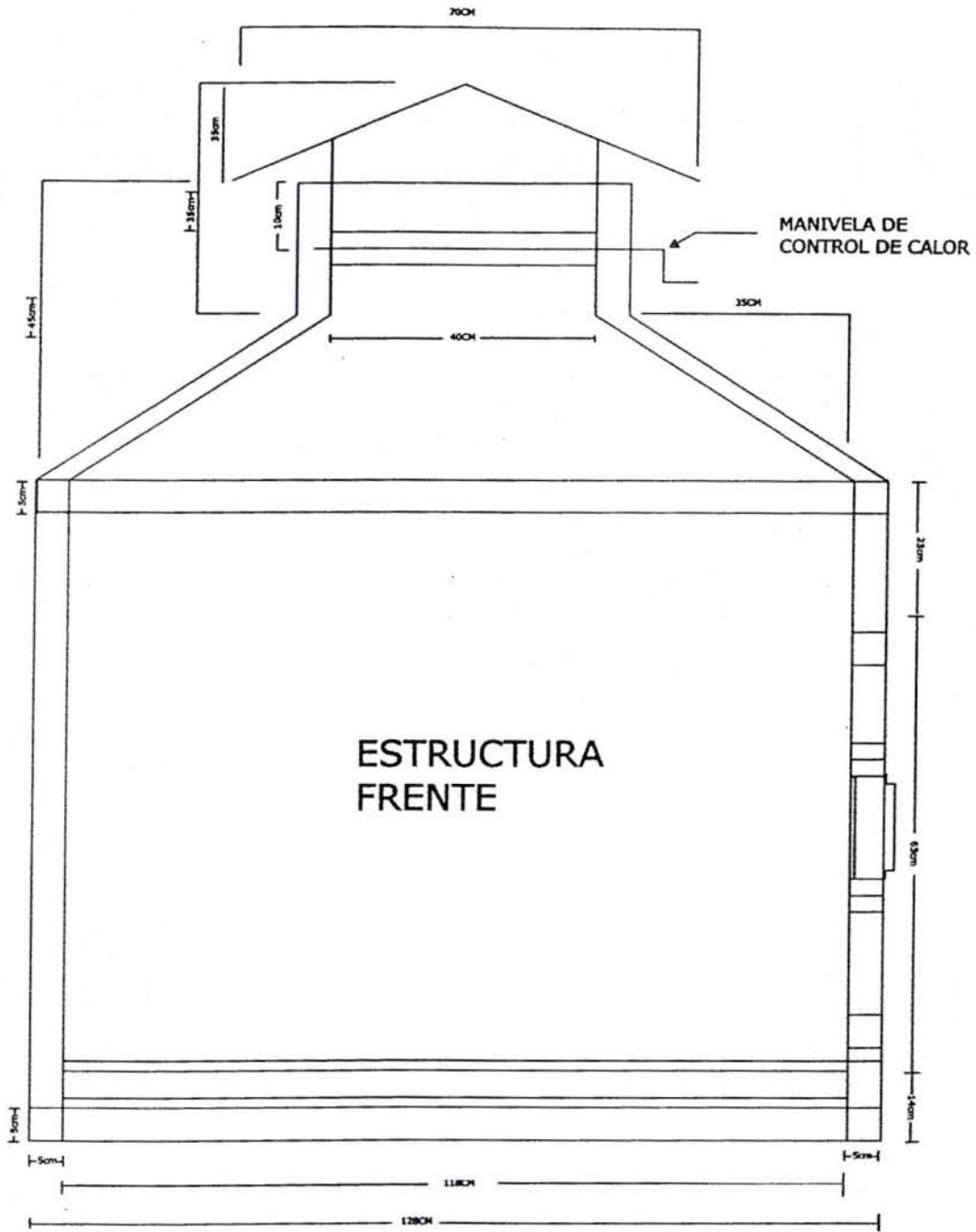
VARILLAS DE FIERRO

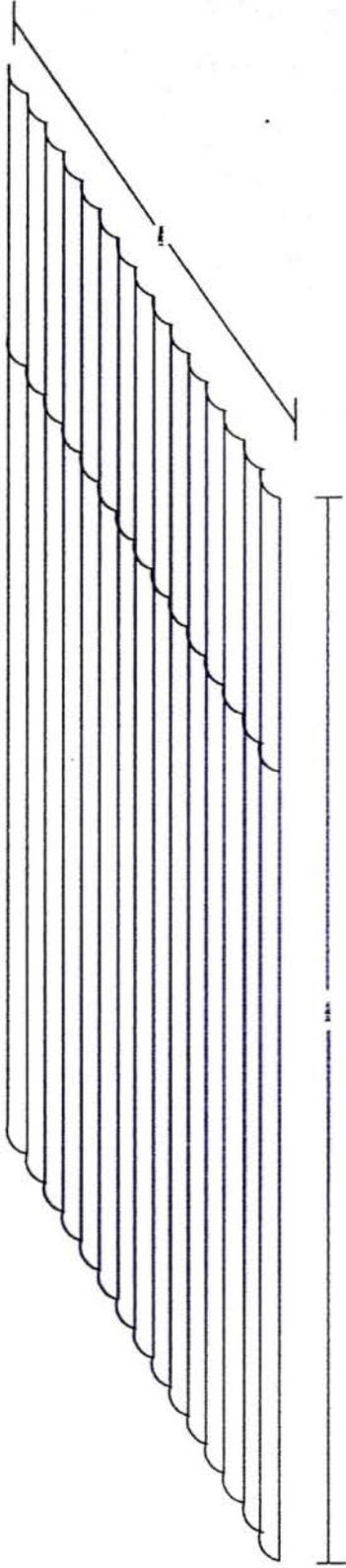


2 BANDEJAS
CON MALLA DE ALAMBRE
GALV. N°16 x $\frac{1}{2}$ Pulg DE
COCADA

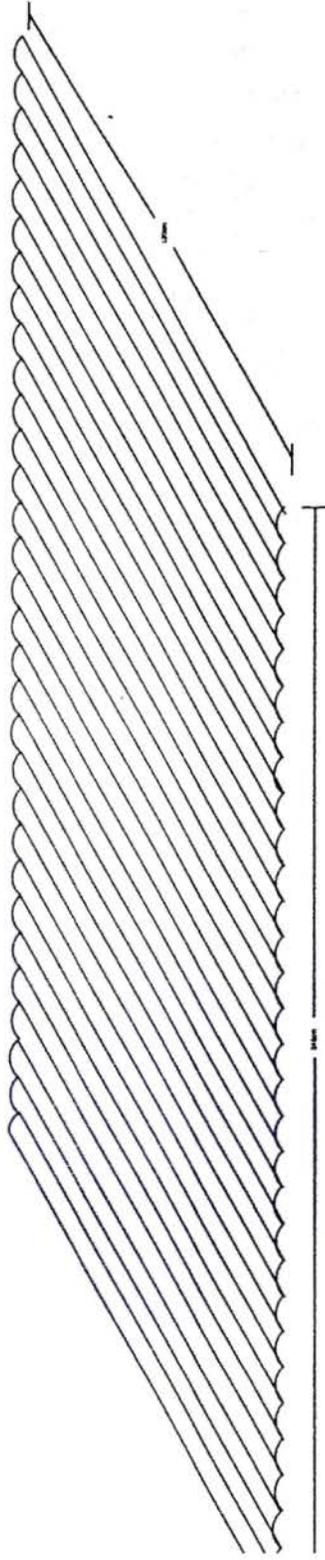


18 BANDEJAS
DE BORDE DE Fe GALVANIZADO DE $\frac{1}{8}$
Pulg CON MALLA DE PLASTICO TIPO
MOSQUITERO

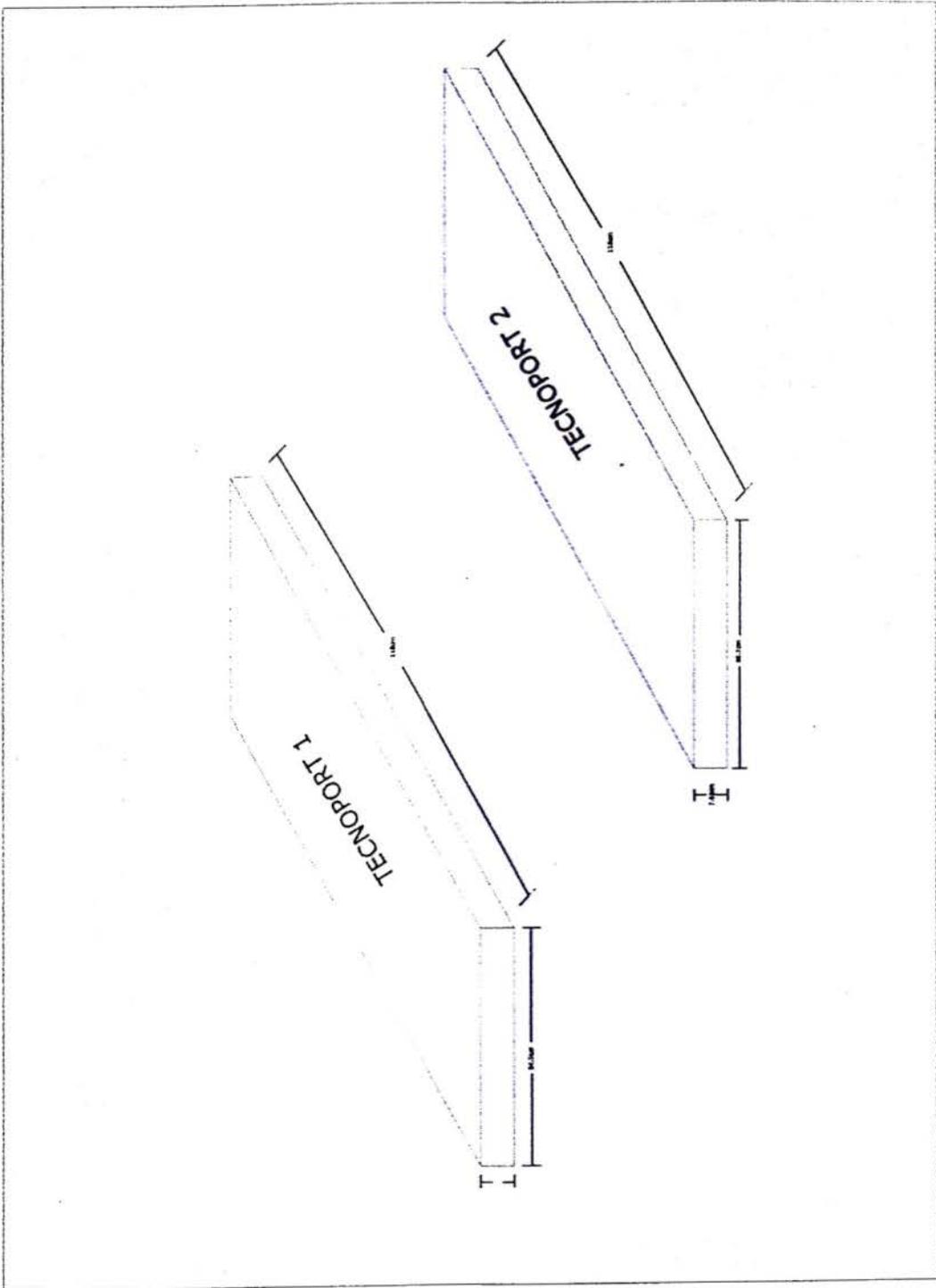




ESTRUCTURA
INFERIOR DE
CALAMINA



ESTRUCTURA
SUPERIOR DE
CALAMINA

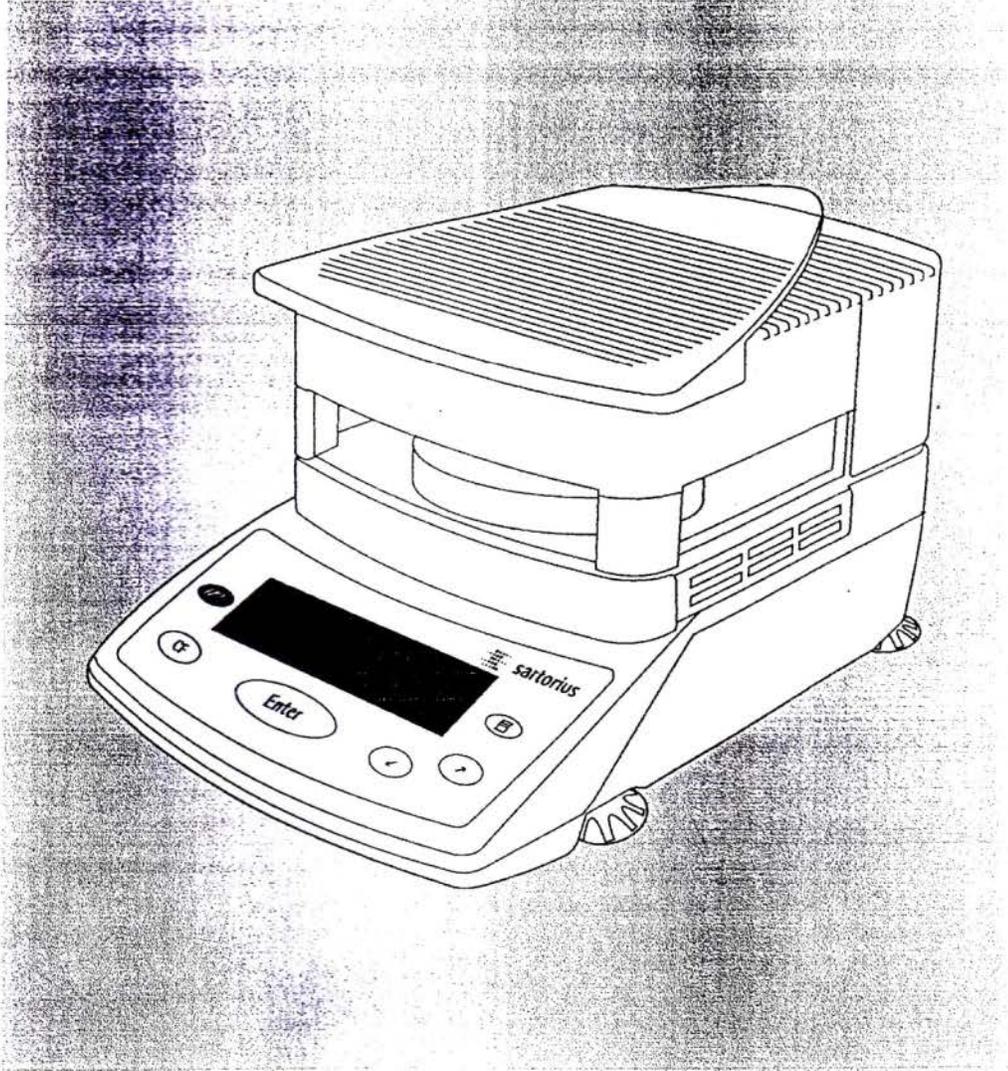


Instrucciones de funcionamiento

Sartorius Moisture Analyzer

Modelos MA45, MA145

Analizador de humedad electrónico



98648-010-40

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR
PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE AGUAJE**
(Mauritia flexuosa)

TESIS

Para Obtener el Título de
INGENIERO AMBIENTAL

Autor

Bach. BRUNO FERNANDO MENDOZA WONG.

Asesor

Ing. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA.

MOYOBAMBA (PERU-2007)

Registro N°: 06060807

Moyobamba, Setiembre 2007.