



Implementación de un prototipo de deshidratador aplicando 250W de radiación infrarroja como método de deshidratación de 250g de naranja, para la Empresa Grupo Gorrión

Moreno Rodríguez Manuel Alejandro

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Ing. Eduardo Roberto Gutiérrez Gualotuña MSc.

Sangolquí, 01 de septiembre del 2023

Antecedentes



Métodos caseros o tradicionales para deshidratar alimentos



Secado en cuartos

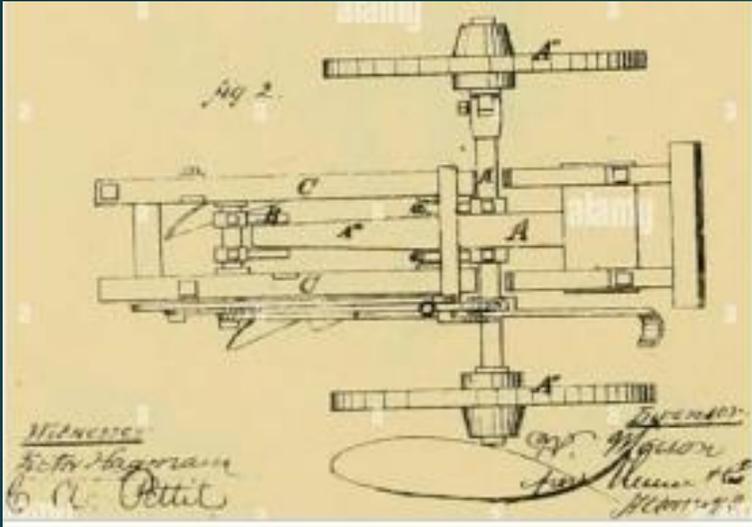


Secado sobre estufas



Secado por exposición al sol





1881: Registro de la primera patente de un secador



1901: Fundamentos teóricos de la ingeniería aplicada al cálculo de deshidratadores





Características de un deshidratador convencional

Motor eléctrico

Elemento calefactor

Sistema de circulación de aire caliente

Ventilador

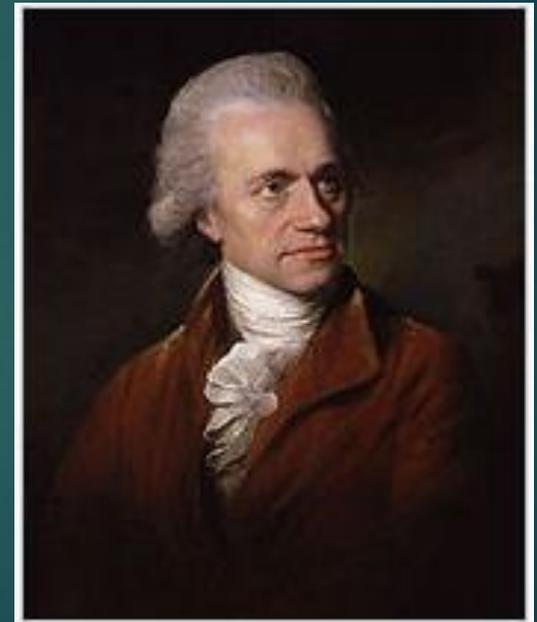
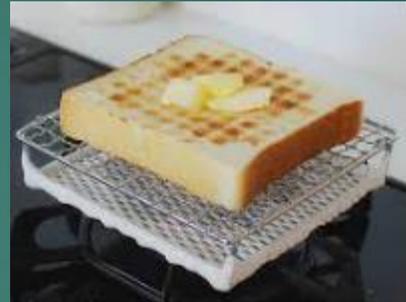
Termostato

Bandejas extraíbles



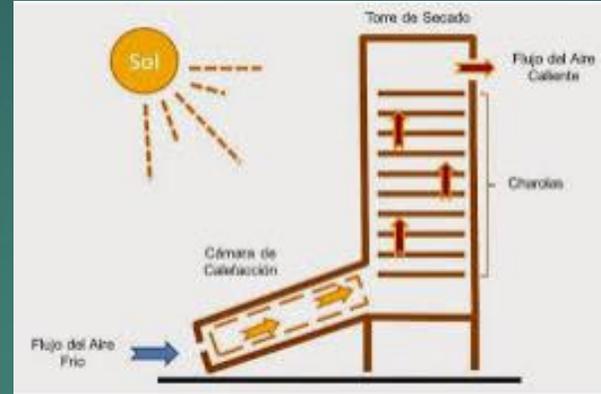


Radiación Infrarroja

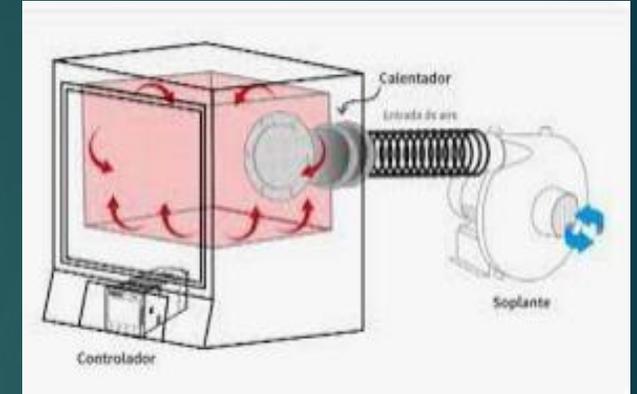


William Herschel

Definición del Problema



Deshidratador solar



Deshidratador eléctrico por aire caliente



Empresas ecuatorianas enfocadas en la utilización de energía solar

La tecnología elegida debe permitir obtener un producto de calidad que se pueda conservar

Objetivos

Objetivo general

Realizar la implementación de un prototipo de deshidratador aplicando 250W de radiación infrarroja como método de deshidratación de 250g de naranja, para la empresa Grupo Gorrión

Objetivo específicos

Determinar el diseño óptimo del prototipo

Construir el prototipo a través del ensamble de piezas y elementos

Realizar las pruebas respectivas para una adecuada implementación

Determinar los costos de diseño y construcción

Alcance del proyecto y Justificación

El prototipo de deshidratador ha sido solicitado por la empresa Grupo Gorrión



Se requiere deshidratar 250g de naranja



Utilizando una lámpara infrarroja de 250W

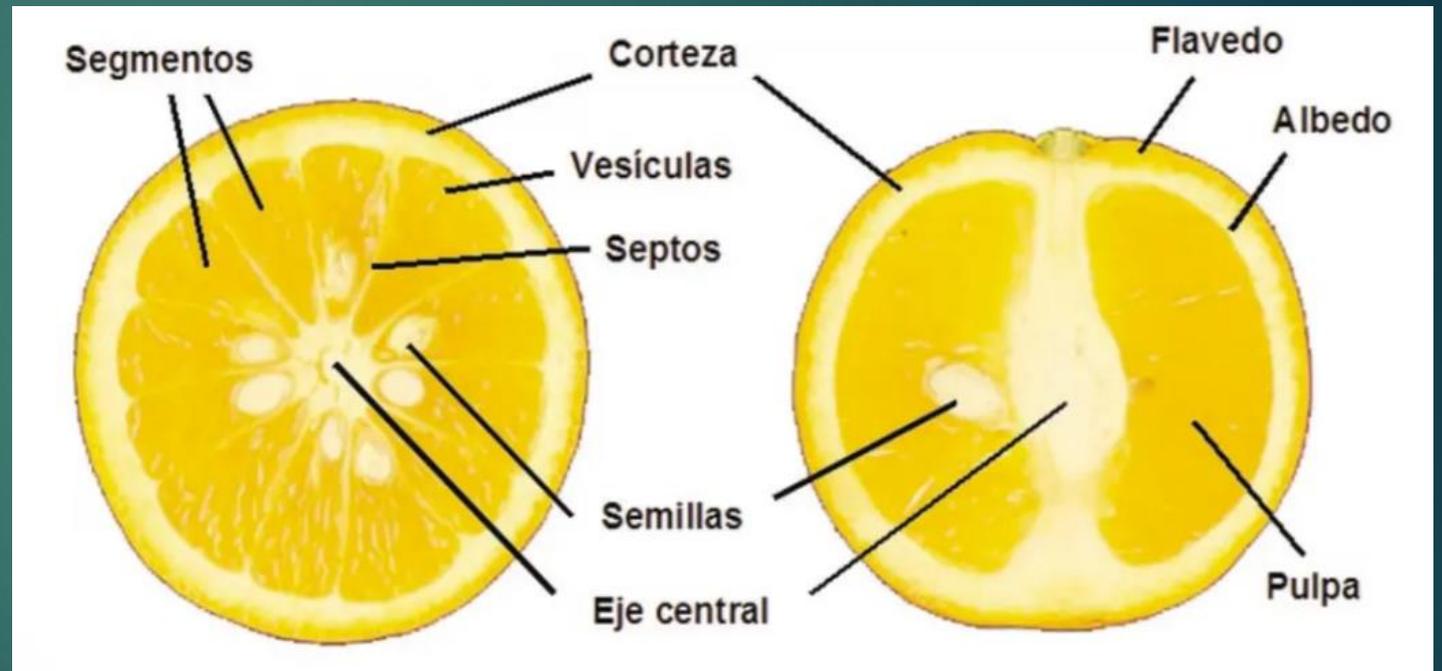


Obteniendo temperaturas de 60°C, 50°C y 40°C



La naranja: características principales

Propiedad	Cantidad
Calorías	42
Hidratos de carbono (g)	8,6
Fibra (g)	2
Agua (g)	86
Densidad (kg/m ³)	1030
Potasio (mg)	200
Magnesio (mg)	12
Calcio (mg)	36
Vitamina C (mg)	50
Ácido fólico (mcg)	37
Vitamina A: Eq. Retino (µg)	40



Generalidades sobre la deshidratación

Al reducir el contenido de humedad en los alimentos se reduce también el riesgo de desarrollar microorganismos.

Dentro del proceso de deshidratación ocurre:

Transferencia de la humedad interna del alimento hacia la superficie



Transferencia de energía en forma de calor y que proviene de la tecnología que se utilice



Las variables que modulan la velocidad del movimiento de agua en el alimento son: tiempo y temperatura

Principios de la deshidratación

Psicometría

- Propiedades de la mezcla aire vapor

Curvas de secado

- Contenido de humedad con respecto al tiempo de deshidratación

Periodo de velocidad constante

- La remoción de la humedad está limitada por la velocidad de evaporación del agua

Periodo de velocidad decreciente

- La velocidad de movimiento de la humedad se reduce y la superficie empieza a secarse

Área superficial del alimento

- Las capas del alimento deben ser de hasta 5mm de espesor

Tiempo y temperatura

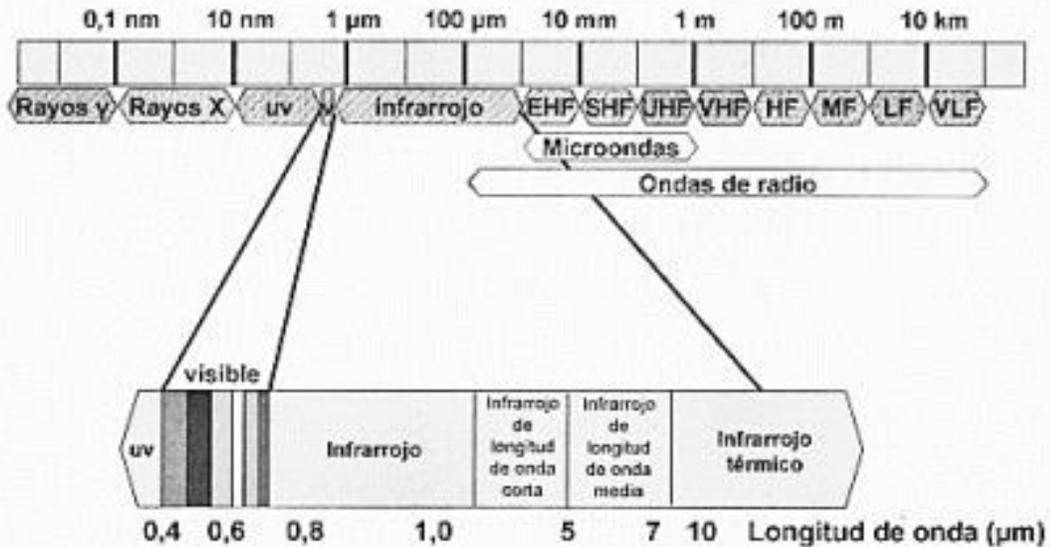
- La temperatura se mide para controlar que el producto no se estropee.

Características de desempeño de un deshidratador



Radiación infrarroja

Espectro electromagnético



- Infrarrojo cercano: de 0,78 a 2,5 micrómetros (es el rango más cercano al espectro visible)
- Infrarrojo medio: de 2,5 a 50 micrómetros
- Infrarrojo lejano: de 50 a 1000 micrómetros

Si se aumenta la temperatura se acorta la longitud de onda

Las ondas cortas atraviesan la materia calentando desde la parte interna

Todos los cuerpos emiten y absorben radiación en su entorno

La longitud de onda es por el material que se va a irradiar

Si se trata de un material de pocos milímetros se aconseja utilizar infrarrojos de onda corta

Diseño térmico

Parámetros de diseño

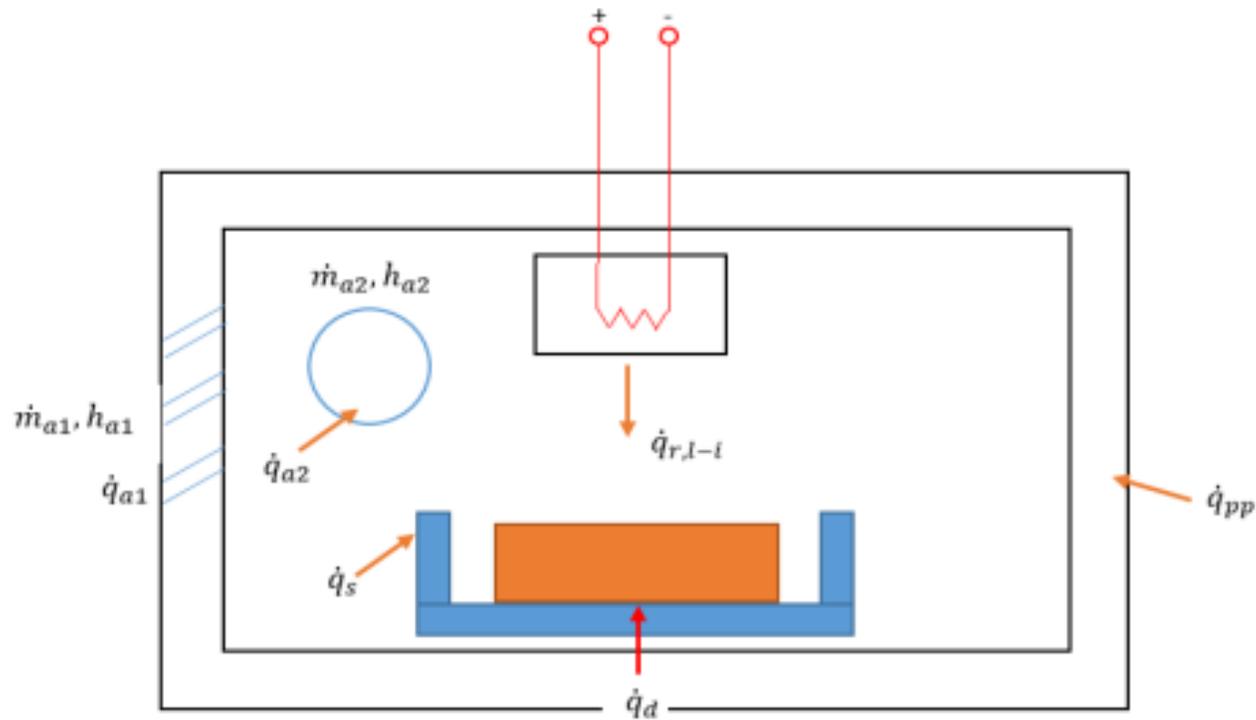
Temperatura de secado: 50°C

Porcentaje de humedad: 86%

Valores experimentales de las temperaturas

Orden	Text	Tw	Tbed	Tbandeja	Tfoco	V ventilador
1	34	42,3	40,9	57,4	81,5	1,4
2	32,7	43,9	40,1	53,4	81,2	1,3
3	33,3	44,8	40	56,6	88,6	1,3
4	34,5	44,2	38,1	50,3	87,1	1,4
5	3,9	43,6	40,2	53,1	81,2	1,4
6	34,5	44,7	41,6	53,6	80,6	1,3
7	34,6	44,8	39,3	55,2	82,1	1,3
8	34,3	44,1	39,3	53,3	84,6	1,3
9	34,6	44,4	40,6	50,6	81,5	1,2
10	34,1	43,6	39,9	51,7	84,5	1,3
11	33,6	44,3	40,6	51,2	85,3	1,3
12	34,1	43,9	38,2	50,2	89,1	1,3
Total	378,2	528,6	478,8	636,6	1007,3	15,8
Media	31,52	44,05	39,9	53,05	83,94	1,32

Balance energético para la cámara de secado



Balance de energía

$$\dot{q}_{ent} = \dot{q}_{sal}$$

$$\dot{q}_{r,l-i} + \dot{q}_{a1} = \dot{q}_{a2} + \dot{q}_{pp} + \dot{q}_s + \dot{q}_p + \dot{q}_{PCA}$$

$$\dot{q}_{r,l-i} = \dot{q}_{p\ vent} + \dot{q}_{pp} + \dot{q}_{s-real} + \dot{q}_p + \dot{q}_{PCA}$$

$$\dot{q}_{r,l-i} = 75,745 + 2,7176 + 10,9301 + 20,4285 + 43,5282$$

$$\dot{q}_{r,l-i} = 153,3498 [W]$$

Diseño mecánico



- Soporta temperaturas de hasta 110°C
- Refleja las ondas irradiadas
- Cuenta con rejillas laterales para expulsar la humedad de la cabina
- También tiene una ventana con resonadores circulares
- Cabina de 22cm de alto, 34cm de ancho y de profundidad



Ensamble de las partes y elementos

Bandeja de acero quirúrgico de 28cm x 23cm



Colocación del foco infrarrojo en la estructura



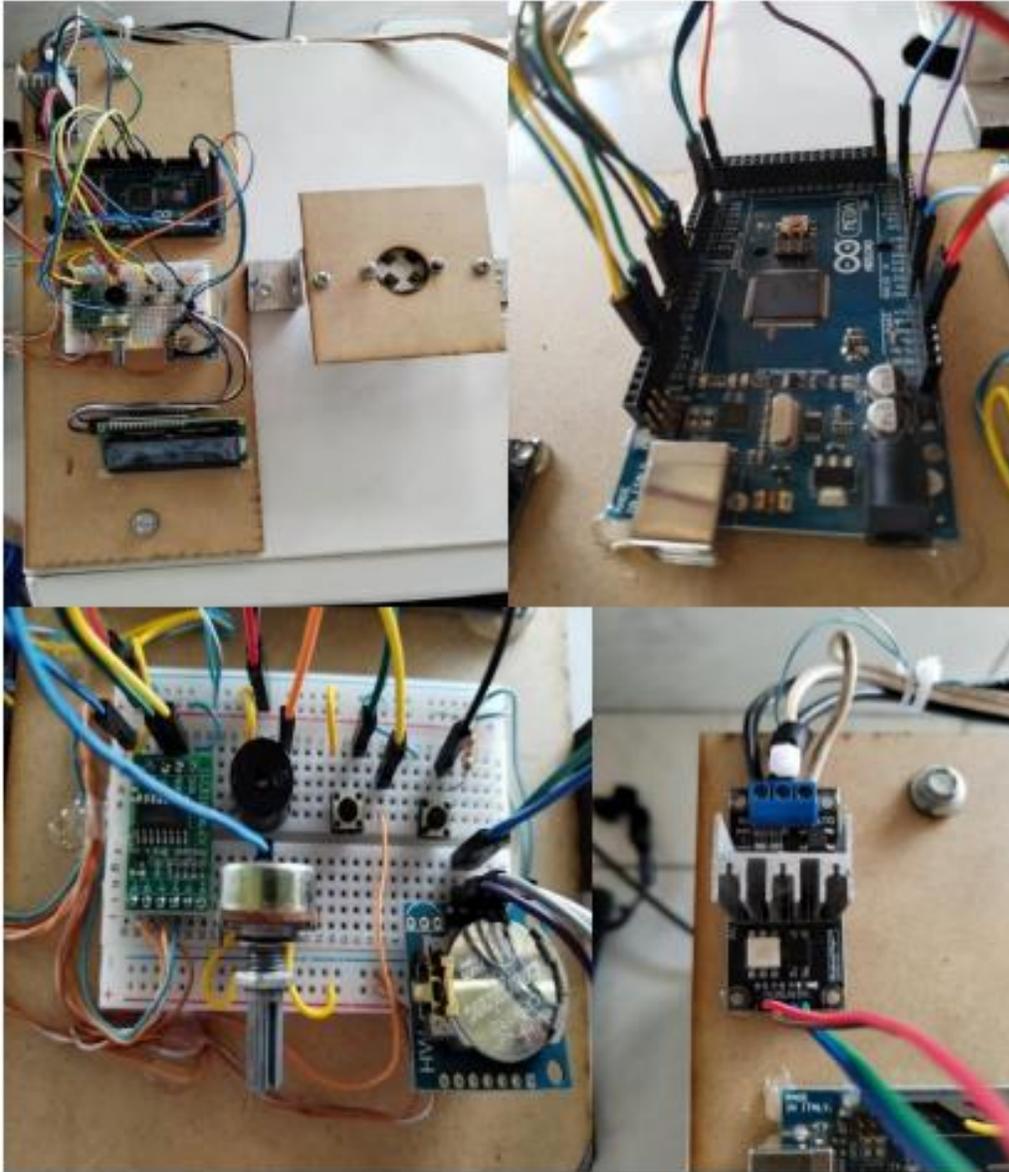
Colocación de la celda de carga Mack 711



Colocación del sensor de temperatura y de humedad



Ensamble de los elementos en la parte superior del chasis



- Tarjeta Arduino Mega
- Protoboard de media regleta
- Módulo Dimmer
- Celda de carga Mack 711
- Potenciómetro
- Reloj
- Buzzer
- Pulsadores
- Pantala LCD

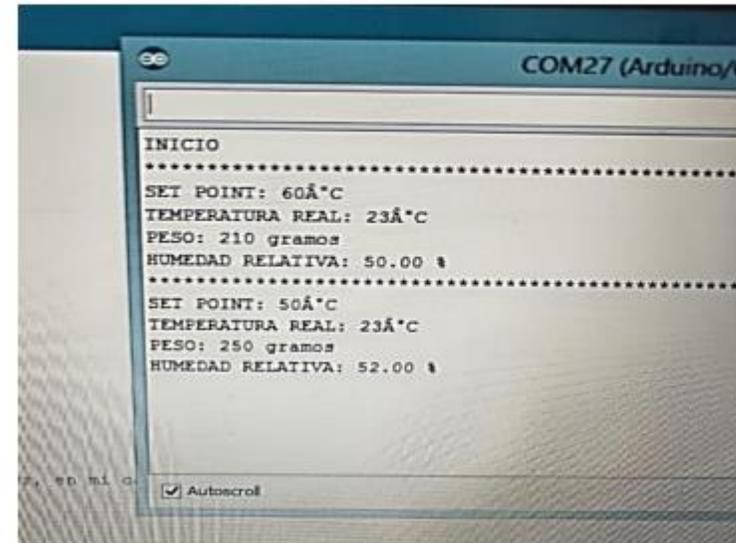
Diseño del sistema de control

- Consiste en desarrollar la programación de la tarjeta Arduino
- Permite definir los parámetros de operación del deshidratador con la finalidad de registrar y mostrar los datos
- Incluye la parte de control de potencia
- Y la verificación de la lectura de datos de los sensores

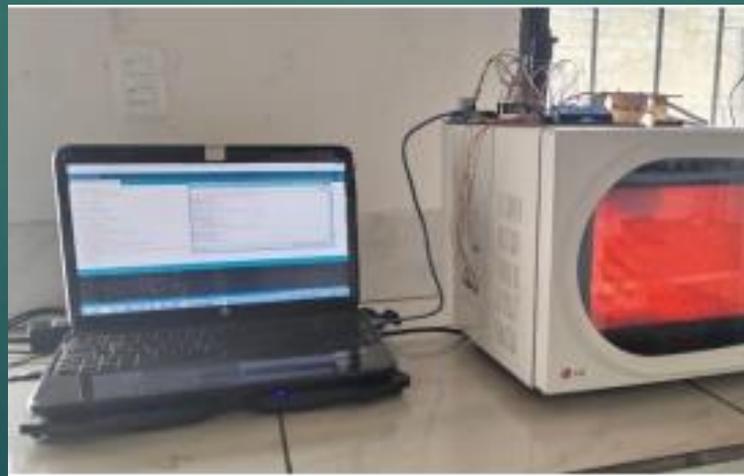
Lectura de los parámetros de deshidratación en la pantalla LCD del equipo



Lectura de los parámetros de deshidratación a través de Arduino



Etapa de pruebas



Cálculo del número de pruebas a realizar

$$\#ensayos = 3^n$$

Donde:

$\#ensayos = \text{número de ensayos}$

$n = \text{número de variables que intervienen en el ensayo} = 2$

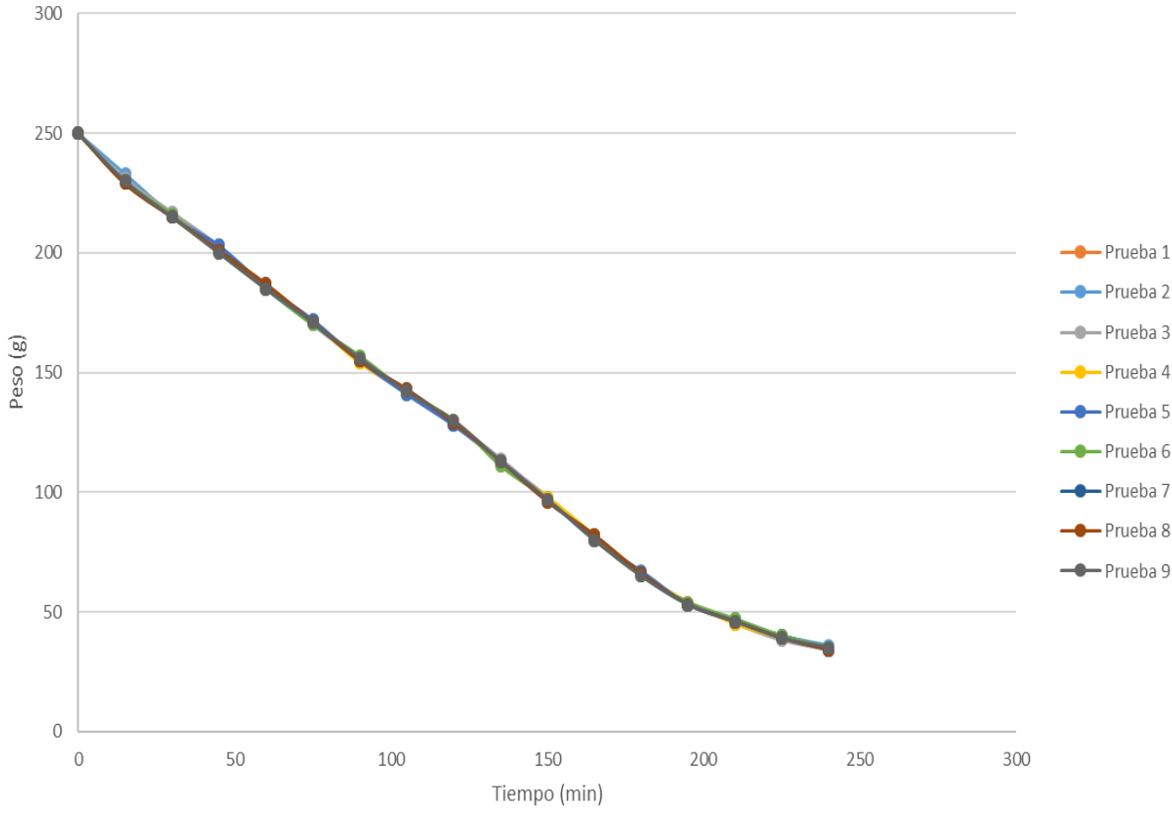
$$\#ensayos = 3^2$$

$$\#ensayos = 9$$

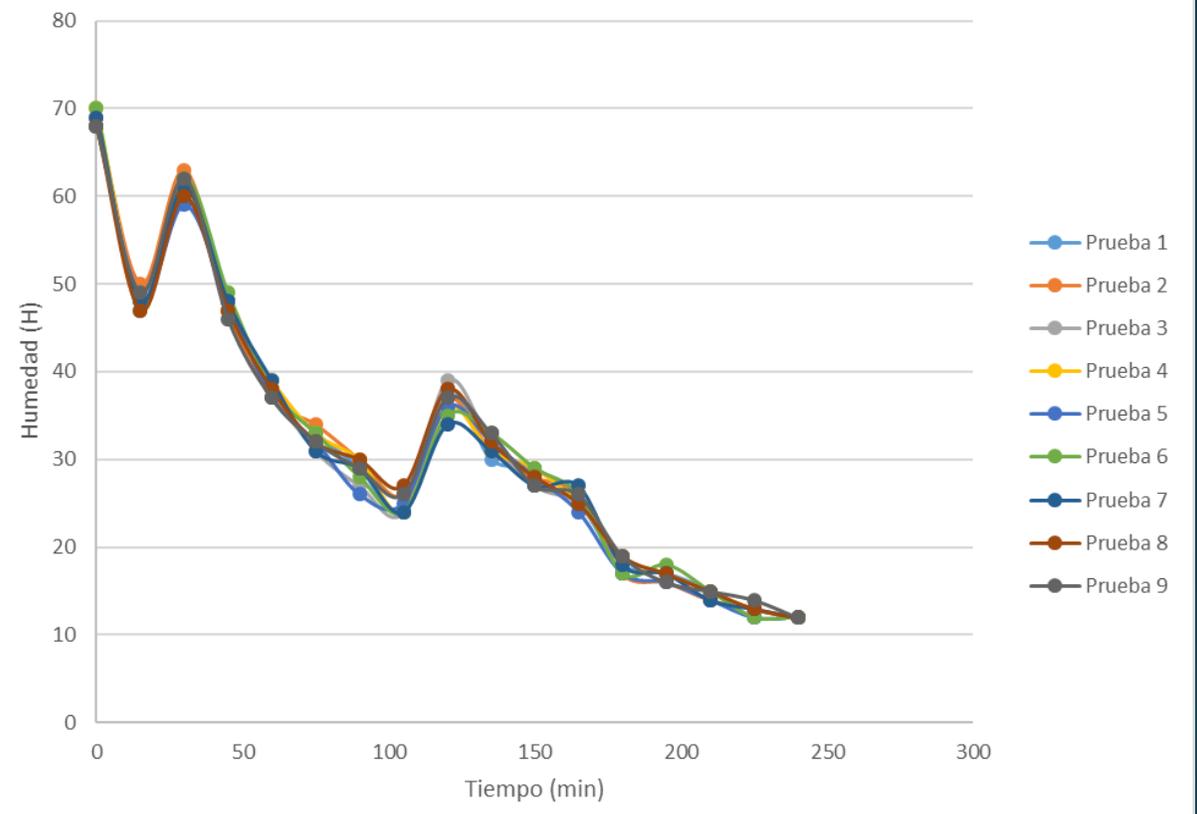
Tomando en cuenta el número de pruebas que se deben realizar, que son 9 con cada temperatura, se determina el siguiente orden de pruebas:

- Bloque 1: 9 pruebas con 250g de naranja a 60°C (T3)
- Bloque 2: 9 pruebas con 250g de naranja a 50°C (T2)
- Bloque 3: 9 pruebas con 250g de naranja a 40°C (T1)

Pruebas a 60°C

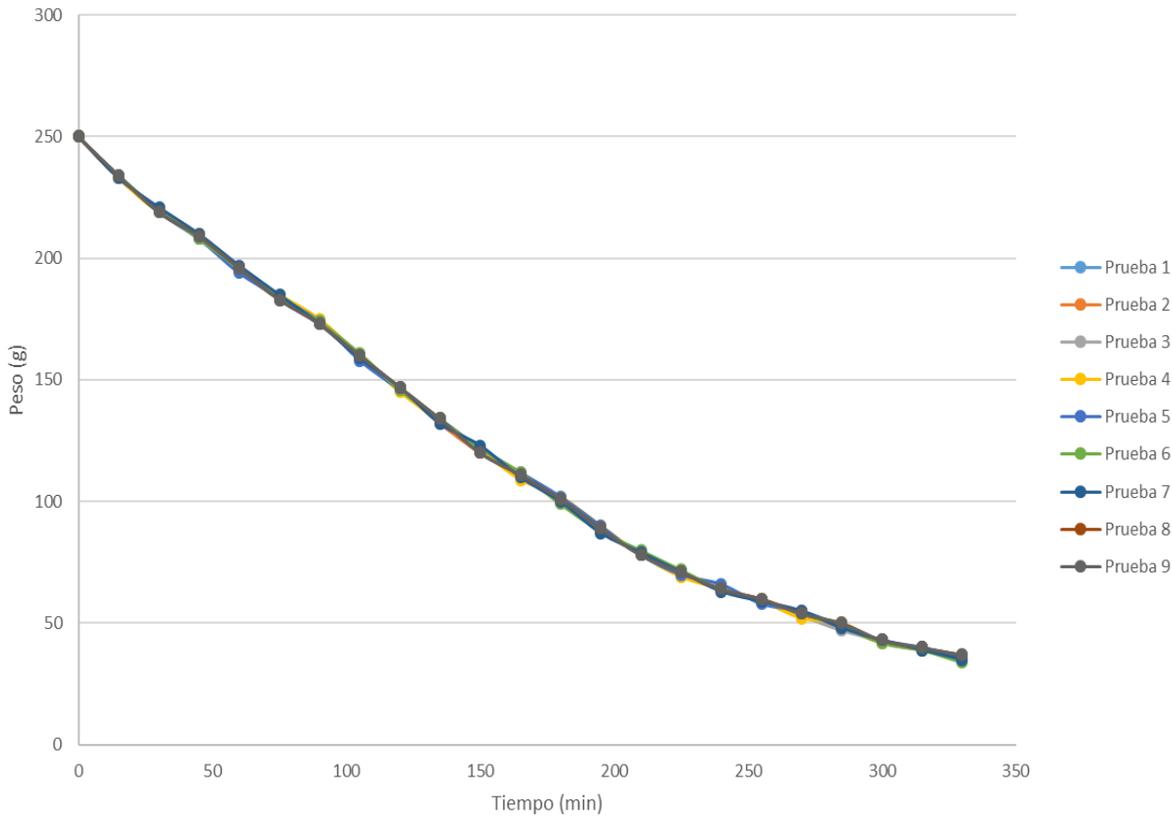


Pruebas a 60°C

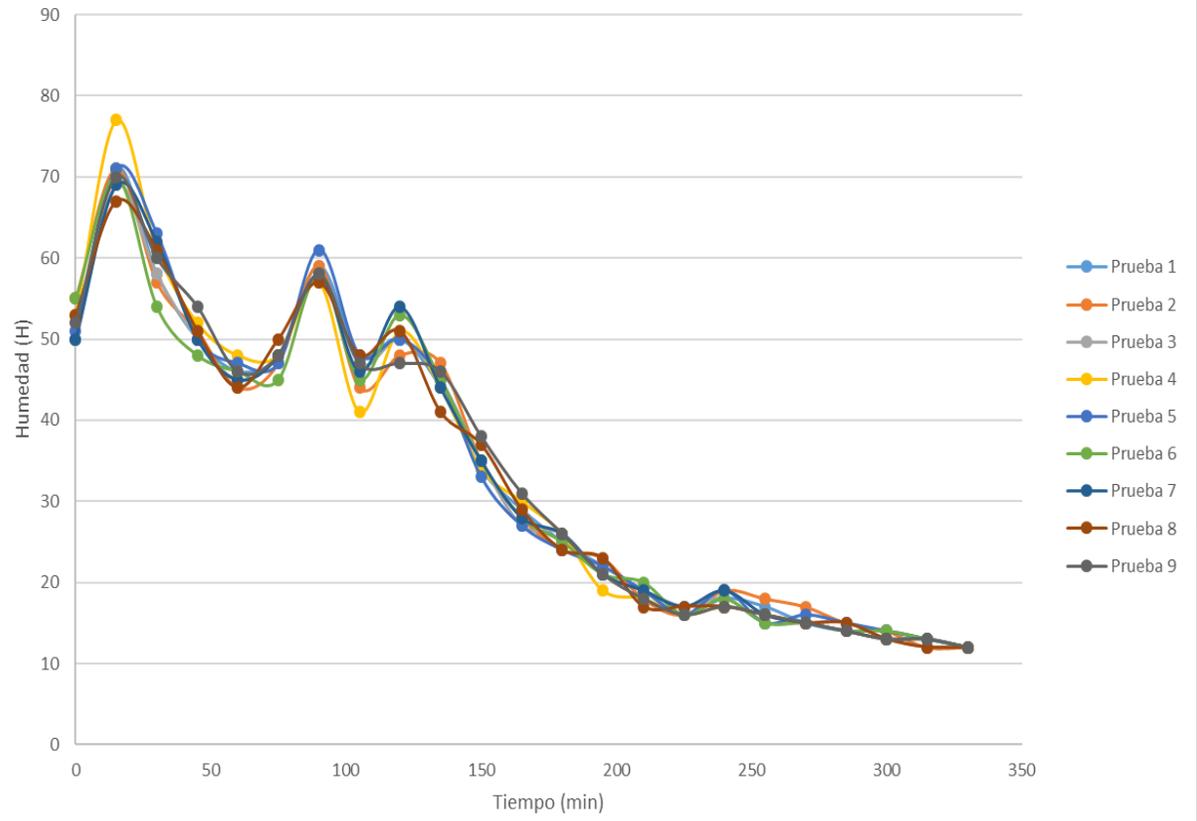




Pruebas a 50°C

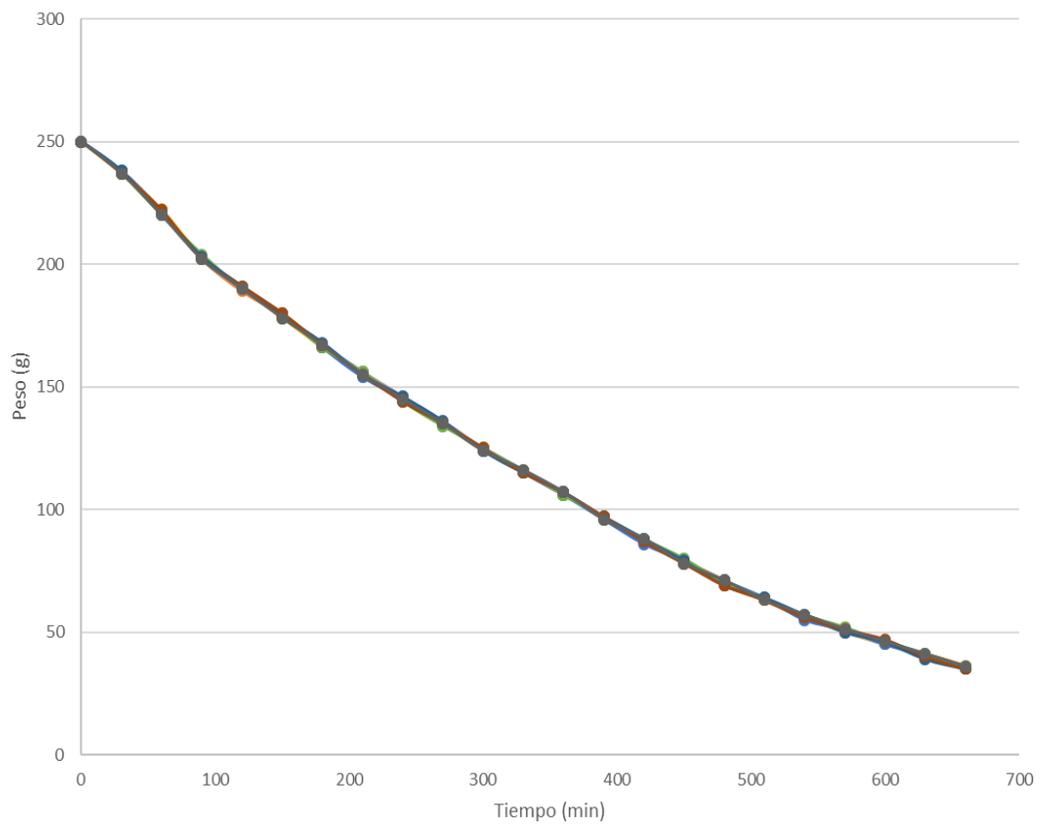


Pruebas a 50°C

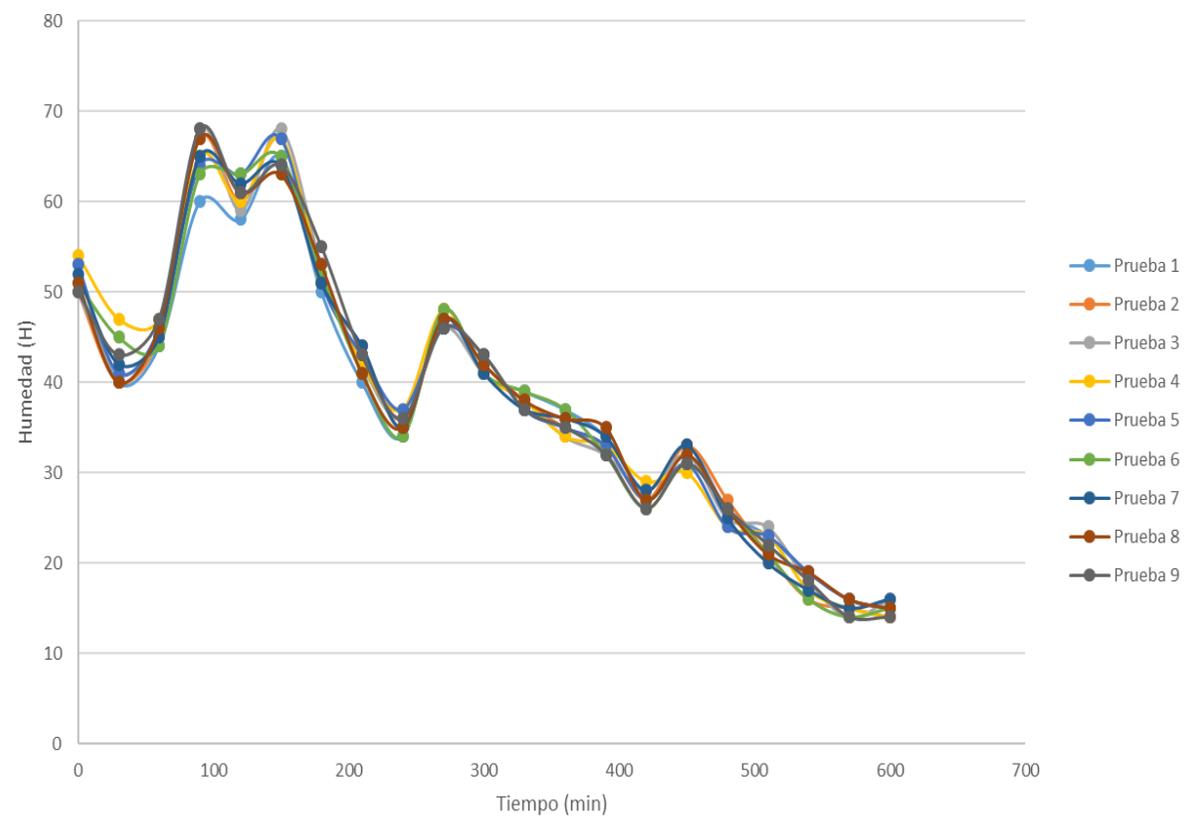




Pruebas a 40°C

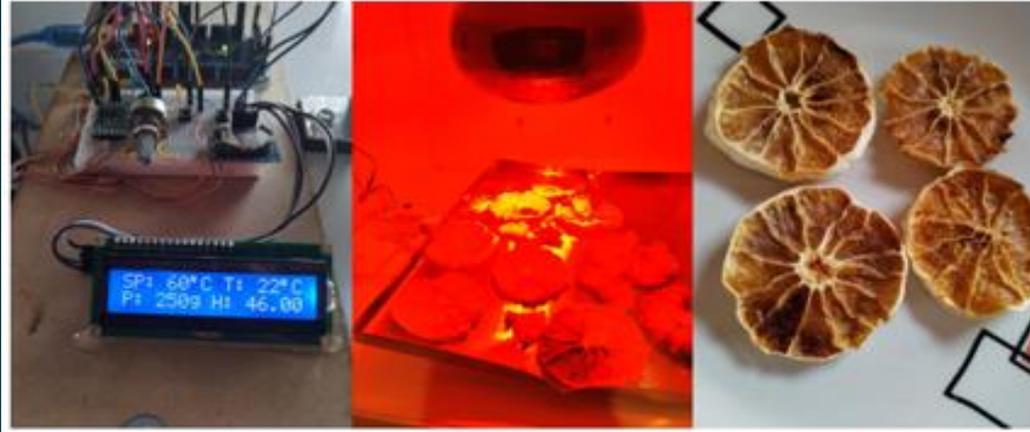


Pruebas a 40°C

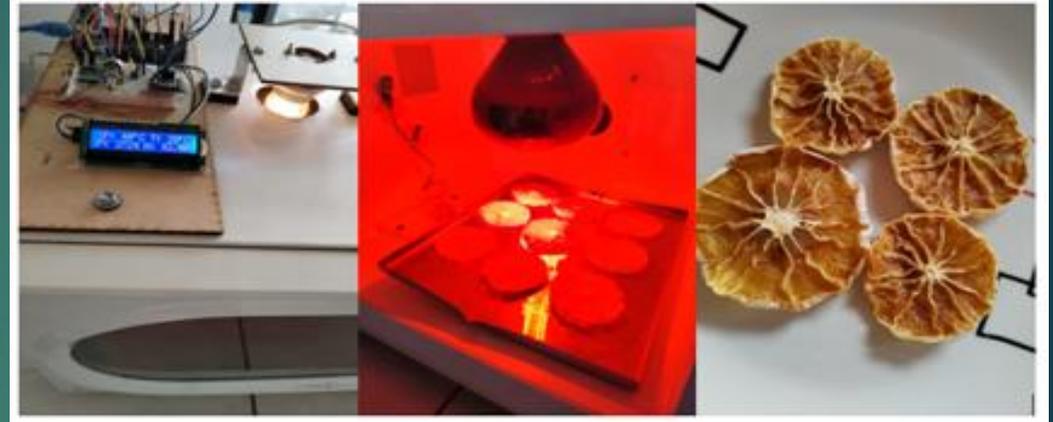


Análisis de resultados

Pruebas de deshidratación de 250g de naranja a 60°C



Pruebas de deshidratación de 250g de naranja a 40°C



Pruebas de deshidratación de 250g de naranja a 50°C



	40°C	50°C	60°C
Peso final	40g	36g	35g
Tiempo	10h 30min	5h 30min	4 horas
Humedad relativa final	12%	12%	12%
Características organolépticas	10	9	8



	Prueba 1			Prueba 2			Prueba 3		
Temperatura	60°C	50°C	40°C	60°C	50°C	40°C	60°C	50°C	40°C
Peso	110g	60g	45g	120g	75g	20g	125g	70g	20g
Tiempo	1h 5min	1h 15min	2h 10min	1h 20min	1h 30min	1h 15min	1h 25min	1h 25min	1h 10min
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3						
Peso final	36g	36g	35g						
Tiempo total	4h 30min	4h 5 min	4 horas						

Costos de diseño y construcción

Costos directos

Materiales	Cantidad		Precio
Tarjeta Arduino Mega con cable USB	1	unidad	12
Protoboard de media regleta	1	unidad	2,5
Módulo Dimmer AC con detector de cruce por cero	1	unidad	20
Reloj en tiempo real RTC DS1307	1	unidad	2
Mack 711 con celda de carga de 1kg	1	unidad	15
Potenciómetro	1	unidad	1
Buzzer	1	unidad	1
Pulsadores	2	unidades	2
Resistencia 330ohm	3	unidades	1,5
LCD i2c 16*2	1	unidad	8
Cables de conexión	1	paquete	1,75
Boquilla	1	unidad	1
Cable con enchufe para 100VAC	1	unidad	5,5
Sensor LM35	1	unidad	2
Sensor DHT11	1	unidad	2,25
Ventilador extractor	1	unidad	7,5
Foco infrarrojo	1	unidad	35
Bandeja de acero quirúrgico 430 de 0,4mm	1	unidad	2,5
Tabla triplex A3	1	unidad	1
Tornillos, tuercas y arandelas	1	varios	1
Cautin	1	unidad	3,5
Estaño	1	unidad	2
Base de acrilico A4	1	unidad	2
Otro elementos secundarios	1	varios	8
Chasis de microondas reciclado	1	unidad	0
SUBTOTAL			140

Costos indirectos

Detalle	Costo
Software Arduino	0
Luz eléctrica	10
Agua potable	2
Internet	5
Transporte	30
Impresiones	8
Balanza digital	0
SUBTOTAL	55

Materia prima

Materia prima	Cantidad	Precio
Naranja	50 unidades	4
SUBTOTAL		4

Mano de obra

Mano de obra	Cantidad	Valor	Total
Investigación y asesorías	1	300	300
SUBTOTAL		300	300

COSTO TOTAL

Detalle	Cantidad	Valor	Total
Materia prima	1	4	4
Costos directos	1	140	140
Costos indirectos	1	55	55
Mano de obra	1	300	300
TOTAL		499	499

Conclusiones

Investigación bibliográfica

La fruta se puede deshidratar utilizando de 40 a 60°C. La humedad final varía entre un 10 y 12%

Diseño y construcción del prototipo

Se basó en la utilización de un chasis de microondas reciclado

Resultado de pruebas

A 50°C se completa un proceso en 5 horas 30 minutos. Regulando las tres temperaturas en un mismo proceso se logra en 4 horas

Gasto por consumo eléctrico

Utilizando el prototipo 6 horas diarias durante 20 días el costo eléctrico es de 5 dólares con 10 centavos.

Costo total del diseño y construcción

El costo total del proyecto es de \$499 dólares.

Recomendaciones

De ser necesario se puede aumentar el número de bandejas

En caso de aumentar el número de bandejas se deberá utilizar una lámpara horizontal

Se podría utilizar más termocupas en caso de que se desee evaluar más factores

Conexión y colocación correcta de los elementos antes de cada uso

Revisar el manual de funcionamiento y de mantenimiento para un correcto uso

Se debe realizar limpieza, en especial de la cabina después de cada uso

Las rodajas de naranja deben tener el mismo espesor

Tomar en cuenta el informe de resultados de las pruebas realizadas

Para manipulación del producto se debe utilizar guantes de nitrilo



Gracias
por su
atención

**GRACIAS
TOTALES**