



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE
QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR EN PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WILSON SACACA CANAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Con el más profundo cariño a mi querido padre Ildelfonso Sacaca Lipa y en especial a mi madre Zaragosa Canaza Chambi, quienes permanentemente me apoyaron en mi formación personal y profesional, con un espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente para poder lograr los objetivos y metas propuestos.

Wilson



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por la oportunidad de haber contribuido en la realización de mis estudios superiores y a su plana docente, por haberme transmitido sus enseñanzas.

Al Ing. M. Sc Angel Mario Hurtado Chávez, por aceptar el asesoramiento del presente trabajo de investigación y por haberme orientado, mostrándome un apoyo incondicional y entusiasmo.

A los distinguidos miembros de jurado: Ing. M. Sc. Mateo Alejandro Salinas Mena, Ing. M.Sc. Walter Oswaldo Paredes Pareja e Ing. M.Sc. Fredy Bernardo Coyla Apaza, por aceptar amablemente a formar parte del mismo y por sus aportaciones, en la parte de ejecución y redacción final de dicho proyecto.

Wilson



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3.1. Problema general	17
1.3.2. Problemas específicos.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.5.1. Objetivo general.....	18
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
1.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	18
1.6.1. Ubicación geográfica.	18

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SUSTENTO TEÓRICO.....	19
2.1.1 Deshidratación	19
2.1.2 El proceso de deshidratación	19
2.1.3 Curva de deshidratación	20
2.2. EL CAFÉ.....	21
2.3. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ.....	21
2.4. SECADO DEL CAFÉ.....	22
2.5. PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN EN EL SECADO DE GRANOS DE CAFÉ	22



2.5.1. Temperatura del Aire de Secado	22
2.5.2. Flujo de Aire de Secado	23
2.5.3. Espesor de la Capa de Grano	23
2.6. TIPOS DE SECADO DEL CAFÉ	23
2.6.1. Secado solar natural.....	23
2.6.2. Secado artificial	23
2.7. SECADORES O DESHIDRATADORES.....	24
2.8. SECADORES INDUSTRIALES	24
2.8.1. Deshidratador tipo armario.....	25
2.8.2. Deshidratador tipo túnel	25
2.9. SECADORES SOLARES (PASIVOS).....	26
2.10. CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE VENTILACIÓN.....	26
2.11. CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE CAPTACIÓN.....	27
2.12. SECADOR SOLAR INDIRECTO	27
2.12.1 Deshidratador tipo armario.....	28
2.13. SECADOR SOLAR DIRECTO.....	29
2.13.1 Deshidratador tipo túnel	30
2.13.2. Deshidratador tipo carpa.....	31
2.13.3. Deshidratador tipo domo.	32
2.14. SISTEMAS DE DESHIDRATACIÓN SOLAR	33
2.14.1. El colector solar	33
2.15. PARTES DE UN SECADOR SOLAR DE CAFÉ.....	34
2.16. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SECADOR SOLAR DE CAFÉ	35

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA	37
3.1.1 Diseño del deshidratador	37
3.1.2. Principios físicos.....	37
3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE DISEÑO.....	38
3.3. POTENCIAL SOLAR ENERGÉTICO EN LA ZONA DEL PROYECTO.	39
3.4 BASES DE CÁLCULO.....	42
3.4.1. Cálculo de la masa de agua	42
3.4.2. Calculo de la energía	43
3.4.3. Calculo de la cámara del secador solar.....	44



3.4.4. Cálculo del área del ingreso del aire.....	47
---	----

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. EL DESHIDRATADOR SOLAR.....	49
4.1.1 Funcionamiento	49
4.2. ESTRUCTURA	50
4.3. LA PUERTA.....	51
4.4. EL GABINETE DE DESHIDRATACIÓN.....	51
4.6. FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	52
4.7. MATERIALES DE CUBIERTA	53
4.7.1 Elección de la cubierta.....	54
4.7.2. Imagen modelada.....	55
4.8. CONSIDERACIONES PARA UBICAR EL DESHIDRATADOR.....	55
4.9 FIGURAS COMPARATIVAS DEL SECADO DE CAFÉ	55
V. CONCLUSIONES.....	57
VI RECOMENDACIONES	58
VII REFERENCIAS.....	59
ANEXOS.....	64

Área: Energías Renovables

Tema: Análisis y Diseño de un deshidratador sustentable que utiliza energía solar en Puno.

Fecha de sustentación: 06 de Setiembre 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Curva de secado característica para un alimento.	20
Figura 2:	Esquema de un deshidratador artificial.....	24
Figura 3:	Deshidratador industrial tipo armario.	25
Figura 4:	Secador industrial tipo túnel	26
Figura 5:	Deshidratadores de circuito abierto.	27
Figura 6:	Modelos de circuito cerrado.	27
Figura 7:	Modelos que incluyen una chimenea.....	28
Figura 8:	Deshidratador tipo armario	29
Figura 9:	Esquema de secador solar directo	29
Figura 10:	Deshidratador tipo túnel con efecto invernadero con un tiro natural de aire por el inferior.	31
Figura 11:	Secador solar tipo carpa.	32
Figura 12:	secador solar tipo Domo.	33
Figura 13:	Tipos de material absorbedor.....	34
Figura 14:	Datos de promedio de radiación Solar.	41
Figura 15:	El flujo de aire caliente corre constante y paralelo a la superficie de la bandeja	42
Figura 16:	Diseño del tamaño y ubicación de bandejas.	45
Figura 17:	Perfil del deshidratador	46
Figura 18:	Diseño de la bandeja de deshidratación.	46
Figura 19:	Muestra el diseño de la estructura del colector. Propia	46
Figura 20:	Ubicación de los extractores eólicos y la sección de ingreso del aire frío.....	47
Figura 21:	Diseño del deshidratador concluido.....	47
Figura 22:	Diseño del extractor eólico.	48
Figura 23:	Detalle de la cruceta de armado central.	50
Figura 24:	Ubicación de la puerta y detalle de los embones de la puerta	51
Figura 25:	Diseño del gabinete del deshidratador	51
Figura 26:	Detalle de la ubicación y sujeción de los ventiladores o extractores de aire.	52
Figura 27:	Pin o estaca de 70 cm de largo y ½ pulgada de diámetro	52
Figura 28:	Diseño del Secador Solar	55
Figura 29:	Comparación del secado de café convencionales	55
Figura 30:	Curvas de secado de café parabólico - túnel.....	56



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	De datos de irradiación solar de Sandia. 6.02 Kw/m2.....	41
Tabla 2:	Datos de lluvias y velocidad de viento.	42
Tabla 3:	Características de los diferentes Tipos de Plásticos utilizados para Invernaderos.....	54
Tabla 4:	Características del polietileno PEBD.....	54



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

NASA	: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
MEM	: Ministerio de Energía y Minas
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología E Hidrología del Perú
CECOVASA	: Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de sandia
ANACAFE	: Asociación Nacional del Café
LACONAL	: Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos
TRNSYS	: Herramienta de Simulación de Sistema Transiet
EES	: Ingeniero Solucionador de Ecuaciones



RESUMEN

El proyecto se basa en la problemática que tienen los productores cafetaleros puneños, de las zonas de los distritos de la provincia de Sandia (a 2.040 m.s.n.m) de la Región Puno, quienes, en el proceso de secado del café, demoran entre 20 a 25 días, colocados el grano en patios, de tierra con cubierta de plástico o cemento, donde se hallan expuestos a los insectos, alimañas, el polvo, la lluvia, etc. Para la metodología se han tomado datos de la zona, como temperatura, velocidad del viento, irradiación solar, y del tipo de café que se produce y su procesamiento. Para los materiales, se han elegido los de la zona o de alcance en los mercados locales, excepto la cubierta de plástico especial de invernadero que se tiene que obtener de mercados capitalinos. Finalmente, en el trabajo se ha desarrollado el diseño de un deshidratador solar, que además de ser económico, está diseñado para ser transportable fácilmente de un lugar a otro, lo que facilitaría que pueda utilizarse en las cercanías de la plantación y ahorraría tiempo y costos de movilidad o traslado de la cosecha a un lugar más alejado. Llegando a la conclusión que si es factible proporcionar un deshidratador flexible, económico y eficiente que ayude en el secado del café a los productores de la parte del valle de la región Puno.

Palabras Clave: deshidratador, secador solar, café, Sandia, desmontable.



ABSTRACT

The project is based on the problems faced by the Puno coffee producers, from the areas of the districts of the Sandia province (at 2,040 meters above sea level) of the Puno Region, who take between 20 to 25 days in the drying process of the coffee. , placed the grain in patios, of earth with plastic or cement cover, where they are exposed to insects, vermin, dust, rain, etc. For the methodology, data have been taken from the area, such as temperature, wind speed, solar irradiation, and the type of coffee that is produced and whether it is processed. For the materials, those of the area or of scope in the local markets have been chosen, except the special plastic greenhouse cover that has to be obtained from capital markets. Finally, at work, the design of a solar dehydrator has been developed, which in addition to being economical, is designed to be easily transportable from one place to another, which would facilitate its use in the vicinity of the plantation and save time and costs of mobility or transfer of the harvest to a more remote location. Reaching the conclusion that if it is feasible to provide a flexible, economical and efficient dehydrator that helps in the drying of coffee to the producers of the valley part of the Puno region.

Keywords: dehydrator, solar dryer, coffee, watermelon, detachable



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se basa en la hipótesis que se puede implementar de deshidratadores solares en las zonas agrícolas, realizando un diseño fácil de implementar, económico y de gran capacidad que sirva como ayuda a los cafetaleros de la Región de selva baja de la Región Puno. Tenemos la opción de aprovechar la energía solar para mejorar los procesos industriales mejorando el producto y mejorando la economía de la pequeña empresa. En el trabajo presente se pretende hacer la propuesta de la utilidad de realizar un diseño para construir un sistema que utiliza la energía solar térmica con los conocimientos obtenidos en las aulas de pregrado de manera eficiente para la obtención de un deshidratador para alimentos concretamente orientado al proceso de obtención de café industrial con una calidad aceptable y confiable para el consumo humano.

El proyecto se basa en la problemática de solucionar el problema de los productores cafetaleros puneños, de las zonas de los distritos como Yanahuaya, San Juan del Oro, Putina Punco (a 2.040 m.s.n.m) otros asociados en cooperativas como Túpac Amaru, al que pertenecen los productores de Cruz Pata del anexo al centro poblado Quiquirá, en el distrito Alto Inambari-Masiapo en la provincia de Sandía, región Puno; que utilizan la forma tradicional del secado del café que es al aire libre sobre patios de piedra o cemento, donde se exponen los granos húmedos directamente a los rayos del sol, durante varios días, removiéndolo periódicamente hasta alcanzar la reducción adecuada de la humedad. El sistema de secado en patio es simple y barato, pero implica mucho movimiento del café pues debe protegerse de lluvias repentinas, del polvo, la basura y los animales; también se debe guardar o cubrir el café por la noche para evitar que vuelva a absorber la humedad ambiental.



Hay muchas técnicas y mejoras que se han realizado con el afán de optimizar y ganar más tiempo en el secado del café, por ejemplo, se coloca el café sobre rejillas que están a cierta distancia del suelo que se cubren con una malla fina para reducir el riesgo de contaminación, otra forma es proteger la capa de café del patio es con una cubierta de plástico movable. Además del uso de cubiertas y otras estructuras, hacen uso de la cascarilla de café quemándolo como combustible, esta forma presenta inconvenientes de tipo económico y ecológico, debido a los insumos que requieren y a la contaminación que provocan y el café que puede absorberlo y contaminarse.

Debido a los problemas que presenta el secado del café en patio o en otras estructuras, se propone desarrollar un secador o deshidratador de radiación solar para secar el café calentando el aire, que se encarga de deshidratar el grano. El secador solar además de aprovechar el calor del sol, protegerá al grano del polvo, la basura y los animales, reducirá el tiempo de secado y asegurará la calidad del grano.

El deshidratador se basa en el colector solar, el gabinete de deshidratación y captación de la energía y un sistema de monitoreo y control de variables de proceso, como es el tiempo de secado, contenido de humedad, proponer tecnológicas para el transporte de energía solar térmica, secadores solares y sistemas de control de variables de proceso.

Para los resultados se tomaron datos de vida microbiológica, pruebas con café natural de empresas conocidas, se analizó su procesamiento, tomando los valores iniciales para verificar después de un tratamiento y alcanzó niveles finales de contenido de humedad, también se hace un estudio de la eficiencia energética con el objetivo de ser comparado con otros deshidratadores en el mercado y en el mundo académico.

El diseño es una alternativa para hacer frente a las necesidades en los procesos de elaboración del café industrial en zonas donde se produce, pero lo más importante es la



afirmación de la utilización de la energía térmica del sol en máquinas que lo utilicen en beneficio de la sociedad en mejorar el almacenamiento de alimentos.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema se presenta en los productores cafetaleros puneños, de las zonas de los distritos como Yanahuaya, San Juan del Oro, Putina Punco (a 2.040 m.s.n.m) otros asociados en cooperativas como Túpac Amaru, al que pertenecen los productores de Cruz Pata del anexo al centro poblado Quiquirá, en el distrito Alto Inambari-Masiapo en la provincia de Sandia, región Puno; que utilizan la forma tradicional del secado del café como es al aire libre sobre patios de piedra o cemento, donde se exponen los granos húmedos directamente a los rayos del sol, durante varios días, removiéndolo periódicamente hasta alcanzar la reducción adecuada de la humedad. El sistema de secado en patio es simple y barato, pero implica mucho movimiento del café pues debe protegerse de lluvias repentinas, del polvo, la basura y los animales; también se debe guardar o cubrir el café por las noches para evitar que vuelva a absorber la humedad ambiental. Este problema no es único en la zona cafetalera de la provincia de Sandia; también es un problema general en todas las zonas donde se procesa este producto; donde la extracción de la humedad del fruto, es fundamental para su utilización y calidad del producto final, como es el café.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

“Determinación comparativa de tiempo de secado de café (coffea arábica l.) En dos tipos de secadores solares en el valle de sandia-puno”. El trabajo de investigación evalúa dos tipos de secadores solares: con colector solar y sin colector solar, el tiempo de secado en la variación de humedad del grano de café así como determina el perfil de taza de café (sabor, aroma, cuerpo y acidez). Los secadores fueron evaluados en 5 días analizando la humedad del café y su análisis organolépticos, el secado fue analizado en el laboratorio



de Control de calidad de café para exportación de CECOVASA, en el sector de bajo Tunkimayo del distrito de San Pedro de Putina Punco. (Mamani, 2015)

“Diseño y construcción de un sistema cíclico de colección, transporte y descarga de energía solar térmica para un deshidratador solar en el municipio de san juan del río oro” el trabajo desarrolla un deshidratador con energía solar térmica de manera eficiente, para la obtención de alimentos deshidratados confiables al consumo humano de calidad aceptable, con un mínimo de consumo de energía convencional, describe el diseño, construcción y caracterización, de un prototipo para frutas y verduras con temperaturas de hasta 59 °C logrando reducir el contenido de humedad a menos de 1%. (Lemus, 2015)

“Simulación de un sistema de secado asistido con energía solar, tesis que presenta los resultados de la simulación de un sistema de secado de carne de res, mediante el uso de un secador de aire caliente a una temperatura de 65 °C en cualquier momento del año, bajo dos sistemas de secado. El primero simula un sistema que usa gas para el calentamiento del aire y se compara con otro sistema que usa tanto gas como energía solar para el mismo fin. Para lo cual utiliza el software TRNSYS (Transient system simulation tool) y EES (Engineering Equation solver). (Romero, 2013)

“Diseño De Secador Solar De Piña Y Plátano Automático”, el trabajo diseña una máquina automática de deshidratación de piña y plátano que aprovecha la energía térmica solar con una capacidad de producción mayor a 1.5 ton (plátano) o 0.5 ton (piña) mensual, con una serie de concentradores solares cilíndricos parabólicos, los cuales concentran la radiación solar en un tubo receptor calentando un fluido circulante que luego acarrea la humedad de la fruta, con un mecanismo de seguimiento solar se controla y regula la temperatura de secado de la cabina de deshidratación. (Vilcarima, 2015)

“Diseño y construcción de un deshidratador de plátano mediante el



aprovechamiento de energía solar pasiva para los laboratorios de la facultad ingeniería civil y mecánica”, el proyecto diseña y construye una deshidratadora de plátano mediante el aprovechamiento de energía solar pasiva analizando diferentes tipos de deshidratadores solares: directo, indirecto, y mixto, tomando en cuenta parámetros tales como la temperatura del aire, velocidad del flujo de aire, rapidez de extracción de humedad, calidad de producto final, dimensiones físicas y costo; siendo la mejor alternativa el sistema mixto. Además, hace una simulación, para la obtención de parámetros para la construcción; en el lapso de 5 días, sin extractor de aire se logró llegar a deshidratar la muestra de plátano al 12.7% de humedad, mientras que con extractor de aire se alcanzó en tan solo 2 días. El valor de la humedad residual en la fruta fue corroborado por un análisis de humedad hecho por parte del Laboratorio de LACONAL de la Universidad Técnica de Ambato. (De la Vega, 2017)

Mora Vindas A. (2014) Dimensionamiento, construcción y puesta en marcha de un sistema de secado de granos de café con uso de colectores solares. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San José, Costa Rica Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

Andión et al, (2012) hacen el estudio para evaluar una escala de secado para extraer pectina a partir del hollejo de naranja seca, en una escala de laboratorio, para usos médicos, en un secador solar de tipo gabinete construido en el Centro de Investigaciones de Energía Solar. Se midieron variables que influyen en el proceso de secado y en la calidad del producto final, como son la radiación solar, la humedad relativa ambiente, la temperatura ambiente y las alcanzadas en el interior del equipo, así como la humedad inicial y final de las muestras.

Vásquez, G. (2017). Hace un análisis del secado del cacao y plantea un modelamiento matemático para su adaptación a secadores solares indirectos. “en



Morropón, Piura, se realiza el secado de cacao que presenta muchos inconvenientes como: es lento, secado heterogéneo, contaminación del cacao, condiciones no controladas de temperatura, radiación solar directa y falta de protección ante fenómenos naturales como la lluvia. Es factible implementar un secador solar indirecto. Realiza una revisión del estado del arte de la teoría del secado de productos y de los diferentes tipos de secadores solares y los parámetros que intervienen en el proceso de secado se realizó la modelación matemática en derivadas parciales, basada en la transferencia de calor y masa y de la cámara de secado, como parámetros de entrada el tiempo de secado, la velocidad de secado y la temperatura del cacao. Demostró que el secado de cacao dura aproximadamente cuatro días.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

Se analiza desde la pregunta:

¿Cómo realizar un diseño de un deshidratador sustentable que utilice energía solar y sea utilizado para el secado de granos de café en Puno?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Se analiza desde las siguientes preguntas:

¿Qué ventajas tendrá reducir el tiempo de secado del café comparado con el secado en patio?

¿Qué importancia tienen los deshidratadores, para reducir la contaminación provocada por polvo, alimañas y aprovechar mejor el espacio para secado del café?

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El trabajo de investigación, se justifica, por el impacto en los tiempos de reducción en el proceso de secado del café; impacto que se verá en la economía del productor. Se



justifica, porque existen empresas cafetaleras grandes que utilizan secadoras mecánicas, secadoras estáticas o de pila, infraestructura que no pueden ser adquiridos por los pequeños productores; entonces se justifica porque va a apoyar al agro cafetalero por el trabajo y tiempo que se ahorraría, en el proceso de secado del grano; se justifica también no en si porque sería algo novedoso e innovador; porque la idea se viene utilizando en otros ámbitos; sino también porque un diseño óptimo de utilización de energías renovables, justifica un trabajo de investigación aplicada, que ayude al estudiante profesional a desarrollarse en su fase final como es el trabajo de tesis.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio y diseño de un deshidratador sustentable que utilicé energía solar para ser utilizado en el secado de granos de café en las zonas cafetaleras de la región Puno.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reducir el tiempo de secado del grano de café comparado con el secado tradicional en patio., necesario para la producción del producto final.
- Aprovechar mejor el espacio y efectivizar la conservación del grano frente a la contaminación provocada por polvo, y depredadores como alimañas, durante el tiempo de secado del grano de café.

1.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

1.6.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La ubicación elegida para el aprovechamiento de la investigación, se ubica en las zonas cafetaleras de los distritos como Yanahuaya, San Juan del Oro, Putina Punco, Cruz Pata, Quiquirá, en el distrito Alto Inambari-Masiapo en la provincia de Sandia, región de Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SUSTENTO TEÓRICO

2.1.1 DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es una forma de preservar los alimentos orgánicos, consiste en la disminución de la humedad que contienen los alimentos como carnes y vegetales; en esta condición, de fruto o carne seca, su almacenamiento es seguro por largos periodos de tiempo. Las ventajas que presenta son varias como, el volumen de almacenamiento y costo de transporte es menor. “Deshidratación; Comprende la eliminación de agua mediante el tratamiento del producto por calor artificial: aire previamente calentado, superficies calientes, etc.” (Ohaco, Michelis, 2019)

2.1.2 EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

El proceso consiste en reducir el contenido de agua del objeto a deshidratar, esta operación debe ser de lenta para que la disminución sea gradual y no se pierda sus propiedades alimenticias. Los productos agrícolas tienen un orden de 25 % - 80 % de agua con una media de 70 %, durante la deshidratación, se reduce el contenido de humedad hasta que se desactiva las enzimas, bacterias, levaduras y moho.

El método corriente es someter a los objetos al contacto o lamiendo con aire caliente, provocando la evaporación del contenido de líquidos que contengan los productos. Para desarrollar este proceso existen diferentes procesos y mecanismos que logran deshidratar el producto, sin modificar sus propiedades nutricionales. (Belessiotis & Delyannis, 2010)

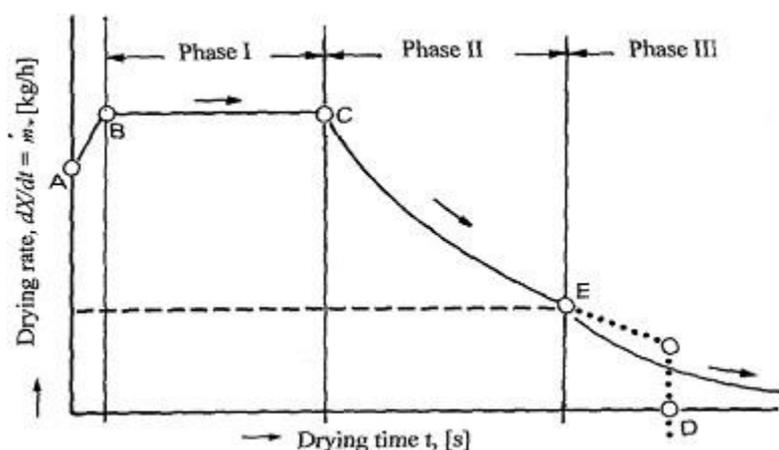
La temperatura del aire en la primera parte del secado, debe ser alta entre 60°C a 70°C, para que la humedad sea evaporada rápidamente del fruto. (Keith, 1984), pero se debe evaluar esta temperatura, en función también a la humedad y ventilación la humedad

de aire reduce la velocidad de evaporación. Cuando el secado se realiza muy rápido se produce un “endurecimiento”; porque las células en la parte exterior de la pieza alimentaria perderán más rápido que las células del interior, por esta razón debe haber una adecuada ventilación en el secador de alimentos (Fellows, 2000)

2.1.3 CURVA DE DESHIDRATACIÓN

En los reportes técnicos se explican series de experimentos en donde se analiza la velocidad de secado en función de la temperatura concluyendo que entre más alta sea la temperatura del aire mayor es la velocidad de secado en la etapa de velocidad constante, pero el efecto de la temperatura se hace insignificante durante el periodo de secado no lineal. Durante el periodo de secado constante se evapora el agua que satura la superficie de los materiales y su velocidad depende de la temperatura, del área expuesta y de las condiciones de flujo. Por su parte, en la etapa de secado no lineal el agua debe movilizarse por difusión desde el interior de los materiales hacia la superficie. A continuación, en la Figura se presenta una curva de secado característica de un alimento y sus fases, tomada de Belessiotis *et al.* (2011).

Figura 1: Curva de secado característica para un alimento.



Fuente: (Belessiotis & Delyannis, 2011).



2.2. EL CAFÉ

Coffea o cafeto, es un arbusto cuyo fruto de color rojizo, contiene dos semillas con una primera capa carnosa y una segunda tipo cáscara conocida como pergamino. Se cultiva en zonas tropicales y subtropicales de todo el mundo, entre los 500 a los 2800 metros sobre el nivel del mar. Necesita temperaturas entre los 15 y los 24 °C. (Besora, 2017).

A la bebida obtenida de estas semillas procesadas y tostadas, se denomina también café.

Existen más de treinta variedades de café, pero las más importantes son: Café arábica, Café robusta, Caturra, Catimor, Pache. (Besora, 2017).

2.3. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ

Se dividen en fases:

1. **Recolección de la semilla:** cuando el fruto es de color rojo

2. **Recibo del café:** Es la separación del fruto maduro sin mezclar con el verde, ni con el seco, ni con impurezas.

3. **Beneficiado:** Se separa del fruto de las semillas. Existen dos métodos:

Beneficiado seco y el beneficiado húmedo

El Beneficiado seco, también llamado natural, consta de:

a. **lavado** del fruto con agua.

b. **secado** se reduce la humedad del 70% al 12%, en el suelo directamente o con técnicas de secado. Es la etapa que dura más (hasta cuatro semanas) y la más importante, porque de eso dependerá la calidad del café.

c. **Descascarillado**, Se obtiene la semilla, trillando o golpeando la cascarilla que lo recubre.



4.- Almacenamiento: Almacenar los granos de café hasta su venta a temperaturas de 20 °C y humedad relativa del ambiente de 65%.

2.4. SECADO DEL CAFÉ

El secado evita los hongos y afecta la calidad del café, como: apariencia de color, peso y sabor.

- a. **Oreado:** secado de la humedad superficial entre los granos y la superficie del pergamino. Se pasa del 55% de humedad a valores de 48%.
- b. **Presecado:** se evapora la humedad entre la cascarilla y el grano, reduciendo la humedad hasta un 32%.
- c. **Secado:** Se elimina la humedad del grano hasta cerca al 12,5%.

Es necesario remover el grano para un secado parejo.

2.5. PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN EN EL SECADO DE GRANOS DE CAFÉ

Según Montilla (2008), para el secado de los granos de café se deben tener en cuenta las siguientes variables:

Temperatura del aire de secado, Flujo de aire de secado, Contenido de humedad del grano, Espesor de la capa de grano.

2.5.1. Temperatura del Aire de Secado

La eficiencia del deshidratador, aumenta con el incremento de la temperatura del aire. La temperatura del aire de secado para el café no debe pasar de los 60 °C (Vargas, 2010)



2.5.2. Flujo de Aire de Secado

El flujo de aire a través de la cama de secado, debe ser libre, que no produzca sobrepresiones. (Jurado, 2009).

Contenido de humedad del grano; es al final de alrededor de 11 %. obtener un valor por debajo de este valor, significaría una pérdida de la calidad del mismo o tener mayores, el grano estaría expuesto a hongos, insectos y otros microorganismos (Montoya, 2002).

2.5.3. Espesor de la Capa de Grano

Las capas de granos en las bandejas de secado no deben ser de mucho espesor, según (Montoya, 2002), el espesor esta entre 3 a 5 cm, para un resultado más uniforme se debe hacer un movimiento frecuente de los granos.

2.6. TIPOS DE SECADO DEL CAFÉ

2.6.1. Secado solar natural

Es el secado a cielo abierto, ampliamente utilizado por pequeños productores de café, debido al alto costo de los métodos artificiales. Se expone directamente en un área o campo el producto al sol y a al aire, por un periodo de varios días, hasta alcanzar la humedad necesaria para el almacenamiento tiene varias desventajas: Son varios días de secado (hasta 20), se seca irregularmente, está expuesto al polvo, los insectos y los animales. (Mamani, 2012)

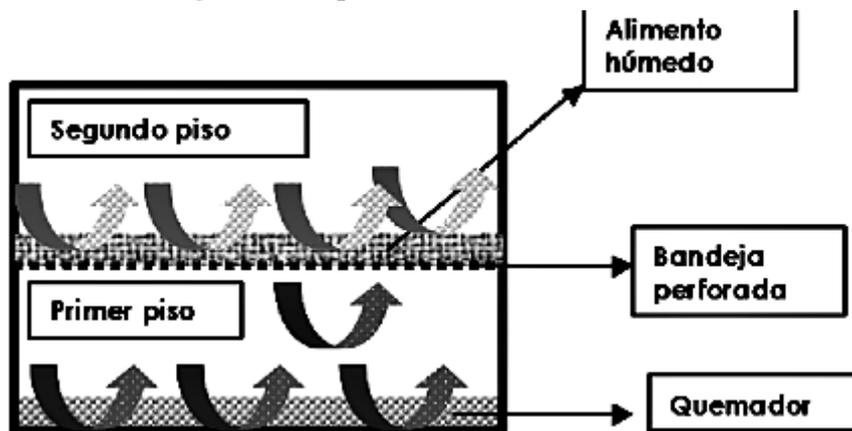
2.6.2. Secado artificial

Es el secado con máquinas que consumen energía, pero el más económico y más utilizado actualmente es el secado con deshidratadores solares. El sistema es relativamente sencillo, se realizan coberturas sobre una estructura de madera, donde en su interior se coloca el grano de café y por proceso natural se calienta el aire por efecto

invernadero y por convección natural o forzada se hace pasar una corriente de aire que pasa por el producto extrayendo la humedad.

Existe una gran variedad de diseños, que dependen de la economía, el lugar o condiciones ambientales, la calidad que se espera del producto (Espinoza, 2016).

Figura 2: Esquema de un deshidratador artificial



Fuente: Fito (2020)

2.7. SECADORES O DESHIDRATADORES.

Se clasifican en secadores industriales o de alta producción y secadores caseros o de baja producción.

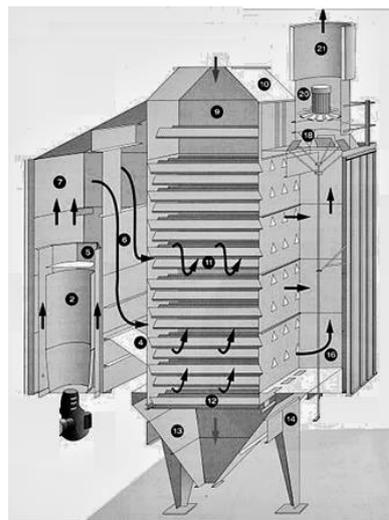
2.8. SECADORES INDUSTRIALES

También denominados activos, de alta producción o industriales; son de ventilación forzada. Utilizan un ventilador, para forzar el paso del aire caliente por la cámara de secado. Utilizan calefacción artificial de carbón, petróleo o energía eléctrica. Son usados en la industria o cuando hay bastante demanda de secado del producto. Existen los de tipo armario y los de tipo túnel. Son de contacto directo porque la evaporación se hace directamente por el contacto del aire caliente con la superficie del producto.

2.8.1. DESHIDRATADOR TIPO ARMARIO

El más simple consta de un pequeño recinto en forma paralelepípedica de dos o más pisos. El aire de secado se calienta en un quemador (estufa) del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada a los siguientes pisos perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar.

Figura 3: Deshidratador industrial tipo armario.



Fuente: <https://emjuvi>.

2.8.2. DESHIDRATADOR TIPO TÚNEL

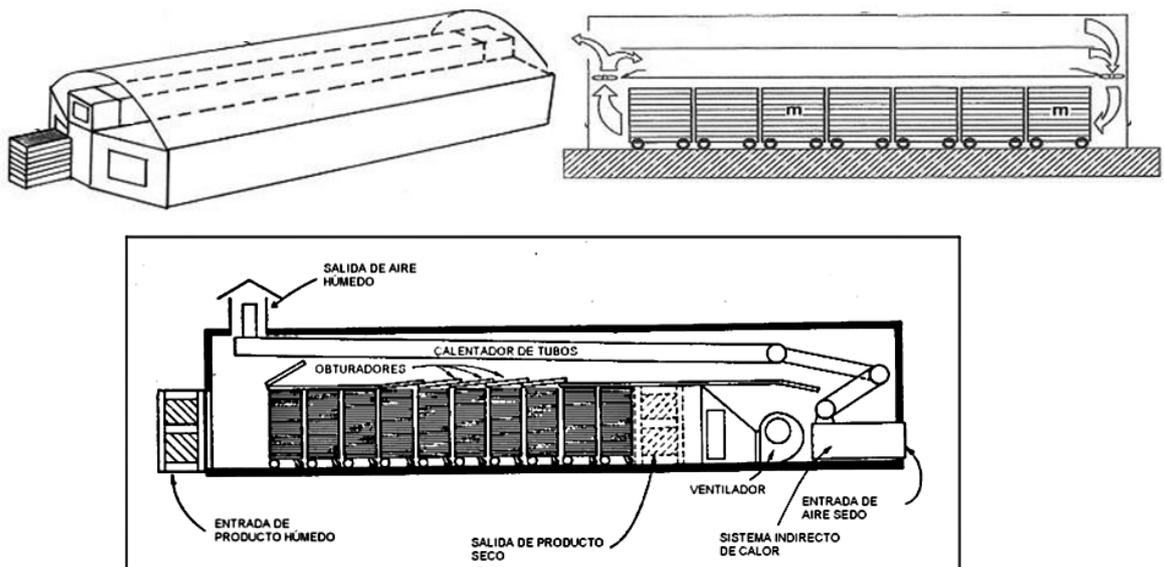
El túnel está dividido en sectores alternantes de colector y secador. Los primeros tienen la función de calentar el aire, que luego en los últimos es utilizado para el secado de los productos en las bandejas.

El aire circula en forma horizontal a través de todo el túnel, ingresa por un extremo y sale por el otro, con la ayuda de un ventilador eléctrico.

El aparato es una construcción modular plana con marco rígido, compuesta de dos chapas, con una capa de aislante térmico. Las bandejas de secado son removibles y se pueden estirar lateralmente como los cajones de una cómoda. Por la altura relativamente grande de las bandejas es posible secar también productos que ocupan mucho volumen,

tales como hierbas o flores. Tienen un sistema de calefacción artificial. Este modelo sirve para pequeños emprendimientos industriales. Se gradúa el contenido de algunos productos y temperatura máxima tolerable según la humedad del producto.

Figura 4: Secador industrial tipo túnel



Fuente: <https://emjuvi.com>

2.9. SECADORES SOLARES (PASIVOS)

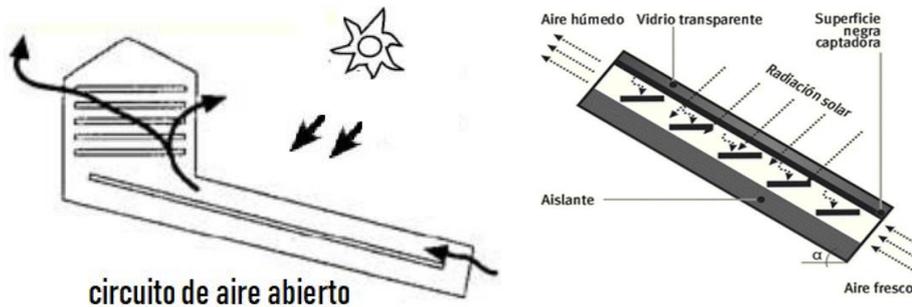
Son actualmente, los más difundidos; existen en diferentes modelos y materiales de construcción; son de construcción sencilla; y dependiendo de la zona, el clima y la ubicación, son muy eficientes.

2.10. CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE VENTILACIÓN

Se clasifican por la forma de recoger la humedad del producto por convección natural también denominados secadores pasivos son de:

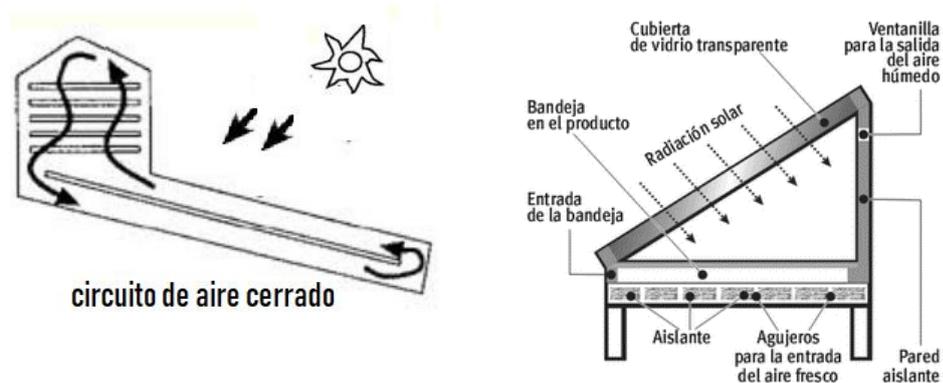
- Ventilación de circuito abierto.
- Ventilación de circuito cerrado

Figura 5: Deshidratadores de circuito abierto.



Fuente: Pinterest.com

Figura 6: Modelos de circuito cerrado.



Fuente: <https://www.portalfruticola.com>

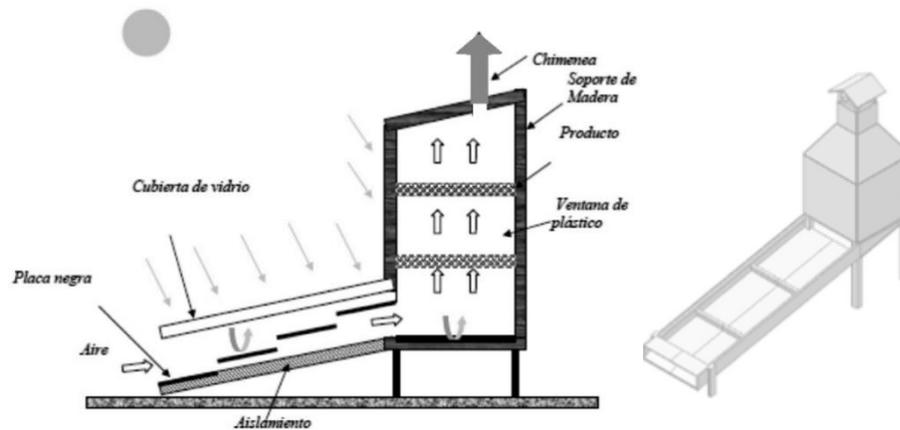
2.11. CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE CAPTACIÓN

Por la captación del calor solar en directo e indirecto y por su capacidad del producto en baja producción (caseros) y alta producción (industriales).

2.12. SECADOR SOLAR INDIRECTO

La radiación solar calienta el aire del colector que pasa a la cámara de secado, donde está el producto. En la cámara de secado no incide la radiación solar. Es conveniente para productos sensibles a la exposición directa al sol, permite una mejor manipulación del producto y es más fácil incorporar una fuente de energía auxiliar.

Figura 7: modelos que incluyen una chimenea.



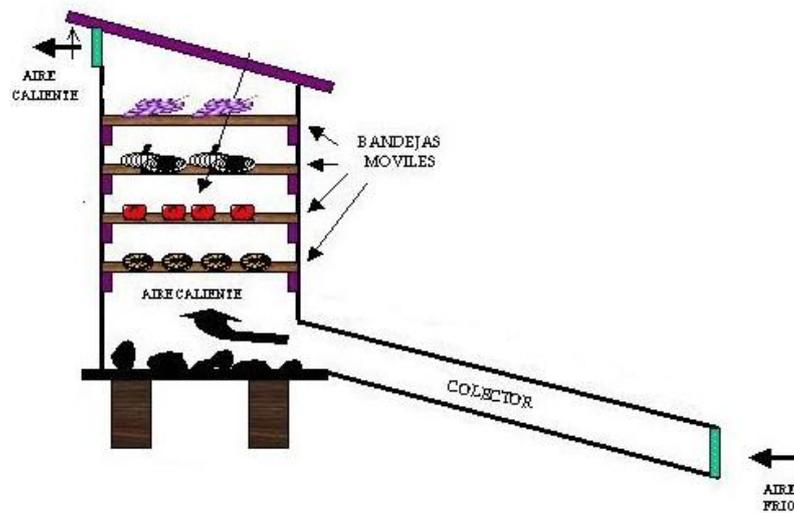
Fuente: Espinoza (2016)

2.12.1 DESHIDRATADOR TIPO ARMARIO

Es un modelo más complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquellos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales. Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara. En ésta se encuentran superpuestas varias bandejas de secado removibles con tejido. Las bandejas están protegidas por una puerta colocada en la pared trasera de la cámara.

El colector está cubierto con vidrio y tiene en su interior una chapa de color negro doblada en zigzag, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire. El aire ambiental entra por la extremidad inferior del colector, que está cubierta por una malla mosquitero, y se calienta gradualmente hasta una temperatura de 25 a 30°C superior a la temperatura ambiental. Entra finalmente en la cámara, donde atraviesa las bandejas ejerciendo su poder secador. Un extractor eléctrico de aire en la parte superior de la cámara garantiza la buena ventilación del aparato.

Figura 8: Deshidratador tipo armario

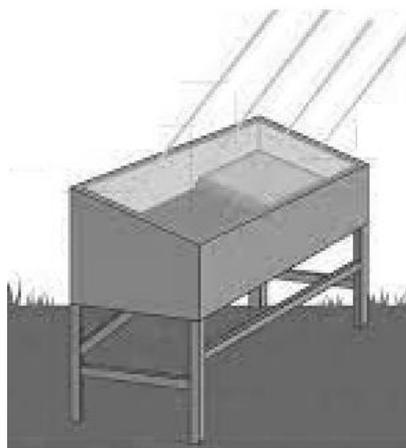


Fuente: Jopoy (2012)

2.13. SECADOR SOLAR DIRECTO

El colector y la cámara de secado son el mismo elemento, de esta manera, la radiación solar incide directamente sobre el producto a secar, resultando más efectiva la evaporación del agua. Esta agua es recuperada por el aire procedente del exterior.

Figura 9: Esquema de secador solar directo



Fuente: Yachayhuasiecotecnologico.pe



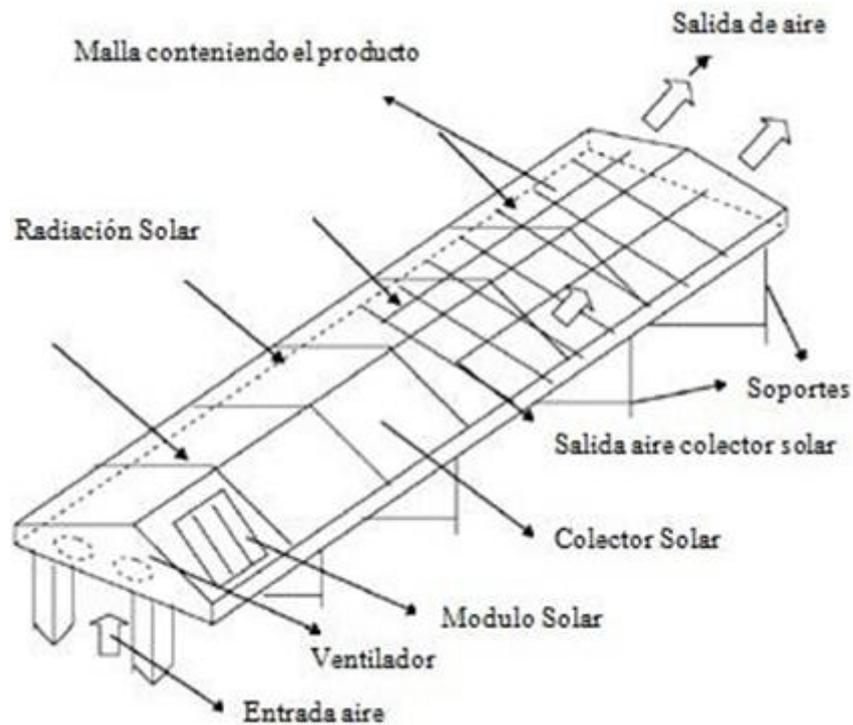
En estos deshidratadores utilizan el efecto invernadero y se construyen con cubiertas las estructuras de tubos de plástico, metal, madera, bambú, con techo tipo Marquesina plano o tipo carpa, tipo túnel parabólico o domo, de vidrio o plástico semitransparente, normalmente nylon con protección ultravioleta, que resiste la intemperie y los rayos del sol. No tienen paredes o están hechas de mampostería, igual que el suelo. El plástico no tiene que llegar hasta al suelo, dejado un espacio para que circule el aire, y hay que disponer de aperturas en la parte cercana al techo la salida del aire caliente, y también de una puerta de acceso. En el interior se colocan tarimas construidas de madera y con mallas de acero o plástico, donde se coloca el grano, dispuestas en uno, dos o tres pisos, separados entre sí más de 50 cm de altura. Por la noche, para evitar re-humedecimiento, se cierran las ventanas de ventilación.

2.13.1 DESHIDRATADOR TIPO TÚNEL

Consiste en un túnel horizontal elevado con una base rígida de hierro y una cobertura transparente de lámina de polietileno de larga duración, igual que el tipo carpa. Esta estructura se coloca sobre caballetes.

La entrada y la salida del aire están protegidas con una malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. El secadero se calienta a una temperatura de 20 a 25°C superior a la temperatura ambiental. Para un mejor aprovechamiento del secadero, se puede agregar una chimenea ubicada en la salida del secadero.

Figura 10: Deshidratador tipo túnel con efecto invernadero con un tiro natural de aire por el inferior.



Fuente: (Belessiotis & Delyannis, 2011).

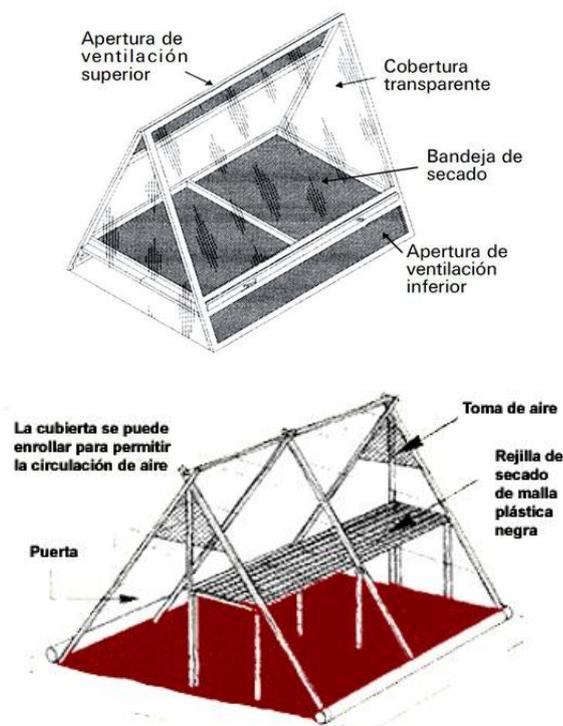
Son utilizados para secar grandes cantidades de productos. En su mayoría por su tamaño las cubiertas son de material transparente de propileno o plástico de invernadero. Las bandejas, son de gran capacidad y permite fácilmente la carga y descarga de los productos.

2.13.2. DESHIDRATADOR TIPO CARPA

Es un modelo sencillo, compacto, liviano, plegable y transportable para secar cualquier tipo de alimento en pequeñas cantidades. Está hecho de una estructura metálica (que puede ser también de madera) de la forma de una carpa triangular, cubierta en gran parte por una lámina de plástico transparente, resistente a los rayos ultravioletas (polietileno larga duración) y puede tener diferentes tamaños.

Las aberturas de ventilación están ubicadas abajo, por uno de los lados longitudinales y arriba por el otro, los dos cubiertos de malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. A 20 cm del suelo aproximadamente se encuentra la bandeja de secado removible, consistiendo en un tejido por ejemplo de hilo de nylon. Sobre éste se coloca una gasa o una malla fina sobre la cual se colocarán los productos a secar. (Compendio para construir deshidratadores solares de frutas y vegetales. Materiales, herramientas y ensamblaje. (agroalimentando).

Figura 11: Secador solar tipo carpa.

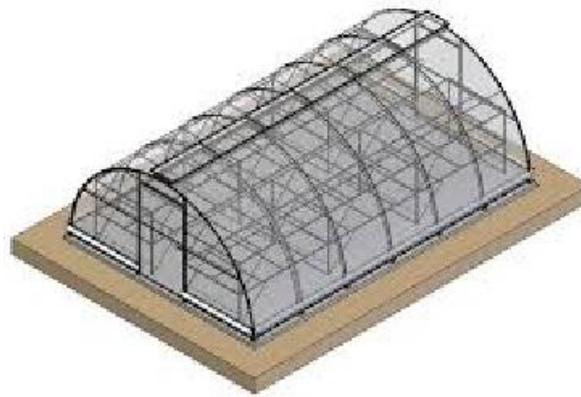


Fuente: portalfruticola

2.13.3. DESHIDRATADOR TIPO DOMO.

Se utiliza, bambú, troncos de arbustos o tubos de plástico. La estructura se fija al terreno con estacas de madera o muros confinados, el sistema de aireación es de diferentes maneras y depende del diseño de cada secador.

Figura 12: secador solar tipo Domo.



Fuente: Rivera (2008) Cruz (2006)

2.14. SISTEMAS DE DESHIDRATACIÓN SOLAR

En general los secadores tienen las siguientes partes principales: (Mujumdar, 2006)

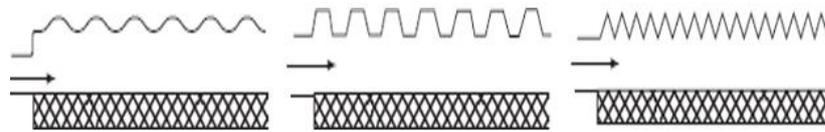
- Área de secado: Compuesto por bandejas o directamente en el piso.
- El colector solar: convierte el aire frío en aire caliente
- Ventanas de circulación y extracción del flujo de aire
- Equipo de medición y control (opcional)
- Unidad de almacenamiento del calor (opcional)
- Una fuente de energía auxiliar (opcional).
- Accesorios.

2.14.1. EL COLECTOR SOLAR

Cumple las funciones de convertir la energía y transferir el calor. Su construcción se basa en un recipiente con un fondo de metal negro humo para absorber la radiación y un vidrio o cubierta de plástico transparente para atrapar la radiación dentro del colector por el efecto invernadero.

El material absorbedor hace variar al aire que es su medio de trabajo para calentar y absorber la humedad.

Figura 13: Tipos de material absorbedor



Fuente: (Mujumdar, 2006)

2.15. PARTES DE UN SECADOR SOLAR DE CAFÉ

Con los principios y parámetros de funcionamiento se pueden definir algunas de las diferentes partes de un secador solar de café. Las otras sirven de complemento para un mejor funcionamiento:

1. **Estructura:** se necesita un espacio para ser calentado, limitado por la estructura, que, a la vez, soporta el material semitransparente y las bandejas donde irá el café a secar. Debe ser resistente y de unas dimensiones apropiadas, ya que, si es demasiado grande, se pierde poder de secado.
2. **Material semitransparente:** para que la radiación solar entre en el habitáculo y se produzca el efecto invernadero. Se necesita que sea resistente a la intemperie y los rayos del sol.
3. **Bandejas:** donde irán colocados los granos de café a secar. Se requiere que sean lo menos pesadas posible y que tengan el fondo agujereado para el correcto paso del agua y el aire. Normalmente constituidas por un marco y una malla como fondo.
4. **Puerta:** es indispensable tener acceso al interior del secador y a la vez no permitir el acceso excesivo de aire en los momentos de funcionamiento. La puerta permite ambos procesos.



5. **Ventanas:** en ausencia de ventilación forzada, se necesita generar una corriente de aire por convección natural. Las aperturas inferiores, espacio entre el material semitransparente y el suelo, permiten la entrada de aire frío, y las aperturas superiores, ventanas, la salida del aire caliente y cargado de humedad.

6. **Suelo:** debe permitir el correcto drenaje en caso de caer agua condensada o directa del producto. Debe permanecer siempre seco para no proporcionar humedad no deseada.

7. **Protección:** puede ser un muro o un agujero alrededor del secador que permita proteger el interior del secador del agua de lluvia y posibles intrusos.

2.16. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SECADOR SOLAR DE CAFÉ

Presentan ventajas como:

- Existe flexibilidad de los colectores para aumentar los tamaños según la producción
- Esta protegida de alimañas como roedores, de insectos, es más higiénico
- Disminución del tiempo de secado. Puede ser entre 5 y 7 días.
- El secado es mejor controlado para tener productos en óptimas condiciones comerciales
- La energía solar, es una energía renovable, reduce el costo de operación
- Reducción de hasta el 50% del trabajo físico requerido.
- El grano no está expuesto a la lluvia ni absorbe humedad por la noche, no se rehumece; lo que da lugar a manchas.
- Las variaciones de temperatura del aire en el interior son regulares, el secado es constante y mejora el sabor del grano.
- Se consigue un grano más limpio y sin contaminantes.



- Facilidad en el trabajo de escoger y separar el grano, porque hay una altura favorable.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1 DISEÑO DEL DESHIDRATADOR

Como el diseño implica de inicio conocer los requerimientos del cliente y saber plantearlo en un lenguaje de ingeniería, en este capítulo se aplica las leyes, teorías y métodos, que para el diseño primero se han evaluado entre los diferentes modelos, que existen, por ser motivo de investigación, se ha desarrollado un diseño diferente, por razones prácticas y de funcionalidad de ser armable, y poder moverlo o trasladarlo de lugar a otro.

La metodología del diseño comienza por el trazo de los dibujos seguidamente se realiza los cálculos de ingeniería, los planos de detalle y un prototipo de la conceptualización (este paso resulta costoso), por lo que este trabajo, alcanza hasta los planos de detalle.

3.1.2. PRINCIPIOS FÍSICOS

Los fenómenos físicos que afectan al funcionamiento del secador solar son:

Efecto invernadero: Se denomina a la cantidad de aire en el interior de un ambiente cuando está cubierto por una superficie transparente se calienta por la acción de las ondas de radiación solar; que pasan a través del material transparente y llegan a una superficie interna denominada suelo donde parte de la onda es absorbida y la otra reflejada. La radiación reflejada es la de onda larga o infrarroja, una parte no atraviesa la superficie transparente quedándose atrapada en el interior y calentando el aire interno.



Transferencia de calor: El aire caliente por el efecto invernadero, transmite por sus moléculas de masa fluida calor a la masa de moléculas de masa sólida de los granos dentro del secador, y calentando las moléculas de agua del cuerpo hasta evaporarlas y debido a la diferencia de densidad la molécula es desplazada hacia la superficie del cuerpo y mediante un flujo de aire, es desplazado a la parte externa del ambiente:

Parámetros físicos: Que afectan el proceso de secado:

Humedad relativa del aire: es la relación entre la presión de vapor de agua en las condiciones actuales y la presión de saturación (máxima) de vapor de agua a la misma temperatura. A menor contenido de humedad en el aire, mayor será su capacidad de absorción de agua.

Temperatura: A mayor temperatura la energía cinética de las moléculas de agua localizadas en la superficie del grano aumenta, y será suficiente para vencer las fuerzas intermoleculares de la fase líquida, y, en consecuencia, evaporarse. La temperatura también afecta a la humedad relativa del aire, ya que a mayor temperatura aumenta la presión de saturación de vapor de agua, por lo tanto, mayor margen de captación de agua.

Velocidad del aire: el movimiento del aire tiene como funciones, transmitir el calor al agua del grano para su evaporación, y transportar esta agua evaporada. A mayor velocidad, mayor renovación de aire y más rápido será el transporte del agua evaporada.

3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE DISEÑO

La elección se realiza de acuerdo a los requisitos del sistema de deshidratación, definido por el usuario, para el presente trabajo, se toman los siguientes datos iniciales según entrevistas con los usuarios procesadores de café.

- Capacidad de secado: 1200 kg de producto húmedo
- Porcentaje de humedad del producto obtenido 10 %.



- Tiempo de secado máximo de 20 h
- Fácil mantenimiento.
- Fácil operación.
- Número mínimo de componentes.
- Un solo operario.
- Transportable.

Componentes del deshidratador:

- Un colector de energía solar térmica
- Un sistema de bandejas para el producto.
- Un sistema de extracción del aire caliente

Condiciones de diseño:

- Por la capacidad de procesamiento se elige un deshidratador del tipo túnel.
- Por la condición de económico, se elige material transparente para el colector.
- Por la condición de ser económico, se elige uno por ventilación natural

Tipo de secador solar

Por el tamaño de la masa de producto que se debe secar, se elige un secador solar de tipo túnel.

3.3. POTENCIAL SOLAR ENERGÉTICO EN LA ZONA DEL PROYECTO

El potencial solar sobre el territorio nacional del Perú, se puede obtener de las tablas de incidencia solar del Ministerio de Energía y Minas, y de los datos de distintas variables meteorológicas que ofrece la Agencia de la NASA y otras instituciones que ofrecen este servicio, como la temperatura, radiación solar, brillo y humedad. Debido al alto costo de



los equipos de medición, y su monitoreo en el sitio, se han utilizado datos de estas instituciones.

A continuación, se muestra los datos promedio anuales cotejados de la zona de estudio (Sandia) y la región Puno.

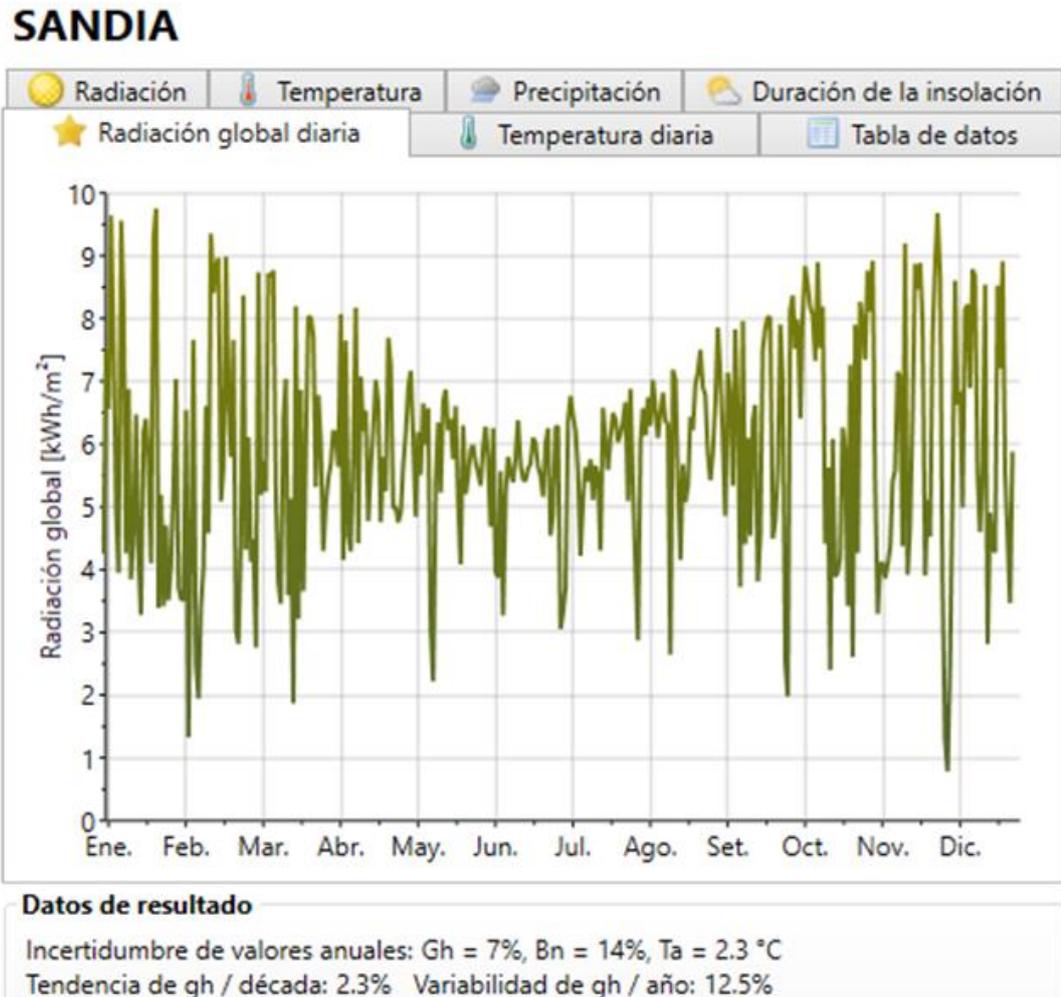
El lugar de ubicación, es Perú, Región Puno, Provincia Sandia, Distrito Sandia, Se encuentra a una altitud de 2,178 m.s.n.m. entre las coordenadas 14°14'50" de latitud sur y 69°25'30" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Latitud 14°14' 50"S equivale a 14°14.83333333333334'S (Grados y minutos decimales). Latitud 14°14' 50"S equivale a -14.24722222222222° (Grados decimales).

Longitud 69°25' 30"O equivale a 69°25.5'O (Grados y minutos decimales).

Longitud 69°25' 30"O equivale a -69.42500000000001° (Grados decimales).

Figura 14: Datos de promedio de radiación Solar.



Fuente: estaciones meteorológicas de Arequipa Characato

Datos promedio de radiación solar: 6.05 Kwh/m²; obtenidos con el programa METEONORM versión 7.3.3. 179838. Según datos interpolados obtenidos por satélite; e interpolación de datos de las estaciones meteorológicas de Arequipa Characato (324Km), de la estación de Velasco Astete en Cuzco (280 Km). Quispe (2018)

Tabla 1: De datos de irradiación solar de Sandia. 6.02 Kw/m².

ORDEN	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (metros)	IRRADIACIÓN SOLAR Promedio Anual (kWh/m ²)
26	PUNO	PUNO	PUNO	PUNO	70° 01 38	15° 50 08	3875	6.02
32	SANDIA	SANDIA	SANDIA	PUNO	69° 25 30	14° 14 50	2178	5.19

Fuente: Minem, 2019)

Tabla 2: Datos de lluvias y velocidad de viento.

Lluvias	0 mm	1.4 mm	0.9 mm	2.7 mm	1.6 mm	11.1 mm	4.6 mm
Viento	9 km/h	9 km/h	10 km/h	9 km/h	8 km/h	7 km/h	11 km/h

Fuente: clima (2019)

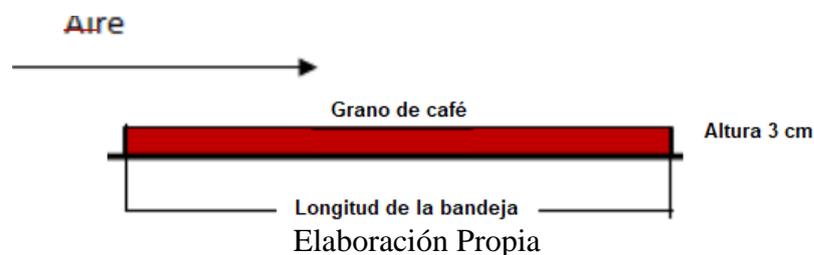
En Sandia, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es fresco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 4 °C a 21°C y rara vez baja a menos de 2 °C o sube a más de 26 °C. (SENHAMI, 2019). Manteniéndose en un promedio de 20°C (NASA, 2019).

Se considera los siguientes datos promedio: 20°C. Velocidad del viento 9 Km/hora es 2.5 m/s, la Irradiación solar es 2.019 Kwhr/m². La humedad es 55%. (weather, 2019)

3.4 BASES DE CÁLCULO

Se considera la masa del café extendido sobre una bandeja.

Figura 15: El flujo de aire caliente corre constante y paralelo a la superficie de la bandeja



3.4.1. CÁLCULO DE LA MASA DE AGUA

Dato: De 92.8 Kg de café en cereza (cosechado) se obtiene 70 Kg de tipo pergamino seco (montilla, 2008),

$$mT = mc * M\%$$

$$mT = \text{masa total}$$

$$mc = \text{masa del café}$$



$M\% = \% \text{ de agua (masa de agua)}$

$\% \text{ de masa de agua} = 22.8 \text{ Kg. } 1 \text{ kg de café cereza, equivale a } 0.754 \text{ Kg de c.p.s}$
y $0.246 \text{ Kg de } \% \text{ de agua.}$

3.4.2. CALCULO DE LA ENERGÍA

La energía necesaria para elevar la temperatura de una sustancia es una propiedad física conocida como el “calor específico” de dicha sustancia.

El calor específico del agua (C_p) es $4200 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$. Eso significa que se necesitan $4,200$ joules de energía para elevar en un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua.

Datos:

Requerimiento 1200 Kg de Café en fresco. Con coeficiente de seguridad 0.25 ;
se tiene: $\text{Masa bruta} = 1200 + 0.25 \times 1200 = 1500 \text{ Kg.}$

$T_1 = \text{temperatura inicial (ambiente)} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_2 = \text{temperatura final de evaporación} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$

$Q = M \times C_p \times (T_1 - T_2)$

$C_p = \text{calor específico (J/kg/}^\circ\text{C)}$

$M = \text{masa del agua a evaporar (Kg)}$

Se requiere un secador solar para 1500 Kg de café

$\% \text{ de Masa del agua en el café a evaporar} = 0.246 \text{ Kg}$

$\text{Masa de agua a evaporar} = 1500 \times 0.246 = 369 \text{ Kg de agua}$

$Q = M \times C_p \times (T_2 - T_1) = 369 \text{ Kg} \times 4200 \text{ J/kg/}^\circ\text{C} (100 - 20)$

$Q = 123,984,000 \text{ J} = 123,984 \text{ Kw/3600 s} = 34.44 \text{ Kwh}$



Calculada la energía necesaria, se calcula el área y volumen del colector, tomando en cuenta la radiación solar (I) y la eficiencia del sistema (Eef).

$$I = Q / (\text{Á} \times \text{ef}); \text{Kw/m}^2$$

$$\text{Área del colector del secador} = Q / (I \times \text{ef})$$

ef = eficiencia del secador solar.

La radiación I, se obtiene en mediciones durante el día, durante el año. Para realizar los cálculos se utiliza datos de Sandia del satélite (NASA.2019)

La Irradiación es: 5.2 KWh/m² – día: 5.2 Kwh/m²

La eficiencia de secadores está entre 20 – 50 %. Se toma ef = 20%

$$\text{Área del colector requerida} = Q / I \times \text{Eef} = 34.44 \text{ Kw-h} / 5,2 \times 0.2 = 33.12\text{m}^2$$

Se necesita un área de superficie colectora de 33.12 m² para calentar 369 Kg de agua a 100 °C. (temperatura de evaporación)

3.4.3. CALCULO DE LA CÁMARA DEL SECADOR SOLAR

Área mínima es de 3.3 x 10 m = 33m².

Cálculo de las bandejas= 2 bandejas de: 1.25 x 10m (se divide esta longitud en bandejas más pequeñas, pero en total deben ser 10 m de longitud, se considera en su cálculo un error de 5%-)

La altura del café es de 3 a 5cm, se considera h = 3 cm.

Volumen= Área x altura

$$\text{Área de la bandeja} = 1.25 \times 10\text{m} = 12.5\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = A \times h = 12.5 \times 0.03 = 0.375 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.246 \times 0.375 = 0.092 \text{ m}^3$$

Dimensiones:

Por las condiciones: 1 kg de café extendido, ocupa un área de 0.25 m².

16 Kg, ocupan 1.0 m². Con un error de 5%; $E = 16 \times 0.05 = 0.8$ equivalente a 1 Kg.

Se asume: 15Kg/m².

Se diseña para un mínimo de 10m de longitud.

Longitud: 15Kg/m² x 10m x 1.5m = 225Kg.

Número de Bandejas: 6

Capacidad total = 6x225Kg = 1350 Kg. (pasan los 1250 Kg)

Calculo del espacio para la carga y descarga de las bandejas:

Se requiere de un vehículo (carreta), que traslade el producto, y movilidad del operador de carga y descarga del operador.

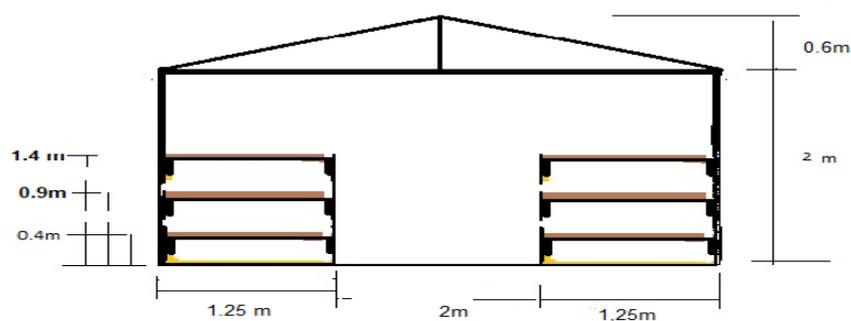
Ancho del vehículo: 1m

Ancho mínimo para el movimiento de una persona: 0.60 m.

Ancho mínimo: 1.0 + 0.60 = 1.60 m. Factor de seguridad: 25%.

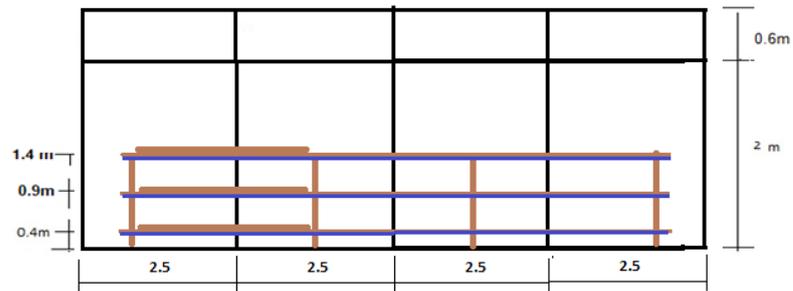
Ancho de diseño: 1,60x1,25 = 2.0 m

Figura 16: Diseño del tamaño y ubicación de bandejas.



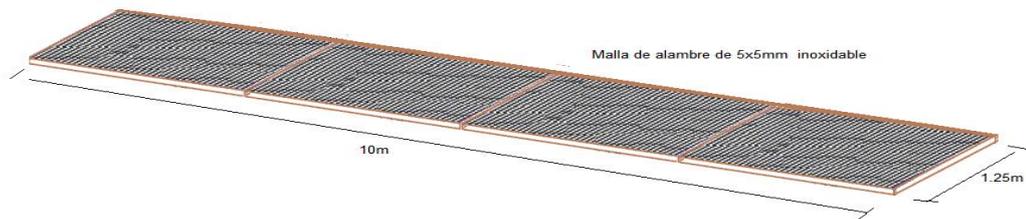
Elaboración Propia

Figura 17: Perfil del deshidratador



Elaboración Propia

Figura 18: Diseño de la bandeja de deshidratación.

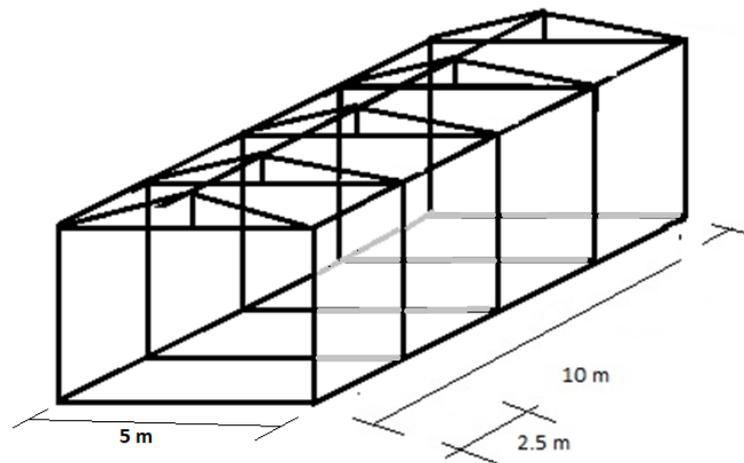


Elaboración Propia

Altura: Según el volumen de energía a acumular.

Por diseño estructural, se utiliza columnetas a tramos de 2.5 m de longitud.

Figura19: muestra el diseño de la estructura del colector. Propia



Elaboración Propia

3.4.4. CÁLCULO DEL ÁREA DEL INGRESO DEL AIRE

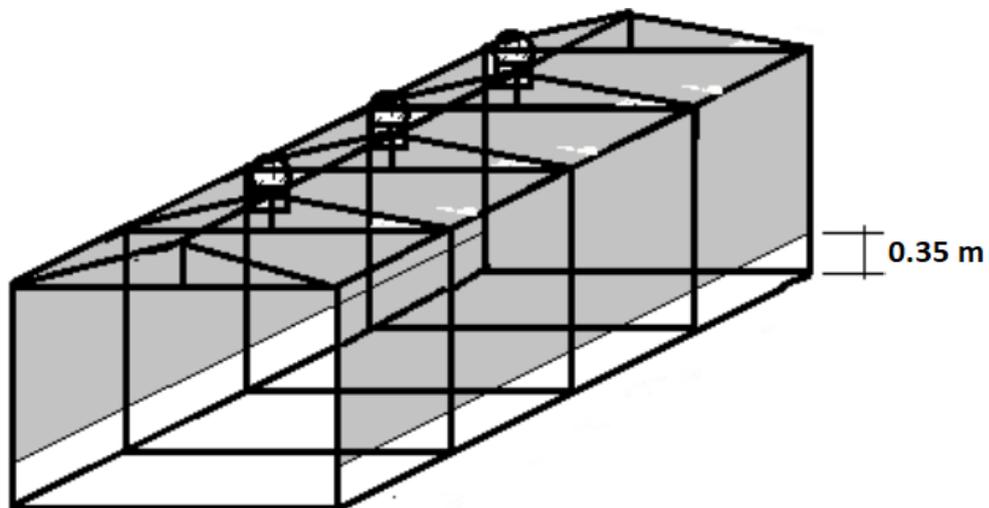
Cálculo del área del ingreso del aire: $10 \times 0.4 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$, en total de: $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$

Cálculo del área del extractor: $1/8$ del área de ingreso: $8/8 = 1 \text{ m}^2$.

Para 35 cm de área/extractor.

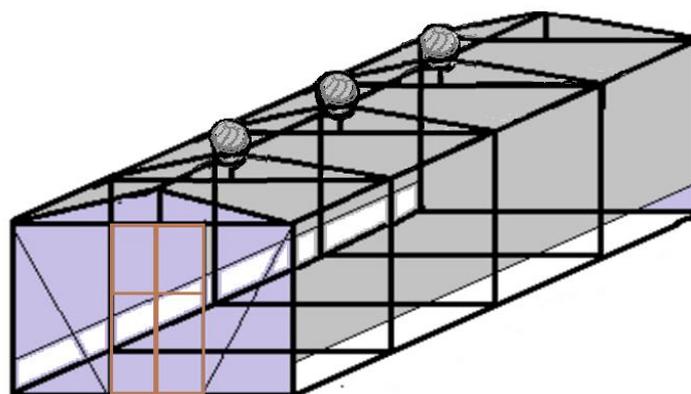
Número de extractores: $1 \text{ m}^2 / 0.35 = 2.86 = 3$ extractores.

Figura 20: Ubicación de los extractores eólicos y la sección de ingreso del aire frío.



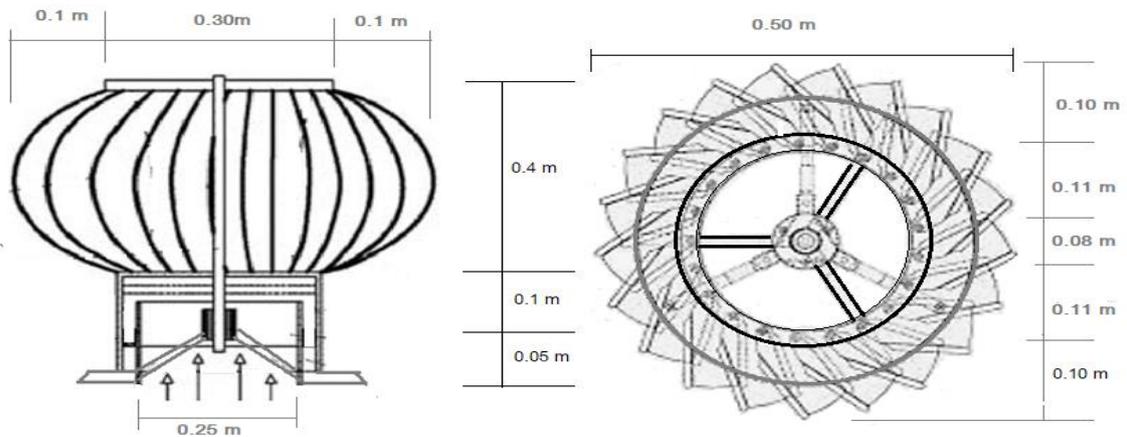
Elaboración Propia

Figura 21: Diseño del deshidratador concluido



Elaboración Propia

Figura 22: diseño del extractor eólico.



Elaboración Propia



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EL DESHIDRATADOR SOLAR

El diseño del deshidratador solar, es uno del tipo túnel, que ha sido planteado como un deshidratador que es transportable y poder ser utilizado en diferentes lugares, como es el mismo lugar de la cosecha, u otro lugar más propicio para su utilización.

El diseño es de circuito abierto, por lo tanto, el aire que ingresa por la parte inferior, debe ser expulsado por la parte superior y se utiliza extractores para este fin y expulsarlo al medio ambiente juntamente con la humedad del colector.

El producto, se coloca en bandejas de metal, diseñadas para este fin.

Las bandejas se han diseñado de forma que el espacio sea lo suficiente para ingresar al deshidratador con una carretilla o carrito, que transporte el producto que en este caso es frutos del café.

- Los planos respectivos, se adjuntan en el anexo.

4.1.1 FUNCIONAMIENTO

El sistema de deshidratación funciona en forma natural, por diferencia de presiones y densidades; la entrada de aire se produce por diferencia de presiones, al estar a menos densidad el aire caliente de la cúpula del deshidratador, y menor densidad y temperatura el aire que ingresa por una franja abierta de 30cm de la base del deshidratador; este aire asciende a una velocidad regulada por el extractor ubicado en la cruceta del armado de la estructura.

La humedad de los granos se retira mediante el ingreso de aire exterior. La corriente de aire exterior asciende, y recoge la humedad del producto que en este caso es

grano de café; variables de transferencia de calor; humedad y temperatura que van variando según pasa el tiempo de exposición al calor del sol.

Se puede agregar un sensor de humedad relativa (%HR) y temperatura (°C) que puede generar una señal que indique cuando el grano está listo para ser recogido.

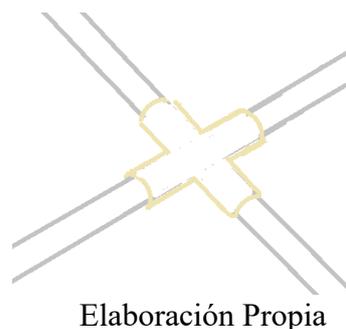
El aire del interior del secador es calentado por el sol, aumentando su punto de saturación y así poder absorber la humedad de los granos, y le provoca movimiento de convección al reducir su densidad. El aire con menor densidad, cargado de agua y más caliente, saldrá por la apertura del techo y entrará aire nuevo de menor temperatura, menor contenido de agua y más frío, por el espacio del suelo. Este funcionamiento de circulación del aire solo es posible en equipos pequeños donde la velocidad del aire puede llegar a valores entre 0,5 y 1 m/s. En equipos grandes, no llega a los 0,3 m/s, requiriendo así una circulación forzada.

4.2. ESTRUCTURA

La estructura está diseñada, para tubos de metal, sin embargo, se puede construir de madera, para un sitio fijo.

El colector se ha diseñado para ser transportable con tubos de fierro de 32 mm de diámetro (1 1/4"), por ser fácil de armar como estructura rígida y de poco peso, tiene pocos elementos como las crucetas y embones que permiten su fácil armado.

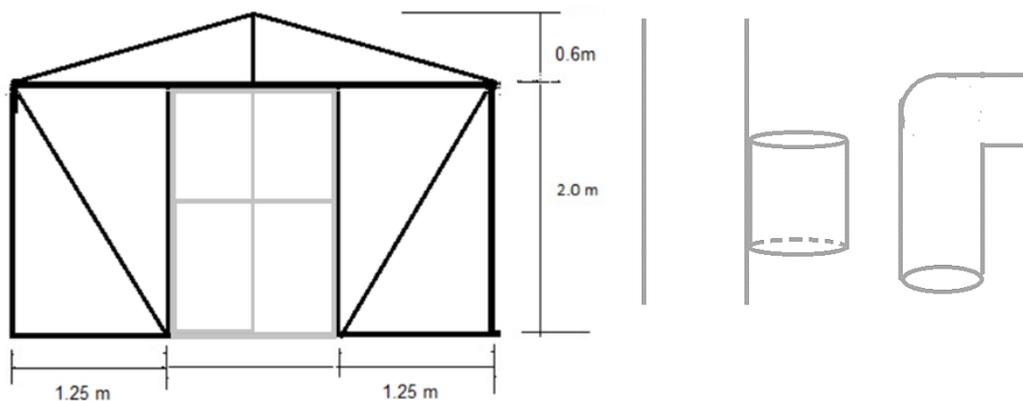
Figura 23: Detalle de la cruceta de armado central.



4.3. LA PUERTA

La puerta está ubicada en la parte frontal y se utilizará POLICARBONATO (PC), por su alta durabilidad y rigidez.

Figura 24: Ubicación de la puerta y detalle de los embones de la puerta.

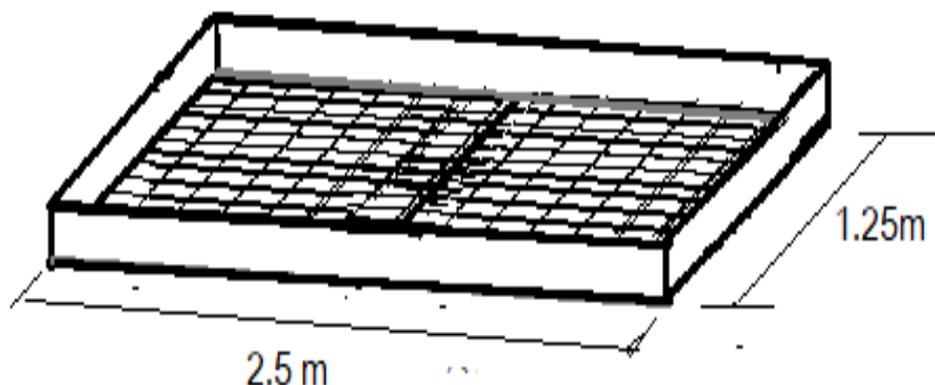


Elaboración Propia

4.4. EL GABINETE DE DESHIDRATACIÓN.

Se considera según el diseño del secador deshidratador charolas o bandejas de metal hecho de marcos de perfil de aluminio y malla de alambre de acero inoxidable 304. El espaciado del enmallado es de 1 cm. Ver Figura.

Figura 25: Diseño del gabinete del deshidratador



Elaboración Propia

4.5. LOS EXTRACTORES

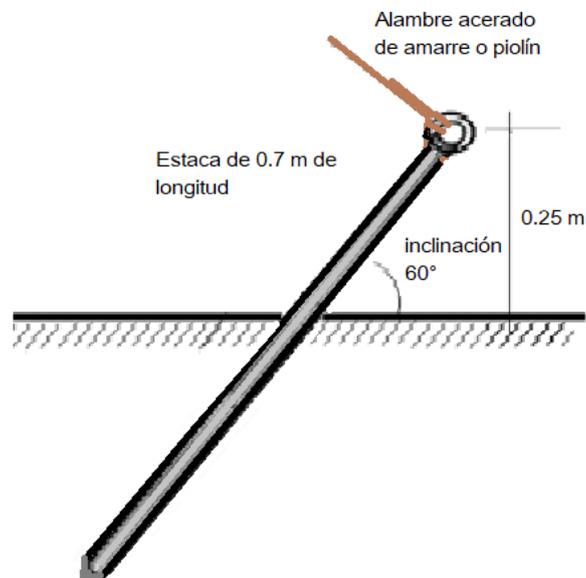
Figura 26: Detalle de la ubicación y sujeción de los ventiladores



4.6. FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Los amarres y anclaje; Para disminuir las pérdidas de calor por convección, se aplicarán anillos de metal de bajo costo (como en las gigantografías), en los puntos de “amarre” con cable de acero, para los amarres.

Figura 27: Pin o estaca de 70 cm de largo y ½ pulgada de diámetro



Elaboración Propia



4.7. MATERIALES DE CUBIERTA

Características principales de los materiales transparentes para uso de invernaderos, que los hacen resistentes a los cambios de temperatura, clima, radiación solar, entre muchos otros factores.

- Espesor en mm
- Resistente a altas temperaturas ($>120\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Químicamente inerte.
- Excelente resistencia a la tracción.
- Anti polvo.
- Excelente flexibilidad.
- Resistencia térmica excepcional.

Espesor. Las unidades de medida son en milímetros utilizados generalmente para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 micras equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 micras). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas. (serrano,1994). El plástico definido como para invernaderos es de polietileno, de varios tipos de espesor o calibre y son de ancho de 4, 5, 6, 8, 9 y 10 m y el largo que se desee conveniente, de acuerdo a su necesidad.

La diferencia entre los calibres, es el grosor de la lámina del plástico el calibre 6 es el más delgado y el calibre 10 Tipo II es el más grueso de 250 micras.

Según las condiciones de polimerización, temperatura, presión y catalizador, existen muchas variedades.

Tabla 3: Características de los diferentes Tipos de Plásticos utilizados para Invernaderos.

PLASTICO	Transp.Luz %	Transp. IR (%)	Transm. Calor (W/m ² °C)	Densidad (g/cm ³)	Anti-goteo	Anti-polvo
PEBD	90	62-65	8-9	0,91-0,93	NO	SI
PEAD	90	62-65	8-9	0,96	NO	SI
EVA	90	11	6-7	0,92-0,93	NO	NO
PVC	90	20-30	7-8	1,16-1,5	SI	NO
PC	75-83	0	4-4,8	1,2	SI	SI

Fuente: Serrano (2011)

Durabilidad 3 años en condiciones extremas a 5 años en condiciones normales.

4.7.1 ELECCIÓN DE LA CUBIERTA

La cubierta elegida del colector deshidratador térmico, es polietileno PEBD de larga duración, de baja densidad convencional. Es un plástico utilizado para cubiertas de bajo precio y de simple fabricación, de 5m de ancho x 30 m de longitud.

Tabla 4: Características del polietileno PEBD

Polietileno larga duración	Características
Espesor	(0,08 mm) 180 micras - 720 galgas
Duración	2 años
Densidad	0,92
Índice de refracción	1,512
Radiación solar	296 Kcl/cm ²
% de dilatación antes de que se rompa	400-500
Resistencia al frío y calor	-40+50° C
Duración	2 - 3 años
Transparencia % (0,38-0,76 micrones)	70-75
Transmisión% (-0,24-2,1 micrones)	80
Transmisión % (7-35 micrones)	80

Fuente:es.slideshare.net

4.7.2. IMAGEN MODELADA

Figura 28: Diseño del Secador Solar



Elaboración Propia

4.8. CONSIDERACIONES PARA UBICAR EL DESHIDRATADOR

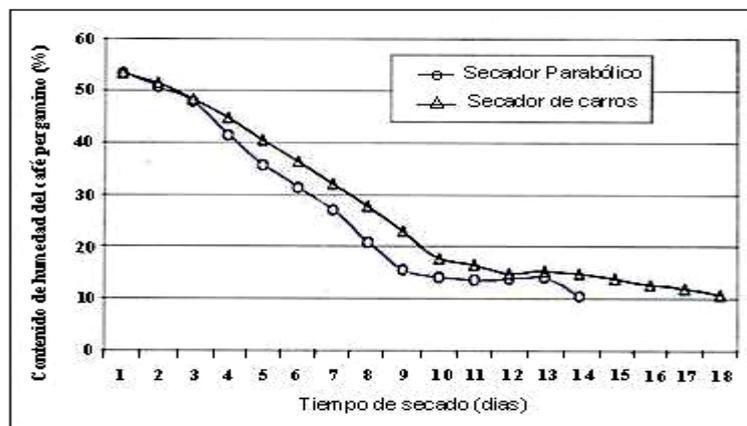
Para su ubicación se requiere un sitio descampado, de unos 10 x 20 m y con la parte frontal dirigida hacia el este y la parte longitudinal hacia el norte.

La puerta debe estar en sentido de donde sopla el viento.

4.9 FIGURAS COMPARATIVAS DEL SECADO DE CAFÉ

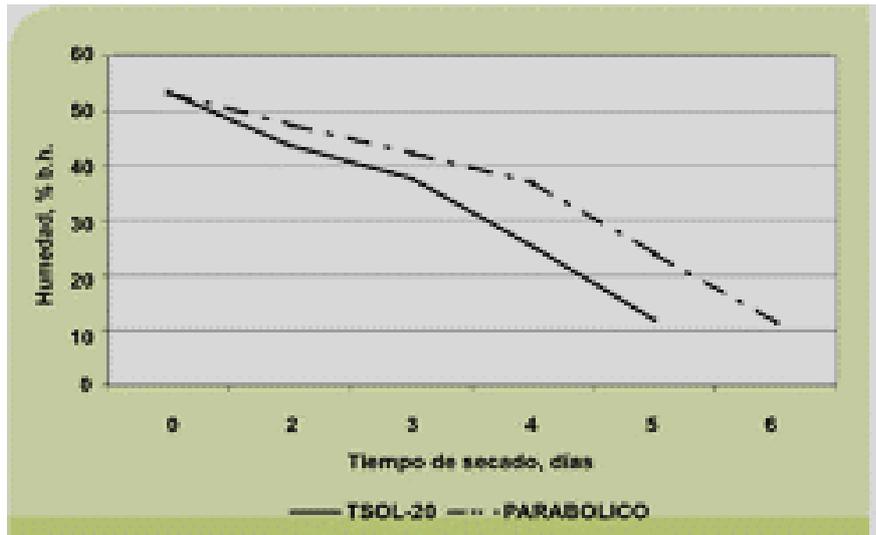
En las siguientes figuras se podrá apreciar el tiempo de secado del café, de acuerdo con la humedad, así como también verificar de acuerdo al proyecto, el tipo de secador solar que se empleará en el diseño, en este caso un secador solar tipo túnel.

Figura 29: Comparación del secado de café convencionales - parabólica



Fuente: researchgate.net

Figura 30: Curvas de secado de café parabólico - túnel



Fuente: www.cenicafe.org



V. CONCLUSIONES

PRIMERO: Se realizó el estudio y diseño de un deshidratador sustentable; el deshidratador es respetuoso con el medio ambiente ya que no requiere fuentes energéticas derivadas del petróleo, ni quema de madera; porque utiliza la energía solar para su uso en el secado de granos de café en las zonas cafetaleras de la región Puno.

SEGUNDO: El deshidratador desarrollado, podrá reducir el tiempo de secado del grano de café comparado con el secado tradicional en patio. Como se ha comprobado con los datos similares de otros diseños, el tiempo de secado del café se reduce de 25 días a 10 días y la calidad del café es superior a los secados al aire libre.

TERCERO: El diseño se ha realizado con la proyección de aprovechar mejor el espacio y efectivizar la conservación del grano frente a la contaminación provocada por polvo, y depredadores como alimañas, durante el tiempo de secado del grano de café.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: En el secado del café siempre es necesario tener en cuenta los factores climatológicos, ya que estos van a influir en el secado del grano del café.

SEGUNDO: El diseño del deshidratador desarrollado, podrá reducir el tiempo de secado del grano de café comparado con el secado tradicional en patio. Como se ha comprobado con los datos similares de otros diseños, el tiempo de secado del café se reduce de 25 días a 5 y 7 días y la calidad del café es superior a los secados al aire libre. En caso de que se pueda mejorar el ingreso del aire, este no debería sobrepasar la altura de la ubicación de la primera bandeja.

TERCERO: El deshidratador se ha realizado con la proyección de aprovechar mejor el espacio y así también se recomienda que un momento determinado si hubiese la necesidad de ampliar las dimensiones, se deberá tener en cuenta el número de extractores eólicos, así como también la longitud de las bandejas.



VII. REFERENCIAS

- Andión-Torres R, Suárez-Rodríguez J., Bergues R. (2012) *Evaluación experimental de un secador solar tipo Gabinete para el secado de hollejo de naranja*. Centro de Investigaciones de Energía Solar, Santiago de Cuba, Cuba. ISSN 2224-6185. RTQ vol.32 no.2.
- Arestegui, Miguel; Escobar, Rafael; Moreno, Ana y Sanchez, Liliana (2013) “Catálogo de maquinaria para procesamiento de café”. Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ . Lima: Perú.
- Asociación Nacional del Café (2006). “Guía Técnica de Caficultura”. Edición 2006, Guatemala.
- Belessiotis V. Delyannis E. (2011) *Solar drying*. Laboratory of Solar & Other Energy Systems, NSRC “DEMOKRITOS”, Aghia Paraskevi, Greece. www.sciencedirect.com. www.elsevier.com/locate/solenerat.
- Besora Magem, Jordi (2017) Informe técnico para la construcción de un secador solar de café. Economía Solidaria y Sostenibilidad Ambiental para el Desarrollo Económico Local en el norte de Cajamarca, Perú. Associació Catalana d’Enginyeria Sense Fronteres (ESF) en: <https://esf-cat.org>
- Berrueta Soriano, Victor (2004). “Secador solar para café. Manual de construcción”. Foro para el desarrollo sustentable, A.C. San Cristóbal de las Casas. Chiapas: México.
- Cruz palacios Delmar (2006) *secadores solares tipo domo para café pergamino.la experiencia de Huehuetenango Guatemala*. Centro de investigaciones ANACAFE



- De la Vega Sánchez F. (2017) “*Diseño y Construcción De Un Deshidratador De Plátano Mediante el Aprovechamiento De Energía Solar Pasiva Para Los Laboratorios de La Facultad Ingeniería Civil y Mecánica*”. Tesis; Ingeniero Mecánico Universidad Técnica De Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera De Ingeniería Mecánica. Ambato: Ecuador.
- Espinoza J. (2016) *Innovación en el deshidratado solar*. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 24. Número Especial, 2016, pp. 72-80
- Fellows P. (2000) Food processing technology. principles and practice. Second Edition. Midway Technology and Visiting Fellow in Food Technology at Oxford Brookes University. New York. Whashington D.C.
- Fito Maupoey, P. et al. (2020) Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Ed. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. <https://emjuvi.com>.
- Jopoy (2012) Secador Solar. Veracruz Mexico. <http://jopoyveracruz.blogspot.com/2012/06/secador-solar.html>.
- Jurado Chaná J., Montoya Restrepo E., García Alzate J. (2009) *Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado solar del café*. CENICAFE.org: <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- Keith M., Troftgruben J. (1984) Food Dryer. Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, Facultad de Agricultura, Servicio de Extensión Cooperativa. http://www.aces.uiuc.edu/vista/html_pubs/DRYING/dryfood.html.
- Lemus Hernández J., Rodríguez Gómez J. (2015) “*Diseño y Construcción de un Sistema Ciclico De Colección, Transporte y Descarga De Energía Solar Térmica Para Un Deshidratador Solar En El Municipio De San Juan Del Río Qro*”. Tesis Maestro en Ciencias en Energías Renovables. Universidad Tecnológica de



San Juan del Río, San Juan del Río Qro. Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. México.

Mamani Villavicencio, J. S. (2015) “*Determinación Comparativa De Tiempo De Secado De Café (Coffea Arábica l.) En dos Tipos de Secadores Solares en el Valle de Sandia-Puno*”. Tesis, Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Del Altiplano Facultad de Ciencias Agrarias E. P. Ingeniería Agroindustrial. Puno: Perú.

Montoya, A. (2002) *Análisis de cuatro sistemas de secamiento utilizados en el beneficiado de café (coffea arábica) en Costa Rica*. San José: Tesis Lic. Ing. Agrícola. Universidad de Costa Rica.

Montilla Pérez J. et al. (2008) *Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio*. Revista Avances Técnicos n° 370. Centro Nacional de Investigaciones de Café. "Pedro Uribe Mejía". Chinchiná, Caldas, Colombia. www.cenicafe.org

Mujumdar A. S. (2006) *Manual de secado industrial*. Ed. 3ra. Boca Ratón. EEUU. DOI <https://doi.org/10.1201/9781420017618>. ISBN 9780429136092

Ohaco E., de Michelis A. (2019) *Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala*. COMUNICACIÓN TÉCNICA N° 84 ÁREA DESARROLLO RURAL ISSN 1667-4014. INTA ediciones. Argentina.

Porter, P. (2002). *Análisis de sistemas existentes e implementación de nuevas tecnologías de secado de café pergamino a nivel de beneficio a gran escala*. San José: Tesis Lic. Ing. Agrícola. Universidad de Costa Rica.



- Quispe Huamán Lelia (2018) Determinación y Análisis Espacio Temporal De La Radiación Solar Global En El Altiplano De Puno. Tesis de postgrado. Universidad Nacional Del Altiplano. Puno: Perú.
- Ramana Murthy, M. (2009). A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 835-843.
- Rivera Cortes J. (2008) *Modelo piloto de secador solar modular para café*. Secretaria de Agricultura y Minería. Huila. Colombia
- Romero Pérez, Claudia Karelly (2013) “Simulación De Un Sistema De Secado Asistido Con Energía Solar”. tesis para obtener el grado de: Maestra en Ciencia y Tecnología Ambiental. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Chihuahua: México.
- Serrano Cermeño, Z. (2011) Guía práctica del empleo de materiales plásticos en agricultura y ganadería. 1º Edición. I.S.B.N. 978-84-615-3520-0
- Vargas, J. (2010). Estudio técnico económico para sustituir un horno tradicional por uno múltiple para el secado de café en un beneficio ubicado en Santa Lucía, Heredia. San José: Tesis Lic. Ing. Química. Universidad de Costa Rica
- Vásquez, G. (2017). *Modelación matemática, simulación, análisis paramétrico y financiero de una cámara de secado solar para cacao*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánico-Eléctrica). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.



Vilcarima Sabroso, Carlos Alberto (2015) “Diseño De Secador Solar De Piña y Plátano Automático” Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatrónica. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima: Perú.

Links Internet:

Clima <https://www.clima.com/peru/puno/sandia>

Minem https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/atlas/electricidad/energia_solar.pdf

NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources

<https://power.larc.nasa.gov/>

SENHAMI <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

agroalimentando https://agroalimentando.com/nota.php?id_notas=7948

portalfruticola <https://www.portalfruticola.com/>

<https://www.vercalendario.info/es/como/convertir-latitud-longitud-graditos-decimales.html>

Weather [https://es.weatherspark.com/y/27079/Clima-promedio-en-Sandia-](https://es.weatherspark.com/y/27079/Clima-promedio-en-Sandia-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o)

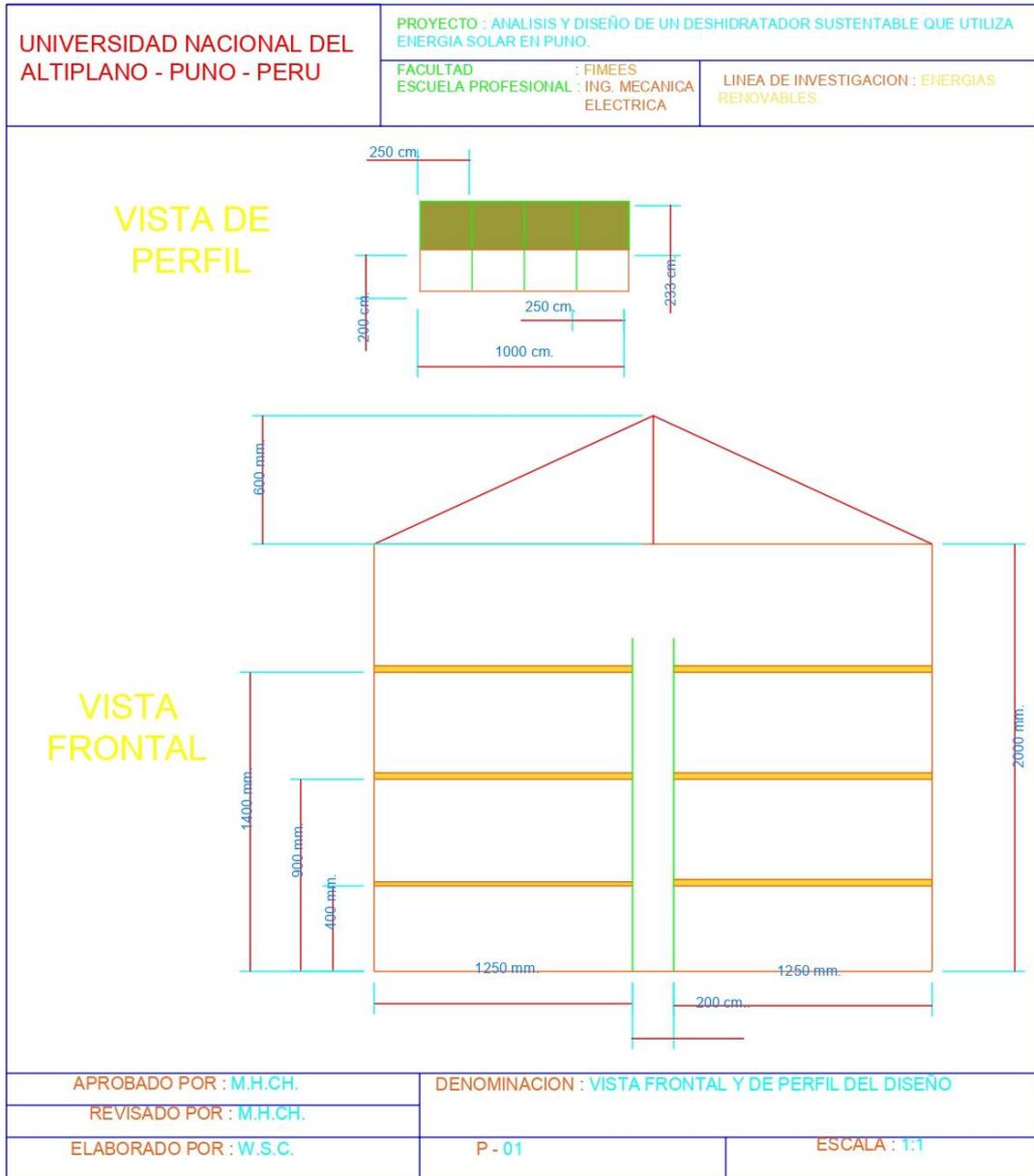
[Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o](https://es.weatherspark.com/y/27079/Clima-promedio-en-Sandia-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o)

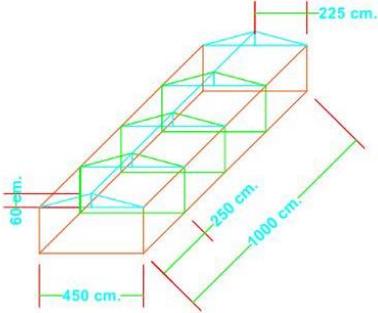
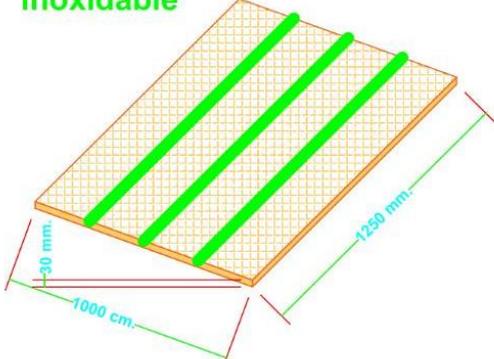
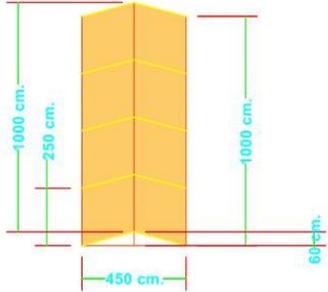
Accuweather <https://www.accuweather.com/es/pe/sandia/260643/weather-forecast/260643>

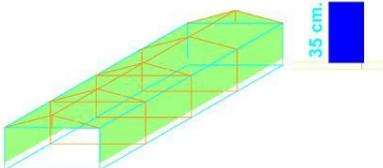
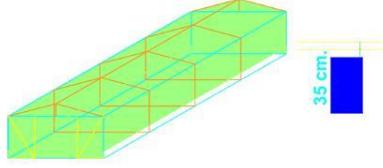
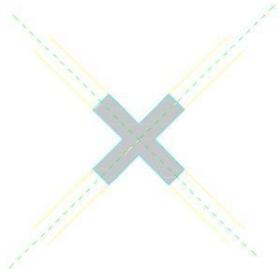
emjuvi <https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>

ANEXOS

PLANOS



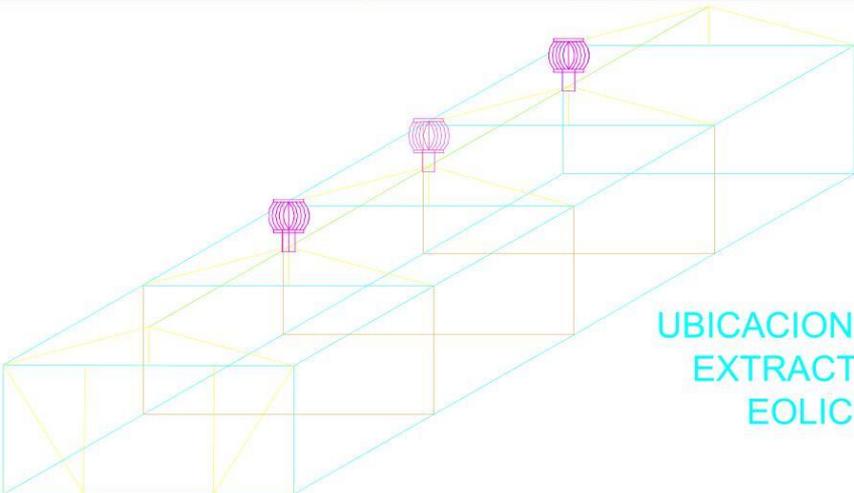
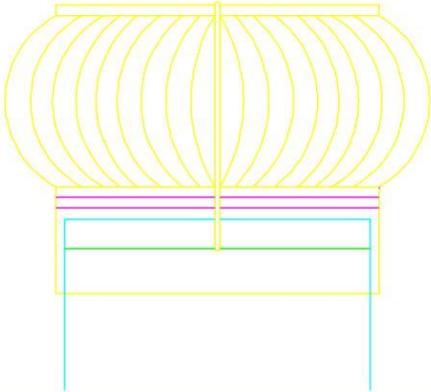
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO - PERU	PROYECTO : ANALISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGIA SOLAR EN PUNO.	
	FACULTAD : FIMEES ESCUELA PROFESIONAL : ING. MECANICA ELECTRICA	LINEA DE INVESTIGACION : ENERGIAS RENOVABLES.
 <p>VISTA ISOMETRICA DE LA ESTRUCTURA</p>		
<p>Malla de alambre de 5x5 mm. inoxidable</p>  <p>BANDEJA DE DESHIDRATACION</p>		
<p>VISTA DE PERFIL</p> 		
APROBADO POR : M.H.CH.	DENOMINACION : VISTA PERFIL - VISTA ISOMETRICA - BANDEJA DE DESHIDRATACION	
REVISADO POR : M.H.CH.		
ELABORADO POR : W.S.C.	P - 02	ESCALA : 1:1

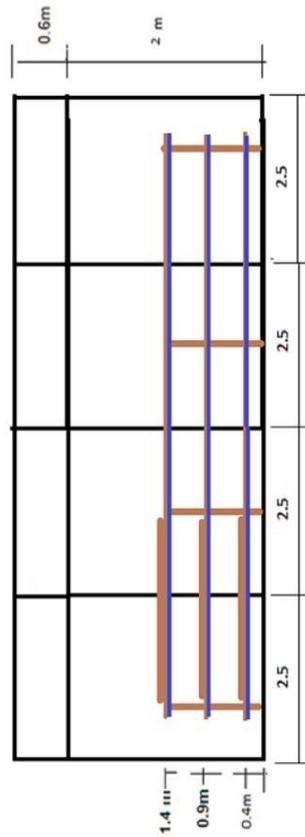
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO - PERU	PROYECTO : ANALISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGIA SOLAR EN PUNO.	
	FACULTAD : FIMEES ESCUELA PROFESIONAL : ING. MECANICA ELECTRICA	LINEA DE INVESTIGACION : ENERGIAS RENOVABLES.
 <p>UBICACION DE LA SECCION DE INGRESO DEL AIRE FRIO</p>  <p>UBICACION DE LA CUBIERTA EN LA ESTRUCTURA DEL DISEÑO</p>  <p>DIAMETRO DE LA ESTRUCTURA (1 1/2") - TUBOS DE METAL</p>  <p>DETALLE DE LA CRUCETA DE ARMADO CENTRAL</p>		
APROBADO POR : M.H.CH.	DENOMINACION : DETALLES DE CUBIERTA- ESTRUCTURA - CRUCETA INGRESO DE AIRE FRIO	
REVISADO POR : M.H.CH.		
ELABORADO POR : W.S.C.	P - 03	ESCALA : 1:1



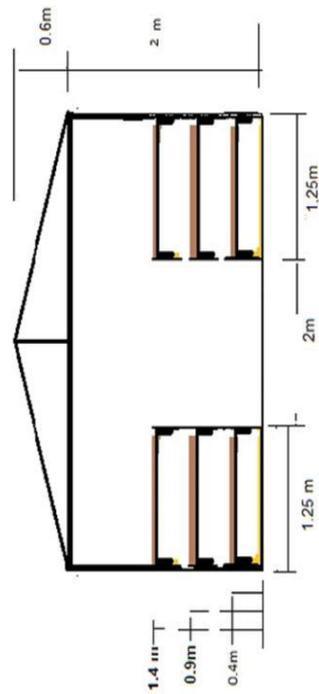
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO - PERU	PROYECTO : ANALISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGIA SOLAR EN PUNO.	
	FACULTAD : FIMEES ESCUELA PROFESIONAL : ING. MECANICA ELECTRICA	LINEA DE INVESTIGACION : ENERGIAS RENOVABLES.
<p>UBICACION DE LA PUERTA</p> <p>DISEÑO DEL GABINETE DEL DESHIDRATADOR</p> <p>DETALLE DE LOS EMBONES DE LA PUERTA</p>		
APROBADO POR : M.H.CH.	DENOMINACION : UBICACION - DETALLE DE LOS EMBONES DE LA PUERTA - DISEÑO DEL GABINETE DEL DESHIDRATADOR	
REVISADO POR : M.H.CH.		
ELABORADO POR : W.S.C.	P - 04	ESCALA : 1:1



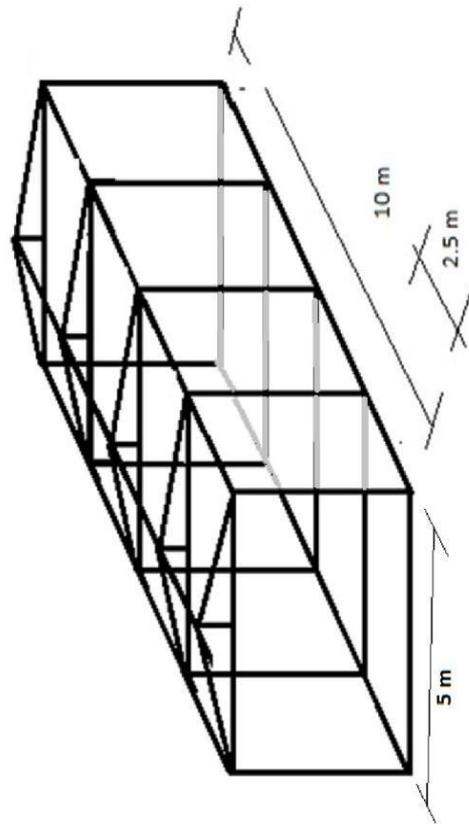
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO - PERU	PROYECTO : ANALISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGIA SOLAR EN PUNO.	
	FACULTAD : FIMEES ESCUELA PROFESIONAL : ING. MECANICA ELECTRICA	LINEA DE INVESTIGACION : ENERGIAS RENOVABLES.
 <p>UBICACION DE LOS EXTRACTORES EOLICOS</p>  <p>EXTRACTOR EOLICO</p>		
APROBADO POR : M.H.CH.	DENOMINACION : UBICACION DE LOS EXTRACTORES EOLICOS - EXTRACTOR EOLICO	
REVISADO POR : M.H.CH.	P - 05	ESCALA : 1:1
ELABORADO POR : W.S.C.		



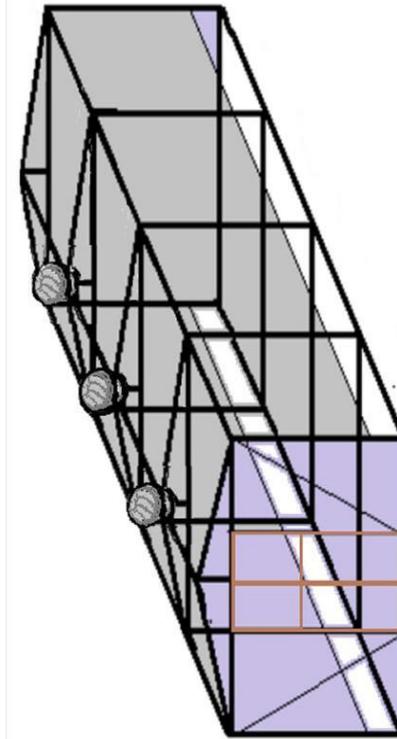
VISTA FPERFIL



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMÉTRICA



DISEÑO TERMINADO

PLAN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO E.P. INGENIERIA MECANICA ELECTRICA		LAMINA PA
PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGIA SOLAR EN PISO		
TÍTULO: RESERVA: MISION SAGACE CANAZA		ESCALA: 1:100
FECHA: JUNIO 2021		INICIAL: [Signature]
TERCERA: REGION PUNO - PROVINCIA SAGACE		

