



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESHIDRATADOR HÍBRIDO DE FRUTAS PARA LA REGIÓN ANDINA”.**

**ROBERTO FRANCISCO ARIAS HINOJOSA**

**Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo,  
presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH,  
como requisito parcial para la obtención del grado de:**

**MAGÍSTER EN DISEÑO MECÁNICO**

**Riobamba-Ecuador**

**Mayo-2020**

© 2020, Roberto Francisco Arias Hinojosa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**CERTIFICACIÓN:**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESHIDRATADOR HÍBRIDO DE FRUTAS PARA LA REGIÓN ANDINA”, de responsabilidad del Sr. Roberto Francisco Arias Hinojosa ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

\_\_\_\_\_

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes; Mag.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

FIRMA

\_\_\_\_\_

Ing. Javier José Gavilanes Carrión; Mag.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_

FIRMA

\_\_\_\_\_

Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe; PhD.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_

FIRMA

\_\_\_\_\_

Dr. Miguel Tasambay Salazar; PhD.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Riobamba –mayo-2020

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Roberto Francisco Arias Hinojosa, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

ROBERTO FRANCISCO ARIAS HINOJOSA  
No. Cédula: 0503158560

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Roberto Francisco Arias Hinojosa, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, 04 de abril del 2020

Roberto Francisco Arias Hinojosa

f. \_\_\_\_\_

No. Cédula: 0503158560

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Rita Hinojosa mi madre, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, además de ser el pilar más importante en este arduo camino ya que siempre me demostró su cariño y apoyo.

**Roberto**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mi madre por haberme acompañado y velado por mí durante toda mi carrera de posgrado, por haberme motivado para culminar un paso más en mi carrera profesional.

A la Dra. Magdy Echeverría directora del GIDAC-ESPOCH, quien con su profunda vocación de maestra puso en evidencia su amor a la investigación al guiarme en el proyecto de investigación.

**Roberto**

## CONTENIDO

RESUMEN .....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.	
INTRODUCCION	
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3. Preguntas de investigación.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Objetivo general.....	3
1.6. Objetivos específicos .....	3
1.7. Hipótesis .....	4
CAPÍTULO II.	
MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Fundamentos Teóricos:.....	6
2.2.1. Importancia de un deshidratador .....	6
2.2.2. Ventajas de la deshidratación.....	7
2.2.3. Ventajas de usar deshidratadores de alimentos .....	7
2.2.4. Diferencias de la deshidratación con otros tipos de conservación .....	9
2.2.5. Tipos de deshidratadores.....	10
2.2.6. Deshidratador o secador de bandejas .....	10
2.2.6.1. Secadores de charolas con aire caliente.....	11
2.2.6.2. Deshidratador o secador de lecho fluidizado .....	12



2.2.7. Energía solar fotovoltaica .....	13
2.2.7.1. Partes del sistema fotovoltaico.....	14
CAPÍTULO III.	
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	
3.1. Tipo de estudio.....	16
3.2. Diseño del estudio.....	16
3.2.1. Método Inductivo.....	16
3.2.2. Población de estudio .....	17
3.2.2.1. Unidad de análisis .....	17
3.2.2.2. Selección de la muestra.....	17
3.2.2.3. Técnica de recolección de datos primarios y secundarios. ....	18
3.3. Selección de la Alternativa.....	18
3.3.1. Determinación de requerimientos del cliente .....	18
3.3.2. Matriz QFD (Quality Function Deployment).....	22
3.3.3. Parámetro para selección .....	23
3.3.4. Matriz de jerarquización .....	24
3.3.5. Características del deshidratador.....	25
3.4. Temporalidad.....	25
CAPÍTULO IV.	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Procedimiento para la toma de datos.....	26
4.2. Resultados de frutas deshidratadas.....	26
4.2.1. Obtención ecuaciones características de la manzana.....	29
4.2.2. Curvas características linealizadas .....	40
4.3. Resultados fotográficos.....	43

4.4. Pruebas del sistema fotovoltaico .....	43
4.5. Resultados y discusiones.....	45
CAPÍTULO V.	
PROPUESTA	
5.1. Variables físicas del proceso de deshidratación .....	46
5.2. Diseño del Deshidratador.....	46
5.2.1. Dimensionamiento .....	47
5.2.1.1. Dimensionamiento de Bandejas .....	47
5.2.1.2. Dimensionamiento de área de deshidratación .....	49
5.2.2. Diseño térmico.....	50
5.2.2.1. Cálculo de la energía para el secado .....	51
5.2.2.2. Calculo coeficiente de convección natural .....	52
5.2.2.3. Calculo coeficiente de convección interna forzada .....	53
5.2.2.4. Calculo calor rechazado .....	55
5.2.2.5. Cálculo del calor total .....	56
5.2.2.6. Cálculo de la eficiencia.....	56
5.2.2.7. Diseño de resistencia eléctrica .....	57
5.2.2.8. Verificación de resistencia de las paredes laterales .....	58
5.2.3. Verificación en Ansys.....	59
5.2.3.1. Análisis térmico .....	59
5.2.3.2. Fricción térmica .....	65
5.2.3.3. Análisis estático .....	68
5.3. Diseño del sistema fotovoltaico .....	70
5.3.1. Consumo.....	71
5.3.2. Dimensionamiento Batería.....	72

5.3.3. Selección de panel fotovoltaico.....	72
5.3.4. Selección controladora de carga.....	76
5.3.5. Selección inversora de carga.....	76
5.4. Diseño sistema automático de cambio de tipo de energía de alimentación .....	76
5.5. Instalación del sistema fotovoltaico .....	79
5.6. Presupuesto para el prototipo del deshidratador híbrido de frutas. ....	80
5.7. Análisis de costos.....	83
5.7.1. Comparación de precios con el mercado.....	86
5.7.2. Cálculo de VAN.....	86
5.7.3. Periodo de recuperación.....	88
5.7.4. Cálculo del TIR.....	89
5.8. Manual de operación y mantenimiento del prototipo de deshidratador híbrido de frutas .....	90
5.8.1. Vista General del prototipo de deshidratador. ....	90
5.8.2. Accesorios del equipo .....	91
5.8.2.1. Bandejas de secado .....	91
5.8.2.2. Tapa del deshidratador.....	91
5.8.2.3. Accionamiento del control.....	92
5.8.3. Características del Deshidratador.....	92
5.8.4. Instalación del equipo mediante energía eléctrica. ....	93
5.8.5. Instrucción de Operación .....	93
5.8.6. Instalación del equipo mediante energía solar.....	95
5.8.6.1. Sistema del deshidratador .....	95
5.8.6.2. Sistema de automatización.....	96
5.8.6.3. Sistema fotovoltaico .....	97
5.8.7. Limpieza del equipo.....	98

5.8.8. Mantenimiento del Deshidratador:.....	100
5.8.9. Riesgos y medidas preventivas. ....	101
5.8.9.1. Riesgo eléctrico .....	102
CONCLUSIONES .....	103
RECOMENDACIONES .....	104
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3 Parámetros para selección de alternativa de diseño.....	23
Tabla 2-3 Matriz de Jerarquización.....	24
Tabla 1-4 Datos de Peso vs Tiempo de deshidratación .....	27
Tabla 2-4 Datos de Humedad retirada vs Tiempo .....	27
Tabla 3-4 Valores de Peso de manzana para linealización .....	32
Tabla 4-4 Valores de Ln (Peso) de manzana para cálculo de $r^2$ .....	34
Tabla 5-4 Valores de Peso de manzana para cálculo de $r^2$ .....	35
Tabla 6-4 Valores de humedad de manzana para linealización .....	37
Tabla 7-4 Valores de Ln (Humedad) de manzana para cálculo de $r^2$ .....	38
Tabla 8-4 Valores de Humedad de manzana para cálculo de $r^2$ .....	39
Tabla 9-4 Fotografías de frutos deshidratados.....	43
Tabla 1-5 Propiedades físicas de frutas .....	47
Tabla 2-5 Parámetros térmicos ambiente exterior .....	52
Tabla 3-5 Propiedades térmicas interiores.....	53
Tabla 4-5 Configuración de malla.....	60
Tabla 5-5 Lista de elementos de panel de control.....	79
Tabla 6-5 Subsistemas del prototipo del deshidratador híbrido de frutas .....	81
Tabla 7-5 Costo de materiales e insumos .....	81
Tabla 8-5 Costo de mano de obra.....	82
Tabla 9-5 Costos directos totales.....	82
Tabla 10-5 Costos indirectos.....	83
Tabla 10-5 Costos Totales.....	83
Tabla 12-5 Costo de producción de la manzana deshidratada .....	84
Tabla 13-5 Costo de producción de la uvilla deshidratada .....	84
Tabla 14-5 Costo de producción de frutilla deshidratada .....	85
Tabla 15-5 Costo de producción de mora deshidratada .....	85
Tabla 16-5 Cálculo de VAN.....	87
Tabla 17-5 Cálculo del TIR.....	89
Tabla 18-5 Características del prototipo del deshidratador de frutas .....	92

Tabla 19-5 Descripción de Operación .....	94
Tabla 20-5 Formación del Sistema del deshidratador.....	95
Tabla 21-5. Formación del Sistema de automatización .....	96
Tabla 22-5. Formación del Sistema fotovoltaico .....	97
Tabla 23-5 Frutas usadas en las pruebas .....	98
Tabla 24-5 Procedimiento recomendado de limpieza del equipo .....	99
Tabla 25-5 Mantenimientos recomendados a la máquina.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2 Frutas deshidratadas .....	6
Figura 2-2 Deshidratador de bandejas .....	8
Figura 3-2 Deshidratador de Lecho Fluidizado .....	13
Figura 4-2 Paneles fotovoltaicos .....	13
Figura 5-2 Partes del sistema fotovoltaico.....	14
Figura 1-3 Modelo de encuesta .....	19
Figura 2-3 Resultados de encuesta .....	20
Figura 3-3 Matriz QFD .....	22
Figura 4-3 Diagrama Gantt del proceso de elaboración.....	25
Figura 1-4 Curva de Peso vs Tiempo .....	28
Figura 2-4 Curva de Humedad retirada vs Tiempo .....	29
Figura 3-4 Curva exponencial de grado 1.....	29
Figura 4-4 Curva exponencial de grado 2.....	30
Figura 5-4 Curva exponencial de grado 3.....	31
Figura 6-4 Curva Peso vs Tiempo de manzana .....	32
Figura 7-4 Curva Logaritmo de Peso vs Tiempo de manzana .....	33
Figura 8-4 Curva Peso vs Tiempo de manzana .....	37
Figura 9-4 Curva Logaritmo de Humedad vs Tiempo de manzana .....	38
Figura 10-4 Curva de Peso vs Tiempo .....	42
Figura 11-4 Curva de Humedad retirada vs Tiempo .....	42
Figura 12-4 Pruebas a panel solar .....	44
Figura 1-5 Esquema de Dimensiones .....	50
Figura 2-5 Esquema de cargas térmicas .....	51
Figura 3-5 Resistencia térmica .....	55
Figura 4-5 Configuración de resistencia eléctrica .....	58
Figura 5-5 Dimensiones y cargas .....	58
Figura 6-5 Propiedades físicas del deshidratador .....	60
Figura 7-5 Mallado.....	61
Figura 8-5 Cargas térmicas .....	62

Figura 9-5 Distribución de temperatura.....	63
Figura 10-5 Flujo de calor .....	64
Figura 11-5 Convección de calor en el interior .....	65
Figura 12-5 Cargas térmicas en resistencia eléctrica .....	66
Figura 13-5 Distribución de temperatura en resistencia eléctrica en 71s.....	66
Figura 14-5 Variación temperatura en función del tiempo de resistencia eléctrica.....	67
Figura 15-5 Datos experimentales de fricción térmica de la resistencia eléctrica.....	67
Figura 16-5 Cargas estructurales .....	68
Figura 17-5 Deformaciones.....	69
Figura 18-5 Esfuerzo equivalente a) En Cuerpo b) en la pared lateral .....	70
Figura 19-5 Factor de seguridad.....	70
Figura 20-5 Datos de Insolacion Difusa .....	73
Figura 21-5 Datos de Insolacion Directa.....	73
Figura 22-5 Datos de Insolacion Global.....	74
Figura 23-5 Diagrama eléctrico, consumiendo energía eléctrica .....	77
Figura 24-5 Diagrama eléctrico, consumiendo energía solar.....	78
Figura 25-5 Instalación del sistema fotovoltaico .....	80
Figura 26-5 Flujo de caja .....	88
Figura 27-5 Grafica del TIR.....	89
Figura 28-5 Vista General del Deshidratador .....	90
Figura 29-5 Bandejas de secado .....	91
Figura 30-5 Tapa del deshidratador.....	91
Figura 31-5 Accionamiento de control.....	92
Figura 32-5 Panel de control .....	93



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A. Formato de encuesta

ANEXO B. Propiedades de resistividad del NICROM 80/20

ANEXO C. Resultados del Urkund

ANEXO D. Obtención de ecuaciones características

ANEXO E. Planos

## ABREVIATURAS

<b>QFD</b>	Quality function deployment
<b>W</b>	Peso
<b>t</b>	Tiempo
<b>hr</b>	Horas
<b>LN</b>	Logaritmo natural
<b>e</b>	Exponencial
<b>%H</b>	Porcentaje de humedad
<b>m</b>	Masa
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b>v</b>	Volumen
<b>A</b>	Área
<b>e</b>	Espesor
<b>T</b>	Temperatura
<b>hf</b>	Entalpia inferior
<b>hg</b>	Entalpia superior
<b><math>\dot{m}</math></b>	Flujo másico
<b>Q</b>	Calor
<b>kW</b>	Kilovatios
<b>lb</b>	Libras
<b>Ra</b>	Número de Rayleigh
<b>Gr</b>	Número de Grashof
<b>Nu</b>	Número Nusselt
<b>dh</b>	Diámetro húmedo
<b>d</b>	Diámetro
<b>Re</b>	Número de Reynolds
<b>Pr</b>	Número de Prandtl
<b>R</b>	Resistencia
<b>P</b>	Potencia
<b>V</b>	Voltaje

## RESUMEN

La finalidad de este trabajo de investigación fue el Diseño de un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la región Andina, que utilizan tanto energía solar y energía eléctrica. Mediante bibliografía se determinó las frutas a deshidratar (Ciudades, 2014). El diseño del prototipo se determinó mediante encuestas elaboradas a una población representativa, los resultados fueron usados en la matriz Quality Function Deployment (QFD). Se realizó el dimensionamiento y pruebas del deshidratador mediante el software ANSYS para conocer si el modelo y material fueron los adecuados. Para la construcción de este se utilizó el método inductivo que recopiló elementos y dispositivos. Se seleccionó: Mora, uvilla, manzana y frutilla; debido a la demanda que existe en la temporada de cosecha y a la necesidad del consumidor al no disponer de estas cuando lo requieren. Con la matriz QFD se determinó que las características del prototipo fueron: 10 bandejas de secado, 8 resistencias en octágono, 7 Kg de producto a una temperatura de 40-60°C. Se concluyó que el dimensionamiento de dichas características fueron las correctas, lo que permitió la construcción del deshidratador con elementos como: panel solar, inversor de carga, acumulador de energía entre otros. Se recomienda no operar el equipo en días lluviosos ya que puede afectar el correcto funcionamiento del panel solar o con una humedad alta en el ambiente.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA MECÁNICA> <DISEÑO MECÁNICO>, <ENERGÍA SOLAR>, <ENERGÍA ELÉCTRICA>, <DESHIDRATADOR DE FRUTAS>

## **ABSTRACT**

The purpose of this research work was the Design of a prototype of hybrid fruit dehydrator for the Andean region, which use both solar energy and electrical energy. Through bibliography, the fruits to be dehydrated were determined (Cities, 2014). The prototype design was determined through surveys carried out on a representative population; the results were used in the QFD matrix. The dimensioning and testing of the dehydrator was performed using Ansys software to know if the model and material were adequate. For its construction, it was used the inductive method that collected elements and devices. Blackberry, golden berry, apple and strawberry were selected; due to the demand that exists in the harvest season and the consumer's need for not having them when they require it. With the QFD matrix it was determined that the characteristics of the prototype were: 10 drying trays, 8 octagon resistances, 7 Kg of product at a temperature of 40-60°C. It was concluded that the dimensioning of these characteristics were correct, which allowed the construction of the dehydrator with elements such as: solar panel, load inverter, energy accumulator, among others. It is recommended: do not operate the equipment on rainy days as it may affect the correct operation of the solar panel or with high humidity in the environment.

**Keywords:** <ENGINEERING AND MECHANICAL DESIGN>, <SOLAR ENERGY>, <ELECTRICAL ENERGY>, <FRUIT DEHYDRATOR>, <MECHANICAL TECHNOLOGY>

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el Diseño de un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la región Andina, el que permitirá conservar las mismas por un mayor tiempo.

En la actualidad en algunas comunidades de la región Andina, no se cuenta con el servicio de energía eléctrica (Cengel, 2010). Por lo que se consideró necesario una fuente alternativa de energía que sea amigable con el ambiente. Lo que permite un ahorro en el costo de energía, y a su vez un aumento en el tiempo de conservación de las frutas que se producen en la región Andina con relación a la demanda de producción y consumo.

Para ello se planteó el diseño validado con herramientas de Análisis de Elementos Finitos en el que se determinará cómo se comportará el equipo en las condiciones de operación. Generando un diseño óptimo de los componentes.

### **1.1. Planteamiento del problema**

La demanda de producción de ciertas frutas genera pérdidas al agricultor debido a la poca demanda de consumo que existe en tiempos de cosecha y al requerimiento de consumo que existe fuera de este tiempo, produciendo putrefacción del producto e insatisfacción al consumidor. A esto se suma la escasa existencia de deshidratadores híbridos que actúen de manera beneficiosa para el productor y sea amigable con el ambiente. Ya que hoy en día hay deshidratadores eléctricos, pero representan un alto costo para su adquisición y elevado consumo energético. Sin embargo, también existen formas

de deshidratar de manera natural mismas que conlleva tiempo considerable para obtener un producto deseado.

## **1.2. Formulación del problema**

En Ecuador, los cultivos permanentes, entre ellos los frutales, aportan significativamente a la economía nacional; por lo que, existe la necesidad de enfocarse hacia una agricultura de producción económicamente competitiva. Convirtiendo al País en productor y exportador de una variedad de frutos, tanto así, que la demanda de producción es alta en épocas de cosecha y la presencia de ciertos factores climáticos (lluvia, heladas) llegan a causar putrefacción de los productos en los mercados de la zona; lo que ocasiona pérdidas para la economía del agricultor, creando un ambiente insalubre para los consumidores del mercado, estancando el avance tecnológico de una manera sustentable para la producción de ciertos frutos. (Hidalgo, 2013)

La zona Andina nominada también como turística en la época de cosecha; representa aumento en la economía debido a la producción de frutas como: Claudia, manzana, peras, uvillas, mora, frutilla entre otras. Varias personas visitan Riobamba, Ambato y Latacunga para poder adquirir ciertos productos, los cuales solo encuentran en los meses de febrero- marzo y noviembre-diciembre con relación a la cosecha de las frutas. (Ciudades, 2014)

¿Es posible Diseñar un Prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la Región Andina; que conserve los productos por mayor tiempo y sea amigable con el ambiente y económicamente?

## **1.3. Preguntas de investigación**

El presente trabajo se enfoca en las siguientes preguntas que surgen en el mercado y la población:

- ¿Cómo se mantiene por mayor tiempo los productos alimenticios cómo frutas?

- ¿Cuáles son los procesos más eficientes para la conservación de frutas?
- ¿Cómo puedo aprovechar la energía solar para secar las frutas?
- ¿Cómo varía la humedad respecto al tiempo?

#### **1.4. Justificación de la investigación**

En la zona en que habitamos existe una gran cantidad de frutas que pueden ser aprovechadas adecuadamente, ya que normalmente son desperdiciados o no cosechadas. Por ello es que surge el interés en este proyecto, para ayudar a las poblaciones de menos recursos a progresar aprovechando o utilizando lo que su tierra produce.

Se diseñará un prototipo de deshidratador con la finalidad de procesar frutas cultivadas en la zona (Riobamba, Ambato y Latacunga), este deshidratador fortalecerá el valor creativo y productivo con los recursos que brinda el ambiente en pro desarrollo económico y social de la localidad, lo que incentivará a los agricultores a maximizar la siembra y concienciar a la población en cuanto a la falta de alimentos a nivel mundial. Las frutas disecadas gustan a la gran mayoría de personas, las más comunes: pasas, manzanas, peras, uvillas, duraznos entre otras (L. Ortega, 1996).

#### **1.5. Objetivo general**

Diseñar un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la región Andina

#### **1.6. Objetivos específicos**

- Dimensionar los componentes del equipo deshidratador híbrido
- Diseñar y construir un prototipo de deshidratador híbrido de frutas

- Comprobar la eficiencia del equipo deshidratador híbrido mediante software

### **1.7. Hipótesis**

Se diseñará un prototipo de deshidratar híbrido de frutas para la región Andina.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Se ha diseñado y construido una máquina Automatizada para el proceso de secado, con la finalidad de reducir la mano de obra, el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto respecto al que se lo obtiene manualmente. Para el desarrollo de este proyecto, se adquirió en el mercado nacional en plantas industriales donde se trabaja todavía con procesos manuales y permita seleccionar, adaptar, rediseñar e implementar los mecanismos. (Mora, 2012)

Según (Maupoey, 2001) mencionan que “En 1877 se crea la oficina alemana de patentes, un año más tarde se presenta el primer secador calentado por radiación y en 1881 se registra un secador al vacío. En 1901 Hausbrand publica “Drying of air and steam” que puede ser considerado como el primer intento serio de aplicación de los métodos de ingeniería al cálculo de deshidratadores”.

El presente proyecto consiste en el diseño de un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la región Andina.

## 2.2. Fundamentos Teóricos:

### 2.2.1. Importancia de un deshidratador

La deshidratación ha sido desde siempre el mejor sistema de conservar los alimentos: se trata de extraer solamente el agua, mediante calor suave que no altera los nutrientes. La deshidratación no solo es útil para alargar la vida de nuestros alimentos sino también nos facilita el almacenaje, transporte y manipulación de los mismos. Si te interesa la alimentación saludable y conservar los alimentos en su época, entonces la deshidratación es un modo de conservación perfecto. (Conasi, s.f.)



Figura 1-2 Frutas deshidratadas

Fuente: (Conasi, s.f.)

Ahora, se ha convertido también en un complemento ideal para elaborar platos de la dieta cruda.

Los deshidratadores son aparatos sencillos y que nos facilitan enormemente la tarea de secar los alimentos, pero no hemos inventado nada. Los alimentos se secan desde el Neolítico y hay indicios de que todas las civilizaciones han utilizado este método. Es fácil de comprender, ya que es un método sencillísimo ¡sólo se necesita poner los alimentos al sol! (Conasi, s.f.)

### **2.2.2. Ventajas de la deshidratación**

Permite conservar todos los alimentos (frutas, verduras, carnes, pescados, setas, hierbas, especias), comidas (purés, comidas), elaboraciones de dieta cruda (crackers, galletas, pizza, rollitos, tartas, crepes, snacks, barritas, granolas...) y otras aplicaciones (fermentar pan, secar flores...). (Conasi, s.f.)

**Conservación durante meses o años:** la conservación es más larga cuanto menos agua retengan y alimentos totalmente deshidratados se conservan perfectamente durante años en envases cerrados.

**Mantiene las propiedades nutricionales de los alimentos:** mejor conservación cuanto menor sea la temperatura de deshidratado.

**Los sabores se intensifican, al concentrarse.** ¡Las frutas se convierten en verdaderas golosinas!

**Reduce el espacio** de almacenaje, manipulación y transporte. Son por ello ideales para cuando viajamos, hacemos excursiones (ocupan poco, no manchan, son nutritivos y deliciosos).

Si tienes la tentación de picar entre horas... es mejor tomar estos saludables snacks.

Podemos conservar **excedentes de cosechas**. Podemos conservar esas frutas o verduras que no gastamos antes de que se echen a perder. (Conasi, s.f.)

### **2.2.3. Ventajas de usar deshidratadores de alimentos**

Cuando secamos al sol tenemos la ventaja de que es un método barato, pero hay una serie de inconvenientes:

**Variabilidad del clima:** la temperatura no es estable ¡y puede ser que llueva!

**Exposición al polvo y a los insectos** (con sus larvas y demás).

**No podemos controlar** adecuadamente el tiempo de secado ni la temperatura. (Conasi, s.f.)



Figura 2-2 Deshidratador de bandejas

Fuente: (Conasi, s.f.)

Si secamos en el deshidratador, tenemos un aparato más en casa, pero disfrutamos de muchas ventajas:

**Estabilidad de las condiciones:** podemos elegir tiempo de deshidratado y temperatura, que se mantiene estable. Si elegimos temperaturas alrededor de 40°, **todas las enzimas y las vitaminas termolábiles de los alimentos se mantienen intactas.** Y por supuesto, ningún otro nutriente sufre alteración: proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, oligoelementos y vitaminas se mantienen igual. Sólo se pierde el agua. (Conasi, s.f.)

Podemos elegir **diferentes** grados de **texturas:** desde láminas crujientes, chips y crackers hasta texturas blandas. Programamos el deshidratador para que se detenga en el momento deseado (Conasi, s.f.).

**Bajo consumo eléctrico,** puesto que usamos potencias muy bajas.

**Ahorro:** podemos conservar excedentes de nuestras cosechas, frutas y verduras cuando es su tiempo o alimentos que se pueden deteriorar porque no nos da tiempo a consumirlos. Con el deshidratador ¡no hay que tirar nada! (Conasi, s.f.)

Hacemos **gominolas** para los niños (y no tan niños), ya sea deshidratando frutas que podemos cortar con moldes de galletas (dándoles formas de estrellas, flores, lunas) o purés de frutas que enrollamos y cortamos. (Conasi, s.f.)

Podemos elaborar muchas de las creaciones de la **dieta cruda** (pasteles, pizzas, crackers, creps, galletas...). (Conasi, s.f.)

Pulverizando alimentos deshidratados podemos hacer nuestras propias **sales de hierbas**, aliños, saborizantes para pasteles y dulces, setas molidas para salsas... ¡todo lo que se te ocurra! (Conasi, s.f.)

Si tenemos nuestro propio deshidratador podemos estar seguros de que nuestras frutas deshidratadas son **saludables**: no contienen sulfitos (las frutas secas comerciales contienen sulfitos para tener colores vivos), ni harinas ni conservantes de ningún tipo. (Conasi, s.f.)

#### ***2.2.4. Diferencias de la deshidratación con otros tipos de conservación***

**Congelación:** los alimentos se someten a cambios de temperaturas bruscos y extremos que desvirtúan la calidad de los nutrientes. El agua se convierte en cristales de hielo, alterando la estructura molecular del alimento, motivo por el que una vez descongelados los productos pueden tener un sabor y consistencia distinta al del producto original. No se recomienda consumir alimentos que hayan estado congelados durante más de 6 meses. (Conasi, s.f.)

**Enlatado:** hay que someter los alimentos a temperaturas muy altas para asegurarse de la no proliferación de bacterias ni esporas, con lo que hay cambios moleculares en todos los nutrientes. Los alimentos pueden mantenerse años en latas de aluminio con plastificantes en su interior, con la toxicidad que esto supone. (Conasi, s.f.)

**Salmuera y salazones:** acidifican los alimentos.

**Radiación:** consiste en exponer los alimentos a rayos gamma o rayos X para destruir microorganismos, retrasar la germinación y la maduración. Falta información acerca de esta forma de conservar alimentos, que no goza de total aceptación. (Conasi, s.f.)

#### **2.2.5. Tipos de deshidratadores**

#### **2.2.6. Deshidratador o secador de bandejas**

Un deshidratador de charolas o bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan en grupos de charolas en el caso de sólidos particulados. La transmisión de calor puede ser directa del gas a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de gas caliente, o indirecta, utilizando repisas o bases calentadas, serpentines de radiador o paredes refractarias al interior de la cubierta. En unidades de calor indirecto, exceptuando los equipos de repisas al vacío, casi siempre se necesita la circulación de una pequeña cantidad de gas para eliminar el vapor de humedad del comportamiento y evitar la saturación y condensación del gas. Las unidades de compartimientos se emplean para calentar y secar madera, cerámica, materiales en hojas (sostenidas en postes), objetos pintados y metálicos, y todas las formas de sólidos particulados (pdfslide.net, 2013)

### 2.2.6.1. *Secadores de charolas con aire caliente.*

El funcionamiento satisfactorio de los secadores de charolas depende del mantenimiento de una temperatura constante y una velocidad de aire uniforme sobre todo del material que se esté secando. Conviene tener una circulación de aire con velocidades de 1 a 10 m/s para mejorar el coeficiente de transferencia de calor en la superficie y con el propósito de eliminar bolsas de aire estancado. La corriente de aire adecuada para este género de secadores depende de que el ventilador tenga una capacidad suficiente, del diseño de la red de ductos para modificar cambios repentinos de dirección y de desviadores correctamente ubicados. (pdfslide.net, 2013)

La corriente de aire no uniforme es uno de los problemas más graves que se presentan en el funcionamiento de los secadores de charolas. Los secadores de charolas pueden ser del tipo de carretillas de charolas o de charolas estacionarias. En el primer caso, las charolas se cargan sobre carretillas que se empujan hasta el interior del secador y, en el segundo, las charolas se cargan directamente en bastidores fijos dentro del secador. Las carretillas están provistas de ruedas con pestaña que corren sobre carriles, o bien, de ruedas planas giratorias. También se pueden suspender de monorraíles sobre los cuales se desplazan. Las carretillas cuentan por lo común con dos hileras de charolas, cada una de las cuales tiene de 18 a 48 charolas, según sean las dimensiones de éstas. (pdfslide.net, 2013)

Las charolas pueden ser cuadradas o rectangulares, con una superficie de 0.37 a 0.75 m<sup>2</sup>/charola y se fabrican de cualquier material que sea compatible con las condiciones de corrosión y temperatura prevalecientes. Cuando se amontonan en una carretilla, debe dejarse un espacio libre de no menos de 3.80 cm entre el material que contienen y la base de la que está inmediatamente encima. Cuando las características del material y el manejo lo permitan, las charolas deben tener bases perforadas para proveer una mayor superficie de secado. En general, se prefieren las charolas metálicas, ya que conducen el calor con mayor facilidad. Las cargas de las charolas varían comúnmente de 1.25 a 10.0 cm de profundidad. El aire se hace circular por medio de ventiladores de hélice o centrífugos; por lo común, el ventilador se monta dentro o directamente arriba del secador. La caída total de presión por las charolas, los calentadores y los ductos es, casi siempre, del orden de 2.5 a 5 cm de agua. La

recirculación del aire es usualmente del orden del 80 al 95%, excepto durante la etapa inicial de desecación de evaporación rápida. (pdfslide.net, 2013)

#### 2.2.6.2. *Deshidratador o secador de lecho fluidizado*

El procesamiento en lechos fluidizados implica el secado, enfriamiento, aglomeración, granulación y revestimiento de los materiales en gránulos. Es ideal para una amplia gama de productos sensibles y no sensibles al calor. El procesamiento uniforme se logra haciendo pasar un gas (por lo general aire) a una velocidad controlada a través de una capa del producto para crear un estado fluidizado. El gas de fluidización aporta el calor para el secado en lechos fluidizados, pero el flujo del gas no tiene que provenir de una sola fuente. El calor se puede introducir de manera eficaz calentando las superficies (paneles o tubos) inmersas en la capa fluidizada. (pdfslide.net, 2013)

En el enfriamiento en lechos fluidizados se usa gas frío (por lo general aire acondicionado o ambiental). En las plantas de tamaño más económico en ocasiones será necesario acondicionar el gas para lograr que el producto se enfríe adecuadamente y para evitar que capte partículas volátiles (por lo general humedad). El calor también se puede eliminar enfriando las superficies inmersas en la capa fluidizada. La aglomeración y la granulación se pueden realizar de varias formas, dependiendo del producto que se vaya a alimentar y las propiedades que deba tener el producto final. El revestimiento en lechos fluidizados de polvos, gránulos o tabletas requiere de la aspersión de un líquido en condiciones estrictamente controladas sobre el polvo fluidizado (pdfslide.net, 2013).

El Grupo Niro ofrece toda una serie de sistemas para el secado en lechos fluidizados. Los secadores continuos y por lotes, los enfriadores y los sistemas de aglomeración, revestimiento, aglomeración en bolas y granulación están diseñados para que operen en ciclos abiertos (que implican la evaporación de agua), o en ciclos cerrados (que implican la evaporación de solventes, en su mayor parte orgánicos). Para los productos que presentan riesgo de explosión de polvo durante el procesamiento, existen disponibles diseños a prueba de choques de explosión y sistemas auto – inertizados y de ciclo cerrado. (Rodríguez Rojas & Velazquez Camilo, 2014)



- Productos químicos
- Productos farmacéuticos y bioquímicos
- Polímeros
- Productos alimenticios y lácteos



Figura 3-2 Deshidratador de Lecho Fluidizado

Fuente: (Rodríguez Rojas & Velazquez Camilo, 2014)

### 2.2.7. *Energía solar fotovoltaica*

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Este tipo de energía, a menudo se la denomina directamente energía fotovoltaica. (Energía solar, s.f.)



Figura 4-2 Paneles fotovoltaicos

Fuente: (Energía solar, s.f.)

Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles

fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía.

La fabricación las células fotovoltaicas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo. (Energía solar, s.f.)

El silicio con el que se fabrican las células fotovoltaicas es un material muy abundante en la Tierra. Sin embargo, el procesamiento del silicio es laborioso y complicado. Mediante unos procesos muy complicados se elaboran lingotes de silicio. Posteriormente, de estos lingotes de silicio se cortarán las obleas (células fotovoltaicas). Otra fuente de obtención de silicio es el reciclado de la industria electrónica. En la actualidad se están preparando otros materiales de mayor rendimiento.

Es importante que todas las células que componen un panel solar fotovoltaico tengan las mismas características. Después de la fabricación de las células fotovoltaicas, hay que seguir un proceso de clasificación y selección. (Energía solar, s.f.)

#### 2.2.7.1. Partes del sistema fotovoltaico

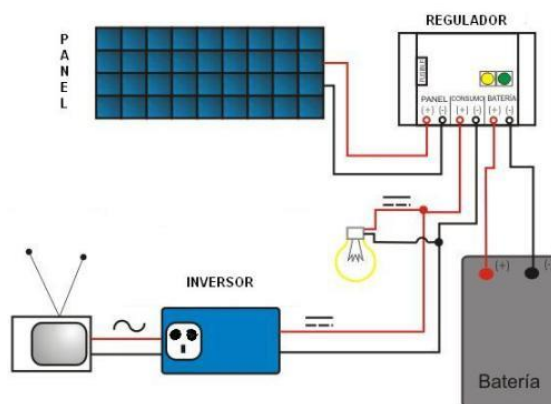


Figura 5-2 Partes del sistema fotovoltaico

Fuente: (Comofunciona, s.f.)

- **Generador solar:** Se compone por el grupo de paneles fotovoltaicos, encargados de captar la radiación luminosa del sol y transformarla en corriente continua.
- **Acumulador:** Es el dispositivo que almacena la energía que se produce por el generador. Con el acumulador se puede disponer de electricidad en horas que no hay luz o en los días nublados.
- **Regulador de carga:** Evita las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador, porque esto produce daños irreversibles. Además, asegura que el sistema funcione con la mayor eficiencia siempre.
- **Inversor:** Cambia la corriente continua almacenada dentro del acumulador en corriente alterna (230 V). (Comofunciona, s.f.)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de estudio

Para el diseño del equipo se realizó en base a dos criterios; el principal se basa; en la revisión bibliográfica para determinar las frutas a deshidratar, seguido por la evaluación de las características del prototipo mediante encuestas (ANEXO A) y matriz QFD. El segundo en el diseño del prototipo con relación al dimensionamiento, variables que intervienen en el proceso de deshidratación que se evaluó mediante software y finalmente la construcción del mismo.

#### 3.2. Diseño del estudio

Para el diseño del prototipo de deshidratador híbrido de frutas, se utilizó el método descriptivo y la matriz QFD para el análisis de constitución del diseño y el método inductivo para la construcción.

##### 3.2.1. *Método Inductivo*

Para la realización de este diseño se utilizó esta metodología, debido a que fue necesario, para el desarrollo del prototipo, la recopilación de elementos y dispositivos para la construcción del prototipo; una vez comprobado el correcto funcionamiento con las características determinadas de manera sistemática.

### **3.2.2. Población de estudio**

Debido a la producción que existe de ciertas frutas en meses específicos de cosecha, se menciona que las ciudades principales de esta producción son en Riobamba, Ambato y Latacunga.

#### **3.2.2.1. Unidad de análisis**

Una de las pocas universidades en Ecuador que se han preocupado en buscar formas para que a partir de proyectos en los que se construyan máquinas y/o prototipos en pro del desarrollo agronómico y conservación de alimentos ha sido la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con lo que se ha empezado a solventar los diversos tipos de problemas que se tienen como país agrícola. (Campó, 2007)

El diseño de un prototipo de deshidratador híbrido debe estar justificado con base en los problemas, no sólo agropecuarios sino también sociales que afectan a Ecuador. Por lo que se han tenido que identificar cuáles son las grandes falencias que se presentan, por esto motivos se desarrolla un estudio llamado “Diseño de un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la región Andina” que apoyara al Sector Agroindustrial, dentro del cual se Desarrollan los Planteamientos de una Estrategia de Apoyo a este sector en Diseño. El cual es un contrato administrativo de cooperación hecho entre el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, y la Facultad de Ingeniería Mecánica (Campó, 2007)

#### **3.2.2.2. Selección de la muestra**

Para el presente proyecto se procedió a la revisión de bibliografía para determinar los tipos de frutas, siendo estas: frutilla, manzana, mora y uvillas. Mismas que serán utilizadas para comprobar el funcionamiento del deshidratador una vez construido. En la segunda fase para conocer las características del diseño del prototipo se evaluó mediante encuestas, matriz QFD, y se realizó un dimensionamiento en el software Ansys, para la previa construcción.

### 3.2.2.3. *Técnica de recolección de datos primarios y secundarios.*

Para estos productos se procederá a utilizar las técnicas basadas en el Codex Alimentarius, Frutas y hortalizas frescas, Primera edición, con la finalidad de inspeccionar y controlar la materia prima antes de ingresar al proceso.

Se utilizará el código CAC/RCP 5-1971 Código de Practicas de Higiene para las Frutas y hortalizas Deshidratadas, que nos ayudan con los estándares de manejo, almacenamiento, envasado de los productos después de ser deshidratados.

Se utilizó el RTE INEN 022 (2R) Rotulo de productos Alimenticios Procesados, Envasados y Empacados denominados "Semáforo"; para el respectivo rotulado de acuerdo a la cantidad de azúcar, grasa y sal que este posea y los clasificados por bajo, medio y alto

## **3.3. Selección de la Alternativa**

### **3.3.1. *Determinación de requerimientos del cliente***

Se tabulan los datos de la encuesta realizada a la población para determinar los requisitos de diseño necesarios que debe tener nuestro deshidratador de frutas.

El modelo de encuesta es el siguiente:



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## ENCUESTA DE FACTIBILIDAD DE DESHIDRATADOR



1. CONOCE USTED LAS VENTAJAS DE LA FRUTA DESHIDRATADA?

SI   
NO

2. SABE USTED QUE ES UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS?

SI   
NO

3. AQUIRIRÍA USTED UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS?

SI   
NO

4. CÚAL ES EL TIPO DESHIDRATADOR QUE USTED NECESITA?

DOMÉSTICO ( $\leq 10\text{kg}$ )   
SEMI INDUSTRIAL (10 a 20kg)   
INDUSTRIAL ( $\geq 20\text{kg}$ )

5. CON QUÉ TIPO DE ENERGIA DESEARÍA QUE FUNCIONE?

ELECTRICIDAD   
SOLAR

MIXTO

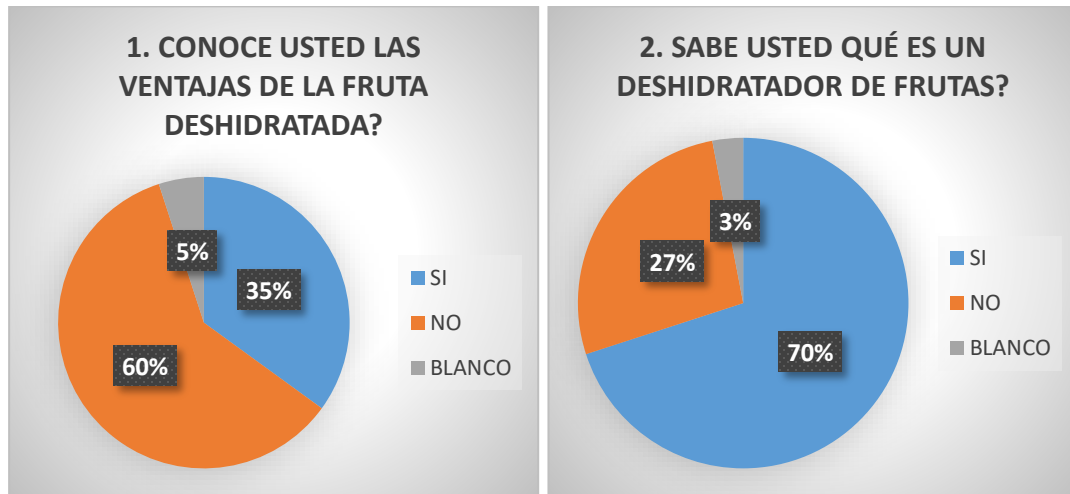
6. QUÉ PRECIO PAGARÍA POR ESTE EQUIPO ?

MENOS DE \$250   
ENTRE \$250 Y \$ 350   
MAS DE \$350

Figura 1-3 Modelo de encuesta

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

De la cual se obtienen los siguientes resultados.



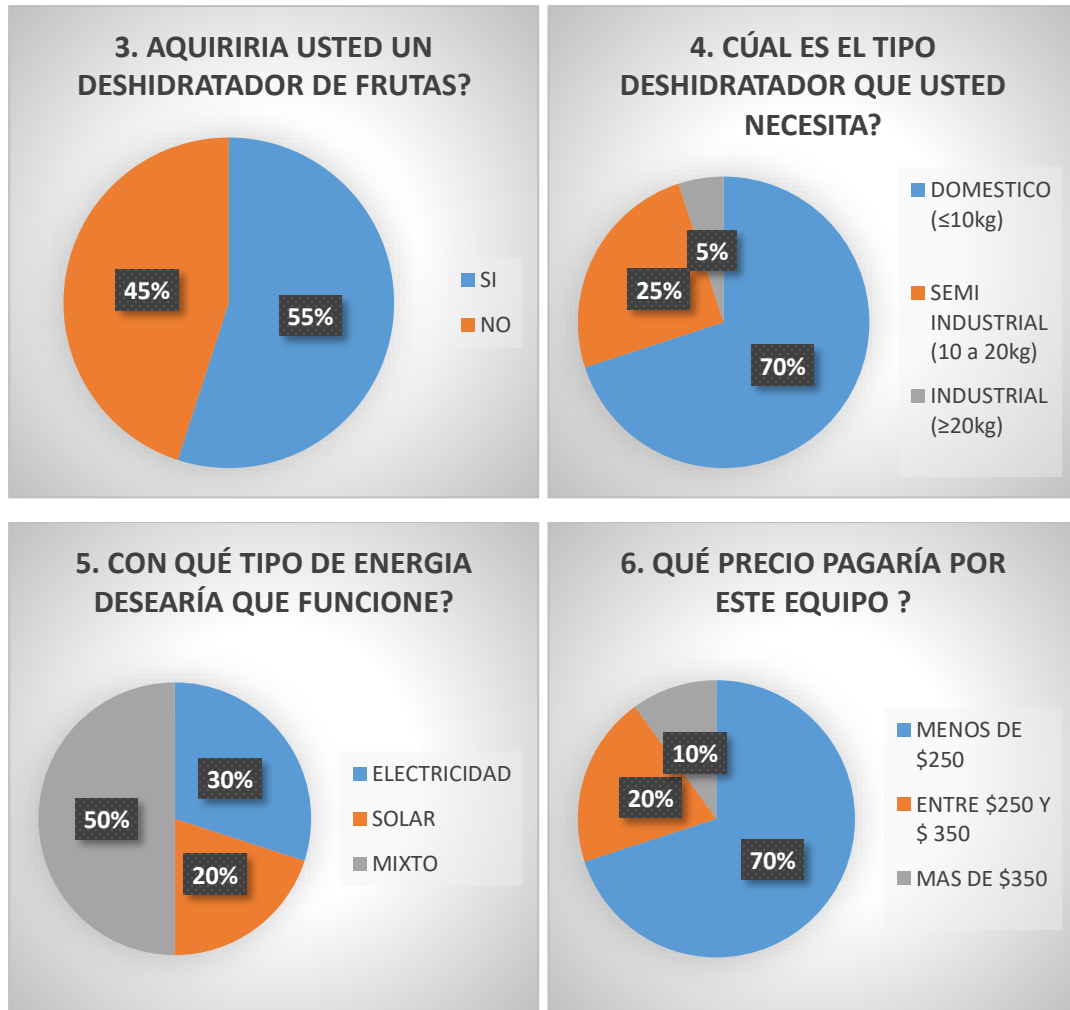


Figura 2-3 Resultados de encuesta

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Por lo que se determina que las personas requieren un deshidratador, doméstico, que funcione con energía solar y electricidad y tenga un costo menor de \$250.

Para determinar los parámetros que los clientes necesitan que tenga nuestro deshidratado se hace una encuesta, y se realiza una matriz QFD (*quality function deployment*). Los Que's o parámetros que debe tener nuestro equipo según los clientes son:



- Liviano
- Económico
- Doméstico
- Fácil de manejar
- Use energía convencional
- Material sea adecuado para alimentos
- Eficiente
- Seguro
- Amigable con el medio ambiente

Al analizar los requerimientos se determinan los Como's que son la forma de determinar cómo se lograrán los requerimientos y son los siguientes.

- Dimensiones
- Tipo de material
- Tipo de controlador
- Tipo de energía
- Tipo de deshidratador
- Peso
- Temperatura en superficie

### 3.3.2. Matriz QFD (Quality Function Deployment).

Para desarrollar la matriz QFD, se toma en cuenta que el tipo de material debe ser de calidad, el consumo de energía, el peso y la temperatura en la superficie deben ser bajos.

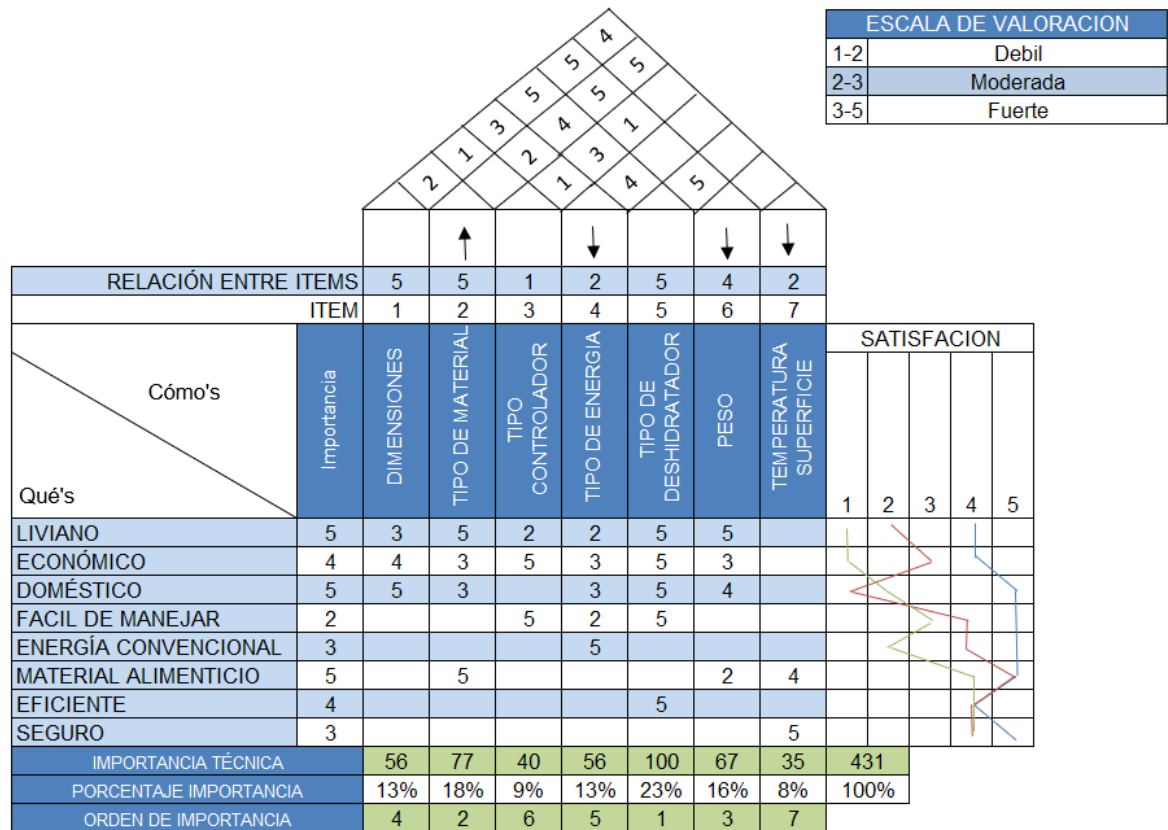


Figura 3-3 Matriz QFD

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

De la matriz se determina que los requerimientos que más se relacionan con los demás son: Tipo de deshidratador, Tipo de material y las dimensiones. Estos son los requerimientos en los que nos enfocaremos para el diseño.

La secuencia de requisitos para del diseño y los valores preliminares que tendrá el equipo, ordenados del más al menos importante son:

- **Tipo de deshidratador:** De bandejas con aire caliente
- **Tipo de material:** Plástico o Acero inoxidable
- **Peso:** Menos de 10kg
- **Dimensiones:** 40 x 30 x 40cm
- **Tipo de energía:** Energía eléctrica y solar
- **Tipo de controlador:** De temperatura y tiempo, digital
- **Temperatura en la superficie:** Menos de 40°C

Se realiza una comparación entre tres tipos de deshidratadores para determinar cuál es el más adecuado para cumplir los requerimientos del cliente. De color verde Deshidratador de lecho fluidizado, de color rojo de bandas de dos etapas y azul el de bandejas con aire caliente.

Del análisis se obtiene que el más adecuado es el de bandejas con aire caliente, el cual se definirá más adelante con los parámetros de selección más específicos.

### 3.3.3. *Parámetro para selección*

Para la selección de la alternativa más adecuada se tomará en cuenta la escala de valoración:

Tabla 1-3 Parámetros para selección de alternativa de diseño

<b>F1</b> Facilidad de construcción	<b>F2</b> Tipo de energía	<b>F3</b> Costo	<b>F4</b> Tipo de servicio
3 = Alta	3= Electricidad	3 = Menos de \$200	3 = Domestico
2 = Media	2 = Gas	2 = Entre \$200 y \$300	2 = Semi industrial
1 = Baja	1 = Vapor de agua	1 = Mas de \$500	1 = Industrial

Con estos parámetros encontraremos el tipo de deshidratador que sea fácil de construir, con un tipo de energía sencilla, de bajo costo y que sea de uso doméstico

### 3.3.4. Matriz de jerarquización

La matriz nos servirá para determinar el mejor equipo para las condiciones de servicio detalladas anteriormente

Tabla 2-3 Matriz de Jerarquización

Tipo de Deshidratador	Criterios				Total	Puesto
	Facilidad de construcción	Tipo de energía	Costo	Tipo de servicio		
	F1 -40%	F2 -20%	F3 -10%	F4 -30%		
De bandejas con aire caliente	3 120	3 60	3 30	3 90	300	1ro
De bandas por etapas	1 40	3 60	1 10	1 30	130	5to
Por aspersión	2 80	1 20	2 20	2 60	180	3ro
De tambor	2 80	2 40	1 10	1 30	160	4to
De vacío	3 120	3 60	3 30	2 60	270	2do

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

De la matriz de jerarquización se obtiene que el proyecto más viable es el Deshidratador de bandejas de aire caliente.

### 3.3.5. Características del deshidratador

El Deshidratador será capaz de secar 7kg, la fuente de alimentación será eléctrica 110V y con energía solar. El aire seco será calentado por una resistencia eléctrica y forzado por medio de un ventilador. El equipo será totalmente sellado y aislado. Se tomará en cuenta que será un equipo para uso doméstico. Será capaz de alcanzar temperatura de 40oC que es lo recomendado para el secado. El deshidratador tendrá 10 bandejas para el secado, (Se toma como referencia los deshidratadores que existen en el mercado)

### 3.4. Temporalidad

Se indica el proceso y el tiempo que se tarda en la elaboración del proyecto, en sus diferentes etapas hasta obtener los resultados esperados.

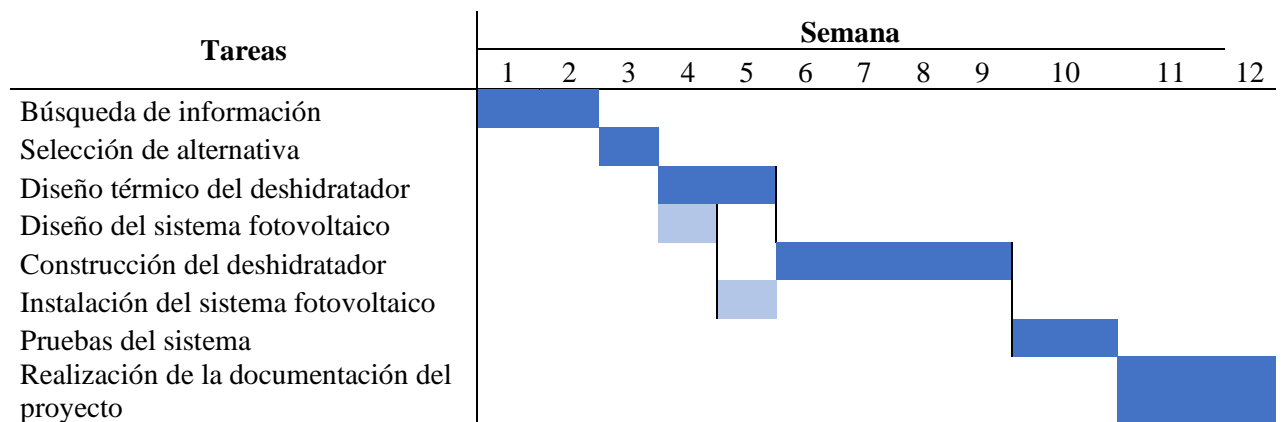


Figura 4-3 Diagrama Gantt del proceso de elaboración

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## CAPÍTULO IV

### 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Procedimiento para la toma de datos

Se realizan las pruebas de secado de varios productos como: Manzana, fresa, mora y uvilla. Se utiliza el siguiente procedimiento:

- a. Lavado y cortado según recomendación para el tipo de fruta
- b. Colocación del producto en las bandejas
- c. Programación del tiempo y temperatura requeridos
- d. Medición de la humedad y peso inicial
- e. Medición del peso y humedad cada hora
- f. Tabulación de datos
- g. Realizar gráficas Peso vs Tiempo y % de Humedad vs Tiempo

#### 4.2. Resultados de frutas deshidratadas

Después de aplicar el procedimiento anterior se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 1-4 Datos de Peso vs Tiempo de deshidratación

TIEMPO (hr)	PESO (gr)			
	MANZANA	UVILLA	FRUTILLA	MORA
0	256	171	459	214
1	228	162	412	196
2	190	145	351	179
3	157	133	304	169
4	118	115	243	153
5	97	107	216	148
6	75	94	180	139
7	56	84	153	131
8	50	75	135	118
9	44	68	119	111
10	41	61	105	103
11	40	56	96	92
12	40	56	89	88
13	40	56	77	81
14	40	56	61	67
15	40	56	61	63
16	40	56	61	57
17	40	56	61	53
18	40	56	61	53

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 2-4 Datos de Humedad retirada vs Tiempo

TIEMPO (hr)	% HUMEDAD RETIRADO			
	MANZANA	UVILLA	FRUTILLA	MORA
0	84,38%	67,25%	86,71%	75,23%
1	73,44%	61,99%	76,47%	66,82%
2	58,59%	52,05%	63,18%	58,88%
3	45,70%	45,03%	52,94%	54,21%
4	30,47%	34,50%	39,65%	46,73%
5	22,27%	29,82%	33,77%	44,39%
6	13,67%	22,22%	25,93%	40,19%
7	6,25%	16,37%	20,04%	36,45%
8	3,91%	11,11%	16,12%	30,37%
9	1,56%	7,02%	12,64%	27,10%
10	0,39%	2,92%	9,59%	23,36%
11	0,00%	0,00%	7,63%	18,22%

TIEMPO (hr)	% HUMEDAD RETIRADO			
	MANZANA	UVILLA	FRUTILLA	MORA
12	0,00%	0,00%	6,10%	16,36%
13	0,00%	0,00%	3,49%	13,08%
14	0,00%	0,00%	0,00%	6,54%
15	0,00%	0,00%	0,00%	4,67%
16	0,00%	0,00%	0,00%	1,87%
17	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

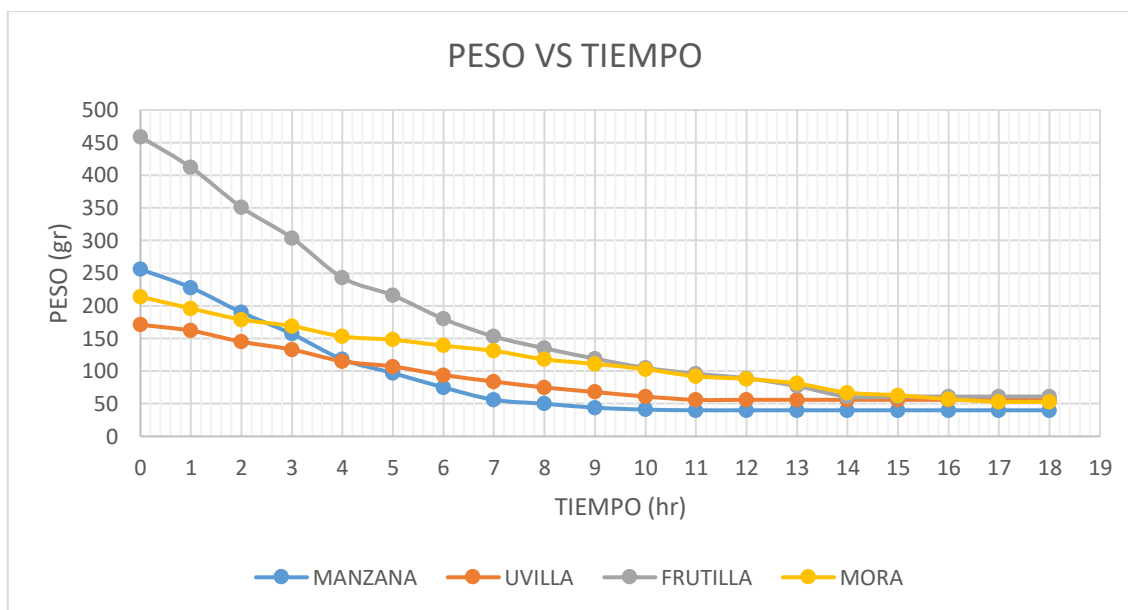


Figura 1-4 Curva de Peso vs Tiempo

Realizado por: Arias, Roberto. 2020



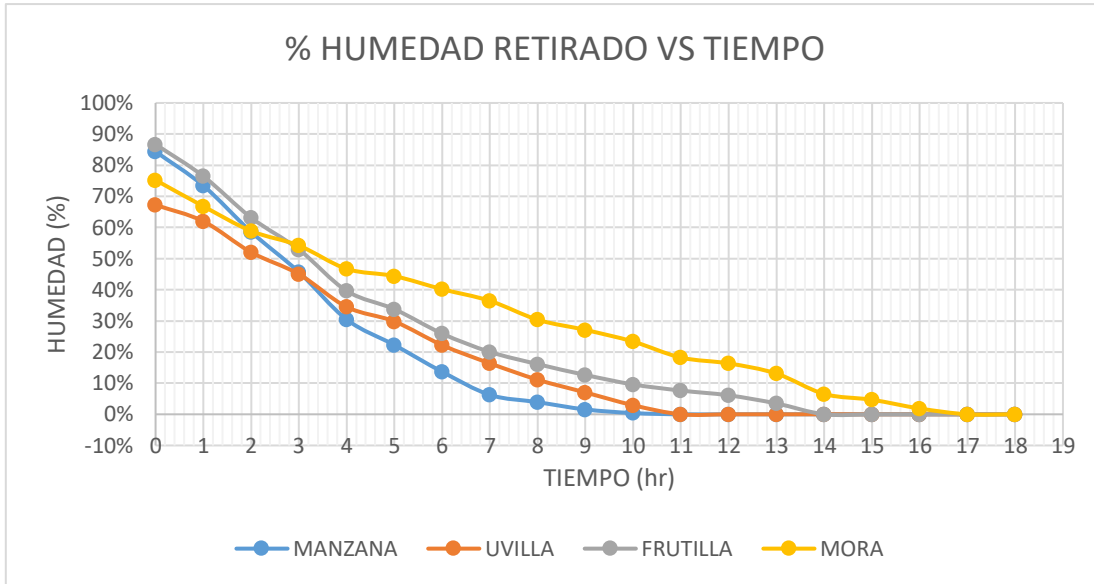


Figura 2-4 Curva de Humedad retirada vs Tiempo

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### 4.2.1. Obtención ecuaciones características de la manzana

Se realiza la linealización con una forma exponencial de grado 1,

$$W = a_1 e^{a_0 t} + b \quad \text{Ec. 1 (Autor)}$$

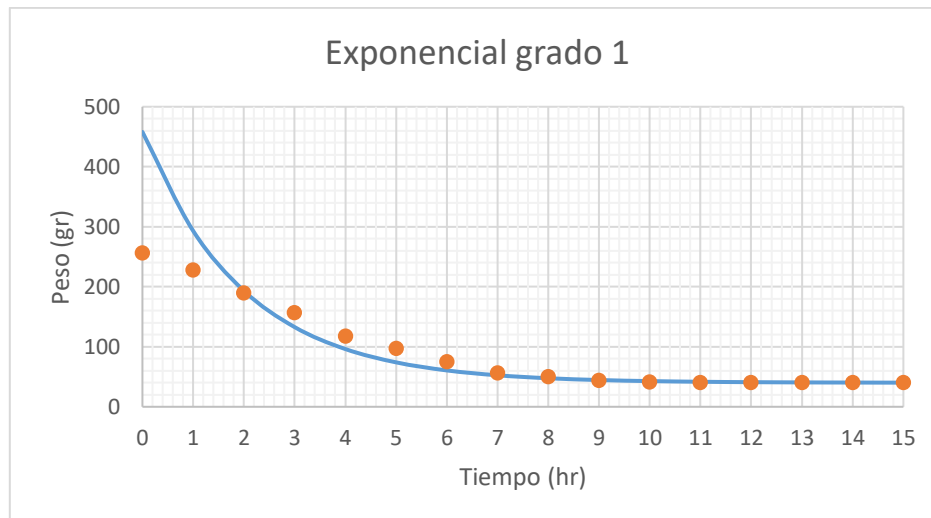


Figura 3-4 Curva exponencial de grado 1

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Como se observa, existen muchos puntos dispersos por lo que este tipo de ajuste no es el adecuado para los datos, por lo que se intenta con una exponencial de grado 2.

$$W = a_2 e^{a_0 t^2 + a_1 t} + b \quad \text{Ec. 2 (Autor)}$$

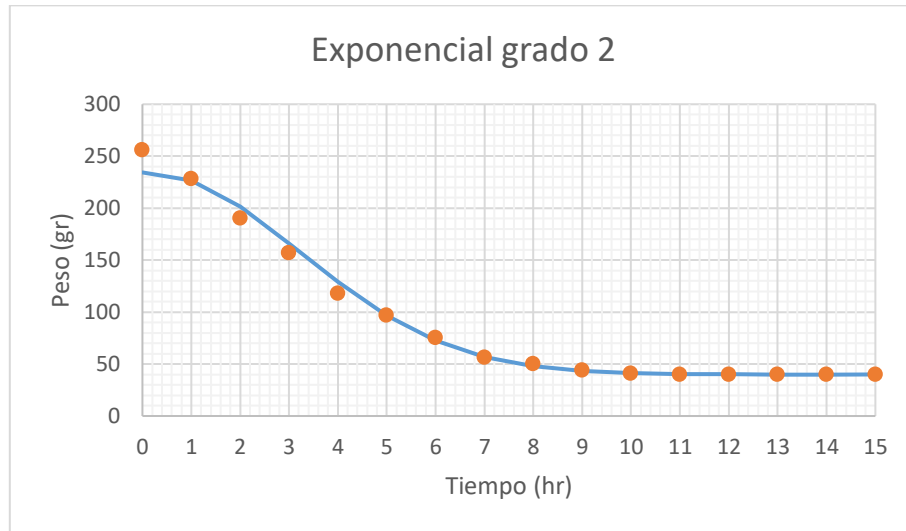


Figura 4-4 Curva exponencial de grado 2

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Se tiene un desfase al inicio de la curva, existiendo también varios puntos dispersos con este ajuste. Por lo que procedemos a realizar un ajuste exponencial de grado 3.

$$W = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)} + b \quad \text{Ec. 3 (Autor)}$$

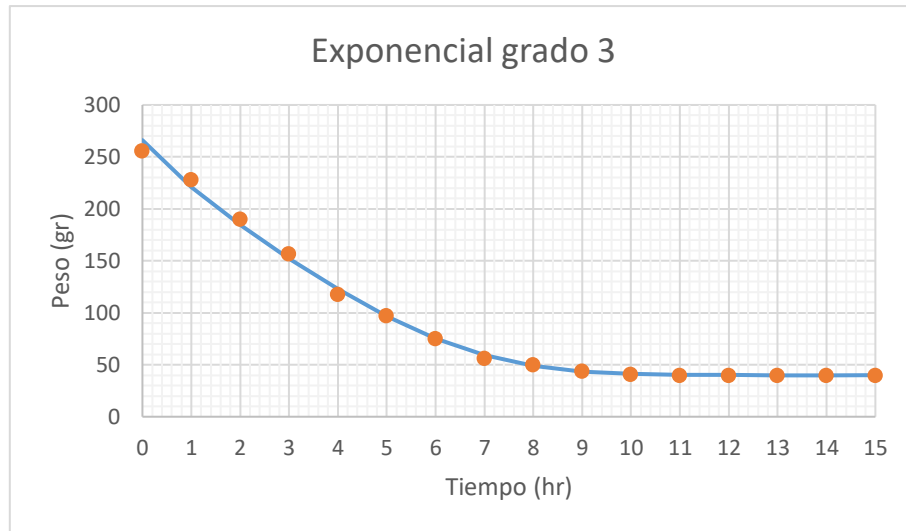


Figura 5-4 Curva exponencial de grado 3

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Como se observa en la figura es un ajuste casi perfecto en el cual todos los datos se ajustan con la curva linealizada.

Para poder aplicar el método de regresión polinomial se aplica logaritmo natural a la ecuación anterior. Aplicando las propiedades logarítmicas, se obtiene la ecuación que permite ajustar los datos:

$$\ln(W - b) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3) \quad \text{Ec. 4 (Autor)}$$

Para lo cual se aplica una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \ln(a_3) \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum W_{2i} \\ \sum t_i \cdot W_{2i} \\ \sum t_i^2 \cdot W_{2i} \\ \sum t_i^3 \cdot W_{2i} \end{pmatrix} \quad \text{Ec. 5 (Varea, 2009)}$$

El valor de b es igual a 40gr, este es el valor en donde la curva se estabiliza.

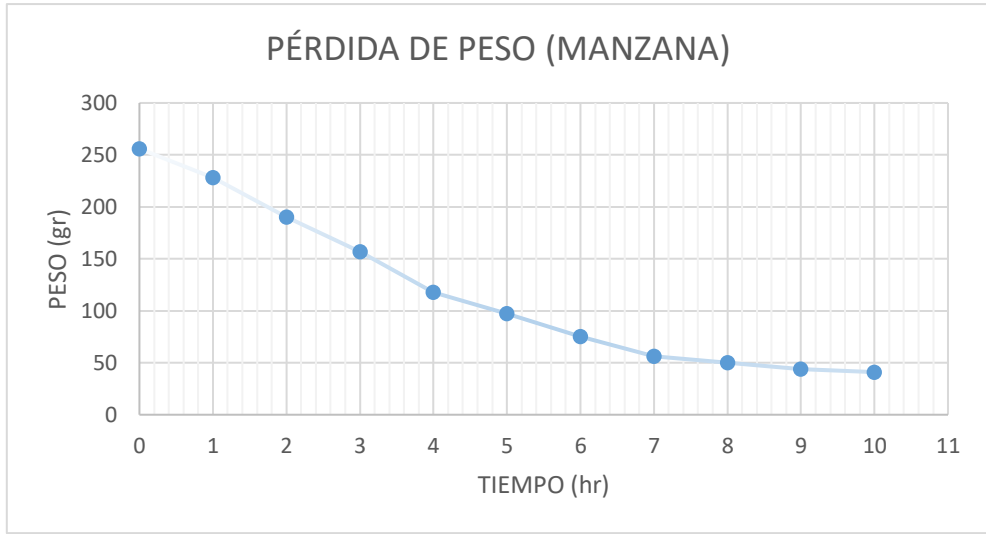


Figura 6-4 Curva Peso vs Tiempo de manzana

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 3-4 Valores de Peso de manzana para linealización

t (hr)	W (gr)	W <sub>2</sub> = LN(W-b)	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.W <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .W <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .W <sub>2</sub>
0	256	5,3753	0	0	0	0	0	0	0	0
1	228	5,2364	1	1	1	1	1	5,2364	5,2364	5,2364
2	190	5,0106	4	8	16	32	64	10,0213	20,0425	40,0851
3	157	4,7622	9	27	81	243	729	14,2865	42,8596	128,5787
4	118	4,3567	16	64	256	1024	4096	17,4268	69,7073	278,8294
5	97	4,0431	25	125	625	3125	15625	20,2153	101,0763	505,3814
6	75	3,5553	36	216	1296	7776	46656	21,3321	127,9925	767,9552
7	56	2,7726	49	343	2401	16807	117649	19,4081	135,8568	950,9979
8	50	2,3026	64	512	4096	32768	262144	18,4207	147,3654	1178,9236
9	44	1,3863	81	729	6561	59049	531441	12,4766	112,2898	1010,6086
10	41	0,0000	100	1000	10000	100000	1000000	0,0000	0,0000	0,0000
55	1312	38,8011	385	3025	25333	220825	1978405	138,8239	762,4268	4866,5963

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 11 & 55 & 385 & 3025 \\ 55 & 385 & 3025 & 25333 \\ 385 & 3025 & 25333 & 220825 \\ 3025 & 2533 & 220825 & 1978405 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \ln(a_3) \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 38.8011 \\ 138.8239 \\ 762.4268 \\ 4866.5963 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtienen los siguientes resultados

$$\ln(a_3) = 5.4210$$

$$a_2 = -0.2312$$

$$a_1 = 0.0119$$

$$a_0 = -0.0042$$

Se reemplazan los valores en la ecuación original.

$$\ln(W - b) = -0.0042t^3 + 0.0119t^2 - 0.2312t + 5.4210$$

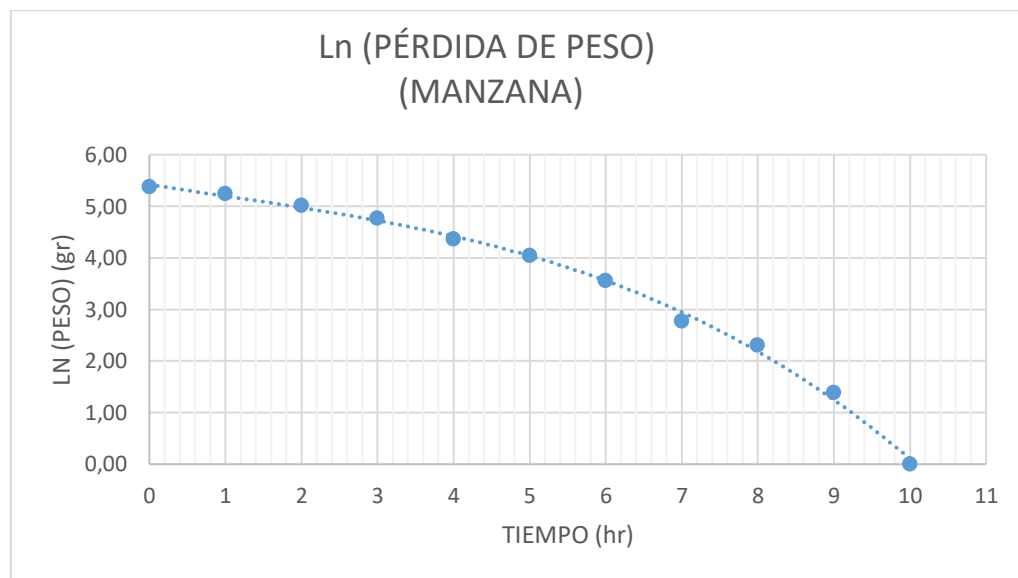


Figura 7-4 Curva Logaritmo de Peso vs Tiempo de manzana

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos.

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} \quad \text{Ec. 6 (Varea, 2009)}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2 \quad \text{Ec. 7 (Varea, 2009)}$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{cal})^2 \quad \text{Ec. 8 (Varea, 2009)}$$

Tabla 4-4 Valores de Ln (Peso) de manzana para cálculo de  $r^2$

t (hr)	$W_2 = \text{Ln}(W-b)$	$(\bar{W}_2 - W_2)^2$	$W_{2 \text{ cal}}$	$(\bar{W}_2 - W_{2 \text{ cal}})^2$
0	5,3753	3,4148	5,4210	0,0021
1	5,2364	2,9209	5,1975	0,0015
2	5,0106	2,2001	4,9726	0,0014
3	4,7622	1,5247	4,7211	0,0017
4	4,3567	0,6878	4,4179	0,0037
5	4,0431	0,2659	4,0378	0,0000
6	3,5553	0,0008	3,5556	0,0000
7	2,7726	0,5697	2,9461	0,0301
8	2,3026	1,5001	2,1842	0,0140
9	1,3863	4,5842	1,2447	0,0200
10	0,0000	12,4424	0,1024	0,0105
55	38,8011	30,1114	38,8011	0,0852

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W}_2 = \frac{W_2}{n} = \frac{38.8011}{11}$$

$$\bar{W}_2 = 3.5272$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{30.1114 - 0.0852}{30.1114}$$

$$r^2 = 0.9971$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$W = 226.1130e^{(-0.0042t^3 + 0.0119t^2 - 0.2312t)} + 40$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Tabla 5-4 Valores de Peso de manzana para cálculo de  $r^2$

t (hr)	W (gr)	$W_{cal}$	$(\bar{W} - W)^2$	$(\bar{W} - W_{cal})^2$
0	256	266,1130	28935,8	102,2725
1	228	220,8211	20193,9	51,5372
2	190	184,4015	10837,9	31,3433
3	157	152,2948	5055,96	22,1386
4	118	122,9239	1030,75	24,2445
5	97	96,7019	123,327	0,0889
6	75	75,0090	118,695	0,0001
7	56	59,0323	893,695	9,1951
8	50	48,8839	1288,43	1,2458
9	44	43,4720	1755,17	0,2788
10	41	41,1078	2015,54	0,0116
11	40	40,2814	2106,33	0,0792
12	40	40,0555	2106,33	0,0031
13	40	40,0083	2106,33	0,0001
14	40	40,0009	2106,33	0,0000
15	40	40,0001	2106,33	0,0000
16	40	40,0000	2106,33	0,0000
17	40	40,0000	2106,33	0,0000
18	40	40,0000	2106,33	0,0000
171	1632	1631,1073	89099,8	242,4387

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W} = \frac{W}{n} = \frac{1632}{19}$$

$$\bar{W} = 85.8947$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{89099.8 - 242.4387}{89099.8}$$

$$r^2 = 0.9973$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Para la obtención de la ecuación de la humedad retirada (%H) vs tiempo (t) Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

$$\%H = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)} \quad \text{Ec. 9 (Autor)}$$

Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(\%H) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3) \quad \text{Ec. 10 (Autor)}$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente.

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \ln(a_3) \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \%H_{2i} \\ \sum t_i \cdot \%H_{2i} \\ \sum t_i^2 \cdot \%H_{2i} \\ \sum t_i^3 \cdot \%H_{2i} \end{pmatrix} \quad \text{Ec. 11 (Varea, 2009)}$$



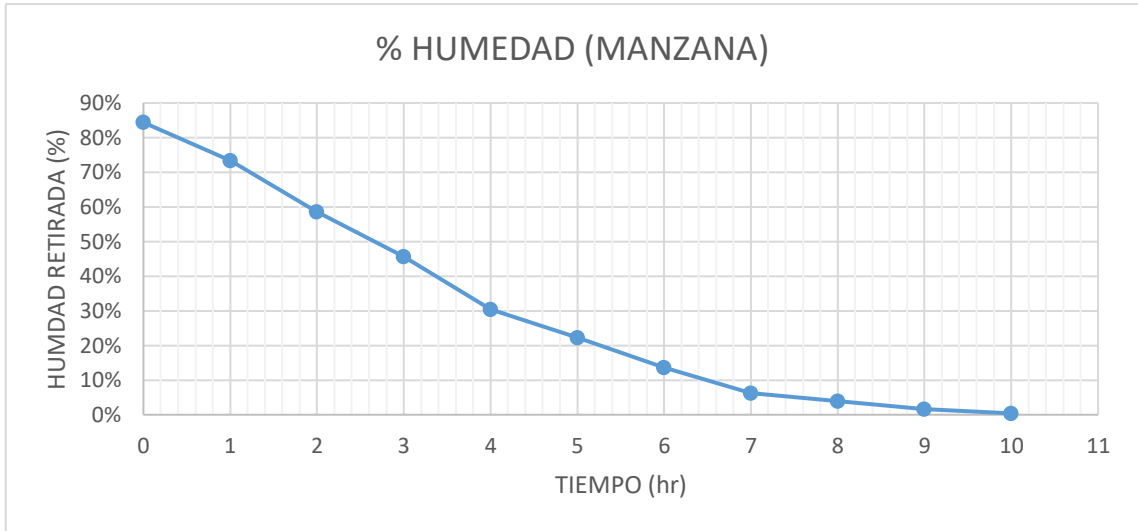


Figura 8-4 Curva Peso vs Tiempo de manzana

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 6-4 Valores de humedad de manzana para linealización

t (hr)	%H (%)	$\frac{\%H_2}{LN(\%H)}$	$t^2$	$t^3$	$t^4$	$t^5$	$t^6$	$t \cdot \%H_2$	$t^2 \cdot \%H_2$	$t^3 \cdot \%H_2$
0	84,38%	-0,1699	0	0	0	0	0	0	0	0
1	73,44%	-0,3087	1	1	1	1	1	-0,3087	-0,3087	-0,3087
2	58,59%	-0,5345	4	8	16	32	64	-1,0691	-2,1382	-4,2763
3	45,70%	-0,7830	9	27	81	243	729	-2,3490	-7,0470	-21,1411
4	30,47%	-1,1885	16	64	256	1024	4096	-4,7539	-19,0155	-76,0620
5	22,27%	-1,5021	25	125	625	3125	15625	-7,5106	-37,5532	-187,7658
6	13,67%	-1,9898	36	216	1296	7776	46656	-11,9390	-71,6339	-429,8031
7	6,25%	-2,7726	49	343	2401	16807	117649	-19,4081	-135,8568	-950,9979
8	3,91%	-3,2426	64	512	4096	32768	262144	-25,9407	-207,5259	-1660,2073
9	1,56%	-4,1589	81	729	6561	59049	531441	-37,4299	-336,8695	-3031,8258
10	0,39%	-5,5452	100	1000	10000	100000	1000000	-55,4518	-554,5177	-5545,1774
55	3,40625	-22,1958	385	3025	25333	220825	1978405	-166,1609	-1372,4665	-11907,5655

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 11 & 55 & 385 & 3025 \\ 55 & 385 & 3025 & 25333 \\ 385 & 3025 & 25333 & 220825 \\ 3025 & 2533 & 220825 & 1978405 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -22.1958 \\ -116.1609 \\ -1372.4665 \\ -11907.5655 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0042t^3 + 0.0119t^2 - 0.2312t - 0.1241$$

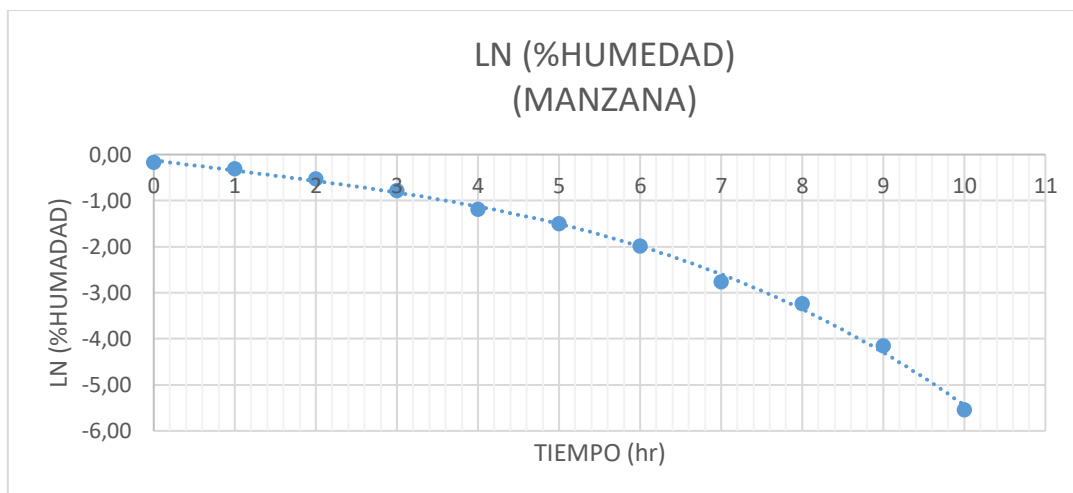


Figura 9-4 Curva Logaritmo de Humedad vs Tiempo de manzana

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos.

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} \quad \text{Ec. 12 (Varea, 2009)}$$

$$St = \sum(\overline{W_2} - W_2)^2 \quad \text{Ec. 13 (Varea, 2009)}$$

$$Sr = \sum(\overline{W_2} - W_{cal})^2 \quad \text{Ec. 14 (Varea, 2009)}$$

Tabla 7-4 Valores de Ln (Humedad) de manzana para cálculo de  $r^2$

t (hr)	%H <sub>2</sub> =Ln(%H)	( $\overline{\%H_2} - \%H_2$ ) <sup>2</sup>	%H <sub>2 cal</sub>	( $\overline{\%H_2} - \%H_{2 cal}$ ) <sup>2</sup>
0	-0,1699	13,6698	-0,1241	0,0021
1	-0,3087	14,7157	-0,3477	0,0015
2	-0,5345	16,4992	-0,5726	0,0014
3	-0,7830	18,5793	-0,8240	0,0017

t (hr)	%H <sub>2</sub> =Ln(%H)	(%H <sub>2</sub> - %H <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>	%H <sub>2 cal</sub>	(%H <sub>2</sub> - %H <sub>2 cal</sub> ) <sup>2</sup>
4	-1,1885	22,2392	-1,1273	0,0037
5	-1,5021	25,2959	-1,5074	0,0000
6	-1,9898	30,4395	-1,9896	0,0000
7	-2,7726	39,6895	-2,5990	0,0301
8	-3,2426	45,8324	-3,3609	0,0140
9	-4,1589	59,0785	-4,3005	0,0200
10	-5,5452	82,3112	-5,4428	0,0105
55	-22,1958	368,3503	-22,1958	0,0852

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H_2} = \frac{\%H_2}{n} = \frac{-22.1958}{11}$$

$$\overline{\%H_2} = -2.0178$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{368.3503 - 0.0852}{368.3503}$$

$$r^2 = 0.9998$$

El valor de r<sup>2</sup> es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$\%H = 88.33 * e^{(-0.0042t^3 + 0.0119t^2 - 0.2312t)}$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Tabla 8-4 Valores de Humedad de manzana para cálculo de r<sup>2</sup>

t (hr)	Humedad (%)	%H <sub>cal</sub>	(%H - %H) <sup>2</sup>	(%H - %H <sub>cal</sub> ) <sup>2</sup>
0	84,38%	88,33%	0,44153	0,0016
1	73,44%	70,63%	0,30813	0,0008
2	58,59%	56,41%	0,16537	0,0005
3	45,70%	43,87%	0,07715	0,0003
4	30,47%	32,39%	0,01573	0,0004

t (hr)	Humedad (%)	%H <sub>cat</sub>	(%H̄ - %H) <sup>2</sup>	(%H̄ - %H <sub>cat</sub> ) <sup>2</sup>
5	22,27%	22,15%	0,00188	0,0000
6	13,67%	13,68%	0,00181	0,0000
7	6,25%	7,43%	0,01364	0,0001
8	3,91%	3,47%	0,01966	0,0000
9	1,56%	1,36%	0,02678	0,0000
10	0,39%	0,43%	0,03075	0,0000
11	0,00%	0,11%	0,03214	0,0000
12	0,00%	0,02%	0,03214	0,0000
13	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
14	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
15	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
16	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
17	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
18	0,00%	0,00%	0,03214	0,0000
171	3,40625	3,4028	1,35955	0,0037

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H} = \frac{\%H}{n} = \frac{3.40625}{19}$$

$$\overline{\%H} = 0.1793$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{1.3595 - 0.0037}{1.3595}$$

$$r^2 = 0.9973$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

#### 4.2.2. *Curvas características linealizadas*

Para determinar las ecuaciones de la: uvilla, fresa y mora. Se procede a realizar el procedimiento matemático realizado anteriormente. Obteniéndose los siguientes resultados. (Anexo D)

**Manzana**

$$W = 226.1130e^{(-0.0042t^3+0.0119t^2-0.2312t)} + 40$$

$$\%H = 88.33 * e^{(-0.0042t^3+0.0119t^2-0.2312t)}$$

**Uvilla**

$$W = 120.7751e^{(-0.0034t^3+0.0233t^2-0.2016t)} + 56$$

$$\%H = 70.63 * e^{(-0.0034t^3+0.0233t^2-0.2016t)}$$

**Frutilla**

$$W = 416.3503e^{(-0.0003t^3+0.0002t^2-0.1940t)} + 61$$

$$\%H = 90.71 * e^{(-0.0003t^3-0.0002t^2-0.194t)}$$

**Mora**

$$W = 173.0233e^{(-0.0018t^3+0.0292t^2-0.2284t)} + 53$$

$$\%H = 80.85 * e^{(-0.0018t^3+0.0292t^2-0.2284t)}$$

Después de obtener las ecuaciones de las frutas deshidratadas, se procede a graficarlas en conjunto, para observar el comportamiento que tiene cada una de ellas.

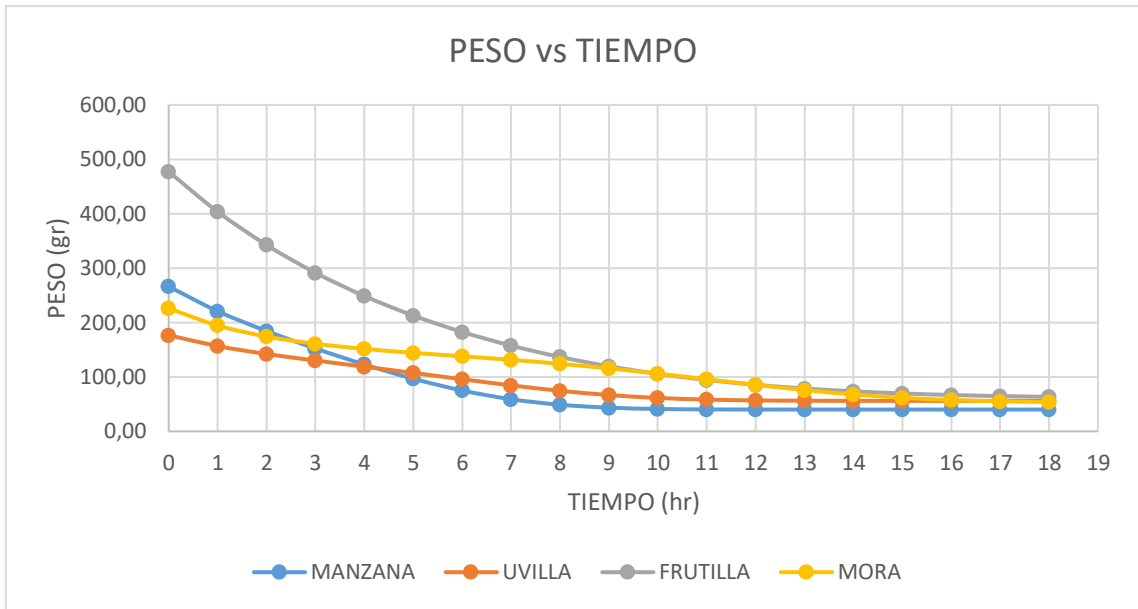


Figura 10-4 Curva de Peso vs Tiempo

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

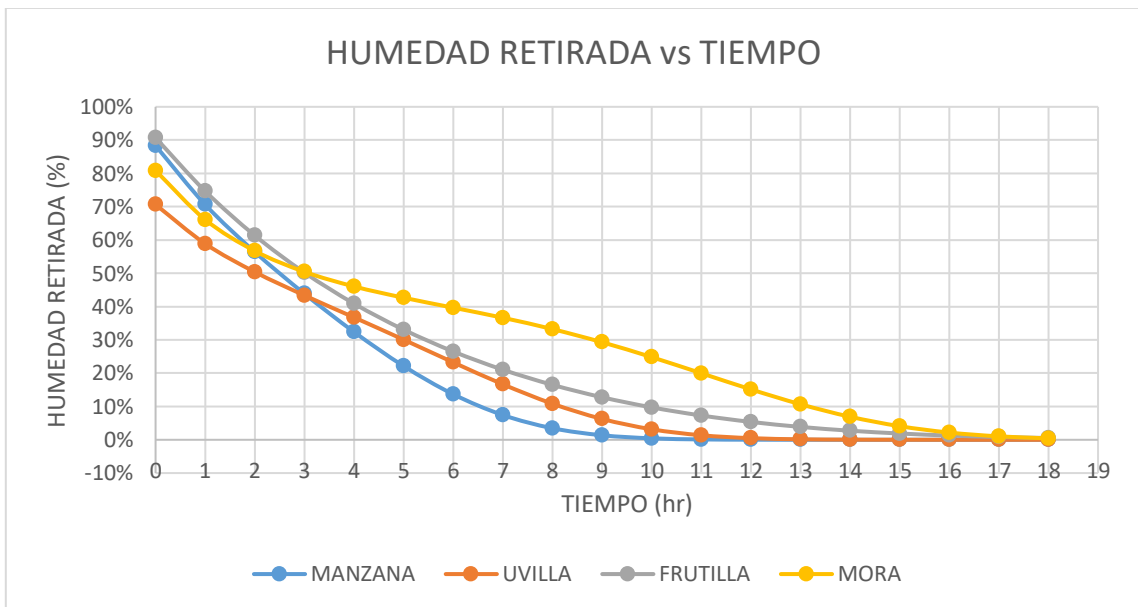


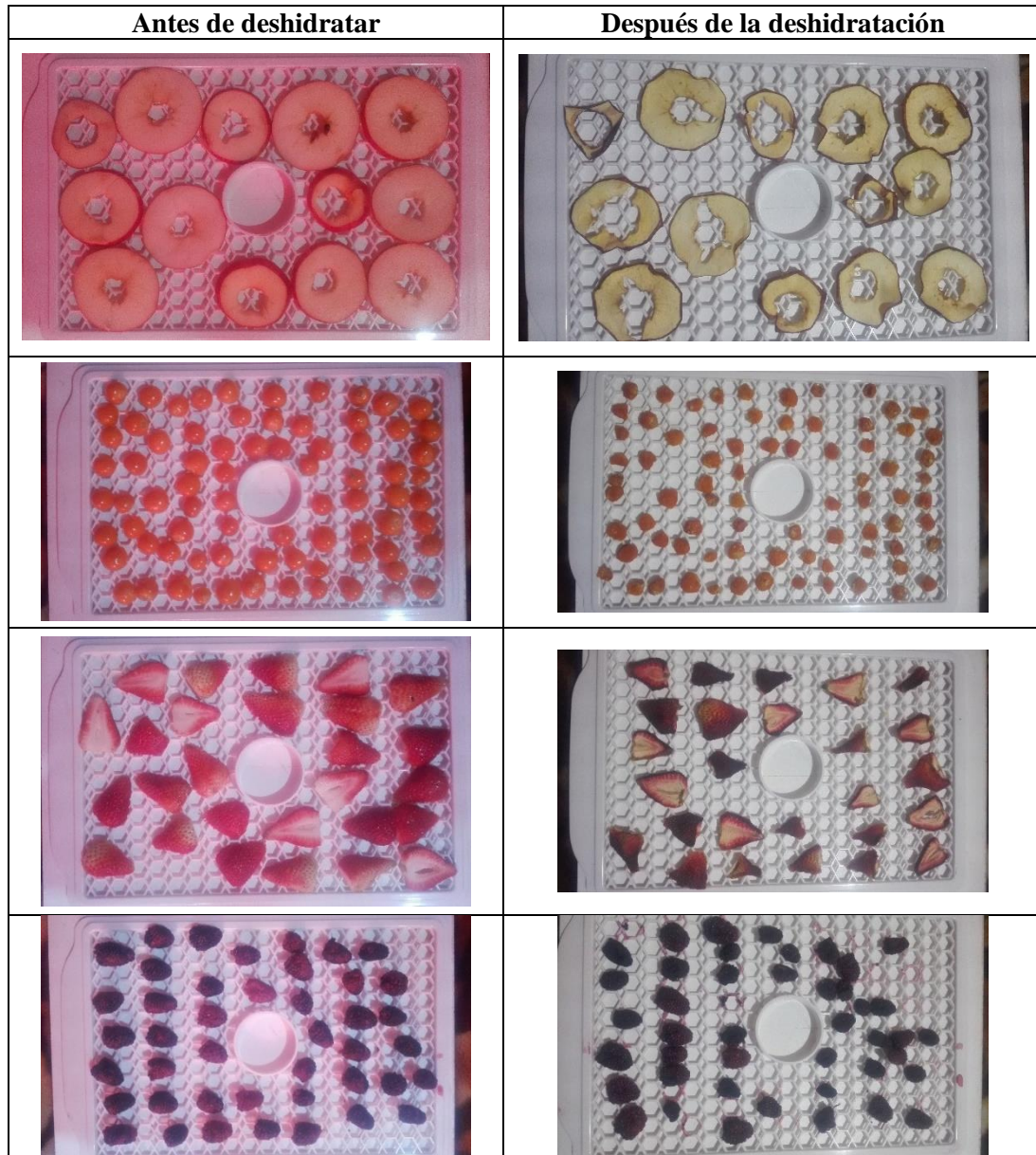
Figura 11-4 Curva de Humedad retirada vs Tiempo

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 4.3. Resultados fotográficos

Se toma fotografía al inicio del ensayo y después del tiempo de deshidratación

Tabla 9-4 Fotografías de frutos deshidratados



Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### 4.4. Pruebas del sistema fotovoltaico

Se toman datos de temperatura ambiente, voltaje y amperaje que da el panel solar en circuito cerrado, para determinar su funcionamiento.

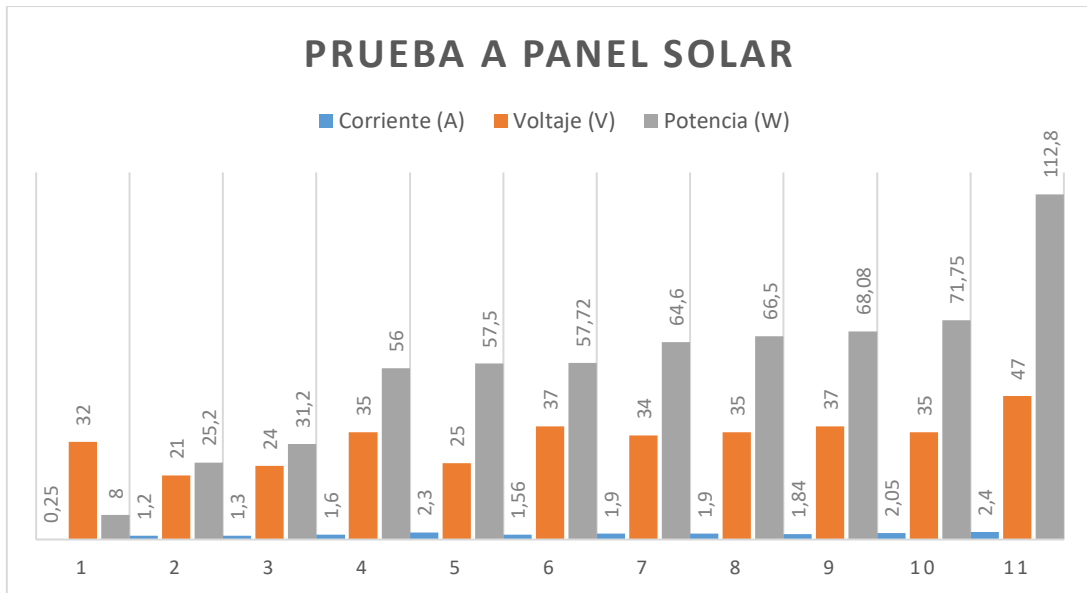


Figura 12-4 Pruebas a panel solar

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Se determina que el panel está generando energía, para poder cargar la batería. Con lo que se comprueba el correcto funcionamiento de este

Se realiza pruebas de funcionamiento del panel de control, que alterna el tipo de energía que está en uso por medio de un timer que es programado según el requerimiento del cliente.



#### **4.5. Resultados y discusiones**

El agua es uno de los componentes principales en la mayoría de los productos alimenticios. Su importancia radica en que sirve de transporte para sustancias, además de ser clave en el desarrollo de microorganismos, principales agentes de deterioro de los alimentos. La disminución del agua presente en un alimento ha sido una estrategia utilizada desde la antigüedad para conservar la calidad durante los períodos de almacenamiento. (Gil, 2019)

Muestra las características iniciales físicas de los frutos, antes de ser sometidas al proceso de deshidratación y los cambios físicos después del proceso. Los Cambios más comunes fueron: Cambio de Aroma, Reducción de Tamaño, Cambio de Coloración. (Gil, 2019)

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **5.1. Variables físicas del proceso de deshidratación**

Las variables que intervienen directamente en la transferencia de masa en el proceso de deshidratación son:

- La temperatura
- La humedad
- El flujo de aire
- El tamaño y la forma del equipo
- Potencia calorífica

#### **5.2. Diseño del Deshidratador**

Para iniciar el diseño se debe conocer las propiedades de los elementos a ser deshidratados, se enlista en la siguiente tabla algunos de los elementos que se deshidrataran en el equipo.

Tabla 1-5 Propiedades físicas de frutas

FRUTA	TIEMPO MIN (h)	TIEMPO MAX (h)	TEMP MIN °C	ESPEJOR RECOM. (mm)	HUMEDAD (%)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mC)	DENSIDAD (KG/M3)
MANZANA	6	7	57,22	6	85,6	0,393	843
PLÁTANO	7	8	57,22	6	80,18	0,6079	980
MANGO	4	6	57,22	3,225			
PIÑA	6	9	57,22	6	84,9	0,549	1010
FRESA	8	10	57,22	12			
TOMATE	6	8	57,22	6			
<b>MÁXIMO=</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>57,22</b>	<b>12</b>	<b>85.6</b>	<b>0,6079</b>	<b>1010</b>

Fuente: (Gourmia, 2016)

### 5.2.1. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento del equipo se toma como dato, la capacidad de deshidratación debe ser de 7 kg y 10 bandejas de secado.

#### 5.2.1.1. Dimensionamiento de Bandejas

Las bandejas serán de forma rectangular, las cuales deben ser capaces de contener 7kg de producto

$$m = 15.3 \text{ Lb} = 7 \text{ Kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Se tomará los valores máximos de la tabla anterior para el dimensionamiento

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{7kg}{1010 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V = 6.93 \times 10^{-3} m^3$$

Se recomienda un espesor de 6mm para deshidratar las frutas, con lo que se obtendrá el área de las bandejas.

$$V = A_{producto} \cdot e$$

$$A_{producto} = \frac{V}{e}$$

$$A_{producto} = \frac{6.93 \times 10^{-3} m^3}{12 \times 10^{-3} m}$$

$$A_{producto} = 0,5775 m^2$$

Se asume que se realizarán 10 bandejas y que el producto solo ocupará un 88% del espacio en cada bandeja

$$A_{bandeja} = \frac{A_{producto}}{n_{bandeja} \%espacio}$$

$$A_{bandeja} = \frac{0,5775 m^2}{10 \times 88\%}$$

$$A_{bandeja} = 0,065625 m^2$$

$$A_{bandeja} = a \cdot b$$

Se asume  $b=1.5a$

$$A_{bandeja} = a \cdot b$$

$$a = \sqrt{\frac{A_{bandeja}}{1.5}}$$

$$a = \sqrt{\frac{0,065625m^2}{1.5}}$$

$$a = 0.209m$$

$$a = 21cm$$

$$b = 1.5(21cm)$$

$$b = 31.5$$

Se realizarán 10 bandejas de 21x32cm. El espacio entre bandejas se tomará dos veces del espesor máximo de producto es decir  $2 \times 12mm = 24mm$  se aproxima a 25mm

#### 5.2.1.2. Dimensionamiento de área de deshidratación

Para obtener la altura, se toma en cuenta las 10 bandejas de deshidratación y una de separación con la cubierta. Con una separación de 25mm entre bandejas y una separación entre la base y la cubierta 78mm en total.

$$Alto = 10 * 25mm + 78mm$$

$$Alto = 328mm$$

El ancho y el largo son determinados por las dimensiones de las bandejas.

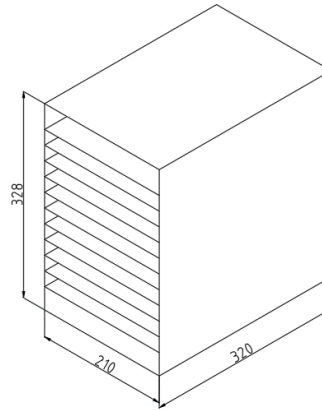


Figura 1-5 Esquema de Dimensiones

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.2.2. *Diseño térmico*

En el modelo se transmite el calor por medio de aire forzado, el cual es calentado por la resistencia colocada en la parte inferior, por lo que se tiene los siguientes tipos de transferencia de calor:

- a) Convección natural en el exterior
- b) Convección forzada en el interior
- c) Conducción a través de las paredes

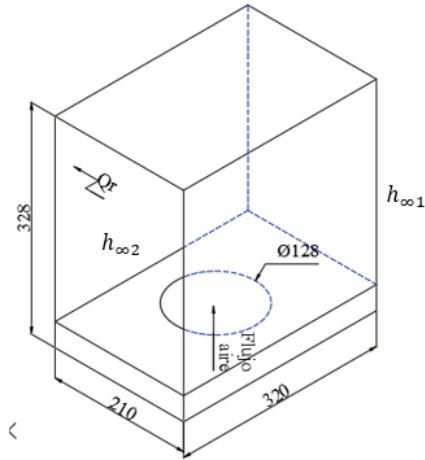


Figura 2-5 Esquema de cargas térmicas

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### 5.2.2.1. Cálculo de la energía para el secado

En el producto la humedad se encuentra en estado líquido y la cual se tiene que llevar a estado de vapor, por lo que se tiene que realizar un cambio de estado en la humedad del producto. Se toma como dato la temperatura ambiente de 20°C y la temperatura de secado es de 62,78°C.

$$T = 20^{\circ}\text{C} \quad h_f = 0,0233 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{Kg}}$$

$$T = 62,78^{\circ}\text{C} \quad h_g = 0,7262 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{Kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{m \cdot \%H}{t} = \frac{7\text{kg} \cdot 85,6\%}{9\text{h}} = 0,6658 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{req} = \dot{m} \cdot (h_g - h_f)$$

$$Q_{req} = 0,6658 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \left( 0,7262 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{Kg}} - 0,0233 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{Kg}} \right)$$

$$Q_{req} = 0,4647\text{Kw}$$

### 5.2.2.2. Cálculo coeficiente de convección natural

La convección natural se da por las corrientes de aire que se tienen en las paredes exteriores, por esta razón se desprende calor desde el equipo hacia el ambiente.

Tabla 2-5 Parámetros térmicos ambiente exterior

Propiedad	Nomenclatura	Valor
Temperatura ambiente	Ta	18 °C
Temperatura pared exterior	T1	20 °C
Conductividad térmica	k	0,02514 W/m °C
Numero de Prant	Pr	0,7309
Viscosidad cinemática	v	1,516x10 <sup>-10</sup> m <sup>2</sup> /s
Longitud característica	L	0,328 m

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$Tf = \frac{T1 - Ta}{2}$$

$$Tf = \frac{20^{\circ} \text{C} - 18^{\circ} \text{C}}{2}$$

$$Tf = 1^{\circ} \text{C} = 274^{\circ} \text{K}$$

$$\beta = \frac{1}{Tf}$$

$$\beta = \frac{1}{Tf}$$

$$\beta = \frac{1}{274^{\circ} \text{K}}$$

$$\beta = 0,0036 \frac{1}{^{\circ} \text{K}}$$

$$Ra = \frac{g\beta(T1 - Ta)L^3}{v^2} \cdot Pr$$



$$Ra = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} * 0,0036 \frac{1}{K} * (20^\circ C - 18^\circ C) * (0,328m)^3}{\left(1,516 \times 10^{-10} \frac{m^2}{s}\right)^2} * 0,7309$$

$$Ra = 8.072 \times 10^6$$

$$Nu = 0,59 Ra^{\frac{1}{4}} \quad 10^4 \leq Ra \leq 10^6$$

$$Nu = 0,59 (8.072 \times 10^6)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu = 31,44$$

$$h_{\infty 1} = \frac{k}{L} \cdot Nu$$

$$h_{\infty 1} = \frac{0,02514 \frac{W}{m^\circ C}}{0,328m} * 31,44$$

$$h_{\infty 1} = 2,39 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

### 5.2.2.3. Cálculo coeficiente de convección interna forzada

La convección forzada se da por el impulso de aire que genera el ventilador, haciendo recircular el aire caliente en el interior de equipo.

Tabla 3-5 Propiedades térmicas interiores

Propiedad	Nomenclatura	Valor
Temperatura interna	Ti	65 °C
Conductividad térmica	k	0,02808 W/m °C
Número de Prant	Pr	0,7202
Viscosidad cinemática	v	1,995x10-5 m <sup>2</sup> /s
Flujo de aire	Q	12 CFM=5,66x10-3 m <sup>3</sup> /s
Radio de salida de aire	d	0,128m

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (0,128\text{m})^2$$

$$A = 0,0129\text{m}^2$$

$$vm = \frac{Q}{A}$$

$$vm = \frac{5,66 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0129\text{m}^2}$$

$$vm = 0,44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Dh = \frac{2ab}{a+b}$$

$$Dh = \frac{2 * (0,21\text{m} * 0,32\text{m})}{2 * (0,21\text{m} + 0,32\text{m})}$$

$$Dh = 1,22\text{m}$$

$$Re = \frac{vm \cdot Dh}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,44 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1,22\text{m}}{1,995 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 2,69 \times 10^4$$

Ya que  $Re > 10\,000$ , se tiene un flujo turbulento,

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad 0,7 \leq Pr \leq 160 \quad Re > 10\,000$$

$$Nu = 0,023(2,69 \times 10^4)^{0,8} (0,7202)^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 72,113$$

$$h_{\infty 2} = \frac{k}{Dh} \cdot Nu$$

$$h_{\infty 2} = \frac{0,02808 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}}{1,22\text{m}} * 72,113$$

$$h_{\infty 2} = 1,66 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

#### 5.2.2.4. Cálculo calor rechazado

Con los valores calculados anteriormente se calcula, cuanto de calor se rechaza por las paredes, se toma como material el plástico ABS, con un espesor de 2mm de pared.

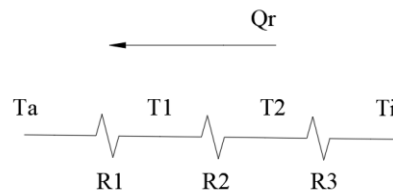


Figura 3-5 Resistencia térmica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$k = 0,17 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$A = (0,21m * 0,32m) * 2 + (0,32m * 0,328m) * 2 + (0,328m * 0,32m) * 2$$

$$A = 0,554m^2$$

$$R = R1 + R2 + R3$$

$$R = \frac{1}{h_{\infty 1} A} + \frac{e}{k \cdot A} + \frac{1}{h_{\infty 2} A}$$

$$R = \frac{1}{2,39 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,554m^2} + \frac{0,002m}{0,17 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} * 0,554m^2} + \frac{1}{1,66 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,554m^2}$$

$$R = 1,864 \frac{^\circ C}{W}$$

$$UA = \frac{1}{R}$$

$$UA = \frac{1}{1,864 \frac{^{\circ}C}{W}}$$

$$UA = 0,536 \frac{W}{^{\circ}C}$$

$$Qr = UA(Ti - Ta)$$

$$Qr = 0,536 \frac{W}{^{\circ}C} (65 ^{\circ}C - 18 ^{\circ}C)$$

$$Qr = 25,2W$$

#### 5.2.2.5. Cálculo del calor total

El calor total requerido será igual a la energía necesaria para el secado más el calor que se disipa por transferencia de calor

$$Q = Q_{req} + Qr$$

$$Q = 465W + 25,2W$$

$$Q = 490,2W$$

#### 5.2.2.6. Cálculo de la eficiencia

La eficiencia se calcula con la relación entre el calor total que ingresa al equipo y el calor que se ocupa realmente

$$Eficiencia = \frac{Q_{req}}{Q} \cdot 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{465W}{490,2W} \cdot 100\%$$

*Eficiencia = 94,85%*

Se tendrá una eficiencia de casi 95%, lo que indica que las dimensiones y espesor son los adecuados para este equipo

#### 5.2.2.7. *Diseño de resistencia eléctrica*

El equipo debe ser capaz de generar el calor total necesario para la deshidratación de 490,2 W. Para que el equipo no trabaje al límite se asumirá una potencia de 500W la cual trabajará con un voltaje de 110V y una frecuencia de 60Hz.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(110V)^2}{500W} = 24,2\Omega$$

Se toma para la resistencia el material Nicrom 80/20, de diámetro de alambre de 0.35mm el cual nos da una resistividad de 11,33  $\Omega/m$  (Anexo B)

$$L = \frac{R * A}{S}$$

$$\frac{S}{A} = 11,33 \frac{\Omega}{m}$$

$$L = \frac{24,2\Omega}{11,33 \frac{\Omega}{m}} = 2,14m$$

Se realizarán 8 resistencias de 27 cm cada una en forma de espiral.

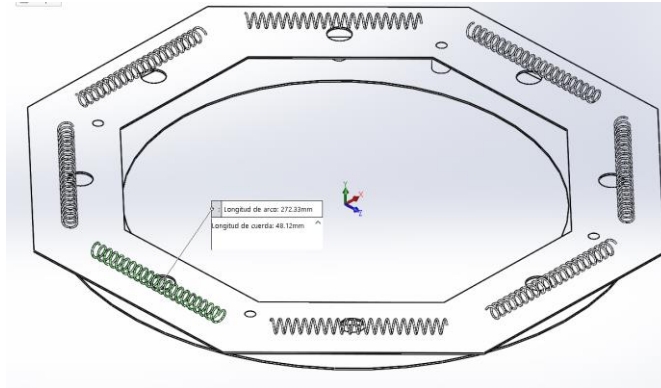


Figura 4-5 Configuración de resistencia eléctrica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### 5.2.2.8. Verificación de resistencia de las paredes laterales

La carga que soportara cada pared lateral será 3,5 kg, más el peso de las bandejas que se asume que sea 2 kg, en total la carga será 5,5 kg. La pared estará sometida a compresión

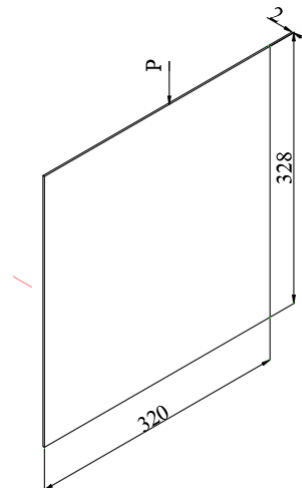


Figura 5-5 Dimensiones y cargas en paredes laterales

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$A = 0,002m * 0,32m$$

$$A = 6,4 \times 10^{-4} m^2$$

Cálculo del Esfuerzo según Von Misess

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{5,5kg * 9,81 \frac{m}{s^2}}{6,4 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma = 0,0843 MPa$$

$$Sy = 33,9 MPa$$

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma}$$

$$Fs = \frac{33,9 MPa}{0,0843 MPa}$$

$$Fs = 402,14$$

Se comprueba la resistencia del elemento crítico, el cual soportara directamente la carga del producto a ser deshidratado

### **5.2.3. Verificación en Ansys**

#### **5.2.3.1. Análisis térmico**

Se realiza un análisis térmico en estado estable, para verificar la temperatura y el flujo de calor en el equipo.

## Modelo

Se analizará la transferencia de calor en el cuerpo del deshidratador

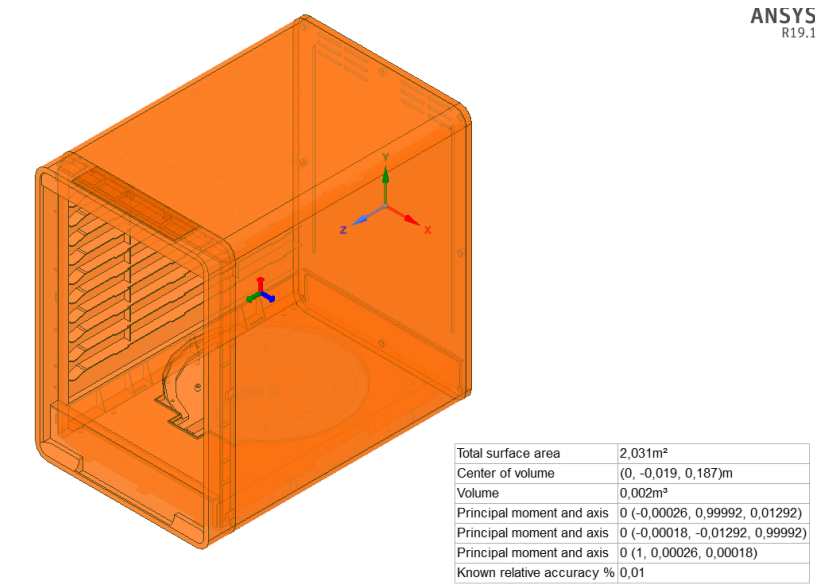


Figura 6-5 Propiedades físicas del deshidratador

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## Malla

Se realiza un mallado de tipo adaptativo, ya que se tiene elementos finos, además de redondeos en las esquinas y geometrías complejas.

Tabla 4-5 Configuración de malla

Sizing	
Use Adaptive Sizing	Yes
Resolution	Default (2)
Defeature Size	Default
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Initial Size Seed	Assembly
Bounding Box Diagonal	0,60791 m
Average Surface Area	6,715e-004 m <sup>2</sup>



Minimum Edge Length 6,2539e-006 m

Statistics

Nodes 223424

Elements 110327

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

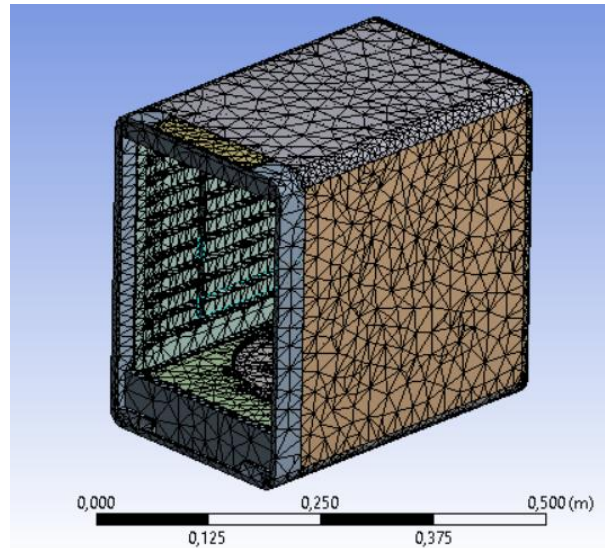


Figura 7-5 Mallado

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## Cargas térmicas

Se colocan las cargas térmicas a las que este sujeto, a convección natural en el exterior (A), convección forzada en el interior (B), la temperatura de la resistencia eléctrica (C), la generación de calor de la resistencia eléctrica (D)

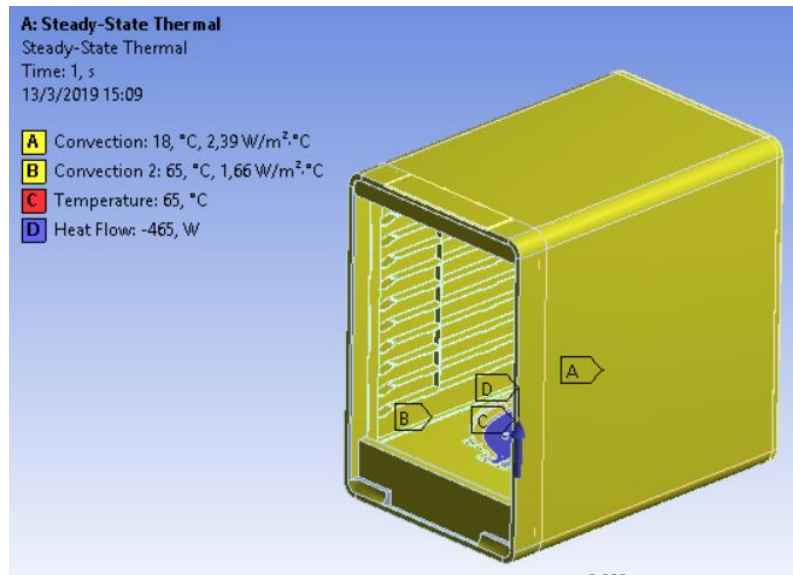
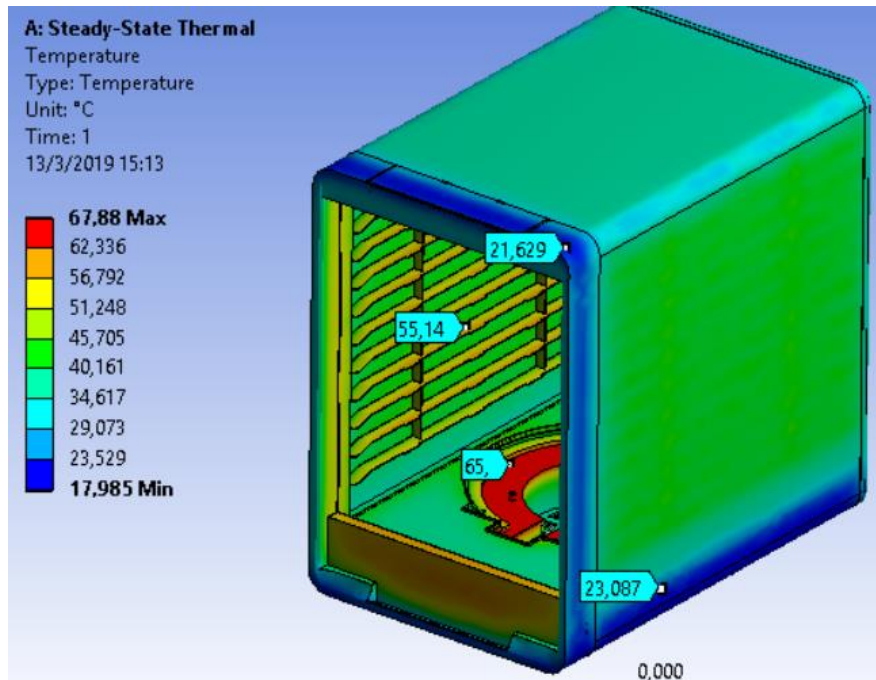


Figura 8-5 Cargas térmicas

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### Distribución de temperatura

Se obtiene una temperatura máxima de 67,88°C que es más de lo supuesto, las tapas exteriores laterales se mantienen a una temperatura manejable para el usuario.



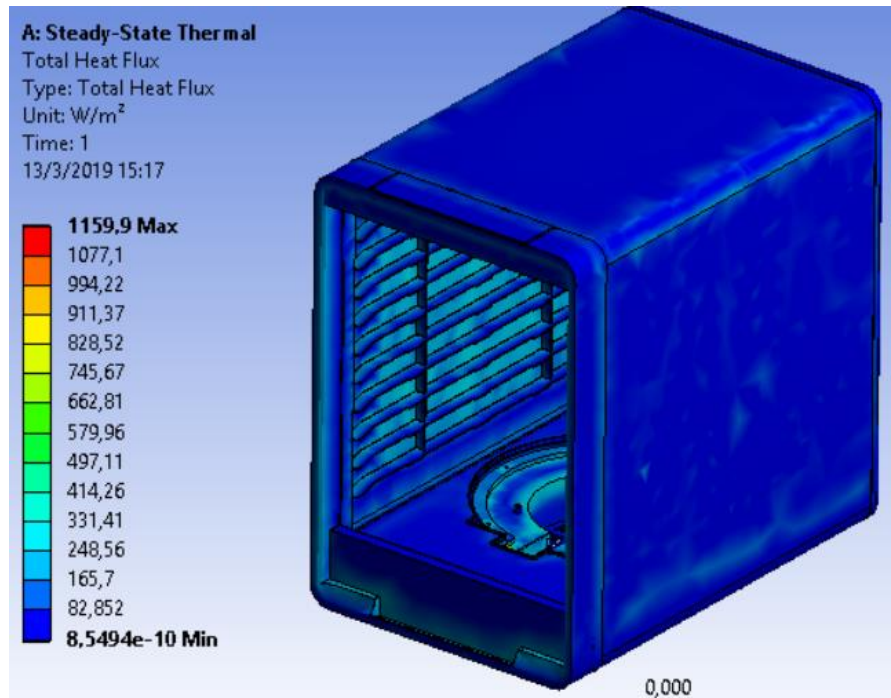
Minimum [°C]	Maximum [°C]	Average [°C]
17,985	67,88	37,311

Figura 9-5 Distribución de temperatura

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## Flujo de calor

Se determina un flujo máximo de calor de  $1159,9 \text{ W/m}^2$  que multiplicado por el área de transferencia en la zona interna de  $0,4257 \text{ m}^2$ . Dando un valor de  $493,77 \text{ W}$  que se aproxima al calor requerido calculado anteriormente.



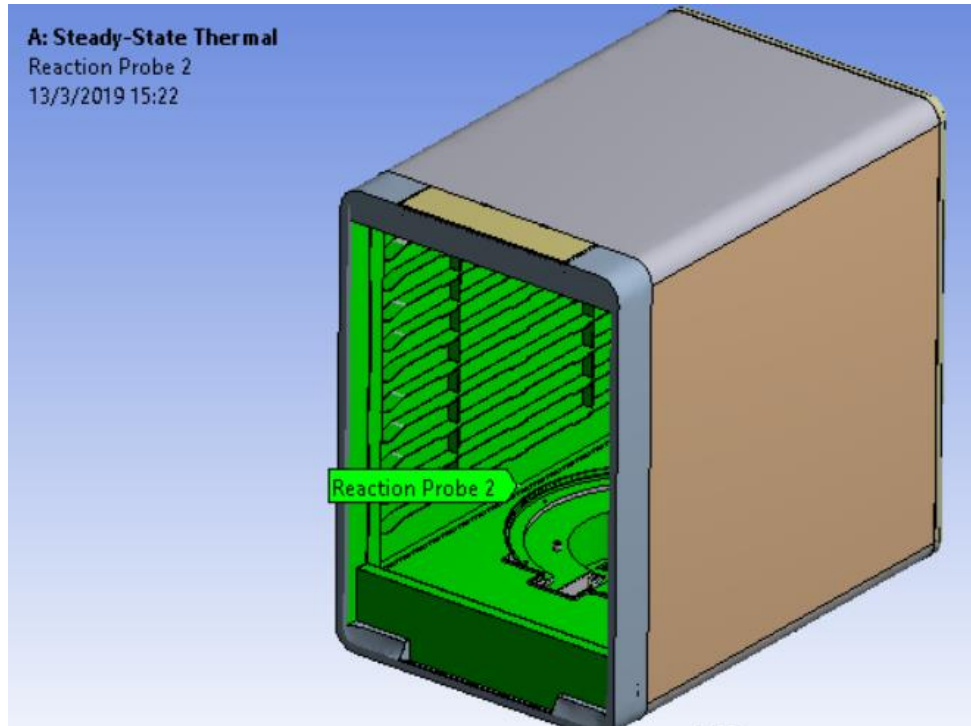
Minimum [W/m <sup>2</sup> ]	Maximum [W/m <sup>2</sup> ]	Average [W/m <sup>2</sup> ]
8,5494e-010	1159,9	88,099

Figura 10-5 Flujo de calor

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### Transferencia de calor por convección forzada interior

Se obtiene una transferencia de calor de 25,914 W desde el interior hacia el exterior, y calculado manualmente fue de 25,2 W



Reaction Probe 2 (W)
25.914

Figura 11-5 Convección de calor en el interior

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.2.3.2. *Fricción térmica*

Se realiza un análisis térmico transitorio para determinar el tiempo en el que se enfriara la resistencia eléctrica desde una temperatura inicial de 40°C y la convección forzada que genera el ventilador.

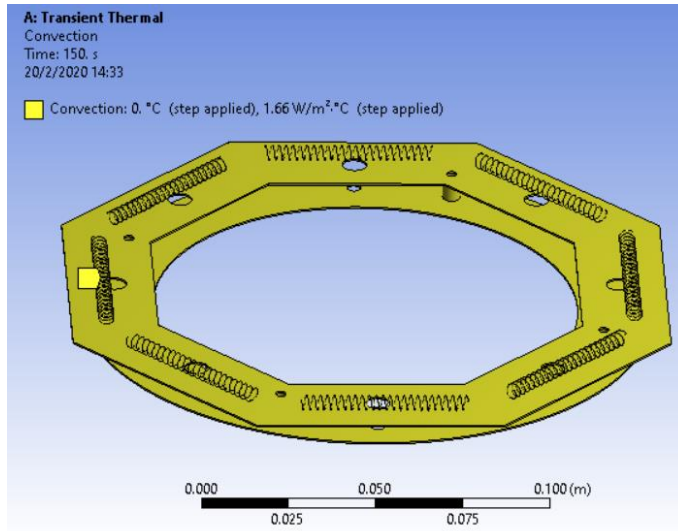


Figura 12-5 Cargas térmicas en resistencia eléctrica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Al finalizar los cálculos mediante el software, en un tiempo de 71 s, se obtiene la temperatura ambiente de 25°C. Dando una distribución de temperatura en la resistencia como se muestra en la figura.

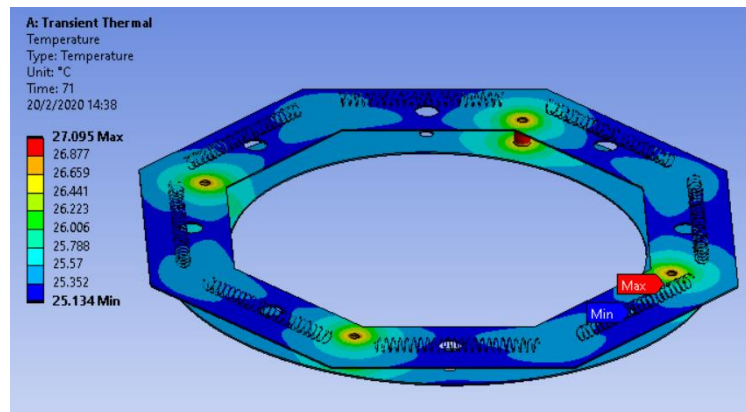


Figura 13-5 Distribución de temperatura en resistencia eléctrica en 71s

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

También se obtiene una gráfica que indica la variación de la temperatura de la resistencia eléctrica respecto al tiempo, donde se puede observar que temperatura tiene en cualquier instante de tiempo.

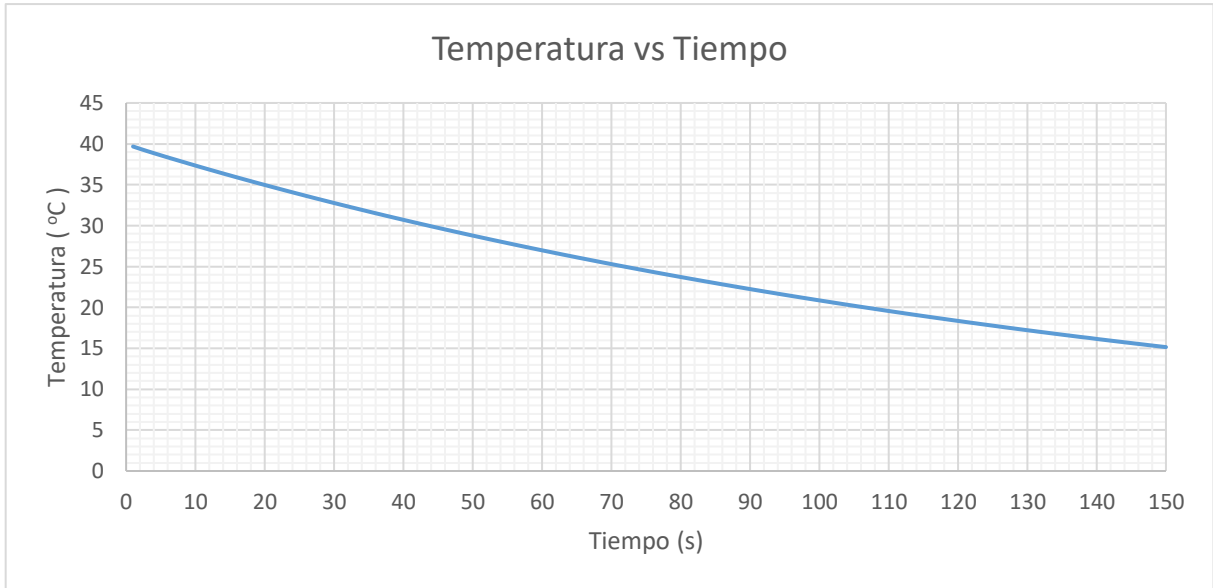


Figura 14-5 Variación temperatura en función del tiempo de resistencia eléctrica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Se comprobó los resultados experimentalmente con el equipo, dando un tiempo de enfriamiento de 68.4s. Comprobándose que los resultados obtenidos mediante el software son los correctos.



Figura 15-5 Datos experimentales de fricción térmica de la resistencia eléctrica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.2.3.3. Análisis estático

#### Cargas

Se analiza el elemento con su peso propio (A), con un peso total de 7 Kg mas 4 Kg del peso de las bandejas los cuales estan soportados en las bases para las bandejas(C) . Peso del ventilador de 0,48Kg (D). El equipo esta apoyado en los cuatro soportes ubicados en la base (B)

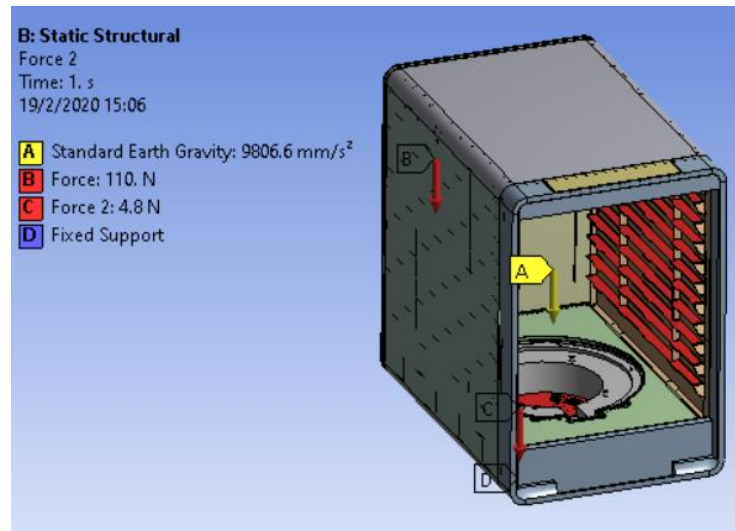


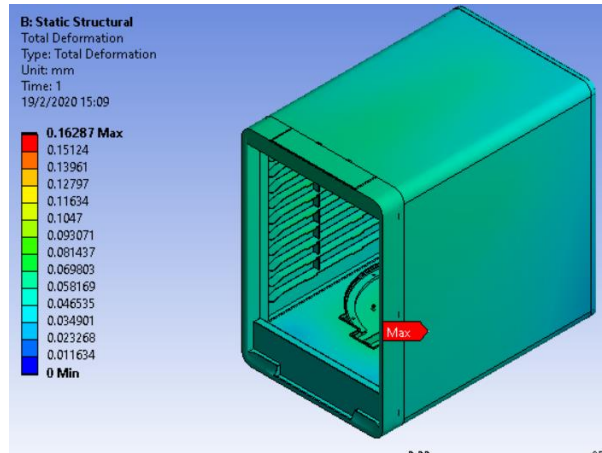
Figura 16-5 Cargas estructurales

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### Deformación

Se obtiene una deformación máxima de 0,163 mm. La cual es muy baja que nos indica la resistencia del equipo





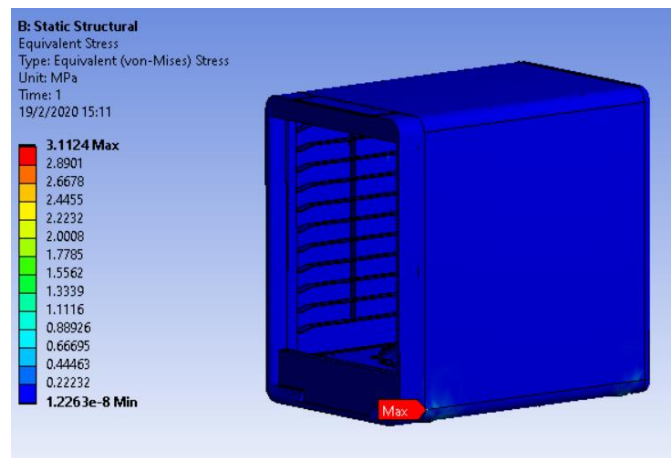
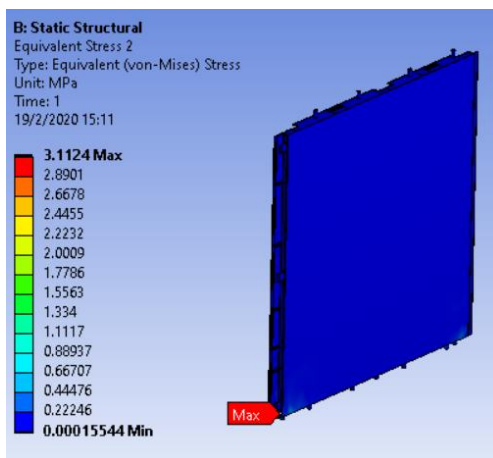
Minimum [m]	Maximum [mm]	Average [mm]
0,	0,1628	5,107e-2

Figura 17-5 Deformaciones

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### Esfuerzo equivalente de Von Misses

Se determina un esfuerzo máximo de 3,1124 MPa. Como se puede observar en el esfuerzo de la pared de 0,0824 MPa siendo cercano al valor calculado en el numeral 5.2.2.8 de 0,0843 MPa.



Parte	Minimum [MPa]	Maximum [Mpa]	Average [Mpa]
Cuerpo	1,2263e-008	3,1124	7,9151e-002

Pared lateral	1,5544e-004	3,1124	8,2421e-002
---------------	-------------	--------	-------------

Figura 18-5 Esfuerzo equivalente a) En Cuerpo b) en la pared lateral

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Por lo cual se determinó un factor muy alto de seguridad, para las cargas a las que va a estar expuesto el equipo en condiciones normales de uso

### Factor de seguridad

Después del análisis estático se obtiene un factor mínimo de seguridad de 10,892

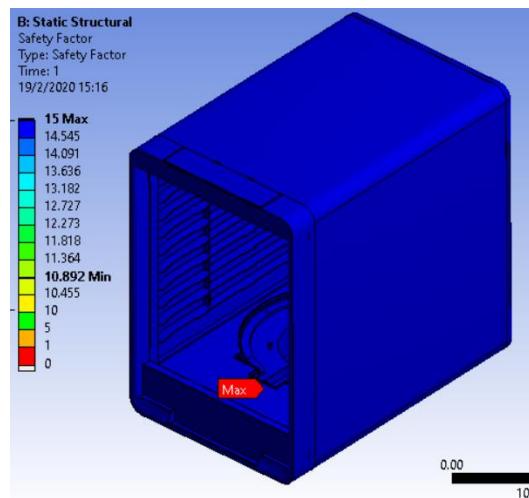


Figura 19-5 Factor de seguridad

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.3. Diseño del sistema fotovoltaico

### 5.3.1. Consumo

Deshidratador de frutas

$$P = 550W$$

$$V = 120V$$

El sistema utilizara 1h de autonomía de energía solar, se asume un 90% de eficiencia del panel

$$Ph = \frac{P * t}{eficiencia_{panel} * \#dias}$$

$$Ph = \frac{550W * 1h}{90\% * 1dia}$$

$$Ph = 611,11 \frac{Wh}{dia}$$

El sistema fotovoltaico funcionara con 12V

$$Ih = \frac{Ph}{V} = \frac{611,11 Wh}{12V}$$

$$Ih = 50,93 Ah$$

Se calcula la intensidad corregida tomando una eficiencia del 98% en el cableado, un 95% en la batería

$$Ih_{correg} = \frac{Ih}{ef_{cableado} * ef_{bateria}}$$

$$Ih_{correg} = \frac{50,93 Ah}{98\% * 95\%}$$

$$Ih_{correg} = 54,7 \frac{Ah}{dia}$$

### 5.3.2. Dimensionamiento Batería

La batería debe ser capaz de mantener una autonomía de una hora en un día, permitiendo una descarga del 90%

$$Ih_{bateria} = \frac{Ih_{correg} \times \text{dias autonomia}}{\% \text{ descarga}}$$

$$Ih_{bateria} = \frac{54,7 \frac{Ah}{dia} \times 1 \text{ dia}}{90\%}$$

$$Ih_{bateria} = 60,77 \text{ Ah}$$

Se escoge una batería de 100 Ah.

**Marca:** FAMMA

**Modelo:** SW121000 12V 100Ah

### 5.3.3. Selección de panel fotovoltaico

Se toma datos del Atlas de radiación del Ecuador, para determinar la potencia entregada por el sol en diferentes meses.

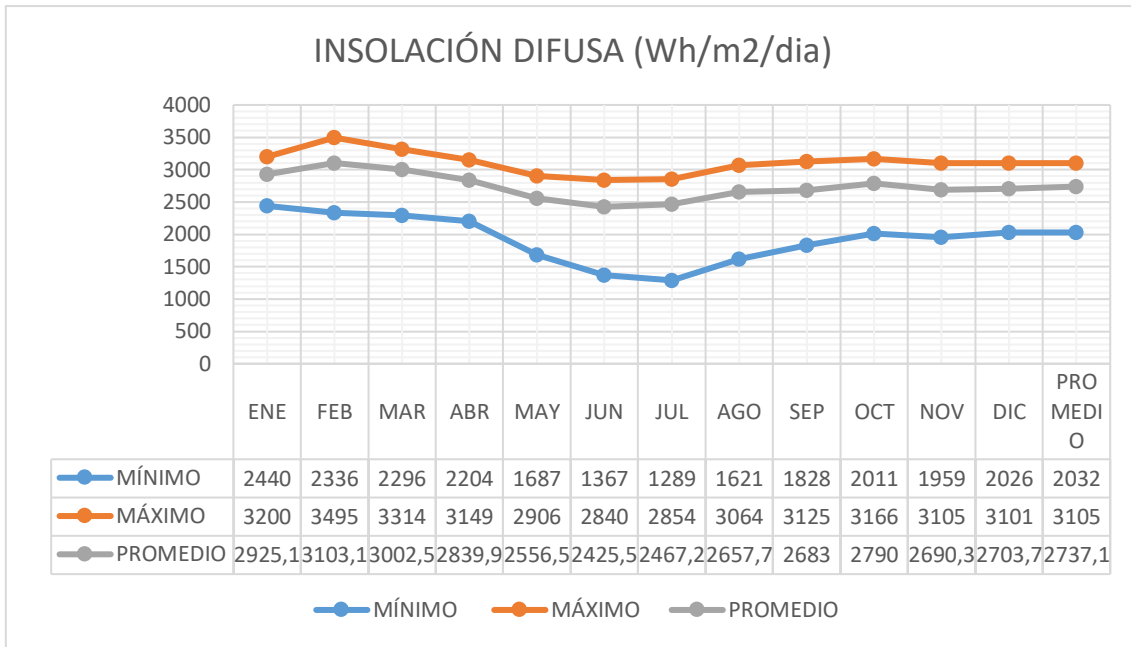


Figura 20-5 Datos de Insolación Difusa

Fuente: (Conelec, 2008)

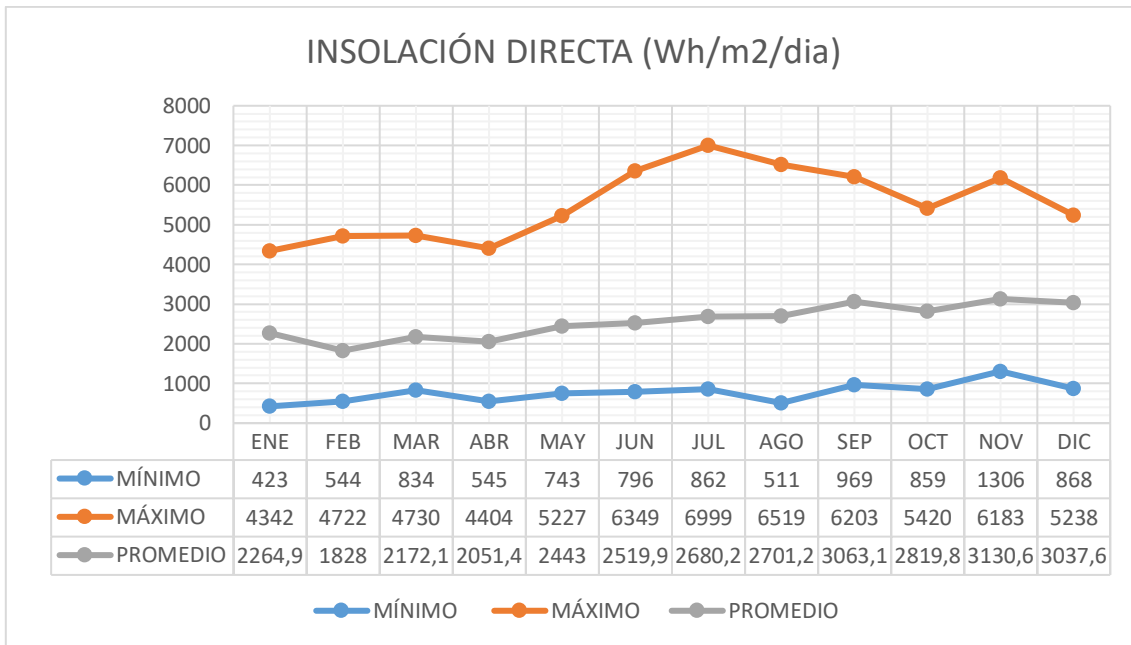


Figura 21-5 Datos de Insolación Directa

Fuente: (Conelec, 2008)

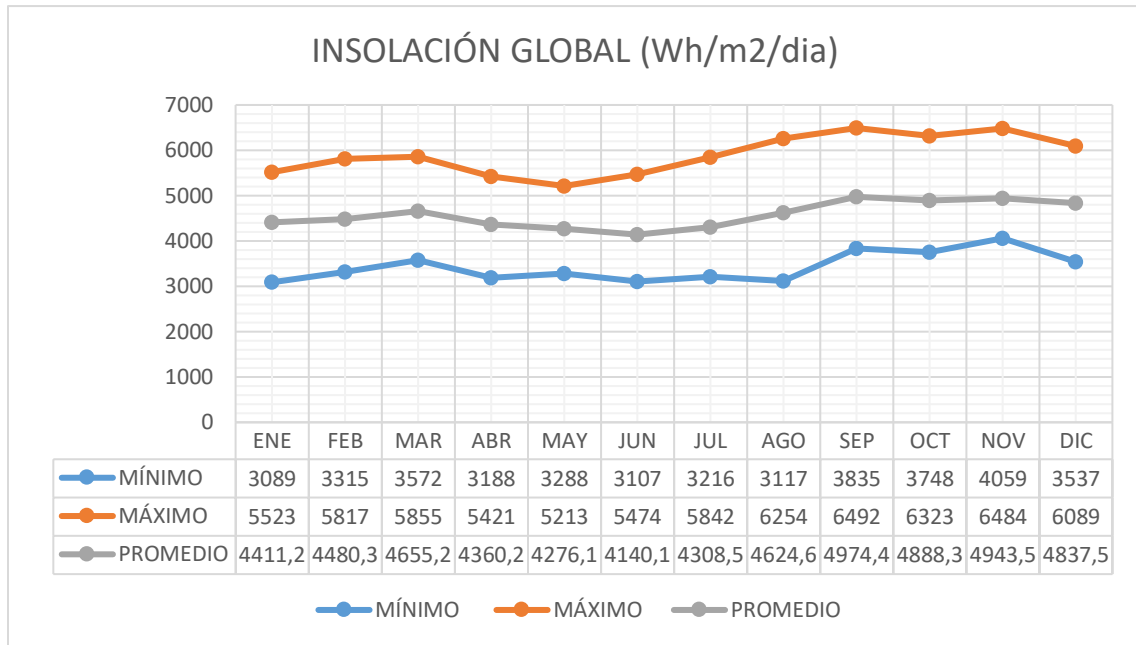


Figura 22-5 Datos de Insolacion Global

Fuente: (Conelec, 2008)

Se obtiene un promedio anual de la radiación solar de 800.54 Wh/m<sup>2</sup>/día, calculada del mínimo de la insolación directa.

Se asume un panel de 270W, de dimensiones 164 x 99cm

$$A = 1.64m \times 0.99m$$

$$A = 1.62m^2$$

$$Ph_{radiación} = 800.54 \frac{Wh}{m^2 \cdot día} \times 1 \text{ día} \times 1.62m^2$$

$$Ph_{radiación} = 1296.87Wh$$

$$Tiempo \text{ radiación} = \frac{Ph_{radiacion}}{P_{panel}}$$

$$Tiempo \text{ radiación} = \frac{1296.87Wh}{270W}$$

*Tiempo radiación = 4h 48min*

$$\textit{Tiempo carga batería} = \frac{Ph_{\textit{batería}}}{P_{\textit{panel}}}$$

$$\textit{Tiempo carga batería} = \frac{12V \times 1000Ah}{270W}$$

*Tiempo carga batería = 4h 27min*

*Tiempo radiación > Tiempo carga batería*

Con esto se verifica que se tendrá el tiempo suficiente de radiación solar para cargar la batería con este panel, por lo que es aceptable.

**Marca:** ikao POWER

**Modelo:** 270W

**Potencia máxima (Pmax):** 270W

**Corriente a potencia máxima (Imp):** 8.52A

**Voltaje a potencia máxima (vmp):** 30.51V

**Voltaje en circuito abierto (voc):** 37.65V

**Corriente en circuito cerrado (Isc):** 9.09A

**Voltaje max. Sistema:** 1000V

**STC:** 1000W/M<sup>2</sup>, 25°C AM1.5

El panel será colocado a una inclinación de 15o para obtener una mayor eficiencia en el sistema, según lo recomendado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC11, Capítulo 14 Energías Renovables.

#### **5.3.4. Selección controladora de carga**

Con los datos del panel se escoge un controlador de carga de las siguientes características.

**Marca:** PWM

**Voltaje nominal:** 12/24V

**Corriente nominal:** 50A

**Voltaje ma. PV:** 50V

**Máxima potencia de entrada:** 650W (12V) 1200W (24V)

#### **5.3.5. Selección inversora de carga**

Con la potencia consumida por el deshidratador de 550W, con un voltaje de 120V, y una entrada de 12V se escoge el siguiente inversor:

**Marca:** Truper

**Potencia:** 750W

**Voltaje entrada:** 12VDC

**Voltaje de salida:** 120VAC

#### **5.4. Diseño sistema automático de cambio de tipo de energía de alimentación**

El sistema de control será automático, se encargará de cambiar el tipo de energía de alimentación entre eléctrica o solar. El cual será programado por un timer de acuerdo a las necesidades del sistema o del medio en que se encuentra.



EL sistema cuenta con dos brakers (BK1 y BK2) que controlan el paso de energía y protegen el sistema de sobre tensiones. Los dos sistemas de energía son independientes, por medio de dos relés (k1 y k2), que son activados por el timer programable (T1).

El sistema por defecto consumirá energía eléctrica, indicando con una luz piloto en el panel de color azul (AZ), que este tipo de energía está en uso.

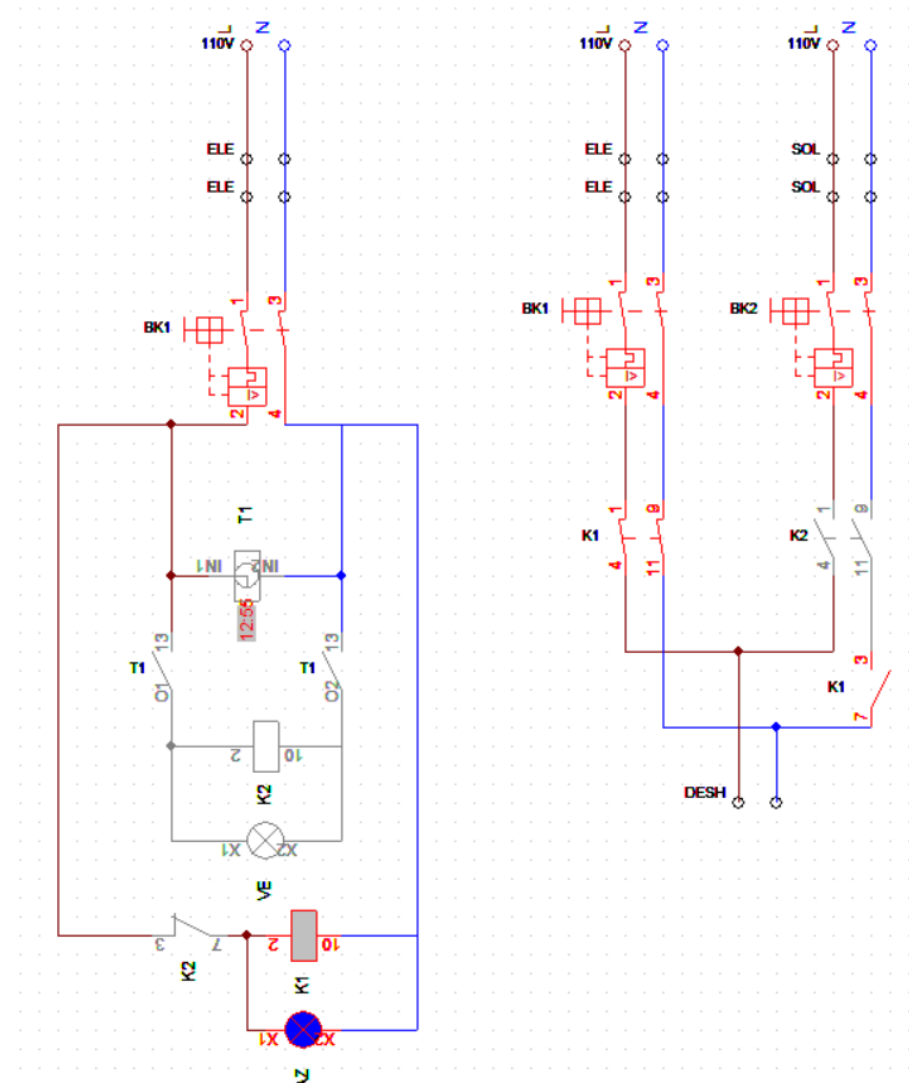


Figura 23-5 Diagrama eléctrico, consumiendo energía eléctrica

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Cuando el timer active el relé de acuerdo a la programación que tenga, se activa el consumo de la batería del sistema fotovoltaico, el cual será indicado que está en uso con una luz piloto de color verde (VE).

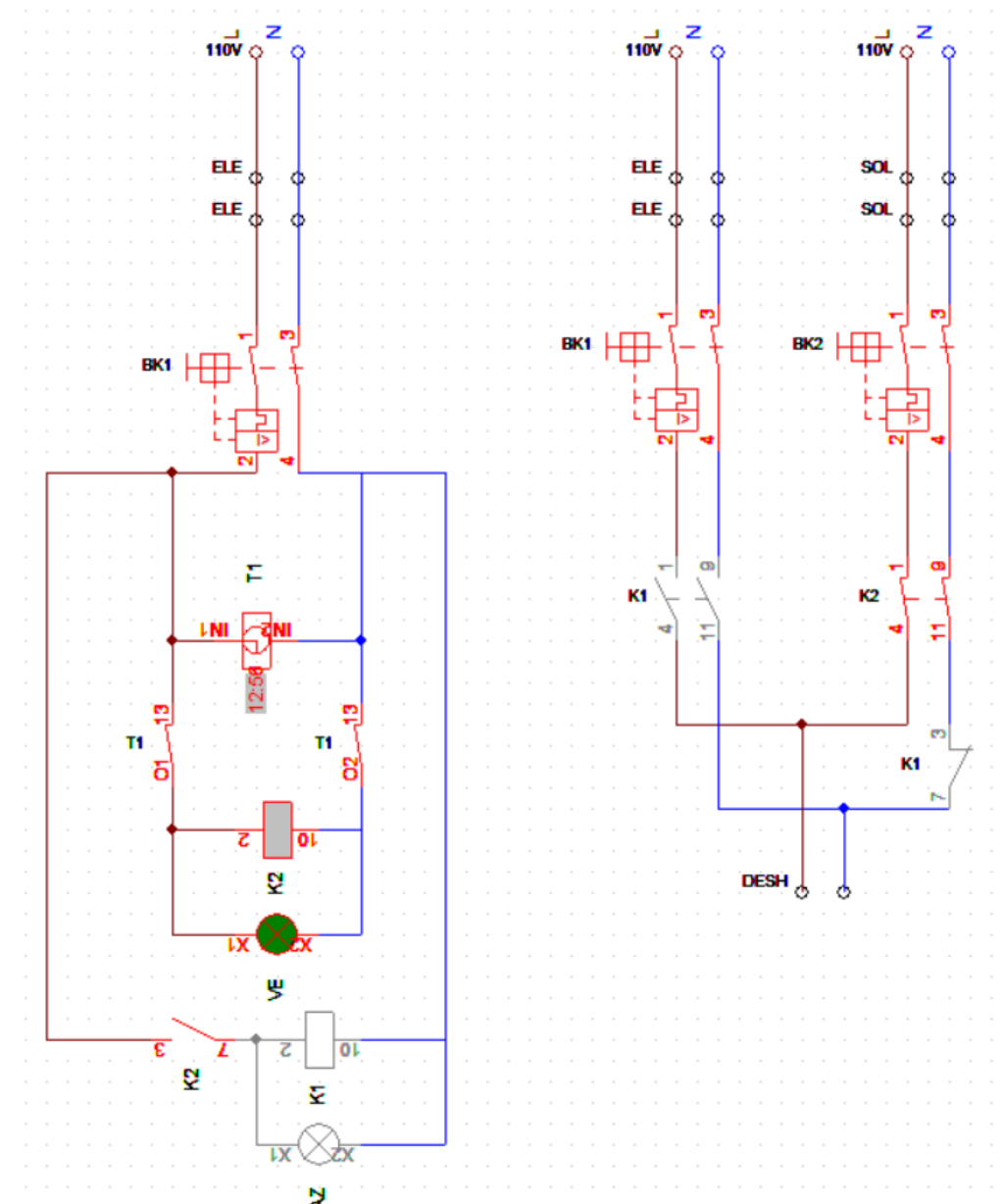


Figura 24-5 Diagrama eléctrico, consumiendo energía solar

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 5-5 Lista de elementos de panel de control

ítem	Descripción	Cantidad
1	Timer programable 120V	1u
2	Braker 2p 6A	2u
3	Relés 120V 11p con base	2u
4	Caja Metálica 30x20cm	1u
5	Luz piloto de 120V	2u
6	Borneras para cable AWG 12	4u
7	Canaleta ranurada 18x20mm	1u
8	Cable AWG 16 azul	5m
9	Cable AWG 12 rojo	4m
10	Toma corriente 120V	1u
11	Riel Din	1u
12	Canaleta ranurada 25x25mm	1u

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.5. Instalación del sistema fotovoltaico

La instalacion del panel solar se lo realiza en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



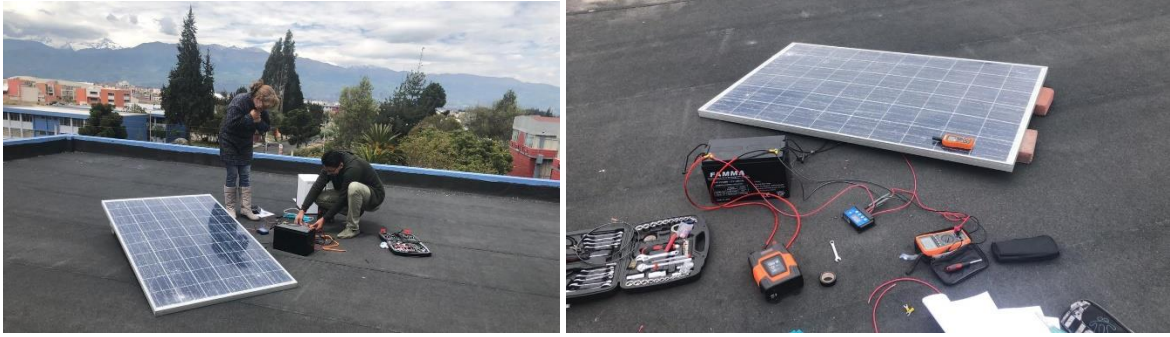


Figura 25-5 Instalación del sistema fotovoltaico

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## 5.6. Presupuesto para el prototipo del deshidratador híbrido de frutas.

Para el análisis de presupuesto del prototipo del deshidratador híbrido de frutas se han tomado en cuenta las partes que lo conforman por separado como se indica en la tabla siguiente. Los costos que se consideran son costos directos e indirectos.

Tabla 6-5 Subsistemas del prototipo del deshidratador híbrido de frutas

Subsistema	Descripción
1	Sistema de Deshidratador
2	Sistema de Alimentación Foto Voltaico
3	Sistema del Panel de Control

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

**Costos directos.** Los costos directos son gastos que una compañía puede fácilmente conectar con un objeto de coste, el cual puede ser un producto, departamento o proyecto. Esto incluye ítems tales como software, equipo, mano de obra y materia prima; estos dos últimos constituyen la mayoría de los costos directos. (Arline, 2015)

En la tabla 7-5 se muestra el tipo, cantidad y precio de los materiales que se usaron para construir el prototipo del deshidratador híbrido de frutas.

Tabla 7-5 Costo de materiales e insumos

Descripción	Unidad	Precio Unitario [USD]	Cantidad	Total [USD]
Horno de Microondas	U	250,00	1	250,00
Acrílico 17x17x0,3cm	U	3,00	1	3,00
Panel Solar 270W	U	375,00	1	375,00
Batería SW121000 12V 100Ah	U	160,00	1	160,00
Inversor de carga de 750W de 12VCC a 120 VAC	U	80,00	1	80,00
Controlador de carga PV50A	U	40,00	1	40,00
Caja Metálica para Panel 30x20cm	U	20,00	1	20,00
Riel Din	U	3,00	1	3,00
Canaleta ranurada 25x25mm	U	3,00	1	3,00
Focos Piloto de 120V	U	4,00	2	8,00
Braker 2P 120V	U	12,00	2	24,00
Reles 120V 11 pines con base	U	20,00	2	40,00
Timer Programable Semanal 120V	U	25,00	1	25,00
Borneras AWG16	U	1,00	6	6,00

Descripción	Unidad	Precio Unitario [USD]	Cantidad	Total [USD]
			Subtotal 1	1037,00

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 8-5 Costo de mano de obra

Descripción	Costo / hora [USD]	Cantidad (h)	Total [USD]
Electricista	3,50	6	21,00
Mecánico general	4,50	4	18,00
Ayudante	3,50	16	56,00
		Subtotal 2	95,00

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 9-5 Costos directos totales

Descripción	Costo [USD]
Costo de materiales e insumos	1037,00
Mano de obra	95,00
Transporte	15,00
Total	1147,00

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

**Costos indirectos.** Los costos indirectos van más allá de los costos asociados a la creación de un producto en particular e incluyen el precio de mantener el proyecto en su totalidad. Restan luego de que todos los costos directos han sido computados, y son conocidos a veces como los costos “reales” de hacer negocios. En esta categoría están los materiales y suministros necesarios para las operaciones diarias del proyecto. (Arline, 2015)

Estos incluyen ítems tales como suministros de limpieza, útiles, renta de equipos de oficina, etc. Los costos indirectos pueden ser variables y se incluyen en este grupo los costos de la electricidad y el gas. En la tabla 10-5, se muestra la lista de costos indirectos en los que se incurrió para la construcción del prototipo del deshidratador híbrido de frutas.

Tabla 10-5 Costos indirectos

<b>Costos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario [USD]</b>	<b>Precio Total [USD]</b>
<b>Ingenieriles</b>				
Supervisión	4	h	7,00	28,00
Diseño	10	h	7,00	168,00
Electricidad	20	h	0,30	6,00
			<b>Total</b>	<b>202,00</b>

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Tabla 11-5 Costos Totales

<b>Descripción</b>	<b>Costos [USD]</b>
Costos directos	1147,00
Costos indirectos	202,00
<b>Total</b>	<b>1349,00</b>

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## 5.7. Análisis de costos

Costo de producción de 1 lb de fruta deshidratada. Para obtener la fruta deshidratada se usará el prototipo de deshidratador híbrido de frutas, se debe utilizar 1 lb de fruta para cada proceso y sus costos se detallan a continuación:

## Manzana:

Tabla 12-5 Costo de producción de la manzana deshidratada

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Manzana	1 lb	1,00	1,00
Energía eléctrica	10 kW – h	0,08	0,80
		Total	1,80

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

El costo de deshidratar 1 lb de manzana es de 1,80 USD

$$Costo_{manzana} = \frac{1.8 \text{ USD}}{1 \text{ lb} * (100\% - 84.38\%)} = 11,53 \frac{\text{USD}}{\text{lb}}$$

$$Costo_{manzana} = 25.35 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

## Uvilla:

Tabla 13-5 Costo de producción de la uvilla deshidratada

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Uvilla	1 lb	0,50	0,50
Energía eléctrica	12 kW – h	0,08	0,96
		Total	1,46

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

El costo de deshidratar 1lb de uvilla es de 1,46 USD

$$Costo_{uvilla} = \frac{1.46 \text{ USD}}{1 \text{ lb} * (100\% - 67.25\%)} = 4,46 \frac{\text{USD}}{\text{lb}}$$

$$Costo_{uvilla} = 9.81 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$



## Frutilla:

Tabla 14-5 Costo de producción de frutilla deshidratada

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Frutilla	1 lb	1,00	1,00
Energía eléctrica	14 kW – h	0,08	1,12
Total			2,12

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

El costo de deshidratar 1lb de frutilla es de 2,12 USD

$$Costo_{frutilla} = \frac{2.12 \text{ USD}}{1\text{lb} * (100\% - 86.71\%)} = 15.95 \frac{\text{USD}}{\text{lb}}$$

$$Costo_{frutilla} = 35.09 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

## Mora:

Tabla 15-5 Costo de producción de mora deshidratada

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Mora	1 lb	1,00	1,00
Energía eléctrica	17 kW – h	0,08	1,36
Total			2,36

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

El costo de deshidratar 1lb de mora es de 2,36 USD

$$Costo_{mora} = \frac{2.36 \text{ USD}}{1\text{lb} * (100\% - 75.23\%)} = 9.53 \frac{\text{USD}}{\text{lb}}$$

$$Costo_{mora} = 20.96 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

### 5.7.1. Comparación de precios con el mercado

Se realiza una comparación del precio de venta en el supermercado de la manzana deshidratada la cual cuesta 2 dólares los 60gr.

$$\text{Precio mercado} = \frac{2 \text{ USD}}{60 \text{ gr}} * \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} = 33.33 \frac{\text{USD}}{\text{Kg}}$$

Con este proyecto teniendo una ganancia de 30% del costo de producción es 25.35 dólares el kilogramo de manzana deshidratada se tiene.

$$\text{Precio} = 25.35 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * (100\% + 30\%)$$

$$\text{Precio} = 32.96 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Como se puede observar el precio en el mercado es mayor al precio que obtenemos con nuestro equipo.

### 5.7.2. Cálculo de VAN

Se tomará en cuenta el costo de la frutilla, ya que es un producto que se encuentra todo el año en venta. Se tomará una ganancia del 30% del costo de producción, dando un valor de 45.62 dólares el kilogramo

$$\text{Costo de producción} = 35.09 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * 7 \text{ kg} (100\% - 86.71) \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * 20 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo de producción} = 7834.61 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ventas anuales} = 45.62 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * 7\text{kg}(100\% - 86.71) * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Ventas anuales} = 10185 \text{ USD}$$

$$\text{Ganancia} = \text{Ventas anuales} - \text{Costo de producción anual}$$

$$\text{Ganancia} = 10185 \text{ USD} - 7834.61 \text{ USD}$$

$$\text{Ganancia} = 2350.39 \text{ USD}$$

Se realiza una inversión inicial del costo del equipo de 1349 dólares.

Tabla 16-5 Cálculo de VAN

AÑO	COSTO PRODUCCIÓN	PVP	GANANCIA	VALOR ACTUAL	FLUJO DE CAJA
0	\$ -1.349,00		\$ -1.349,00	\$ -1.349,00	\$ -1.349,00
1	\$ 7.834,61	\$10.185,00	\$ 2.350,39	\$ 2.238,47	\$ 1.001,39
2	\$ 7.834,61	\$10.185,00	\$ 2.350,39	\$ 2.131,87	\$ 3.351,78
3	\$ 7.834,61	\$10.185,00	\$ 2.350,39	\$ 2.030,36	\$ 5.702,17
4	\$ 7.834,61	\$10.185,00	\$ 2.350,39	\$ 1.933,67	\$ 8.052,56
5	\$ 7.834,61	\$10.185,00	\$ 2.350,39	\$ 1.841,59	\$ 10.402,95
Total				\$ 8.826,96	

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

El flujo de caja se detalla a continuación, para un período de 5 años, con un interés del 5%.

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{VA}{(1 + \text{interes})^i} - \text{Inversión}$$

Con los datos tabulados tenemos un VAN de 8826.96 dólares, siendo mayor a 0, lo que nos indica que es un proyecto rentable.

### 5.7.3. Período de recuperación

Para determinar el periodo de recuperación de la inversión, se grafican los datos del flujo de caja y se determina el punto de corte de la recta con el eje del tiempo.

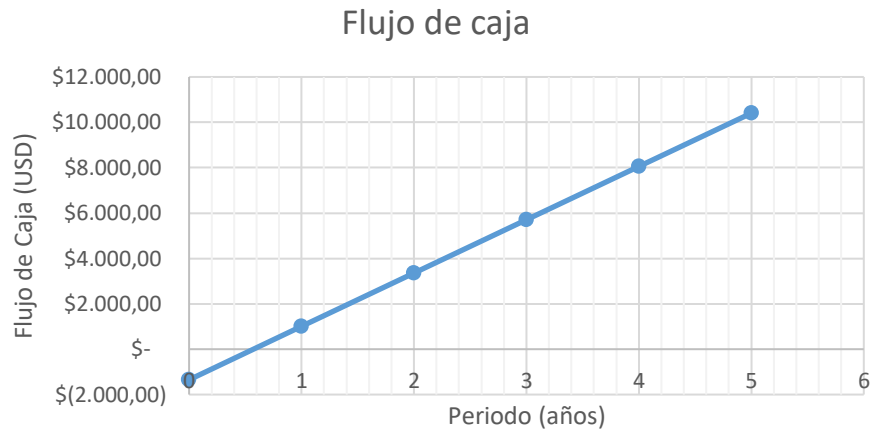


Figura 26-5 Flujo de caja

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Se toma dos puntos para realizar una interpolación lineal, para determinar el punto de cruce.

$$P_0 = (0; -1349)$$
$$P_1 = (1; 1001.39)$$

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

$$\frac{0 - (-1349)}{x - 0} = \frac{1001.39 - (-1349)}{1 - 0}$$
$$x = \frac{(0 + 1349)(1 - 0)}{1001.39 + 1349}$$

$$x = 0.574 \text{ años}$$

Dando un periodo de recuperación de 6 meses 18 días.

#### 5.7.4. Cálculo del TIR

Para el cálculo del TIR se genera el cálculo del VAN con varias tasas de interés y se localiza el punto donde el VAN se hace cero.

Tabla 17-5 Cálculo del TIR

Interés	VAN
10%	\$ 4.546,84
20%	\$ 2.530,08
30%	\$ 1.810,14
40%	\$ 1.290,78
50%	\$ 903,55
60%	\$ 606,64
70%	\$ 373,47
80%	\$ 186,55
90%	\$ 34,00
100%	\$ -92,45

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

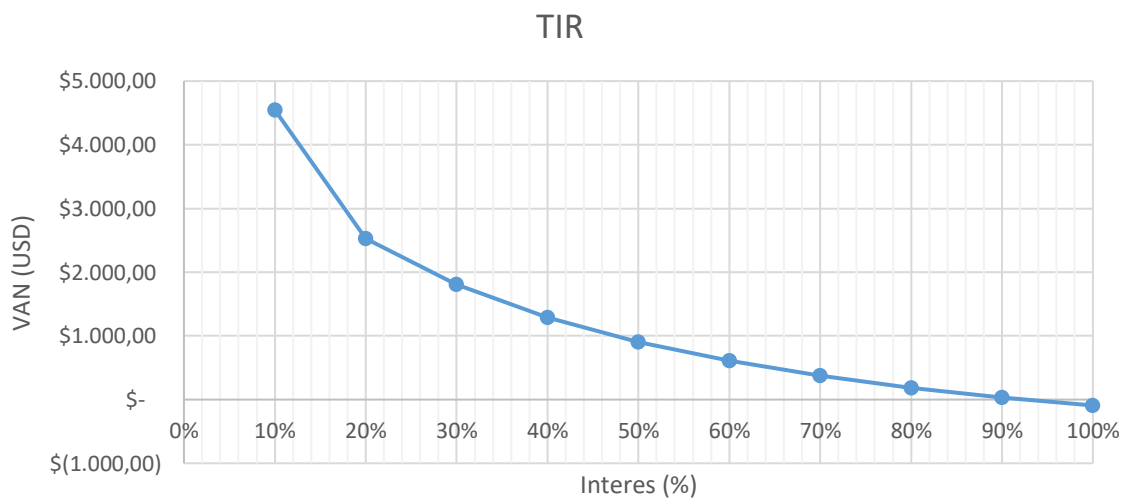


Figura 27-5 Gráfica del TIR

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Lo que nos da un TIR del 93%, por lo que se concluye que el proyecto es rentable.

## 5.8. Manual de operación y mantenimiento del prototipo de deshidratador híbrido de frutas

En el presente manual se describe la correcta utilización, operación y mantenimiento del prototipo de deshidratador híbrido, así como ajustes y solución de problemas; la información contenida en el presente manual es fundamental para el manejo correcto del prototipo por parte de los operadores y para efectuar un mantenimiento adecuado por parte del responsable al frente.

### 5.8.1. Vista General del prototipo de deshidratador.

En la Figura 49, se muestran los elementos constitutivos del prototipo de deshidratador híbrido.



Figura 28-5 Vista General del Deshidratador

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

## 5.8.2. *Accesorios del equipo*

### 5.8.2.1. *Bandejas de secado*

El deshidratador posee 10 bandejas con una separación de 25 mm entre sí, están construidas de plástico alimenticio; su función principal es el sostén de las frutas para deshidratar.



Figura 29-5 Bandejas de secado

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.2.2. *Tapa del deshidratador*

Se coloca una vez que la materia prima está en la cámara de secado, previa a realizar la deshidratación, de manera que mantenga un ambiente hermético dentro del deshidratador.



Figura 30-5 Tapa del deshidratador

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.2.3. *Accionamiento del control*

La función de este accionamiento es encender y apagar el prototipo de deshidratador. El deshidratador tiene un accionamiento on – off. El usuario, luego de colocar la materia prima en las bandejas e introducirlas en la cámara de secado, lo enciende hasta comprobar visualmente y mediante un pequeño sonido que el equipo está en funcionamiento. Luego de esto, se setea la temperatura y el tiempo de deshidratación dependiendo del tipo de fruta. Finalmente, cuando el prototipo ha cumplido con su propósito este se apaga automáticamente.

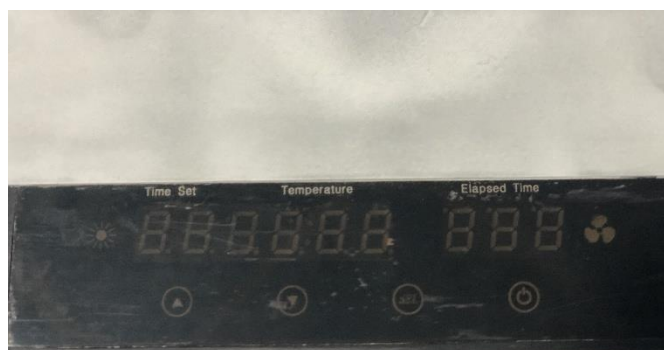


Figura 31-5 Accionamiento de control

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.3. *Características del Deshidratador*

El deshidratador descrito en el presente trabajo exhibe las características que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 18-5 Características del prototipo del deshidratador de frutas

<b>DESHIDRATADOR HÍBRIDO DE FRUTAS</b>	
Características Generales	Dimensiones:
	Alto: 328mm
	Ancho: 210mm
	Longitud: 320mm
	Capacidad de carga: 7kg



---

Material de construcción: Plástico de grado alimenticio.

---

Fuente de alimentación: Energía Eléctrica, Energía Solar

---

Partes constitutivas: Panel solar, panel de control, deshidratador, regulador de carga, Batería, inversor de corriente

---

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### **5.8.4. *Instalación del equipo mediante energía eléctrica.***

El presente equipo al ser diseñado para el uso doméstico, es de instalación sencilla y para su uso mediante energía eléctrica requiere únicamente ser asentado sobre cualquier superficie horizontal fija y tener a disposición un conector de 110 V mismo que será conectado al panel de control.



Figura 32-5 Panel de control


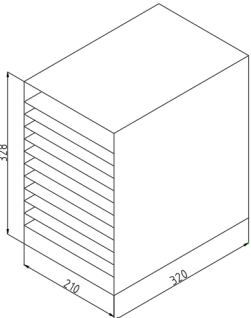

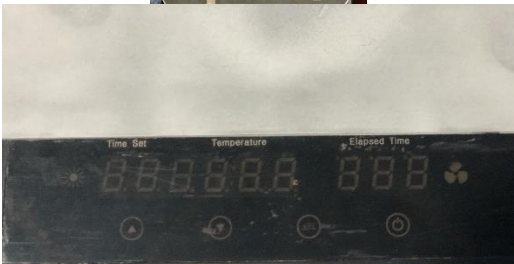
Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### **5.8.5. *Instrucción de Operación***

En la presente sección se describe la forma correcta del uso del deshidratador, que consiste simplemente en colocar la materia prima sobre las bandejas de secado, finalmente setear la

temperatura y el tiempo dependiendo del tipo de fruta. Ver tabla “Formación del Sistema del deshidratador”

Tabla 19-5 Descripción de Operación

No.	Ilustración	Descripción
1		<p>Colocar en las bandejas, la materia prima previamente cortadas y distribuidas de manera homogénea.</p>
2		<p>Colocar las bandejas en las cámaras de secado</p>
3		<p>Sellar de manera segura utilizando la tapa de la cámara de secado y se debe comprobar que exista un sistema cerrado dentro del mismo.</p>
4		<p>Encender el deshidratador con el botón ON y setear la temperatura y el tiempo de deshidratación.</p>

No.	Ilustración	Descripción
5		<p>Finalmente, a vez que el equipo se apaga se procede a retirar la tapa del equipo y obtener la materia prima deshidratada.</p>

Realizado por: Arias, Roberto. 2020


### 5.8.6. *Instalación del equipo mediante energía solar.*

En la presente sección se describe el uso del deshidratador mediante energía solar, que para su correcto funcionamiento consiste en colocar los siguientes sistemas: deshidratador, automatización y fotovoltaico.

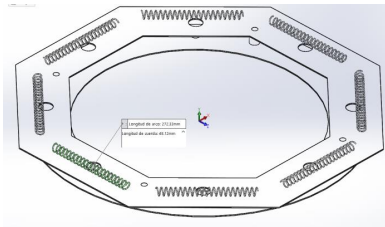
#### 5.8.6.1. *Sistema del deshidratador*

A continuación, encontramos la descripción del sistema del deshidratador.

Tabla 20-5 Formación del Sistema del deshidratador

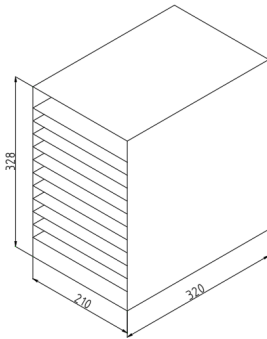
No.	Partes	Descripción
1	<p>Bandejas de secado</p> 	<p>Deberán ser colocadas en el interior de la cámara de secado, una vez que se haya colocado la materia prima requerida para ser deshidratada.</p>
2	<p>Resistencia eléctrica</p>	<p>Parte constitutiva de la cámara de secado encargada de la generación del calor necesario para la deshidratación.</p>

No.	Partes	Descripción
-----	--------	-------------



Cámara de secado

3



Contenedor que debe estar herméticamente sellado.

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.6.2. Sistema de automatización

A continuación, encontramos la descripción correspondiente de las partes.

Tabla 21-5. Formación del Sistema de automatización

No.	Partes	Descripción
-----	--------	-------------

1







El Deshidratador consta de dos tipos de alimentación: la primera proviene del sistema fotovoltaico y la segunda de manera directa mediante corriente eléctrica. Teniendo como objetivo el paso de energía de corriente alterna a la cámara de secado.

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.6.3. Sistema fotovoltaico

A continuación, encontramos la descripción correspondiente de las partes.

Tabla 22-5. Formación del Sistema fotovoltaico

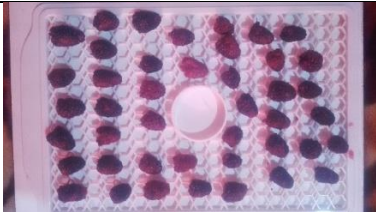


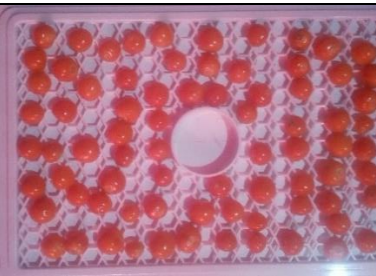
No.	Partes	Descripción
1	<p>Panel solar</p> 	Debe conectarse al controlador de carga, debido a que la radiación solar no es constante.
2	<p>Control de carga</p> 	Está conectado a la batería y al panel solar. Su función es evitar las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador
3	<p>Batería</p> 	Estará conectada al control de carga y al inversor de Carga. Su función es almacenar la energía la corriente continua.
4	<p>Inversor de Carga</p> 	Debe conectarse a la batería y al panel de control. Permite el paso de corriente continua a corriente alterna y finalmente el equipo está listo para ser puesto en marcha.

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Una vez realizada la conexión del sistema fotovoltaico al deshidratador el equipo está listo para la instrucción de operación de deshidratación de la materia prima. Ver Tabla “Descripción de operación”.

Para efectuar las pruebas en el prototipo de deshidratador motivo del presente trabajo, se usó diferentes frutas las mismas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 23-5 Frutas usadas en las pruebas



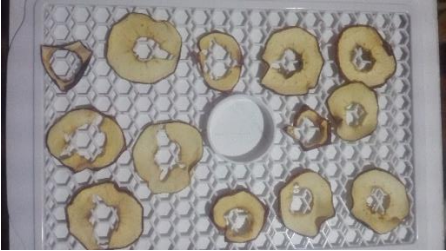

Cantidad	Unidad	Descripción	Referencia
1	lb	Mora	
1	lb	Manzana	
1	lb	Frutilla	
1	lb	Uvilla	




Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.7. Limpieza del equipo

Luego del proceso de obtención de la materia prima deshidratada, es indispensable efectuar la limpieza del equipo, para asegurar una buena limpieza se recomienda seguir el procedimiento siguiente:

Tabla 24-5 Procedimiento recomendado de limpieza del equipo

No.	Instrucción	Referencia
1	Desconectar el equipo del panel de control.	
2	Retirar la tapa del deshidratador	
3	Extraer la materia prima del deshidratador	
4	Verter la materia prima en la superficie deseada.	

No.	Instrucción	Referencia
5	Una vez extraída las bandejas de secado se procede a lavarlas con agua, jabón y posterior ponerlas a secar.	
6	Con la cámara de secado libre de las bandejas se procede al aseo y limpieza con un trapo húmedo retirando residuos de materia prima	
7	Tapar nuevamente el equipo deshidratador.	

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

### 5.8.8. *Mantenimiento del Deshidratador:*

El deshidratador, al igual que cualquier otro equipo tiende a sufrir desgaste en sus elementos con el paso del tiempo y el uso continuo. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, la productividad y la



funcionalidad del prototipo descenderán de manera gradual hasta llegar a un fallo total. El presente manual provee las pautas y procedimientos básicos para mantener el equipo en óptimas condiciones y de esta manera asegurar un correcto funcionamiento. En la tabla 25-5 se enlistan los elementos más sensibles del equipo y el tipo de revisiones que deben efectuarse.

Tabla 25-5 Mantenimientos recomendados a la máquina

Periodos de trabajo	Elementos Principales							Trabajos a realizar	
	Panel Solar	Control de carga	Batería	Inversor de corriente	Panel de control	Cámara de Secado	Bandejas		Resistencia Eléctrica
D	X		X	X	X	X	X		Limpiar
M	X				X			X	Verificar las luces pilotos Revisión de la fuente solar Revisión de la fuente eléctrica
T			X						Ajustar Bornes de la batería Limpiar la sulfatación en los bornes de la batería

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

**Dónde:**

D: Diario

M: Mensual

T: Trimestral

**5.8.9. Riesgos y medidas preventivas.**

Las cortaduras ocurren cuando objetos filosos cortan la superficie de la piel llegando a tejidos grasos, tendones, músculos y hasta los huesos. Especialmente en el uso de la preparación de la materia prima, existe riesgo para las manos del operario al momento que corta la materia prima.

Por lo tanto, cuando se corte la materia para la deshidratación en el prototipo se lo recomienda realizarlo con mucho cuidado con la finalidad de evitar riesgo de cortadura.

#### 5.8.9.1. *Riesgo eléctrico*

Un riesgo eléctrico es un riesgo para una persona de muerte, shock o alguna otra lesión causada directamente o indirectamente por la electricidad. (Arias Hinojosa & Cordova Uvidia, 2016) Los mayores peligros asociados con estos riesgos son:

- Contacto con partes expuestas que cause un shock eléctrico y quemaduras (por ejemplo, cables expuestos u otros equipos eléctricos en contacto con superficies metálicas).
- Fallas que puedan provocar incendios
- Fuego o explosiones donde la electricidad pueda ser la fuente de ignición en una atmósfera potencialmente inflamable o explosiva.

El riesgo de lesiones debidas a la electricidad está fuertemente vinculado a dónde y cómo es usada; los riesgos son mayores en condiciones severas como en ambientes húmedos.

Las medidas de control de riesgos eléctricos más comunes incluyen:

- Asegurarse que electricistas capacitados lleven a cabo los trabajos eléctricos
- Inspeccionar los cables antes de usar las máquinas y revisar que no tengan secciones descubiertas.
- Llevar a cabo mantenimientos preventivos en los equipos eléctricos, principalmente inspecciones visuales o pruebas cuando sea necesarios.

## CONCLUSIONES

- a) Una vez realizado el dimensionamiento, diseño y construcción del prototipo se determina que el equipo tendrá una capacidad de: 7 kg de producto, 10 bandejas de secado, potencia de 500W, 8 resistencias en octágono y alcanzará una temperatura de 40 – 60°C.
- b) Se comprueba que el deshidratador funciona correctamente, con el sistema fotovoltaico instalado bajo parámetros mecánicos y térmicos, obteniendo como resultado un tiempo equilibrado de deshidratación de 11 a 14 horas dependiendo el fruto (manzana 11 horas y la mora 17 horas).
- c) Después de realizar la comprobación de los cálculos realizados en el diseño con el software se obtienen los siguientes resultados.

Descripción	Calculo manual	Calculo software	Error
Calor total	490,2 W	493,77 W	0,72%
Calor de rechazado	25,2 W	25,91 W	2,74%
Esfuerzo en pared lateral	0,0843 MPa	0,0824 MPa	2,25%

- d) El comportamiento de las curvas es exponencial tienden a estabilizarse en cierto punto. El peso se estabiliza en el valor en el que se eliminó toda la humedad. En cambio, la humedad se estabiliza en cero.
- e) Se toma la radiación directa en Ambato, Latacunga y Riobamba dando valores de 2700, 3600 y 3000 [Wh/m<sup>2</sup>/día] respectivamente. Con estos valores se podrá cargar nuestra batería en 43 min en Ambato, 39 min en Riobamba y 32 min en Latacunga. Se tiene una mayor rapidez de carga en la ciudad de Latacunga.

## RECOMENDACIONES

- a) No utilizar el equipo si hay una elevada humedad en el aire, puesto que generara que se requiera más potencia para la deshidratación de las frutas, ya que estas absorberían la humedad del ambiente.

FRUTA	(%) HUMEDAD NORAL	(%) HUMEDAD ABSORVIDA
MANZANA	84	87
UVILLA	67	70
FRUTILLA	86	90
MORA	75	80



- b) No colocar frutas mojadas directamente en el deshidratador.
- c) Mantener el panel solar libre de polvo o imperfecciones que afecten la captación de energía solar.
- d) Impulsar el uso de energías limpias ya que de esta manera se contribuye al cambio climático.
- e) Para generar un deshidratador para la industria se debería incrementar las dimensiones del prototipo, así como el número de paneles y baterías. Dependiendo de la necesidad y requerimientos de la industria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias Hinojosa, R. F., & Cordova Uvidia, R. A. (2016). *Diseño y Construcción de una Máquina Orientada al Sector Restaurantero para la Elaboración de Fideos Spaghetti No. 10*. Riobamba.
- Arline, K. (19 de 06 de 2015). *business news daily*. Obtenido de <http://www.businessnewadaily.com/5498-direct-costs-indirect-costs.html>
- Campó, J. (2007). *Diseño y construcción de una máquina deshidratadora*. Obtenido de <file:///D:/92/41044.pdf>
- Cengel, Y. A. (2010). *Transferencia de Calor y Masa* (Cuarta ed.). McGrawHill.
- Ciudades, H. d. (Junio de 2014). *Cambio Climático y Ciudades*. Obtenido de <http://www.huelladeciudades.com/>
- Comofunciona. (s.f.). Obtenido de <http://como-funciona.co/el-sistema-fotovoltaico/>
- Conasi. (s.f.). Obtenido de <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservar-los-alimentos/>
- Conelec. (2008). *Atlas Solar del Ecuador*.
- Energía solar. (s.f.). Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica>
- Gil, J. A. (2019). *infoAgro*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/frutas/deshidratacion\\_frutas.htm](https://www.infoagro.com/frutas/deshidratacion_frutas.htm)
- Gourmia. (2016). *Manual modelo #GFD1750,GFD1850*.
- Hidalgo, A. (Junio de 2013). *Guía Metodológica*. Obtenido de <http://www.fonafifo.go.cr/actualidad/noticias/ultimasnoticias/C-Neutral.pdf>
- Maupoey, P. F. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Valencia: UPV, D.L. 2001.
- Mora. (2012). *Diseño y construcción de una máquina Automatizada para el proceso de secado*. . Obtenido de Editorial Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- pdfslide.net. (19 de 02 de 2013). Obtenido de <https://pdfslide.net/documents/reporte-13-charolas.html>
- Remedios Naturales. (s.f.). Obtenido de <https://www.remediosnaturales.es/en-que-consiste-la-deshidratacion-de-los-alimentos/>
- Rodríguez Rojas, R. A., & Velázquez Camilo, O. (2014). *Tipos de Deshidratadores*.
- Varea, D. E. (2009). *Regresión Polinomial*. Obtenido de SlideShare: <https://www.slideshare.net/diegoegas/regresion-polinomial-2512264>

## ANEXOS

### ANEXO A. Formato de encuesta

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>		
<b>ENCUESTA DE FACTIBILIDAD DE DESHIDRATADOR</b>			
<b>1. CONOCE USTED LAS VENTAJAS DE LA FRUTA DESHIDRATADA?</b>		<b>5. CON QUÉ TIPO DE ENERGIA DESEARÍA QUE FUNCIONE?</b>	
SI	<input type="text"/>	ELECTRICIDAD	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	SOLAR	<input type="text"/>
<b>2. SABE USTED QUE ES UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS?</b>		MIXTO	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>		
NO	<input type="text"/>		
<b>3. AQUIRIRÍA USTED UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS?</b>		<b>6. QUÉ PRECIO PAGARÍA POR ESTE EQUIPO ?</b>	
SI	<input type="text"/>	MENOS DE \$250	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	ENTRE \$250 Y \$ 350	<input type="text"/>
		MAS DE \$350	<input type="text"/>
<b>4. CÚAL ES EL TIPO DESHIDRATADOR QUE USTED NECESITA?</b>			
DOMÉSTICO ( $\leq 10$ kg)	<input type="text"/>		
SEMI INDUSTRIAL (10 a 20kg)	<input type="text"/>		
INDUSTRIAL ( $\geq 20$ kg)	<input type="text"/>		

## **ANEXO B. Propiedades de resistividad del NICROM 80/20**

Se utiliza para temperaturas de elemento de hasta 1200 °C y esta aleación está compuesta en un 80 % de Níquel y un 20 % de Cromo. El Nicrom 80/20, mantiene su resistencia a la tensión cuando la temperatura se incrementa y, respecto a otros materiales, posee un alto punto de fusión, no se oxida ni corroe fácilmente, además de no ser magnético y contar con una alta flexibilidad. Todas estas propiedades hacen a los alambres y cintas de Nicrom la elección predilecta para usos donde se requiere calentamiento y resistencia.

Alambres Nicrom 80/20:

<b>ALAMBRE 80/20</b>	<b>Ω/m</b>	<b>m/KG</b>
0,18	42,83	4735
0,20	34,7	3835
0,25	22,21	2454
0,30	15,42	1705
0,35	11,33	1252
0,40	8,67	958,80
0,45	6,85	757,60
0,50	5,55	613,60
0,55	4,58	507,10
0,60	3,85	426,10
1,80	0,42	47,35
2,00	0,34	38,35

<http://www.damfer-srl.com.ar/index.php?paginas=acr2>

## ANEXO C. Resultados del Urkund

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Diseño de un prototipo de deshidratador híbrido de frutas para la region andina.docx (D62297462)  
**Submitted:** 1/13/2020 6:14:00 PM  
**Submitted By:** magdy.echeverria@esPOCH.edu.ec  
**Significance:** 4 %

#### Sources included in the report:

tesis, diseño de un deshidrador de quinua 1.docx (D41754457)  
<https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservar-los-alimentos/>

#### Instances where selected sources appear:

5



## ANEXO D. Obtención de ecuaciones características

### Obtención ecuaciones características de la uvilla

Para la obtención de la ecuación del Peso (W) vs tiempo (t). Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

$$W = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)} + b$$

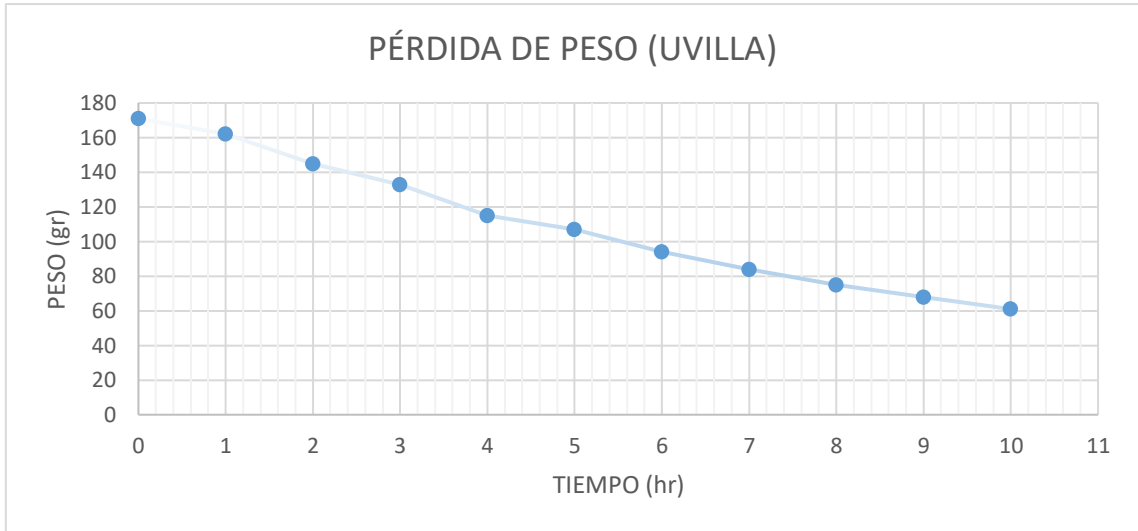
Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(W) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente.

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum W_i \\ \sum t_i \cdot W_i \\ \sum t_i^2 \cdot W_i \\ \sum t_i^3 \cdot W_i \end{pmatrix}$$

El valor de b es igual a 56gr, este es el valor en donde la curva se estabiliza.



Curva Peso vs Tiempo de uvilla

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Valores de Peso de uvilla para linealización

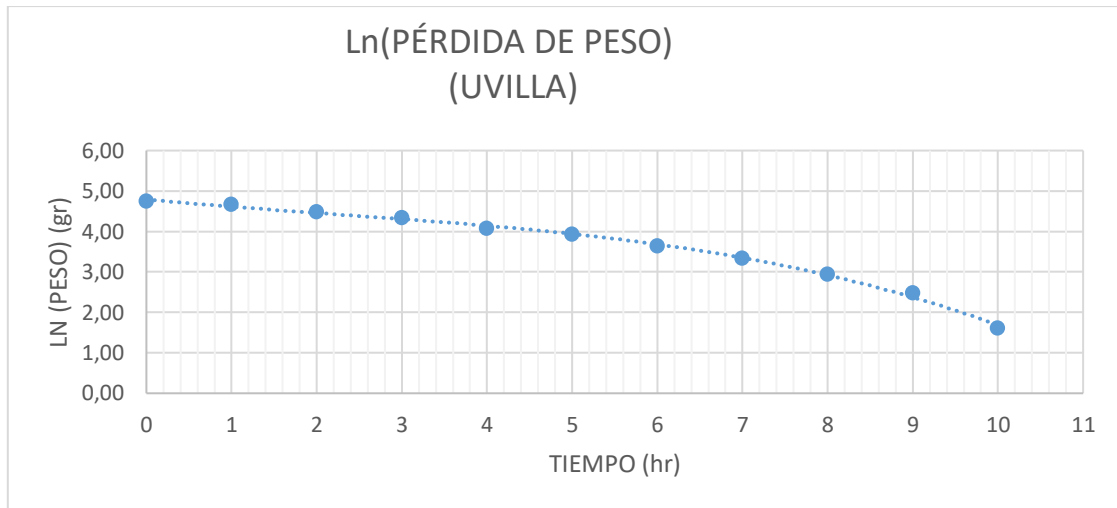
t (hr)	W (gr)	$W_2 = \frac{W}{LN(W-b)}$	$t^2$	$t^3$	$t^4$	$t^5$	$t^6$	$t \cdot W_2$	$t^2 \cdot W_2$	$t^3 \cdot W_2$
0	171	4,7449	0	0	0	0	0	0	0	0
1	162	4,6634	1	1	1	1	1	4,6634	4,6634	4,6634
2	145	4,4886	4	8	16	32	64	8,9773	17,9545	35,9091
3	133	4,3438	9	27	81	243	729	13,0314	39,0942	117,2827
4	115	4,0775	16	64	256	1024	4096	16,3101	65,2406	260,9624
5	107	3,9318	25	125	625	3125	15625	19,6591	98,2956	491,4782
6	94	3,6376	36	216	1296	7776	46656	21,8255	130,9531	785,7186
7	84	3,3322	49	343	2401	16807	117649	23,3254	163,2780	1142,9461
8	75	2,9444	64	512	4096	32768	262144	23,5555	188,4441	1507,5528
9	68	2,4849	81	729	6561	59049	531441	22,3642	201,2774	1811,4969
10	61	1,6094	100	1000	10000	100000	1000000	16,0944	160,9438	1609,4379
55	1215	40,2588	385	3025	25333	220825	1978405	169,8064	1070,1449	7767,4483

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 11 & 55 & 385 & 3025 \\ 55 & 385 & 3025 & 25333 \\ 385 & 3025 & 25333 & 220825 \\ 3025 & 2533 & 220825 & 1978405 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40.2588 \\ 169.8064 \\ 1070.1449 \\ 7767.4483 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0034t^3 + 0.0233t^2 - 0.2016t + 4.7939$$



Curva Logaritmo de Peso vs Tiempo de uvilla

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos.

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{2\text{ cal}})^2$$

Valores de Ln (Peso) de uvilla para cálculo de  $r^2$

$W_2 = \ln(W-b)$	$(\bar{W}_2 - W_2)^2$	$W_{2\text{ cal}}$	$(\bar{W}_2 - W_{2\text{ cal}})^2$
4,7449	1,1773	4,7939	0,0024
4,6634	1,0071	4,6122	0,0026
4,4886	0,6868	4,4564	0,0010

4,3438	0,4677	4,3061	0,0014
4,0775	0,1744	4,1409	0,0040
3,9318	0,0740	3,9400	0,0001
3,6376	0,0005	3,6832	0,0021
3,3322	0,1074	3,3498	0,0003
2,9444	0,5119	2,9194	0,0006
2,4849	1,3806	2,3714	0,0129
1,6094	4,2043	1,6854	0,0058
40,2588	9,7921	40,2588	0,0332

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{W}_2 = \frac{W_2}{n} = \frac{40.2588}{11}$$

$$\overline{W}_2 = 3.6598$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{9.7921 - 0.0332}{9.7921}$$

$$r^2 = 0.9966$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$W = 120.7751e^{(-0.0034t^3 + 0.0233t^2 - 0.2016t)} + 56$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Peso de uvilla para cálculo de  $r^2$

W (gr)	$W_{cat}$	$(\overline{W} - W)^2$	$(\overline{W} - W_{cat})^2$
171	176,7751	6967,86	33,3513
162	156,7030	5546,33	28,0587
145	142,1782	3303,22	7,9628
133	130,1543	2067,86	8,0982
115	118,8569	754,803	14,8756
107	107,4211	379,224	0,1773

94	95,7736	41,9086	3,1457
84	84,4976	12,4349	0,2476
75	74,5299	156,909	0,2209
68	66,7124	381,277	1,6579
61	61,3944	703,645	0,1555
56	58,3181	993,909	5,3735
56	56,8328	993,909	0,6936
56	56,2451	993,909	0,0601
56	56,0579	993,909	0,0033
56	56,0107	993,909	0,0001
56	56,0015	993,909	0,0000
56	56,0002	993,909	0,0000
56	56,0000	993,909	0,0000
1663	1666,4626	28266,7	104,0820

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W} = \frac{W}{n} = \frac{1663}{19}$$

$$\bar{W} = 87.526$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{28266.7 - 104.082}{28266.7}$$

$$r^2 = 0.9963$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Para la obtención de la ecuación de la humedad retirada (%H) vs tiempo (t) Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

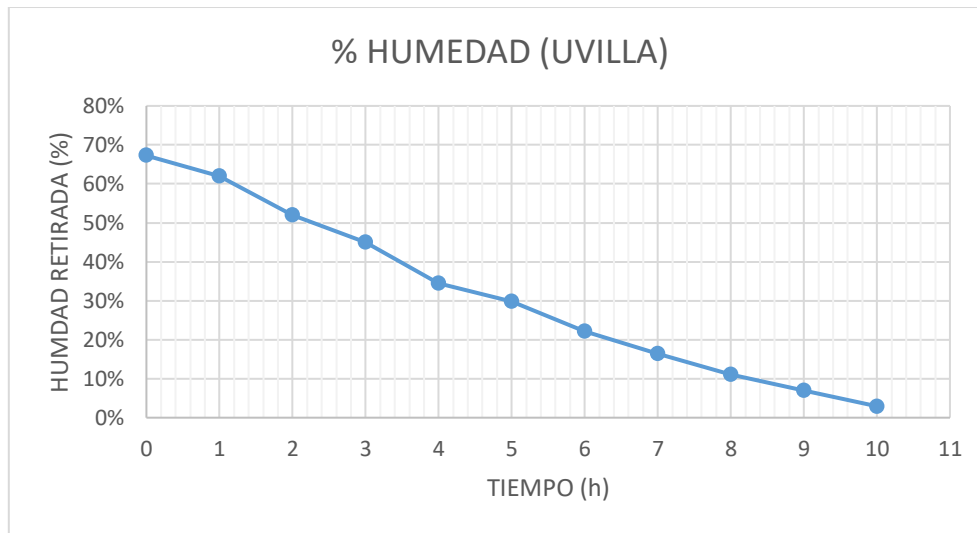
$$\%H = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)}$$

Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(\%H) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz de regresión por mínimos cuadrados polinómica, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \%H_i \\ \sum t_i \cdot \%H_i \\ \sum t_i^2 \cdot \%H_i \\ \sum t_i^3 \cdot \%H_i \end{pmatrix}$$



Humedad relativa en función del tiempo

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

#### Valores de humedad de uvilla para linealización

t (hr)	%H (%)	$\frac{\%H_2}{\text{LN}(\%H)}$	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.%H <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .%H <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .%H <sub>2</sub>
0	67,25%	-0,3967	0	0	0	0	0	0	0	0
1	61,99%	-0,4782	1	1	1	1	1	-0,4782	-0,4782	-0,4782
2	52,05%	-0,6530	4	8	16	32	64	-1,3061	-2,6121	-5,2242
3	45,03%	-0,7979	9	27	81	243	729	-2,3936	-7,1807	-21,5422
4	34,50%	-1,0641	16	64	256	1024	4096	-4,2565	-17,0260	-68,1041
5	29,82%	-1,2098	25	125	625	3125	15625	-6,0492	-30,2459	-151,2297
6	22,22%	-1,5041	36	216	1296	7776	46656	-9,0245	-54,1468	-324,8807
7	16,37%	-1,8095	49	343	2401	16807	117649	-12,6662	-88,6635	-620,6445
8	11,11%	-2,1972	64	512	4096	32768	262144	-17,5778	-140,6224	-1124,9790

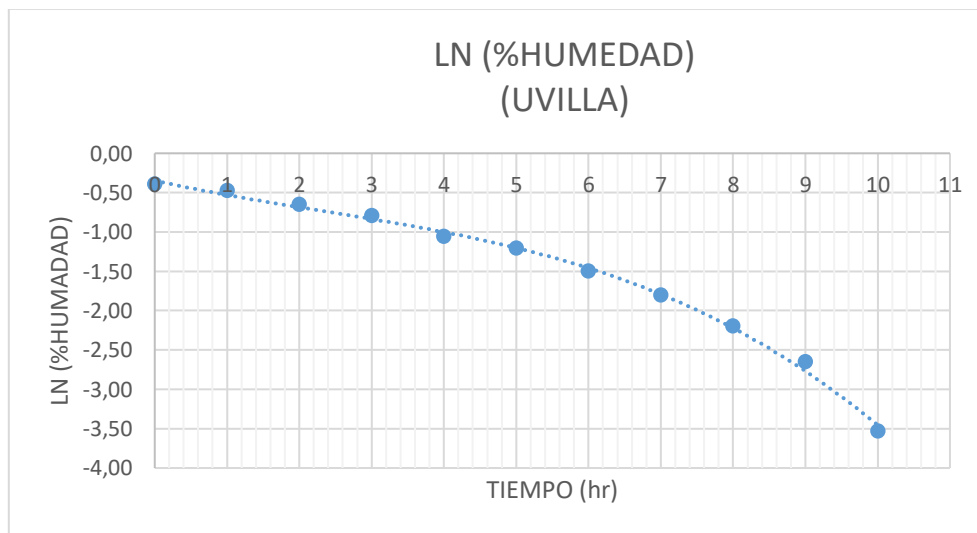
t (hr)	%H (%)	%H <sub>2</sub> = LN(%H)	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.%H <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .%H <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .%H <sub>2</sub>
9	7,02%	-2,6568	81	729	6561	59049	531441	-23,9108	-215,1973	-1936,7758
10	2,92%	-3,5322	100	1000	10000	100000	1000000	-35,3223	-353,2226	-3532,2256
55	3,5029	-16,2995	385	3025	25333	220825	1978405	-112,9851	-909,3955	-7786,0840

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 11 & 55 & 385 & 3025 \\ 55 & 385 & 3025 & 25333 \\ 385 & 3025 & 25333 & 220825 \\ 3025 & 2533 & 220825 & 1978405 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -16.2995 \\ -112.9851 \\ -909.3955 \\ -7786.0840 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0034t^3 + 0.0233t^2 - 0.2016t - 0.3477$$



Curva Logaritmo de Humedad vs Tiempo de uvilla

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos:

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\overline{W_2} - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\overline{W_2} - W_{cal})^2$$

En dónde  $r^2$  es el porcentaje de variación de la variable

Valores de Ln (Humedad) de uvilla para cálculo de  $r^2$

$\%H_2 = \text{Ln}(\%H)$	$(\overline{\%H_2} - \%H_2)^2$	$\%H_2_{cal}$	$(\overline{\%H_2} - \%H_2_{cal})^2$
-0,3967	16,4561	-0,3477	0,0024
-0,4782	17,1240	-0,5295	0,0026
-0,6530	18,6012	-0,6852	0,0010
-0,7979	19,8715	-0,8355	0,0014
-1,0641	22,3163	-1,0008	0,0040
-1,2098	23,7142	-1,2016	0,0001
-1,5041	26,6665	-1,4585	0,0021
-1,8095	29,9137	-1,7918	0,0003
-2,1972	34,3057	-2,2223	0,0006
-2,6568	39,9000	-2,7703	0,0129
-3,5322	51,7265	-3,4563	0,0058
-16,2995	300,5958	-16,2995	0,0332

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H_2} = \frac{\%H_2}{n} = \frac{-16.2995}{11}$$

$$\overline{\%H_2} = -1.4817$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{300.5958 - 0.0332}{300.5958}$$

$$r^2 = 0.9998$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.



Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$\%H = 70.63 * e^{(-0.0034t^3 + 0.023t^2 - 0.2016t)}$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Humedad de uvilla para cálculo de  $r^2$

Humedad (%)	$\%H_{cal}$	$(\overline{\%H} - \%H)^2$	$(\overline{\%H} - \%H_{cal})^2$
67,25%	70,63%	0,23829	0,0011
61,99%	58,89%	0,18968	0,0010
52,05%	50,40%	0,11297	0,0003
45,03%	43,37%	0,07072	0,0003
34,50%	36,76%	0,02581	0,0005
29,82%	30,07%	0,01297	0,0000
22,22%	23,26%	0,00143	0,0001
16,37%	16,67%	0,00043	0,0000
11,11%	10,84%	0,00537	0,0000
7,02%	6,26%	0,01304	0,0001
2,92%	3,15%	0,02406	0,0000
0,00%	1,36%	0,03399	0,0002
0,00%	0,49%	0,03399	0,0000
0,00%	0,14%	0,03399	0,0000
0,00%	0,03%	0,03399	0,0000
0,00%	0,01%	0,03399	0,0000
0,00%	0,00%	0,03399	0,0000
0,00%	0,00%	0,03399	0,0000
0,00%	0,00%	0,03399	0,0000
0,00%	0,00%	0,03399	0,0000
0,00%	0,00%	0,03399	0,0000
3,50292398	3,5232	0,96668	0,0036

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H} = \frac{\%H}{n} = \frac{3.5029}{19}$$

$$\overline{\%H} = 0.1844$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{0.9667 - 0.0036}{0.9667}$$

$$r^2 = 0.9963$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

### Obtención ecuaciones características de la frutilla

Para la obtención de la ecuación del Peso (W) vs tiempo (t). Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

$$W = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)} + b$$

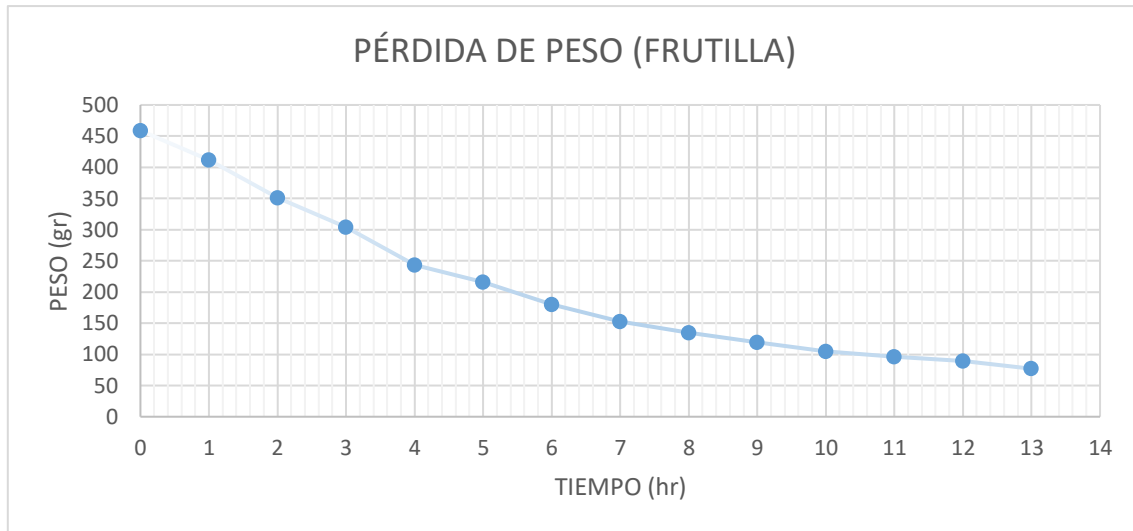
Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(W) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz de regresión polinomial por mínimos cuadrados, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum W_i \\ \sum t_i \cdot W_i \\ \sum t_i^2 \cdot W_i \\ \sum t_i^3 \cdot W_i \end{pmatrix}$$

El valor de b es igual a 61gr, este es el valor en donde la curva se estabiliza.



Curva Peso vs Tiempo de fresa

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Valores de Peso de fresa para linealización

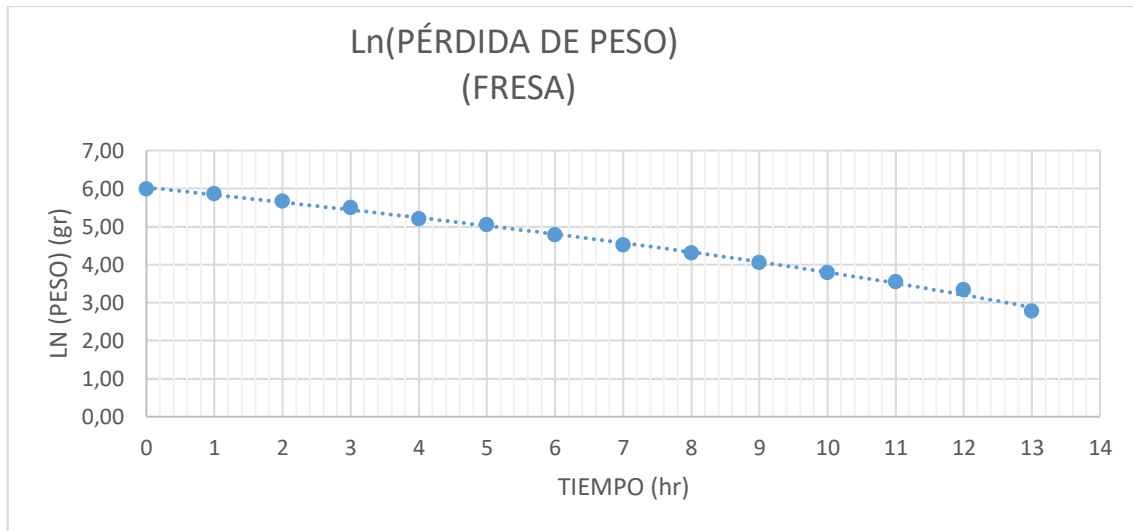
t (hr)	W (gr)	$\frac{W_2}{LN(W-b)}$	$t^2$	$t^3$	$t^4$	$t^5$	$t^6$	$t \cdot W_2$	$t^2 \cdot W_2$	$t^3 \cdot W_2$
0	459	5,9865	0	0	0	0	0	0	0	0
1	412	5,8608	1	1	1	1	1	5,8608	5,8608	5,8608
2	351	5,6699	4	8	16	32	64	11,3398	22,6795	45,3590
3	304	5,4931	9	27	81	243	729	16,4792	49,4376	148,3127
4	243	5,2040	16	64	256	1024	4096	20,8160	83,2641	333,0564
5	216	5,0434	25	125	625	3125	15625	25,2171	126,0856	630,4281
6	180	4,7791	36	216	1296	7776	46656	28,6747	172,0484	1032,2907
7	153	4,5218	49	343	2401	16807	117649	31,6525	221,5676	1550,9735
8	135	4,3041	64	512	4096	32768	262144	34,4325	275,4602	2203,6813
9	119	4,0604	81	729	6561	59049	531441	36,5440	328,8959	2960,062955
10	105	3,7842	100	1000	10000	100000	1000000	37,8419	378,4190	3784,1896
11	96	3,5553	121	1331	14641	161051	1771561	39,1088	430,1971	4732,16827
12	89	3,3322	144	1728	20736	248832	2985984	39,9865	479,8374	5758,049394
13	77	2,7726	169	2197	28561	371293	4826809	36,0437	468,5675	6091,3774
91	2939	64,3674	819	8281	89271	1002001	11562759	363,9975	3042,3208	29275,8102

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 14 & 91 & 819 & 8281 \\ 91 & 819 & 8281 & 89271 \\ 819 & 8281 & 89271 & 1002001 \\ 8281 & 89271 & 1002001 & 11562759 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 64.3674 \\ 363.9975 \\ 3042.3208 \\ 29275.8102 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0003t^3 - 0.0002t^2 - 0.1940t + 6.0315$$



Curva Logaritmo de Peso vs Tiempo de fresa

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos.

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{cat})^2$$

Valores de Ln (Peso) de fresa para cálculo de  $r^2$

$W_2 = \ln(W-b)$	$(\bar{W}_2 - W_2)^2$	$W_{2\ cat}$	$(\bar{W}_2 - W_{2\ cat})^2$
5,9865	1,9287	6,0315	0,0020
5,8608	1,5955	5,8370	0,0006

$W_2 = \ln(W-b)$	$(\bar{W}_2 - W_2)^2$	$W_{2\text{ cat}}$	$(\bar{W}_2 - W_{2\text{ cat}})^2$
5,6699	1,1496	5,6405	0,0009
5,4931	0,8017	5,4404	0,0028
5,2040	0,3676	5,2350	0,0010
5,0434	0,1987	5,0226	0,0004
4,7791	0,0329	4,8017	0,0005
4,5218	0,0058	4,5705	0,0024
4,3041	0,0862	4,3275	0,0005
4,0604	0,2886	4,0709	0,0001
3,7842	0,6617	3,7991	0,0002
3,5553	1,0864	3,5106	0,0020
3,3322	1,6014	3,2035	0,0166
2,7726	3,3309	2,8764	0,0108
64,3674	13,1359	64,3674	0,0407

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W}_2 = \frac{W_2}{n} = \frac{64.3674}{14}$$

$$\bar{W}_2 = 4.5976$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{13.1359 - 0.0407}{13.1359}$$

$$r^2 = 0.9969$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$W = 416.3503e^{(-0.0003t^3 + 0.0002t^2 - 0.1940t)} + 61$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Peso de fresa para cálculo de r2

W (gr)	$W_{cal}$	$(\bar{W} - W)^2$	$(\bar{W} - W_{cal})^2$
459	477,3503	83095,6	336,7331
412	403,7607	58207,9	67,8864
351	342,6155	32494,8	70,2992
304	291,5369	17759,1	155,3296
243	248,7271	5221,96	32,7998
216	212,8102	2048,75	10,1745
180	182,7159	85,8061	7,3762
153	157,5941	314,596	21,1054
135	136,7522	1277,12	3,0701
119	119,6092	2676,7	0,3711
105	105,6629	4321,33	0,4395
96	94,4676	5585,6	2,3483
89	85,6196	6680,91	11,4268
77	78,7502	8786,6	3,0633
61	73,5220	12042,2	156,8017
61	69,6294	12042,2	74,4667
61	66,7997	12042,2	33,6365
61	64,7952	12042,2	14,4035
61	63,4141	12042,2	5,8277
3244	3276,1329	288768	1007,5595

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W} = \frac{W}{n} = \frac{3244}{19}$$

$$\bar{W} = 170.7368$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{288768 - 1007.5595}{288768}$$

$$r^2 = 0.9965$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Para la obtención de la ecuación de la humedad retirada (%H) vs tiempo (t) Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

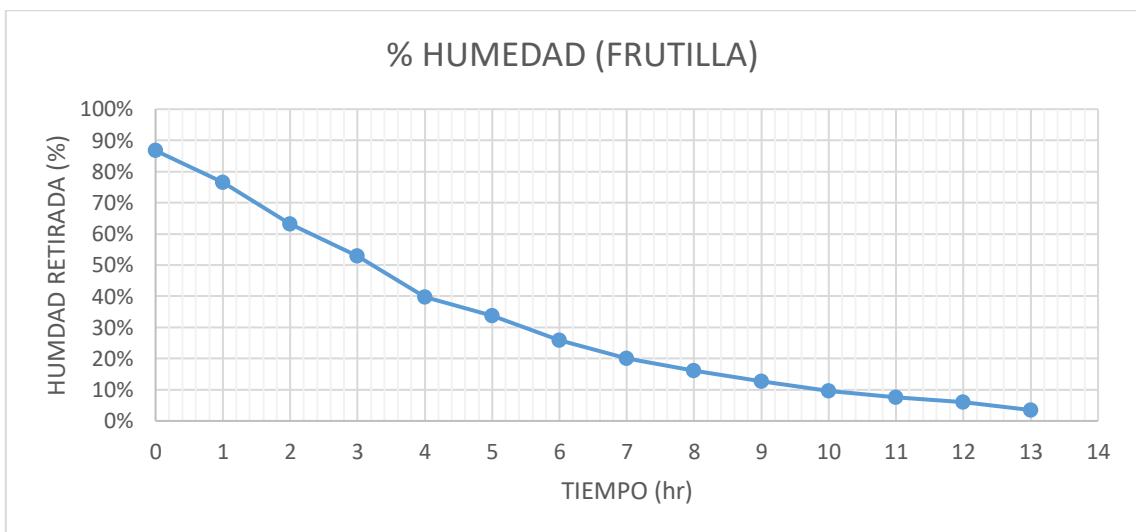
$$\%H = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)}$$

Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(\%H) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \%H_i \\ \sum t_i \cdot \%H_i \\ \sum t_i^2 \cdot \%H_i \\ \sum t_i^3 \cdot \%H_i \end{pmatrix}$$



Curva Peso vs Tiempo de fresa

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Valores de humedad de fresa para linealización

t (hr)	%H (%)	$\frac{\%H_2}{LN(\%H)}$	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.%H <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .%H <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .%H <sub>2</sub>
0	86,71%	-0,1426	0	0	0	0	0	0	0	0
1	76,47%	-0,2683	1	1	1	1	1	-0,2683	-0,2683	-0,2683
2	63,18%	-0,4592	4	8	16	32	64	-0,9183	-1,8367	-3,6734
3	52,94%	-0,6360	9	27	81	243	729	-1,9080	-5,7239	-17,1717
4	39,65%	-0,9250	16	64	256	1024	4096	-3,7002	-14,8007	-59,2028
5	33,77%	-1,0856	25	125	625	3125	15625	-5,4281	-27,1406	-135,7031
6	25,93%	-1,3499	36	216	1296	7776	46656	-8,0996	-48,5974	-291,5842
7	20,04%	-1,6073	49	343	2401	16807	117649	-11,2508	-78,7558	-551,2907
8	16,12%	-1,8250	64	512	4096	32768	262144	-14,5999	-116,7990	-934,3924
9	12,64%	-2,0686	81	729	6561	59049	531441	-18,6175	-167,5572	-1508,0146
10	9,59%	-2,3449	100	1000	10000	100000	1000000	-23,4486	-234,4861	-2344,860
11	7,63%	-2,5737	121	1331	14641	161051	1771561	-28,3107	-311,4180	-3425,597
12	6,10%	-2,7968	144	1728	20736	248832	2985984	-33,5621	-402,7458	-4832,9493
13	3,49%	-3,3565	169	2197	28561	371293	4826809	-43,6340	-567,2420	-7374,1459
91	4,5424	-21,4393	819	8281	89271	1002001	11562759	-193,7461	-1977,3714	-21478,8546

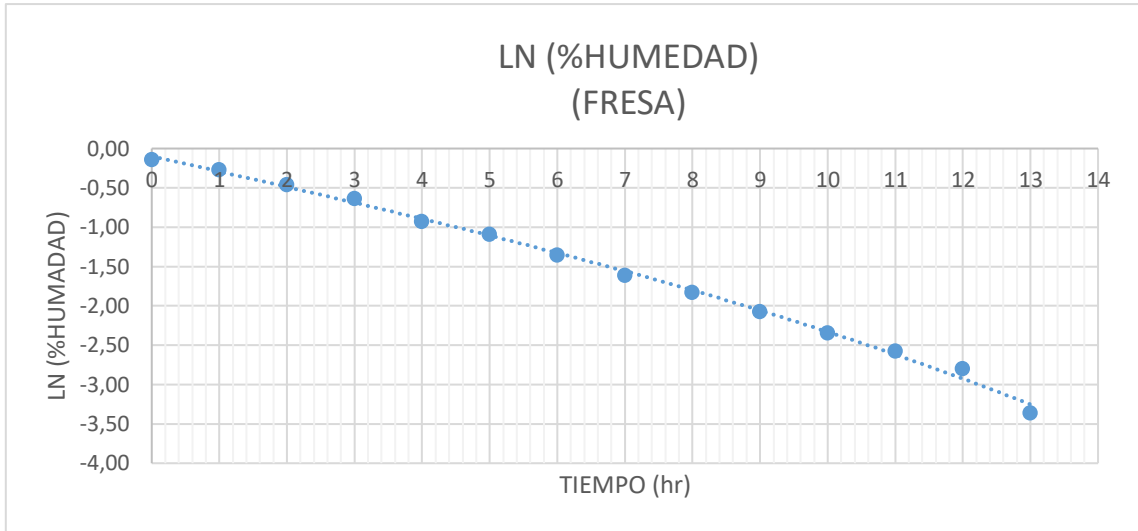
Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 14 & 91 & 819 & 8281 \\ 91 & 819 & 8281 & 89271 \\ 819 & 8281 & 89271 & 1002001 \\ 8281 & 89271 & 1002001 & 11562759 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -21.4393 \\ -193.7461 \\ -1977.3714 \\ -21478.8546 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0003t^3 - 0.0002t^2 - 0.1940t - 0.0975$$





Curva Logaritmo de Humedad vs Tiempo de fresa

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos:

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{cal})^2$$

Valores de Ln (Humedad) de fresa para cálculo de  $r^2$

$\%H_2 = \text{Ln}(\%H)$	$(\bar{\%H}_2 - \%H_2)^2$	$\%H_{2\text{ cal}}$	$(\bar{\%H}_2 - \%H_{2\text{ cal}})^2$
-0,1426	22,4701	-0,0975	0,0020
-0,2683	23,6773	-0,2920	0,0006
-0,4592	25,5716	-0,4885	0,0009
-0,6360	27,3912	-0,6886	0,0028
-0,9250	30,5004	-0,8941	0,0010
-1,0856	32,2998	-1,1064	0,0004
-1,3499	35,3739	-1,3274	0,0005
-1,6073	38,5012	-1,5585	0,0024
-1,8250	41,2505	-1,8016	0,0005
-2,0686	44,4392	-2,0582	0,0001

-2,3449	48,1987	-2,3299	0,0002
-2,5737	51,4286	-2,6185	0,0020
-2,7968	54,6788	-2,9255	0,0166
-3,3565	63,2682	-3,2527	0,0108
-21,4393	539,0495	-21,4393	0,0407

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H_2} = \frac{\%H_2}{n} = \frac{-21.4393}{14}$$

$$\overline{\%H_2} = -1.5314$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{539.0495 - 0.0407}{539.0495}$$

$$r^2 = 0.9999$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$\%H = 90.71 * e^{(-0.0003t^3 - 0.0002t^2 - 0.194t)}$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Humedad de fresa para cálculo de r<sup>2</sup>

Humedad (%)	%H <sub>cal</sub>	(%H̄ - %H) <sup>2</sup>	(%H̄ - %H <sub>cal</sub> ) <sup>2</sup>
86,71%	90,71%	0,39441	0,0016
76,47%	74,68%	0,27628	0,0003
63,18%	61,35%	0,15424	0,0003
52,94%	50,23%	0,08429	0,0007
39,65%	40,90%	0,02479	0,0002
33,77%	33,07%	0,00972	0,0000
25,93%	26,52%	0,00041	0,0000
20,04%	21,04%	0,00149	0,0001
16,12%	16,50%	0,00606	0,0000
12,64%	12,77%	0,0127	0,0000
9,59%	9,73%	0,02051	0,0000

7,63%	7,29%	0,02651	0,0000
6,10%	5,36%	0,03171	0,0001
3,49%	3,87%	0,04171	0,0000
0,00%	2,73%	0,05716	0,0007
0,00%	1,88%	0,05716	0,0004
0,00%	1,26%	0,05716	0,0002
0,00%	0,83%	0,05716	0,0001
0,00%	0,53%	0,05716	0,0000
4,54248366	4,6125	1,37064	0,0048

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H} = \frac{\%H}{n} = \frac{4.5425}{19}$$

$$\overline{\%H} = 0.2391$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{1.37064 - 0.0048}{1.37064}$$

$$r^2 = 0.9965$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

### Obtención ecuaciones características de la mora

Para la obtención de la ecuación del Peso (W) vs tiempo (t). Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

$$W = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)} + b$$

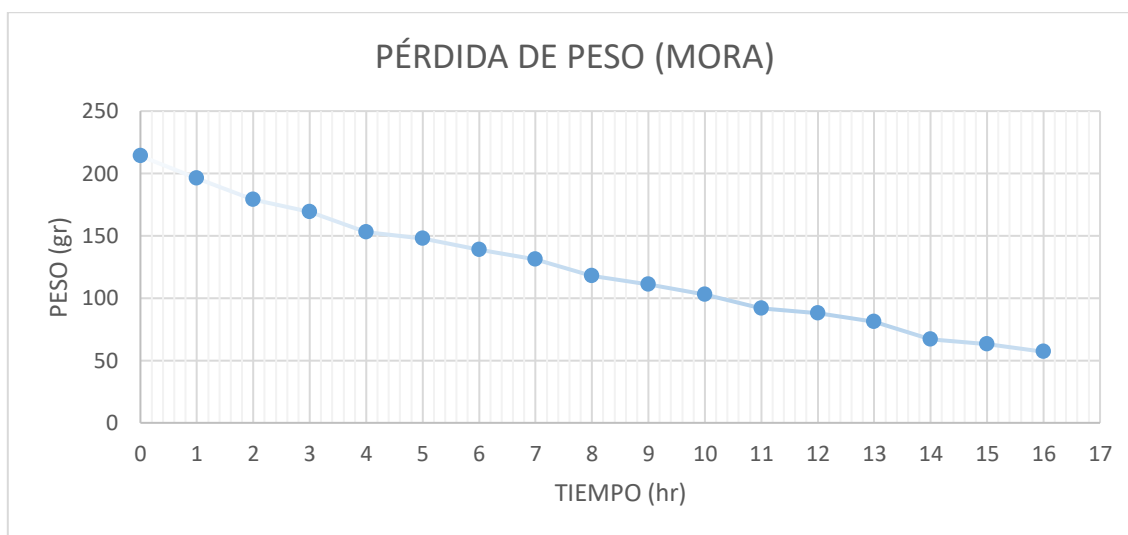
Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(W) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum W_i \\ \sum t_i \cdot W_i \\ \sum t_i^2 \cdot W_i \\ \sum t_i^3 \cdot W_i \end{pmatrix}$$

El valor de b es igual a 53gr, este es el valor en donde la curva se estabiliza.



Curva Peso vs Tiempo de mora

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Valores de Peso de mora para linealización

t (hr)	W (gr)	$\frac{W_2}{\ln(W-b)}$	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.W <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .W <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .W <sub>2</sub>
0	214	5,0814	0	0	0	0	0	0	0	0
1	196	4,9628	1	1	1	1	1	4,9628	4,9628	4,9628
2	179	4,8363	4	8	16	32	64	9,6726	19,3451	38,6903
3	169	4,7536	9	27	81	243	729	14,2608	42,7823	128,3469
4	153	4,6052	16	64	256	1024	4096	18,4207	73,6827	294,7309

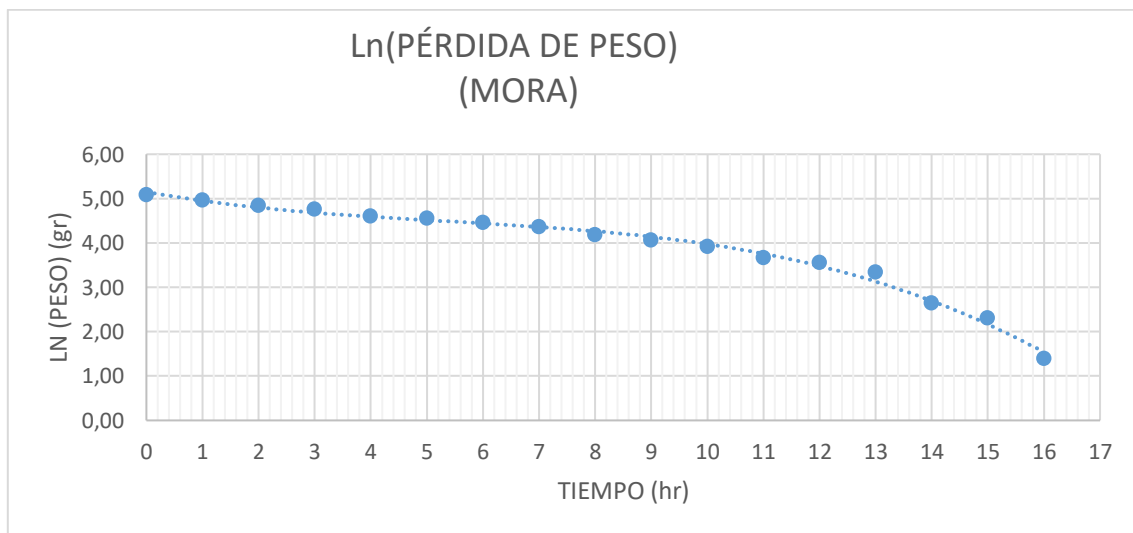
5	148	4,5539	25	125	625	3125	15625	22,7694	113,8469	569,2346
6	139	4,4543	36	216	1296	7776	46656	26,7261	160,3565	962,1390
7	131	4,3567	49	343	2401	16807	117649	30,4970	213,4787	1494,3511
8	118	4,1744	64	512	4096	32768	262144	33,3951	267,1608	2137,2863
9	111	4,0604	81	729	6561	59049	531441	36,5440	328,8959	2960,062955
10	103	3,9120	100	1000	10000	100000	1000000	39,1202	391,2023	3912,0230
11	92	3,6636	121	1331	14641	161051	1771561	40,2992	443,2910	4876,200551
12	88	3,5553	144	1728	20736	248832	2985984	42,6642	511,9701	6143,64145
13	81	3,3322	169	2197	28561	371293	4826809	43,3187	563,1426	7320,853309
14	67	2,6391	196	2744	38416	537824	7529536	36,9468	517,2552	7241,573312
15	63	2,3026	225	3375	50625	759375	11390625	34,5388	518,0816	7771,224689
16	57	1,3863	256	4096	65536	1048576	16777216	22,1807	354,8914	5678,2617
136	2109	66,6301	1496	18496	243848	3347776	47260136	456,3169	4524,3460	51533,5829

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 17 & 136 & 1496 & 18496 \\ 136 & 1496 & 18496 & 243848 \\ 1496 & 18496 & 243848 & 3347776 \\ 18496 & 243848 & 3347776 & 47260136 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 66.6301 \\ 456.3169 \\ 4524.3460 \\ 51533.5829 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0018t^3 + 0.0292t^2 - 0.2284t + 5.1534$$



Curva Logaritmo de Peso vs Tiempo de mora

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos:

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{cal})^2$$

Valores de Ln (Peso) de mora para cálculo de  $r^2$

$W_2 = \text{Ln}(W-b)$	$(\bar{W}_2 - W_2)^2$	$W_{2\text{ cal}}$	$(\bar{W}_2 - W_{2\text{ cal}})^2$
5,0814	1,3502	5,1534	0,0052
4,9628	1,0887	4,9524	0,0001
4,8363	0,8406	4,7988	0,0014
4,7536	0,6958	4,6819	0,0051
4,6052	0,4703	4,5906	0,0002
4,5539	0,4025	4,5141	0,0016
4,4543	0,2861	4,4416	0,0002
4,3567	0,1912	4,3621	0,0000
4,1744	0,0650	4,2647	0,0082
4,0604	0,0199	4,1385	0,0061
3,9120	0,0001	3,9727	0,0037
3,6636	0,0655	3,7563	0,0086
3,5553	0,1325	3,4784	0,0059
3,3322	0,3448	3,1282	0,0416
2,6391	1,6393	2,6948	0,0031
2,3026	2,6142	2,1672	0,0183
1,3863	6,4167	1,5345	0,0220
66,6301	16,6236	66,6301	0,1313

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W}_2 = \frac{W_2}{n} = \frac{66.6301}{17}$$

$$\bar{W}_2 = 3.9194$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{16.6236 - 0.1313}{16.6236}$$

$$r^2 = 0.9921$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$W = 173.0233e^{(-0.0018t^3+0.0292t^2-0.2284t)} + 53$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Peso de mora para cálculo de r<sup>2</sup>

W (gr)	$W_{cal}$	$(\bar{W} - W)^2$	$(\bar{W} - W_{cal})^2$
214	226,0233	9490,86	144,5594
196	194,5113	6307,7	2,2163
179	174,3675	3896,39	21,4605
169	160,9709	2747,97	64,4666
153	151,5537	1326,49	2,0918
148	144,2997	987,283	13,6919
139	137,9112	502,704	1,1854
131	131,4202	207,967	0,1766
118	124,1422	2,01939	37,7265
111	115,7091	31,1247	22,1760
103	106,1261	184,388	9,7723
92	95,7884	604,125	14,3520
88	85,4082	816,756	6,7175
81	75,8330	1265,86	26,6983
67	67,8019	2458,07	0,6430
63	61,7335	2870,7	1,6040
57	57,6392	3549,65	0,4086
53	55,1946	4042,28	4,8162
53	53,9145	4042,28	0,8363
2215	2220,3484	45334,6	375,5990

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\bar{W} = \frac{W}{n} = \frac{2215}{19}$$

$$\bar{W} = 116.5789$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{45334.6 - 375.5990}{45334.6}$$

$$r^2 = 0.9917$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Para la obtención de la ecuación de la humedad retirada (%H) vs tiempo (t) Se realiza una regresión lineal. La forma de la ecuación que rige la deshidratación es:

$$\%H = a_3 e^{(a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t)}$$

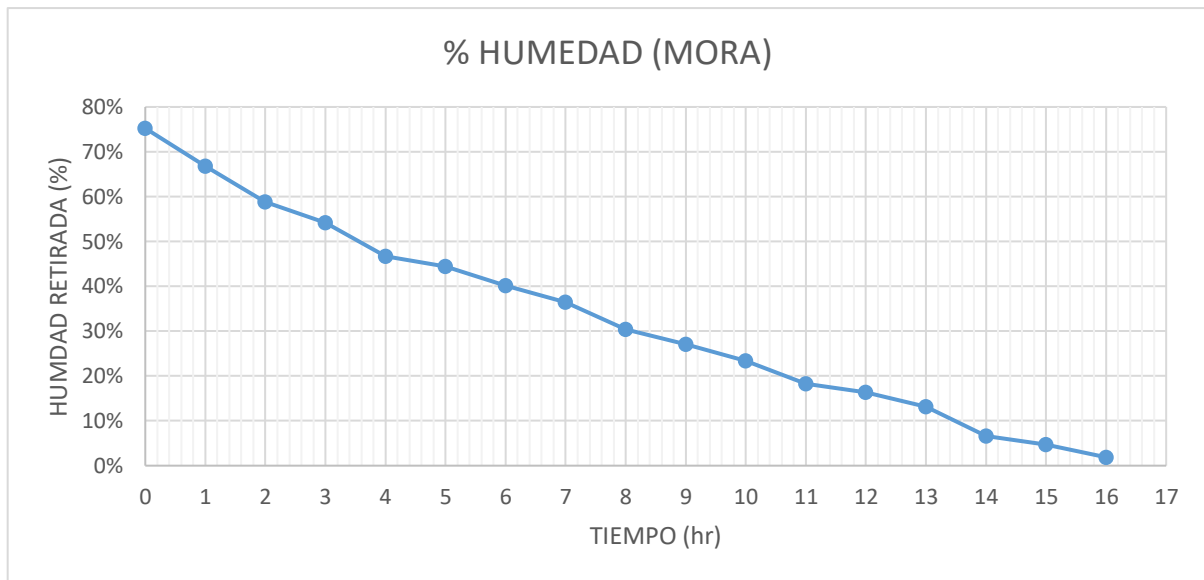
Para lo cual aplicamos logaritmos naturales y aplicando las propiedades logarítmicas, para poder linealizar la ecuación anterior.

$$\ln(\%H) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + \ln(a_3)$$

Para lo cual tenemos que aplicar una matriz, para determinar la ecuación de grado 3, que es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} n & \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 \\ \sum t_i^2 & \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 \\ \sum t_i^3 & \sum t_i^4 & \sum t_i^5 & \sum t_i^6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \%H_i \\ \sum t_i \cdot \%H_i \\ \sum t_i^2 \cdot \%H_i \\ \sum t_i^3 \cdot \%H_i \end{pmatrix}$$





Curva Peso vs Tiempo de mora

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Valores de humedad de mora para linealización

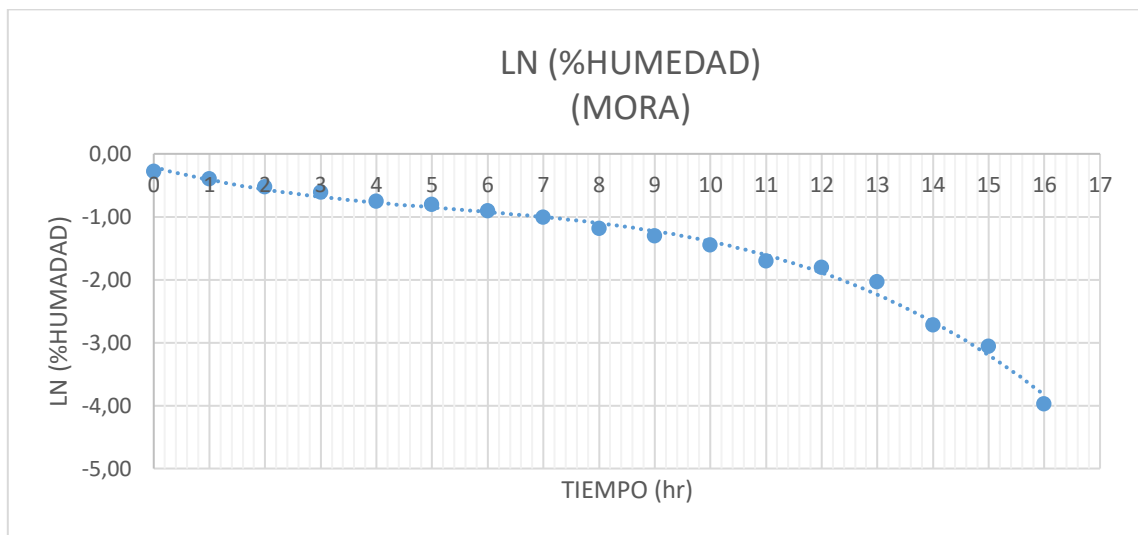
t (hr)	%H (%)	$\frac{\%H_2}{LN(\%H)}$	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	t <sup>5</sup>	t <sup>6</sup>	t.%H <sub>2</sub>	t <sup>2</sup> .%H <sub>2</sub>	t <sup>3</sup> .%H <sub>2</sub>
0	0,7523	-0,2846	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,6682	-0,4031	1	1	1	1	1	-0,4031	-0,4031	-0,4031
2	0,5888	-0,5297	4	8	16	32	64	-1,0594	-2,1188	-4,2376
3	0,5421	-0,6124	9	27	81	243	729	-1,8372	-5,5115	-16,5344
4	0,4673	-0,7608	16	64	256	1024	4096	-3,0432	-12,1729	-48,6916
5	0,4439	-0,8121	25	125	625	3125	15625	-4,0605	-20,3025	-101,5124
6	0,4019	-0,9116	36	216	1296	7776	46656	-5,4698	-32,8186	-196,9118
7	0,3645	-1,0093	49	343	2401	16807	117649	-7,0649	-49,4541	-346,1786
8	0,3037	-1,1916	64	512	4096	32768	262144	-9,5327	-76,2617	-610,0934
9	0,2710	-1,3055	81	729	6561	59049	531441	-11,7498	-105,7482	-951,7336
10	0,2336	-1,4540	100	1000	10000	100000	1000000	-14,5395	-145,3953	-1453,9530
11	0,1822	-1,7024	121	1331	14641	161051	1771561	-18,7266	-205,9921	-2265,9135
12	0,1636	-1,8106	144	1728	20736	248832	2985984	-21,7275	-260,7304	-3128,7651
13	0,1308	-2,0338	169	2197	28561	371293	4826809	-26,4390	-343,7074	-4468,1960
14	0,0654	-2,7269	196	2744	38416	537824	7529536	-38,1769	-534,4761	-7482,6649
15	0,0467	-3,0634	225	3375	50625	759375	11390625	-45,9509	-689,2630	-10338,9444
16	0,0187	-3,9797	256	4096	65536	1048576	16777216	-63,6749	-1018,7985	-16300,7761
136	5,6449	-24,5915	1496	18496	243848	3347776	47260136	-273,4558	-3503,1541	-47715,5094

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\begin{pmatrix} 17 & 136 & 1496 & 18496 \\ 136 & 1496 & 18496 & 243848 \\ 1496 & 18496 & 243848 & 3347776 \\ 18496 & 243848 & 3347776 & 47260136 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -24.5915 \\ -273.4558 \\ -3503.1541 \\ -47715.5094 \end{pmatrix}$$

Luego de resolver las matrices, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\ln(W) = -0.0018t^3 + 0.0292t^2 - 0.2284t - 0.2125$$



Curva Logaritmo de Humedad vs Tiempo de mora

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

Con la ecuación se calcula, el valor de  $r^2$  que nos indica la sensibilidad de la linealización de los datos:

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St}$$

$$St = \sum (\bar{W}_2 - W_2)^2$$

$$Sr = \sum (\bar{W}_2 - W_{cal})^2$$

Valores de Ln (Humedad) de mora para cálculo de r2

$\%H_2 = \text{Ln}(\%H)$	$(\overline{\%H_2} - \%H_2)^2$	$\%H_{2 \text{ cal}}$	$(\overline{\%H_2} - \%H_{2 \text{ cal}})^2$
-0,2846	17,6735	-0,2125	0,0052
-0,4031	18,6844	-0,4136	0,0001
-0,5297	19,7946	-0,5672	0,0014
-0,6124	20,5373	-0,6841	0,0051
-0,7608	21,9045	-0,7754	0,0002
-0,8121	22,3873	-0,8518	0,0016
-0,9116	23,3390	-0,9244	0,0002
-1,0093	24,2920	-1,0039	0,0000
-1,1916	26,1224	-1,1013	0,0082
-1,3055	27,3001	-1,2275	0,0061
-1,4540	28,8731	-1,3933	0,0037
-1,7024	31,6050	-1,6097	0,0086
-1,8106	32,8334	-1,8876	0,0059
-2,0338	35,4405	-2,2378	0,0416
-2,7269	44,1738	-2,6712	0,0031
-3,0634	48,7596	-3,1988	0,0183
-3,9797	62,3958	-3,8314	0,0220
-24,5915	506,1164	-24,5915	0,1313

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H_2} = \frac{\%H_2}{n} = \frac{-24.5915}{17}$$

$$\overline{\%H_2} = -1.4466$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{506.1164 - 0.1313}{506.1164}$$

$$r^2 = 0.9997$$

El valor de r2 es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación inicial, quedando:

$$\%H = 80.85 * e^{(-0.0018t^3 + 0.0292t^2 - 0.2284t)}$$

Con esta ecuación se determina la sensibilidad del ajuste

Valores de Humedad de mora para cálculo de  $r^2$

Humedad (%)	% $H_{cal}$	$(\overline{\%H} - \%H)^2$	$(\overline{\%H} - \%H_{cal})^2$
75,23%	80,85%	0,20724	0,0032
66,82%	66,13%	0,13773	0,0000
58,88%	56,71%	0,08508	0,0005
54,21%	50,45%	0,06	0,0014
46,73%	46,05%	0,02897	0,0000
44,39%	42,66%	0,02156	0,0003
40,19%	39,68%	0,01098	0,0000
36,45%	36,64%	0,00454	0,0000
30,37%	33,24%	4,4E-05	0,0008
27,10%	29,30%	0,00068	0,0005
23,36%	24,83%	0,00403	0,0002
18,22%	19,99%	0,01319	0,0003
16,36%	15,14%	0,01783	0,0001
13,08%	10,67%	0,02764	0,0006
6,54%	6,92%	0,05367	0,0000
4,67%	4,08%	0,06268	0,0000
1,87%	2,17%	0,07751	0,0000
0,00%	1,03%	0,08827	0,0001
0,00%	0,43%	0,08827	0,0000
5,6448	5,6699	0,9899	0,0082

Realizado por: Arias, Roberto. 2020

$$\overline{\%H} = \frac{\%H}{n} = \frac{5,6448}{19}$$

$$\overline{\%H} = 0,2971$$

$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{0,9899 - 0,0082}{0,9899}$$

$$r^2 = 0,9917$$

El valor de  $r^2$  es muy cercano a 1, lo que indica una sensibilidad de ajuste muy alta.

## **ANEXO E. Planos**

4

3

2

1

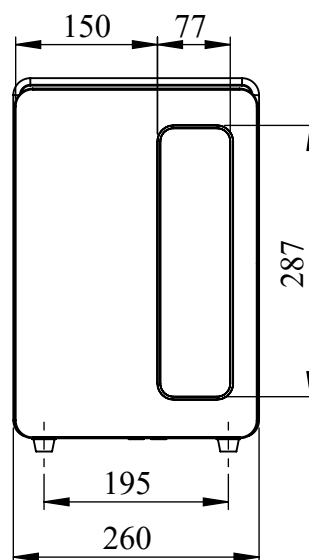
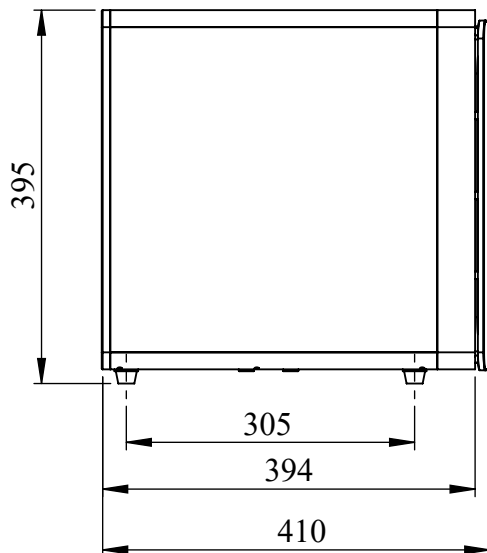
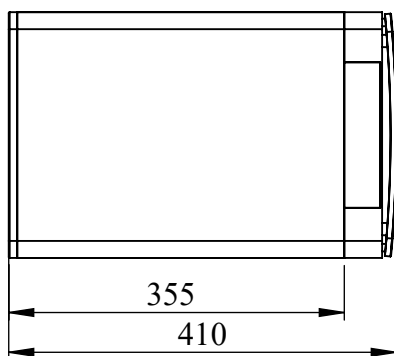
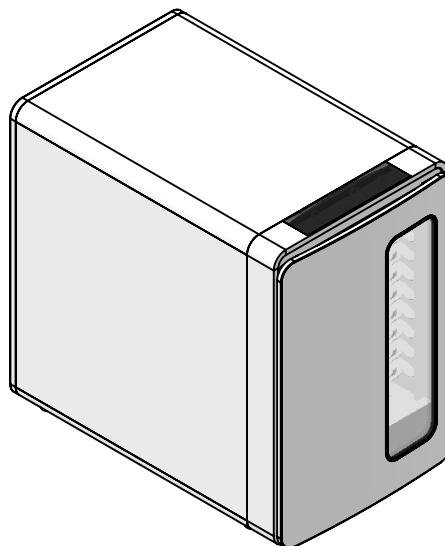
E

D

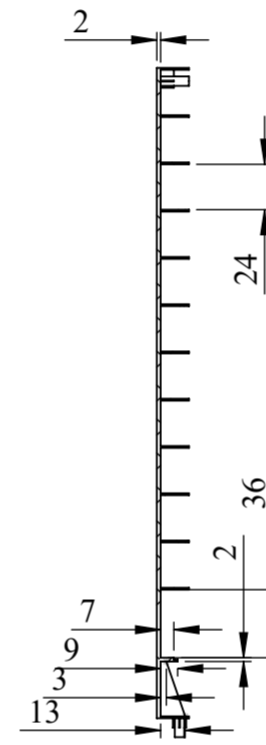
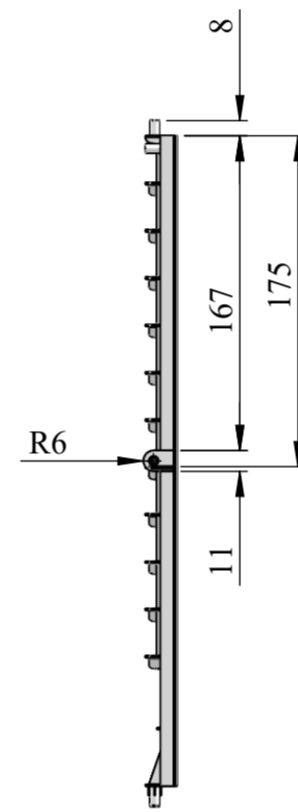
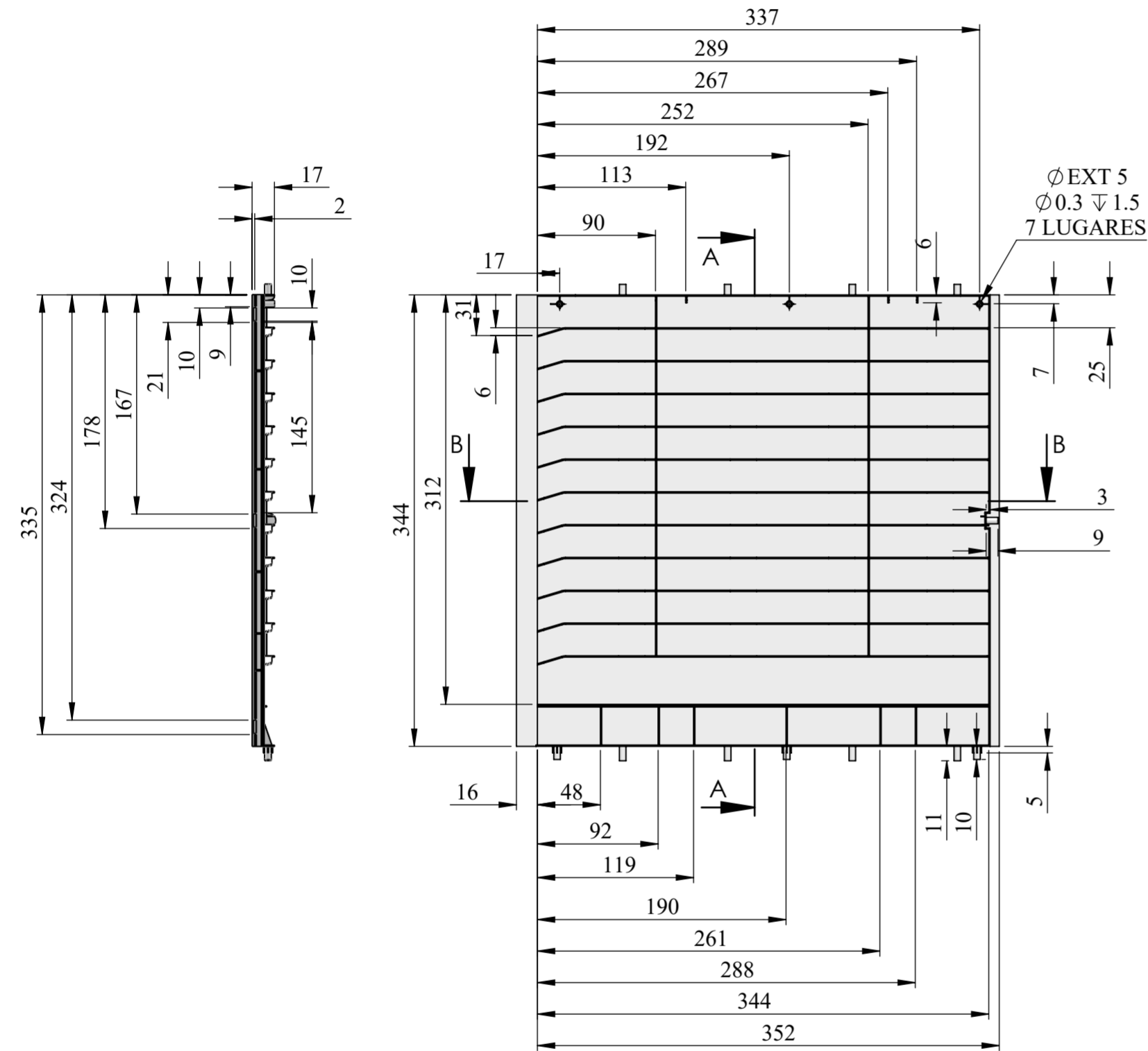
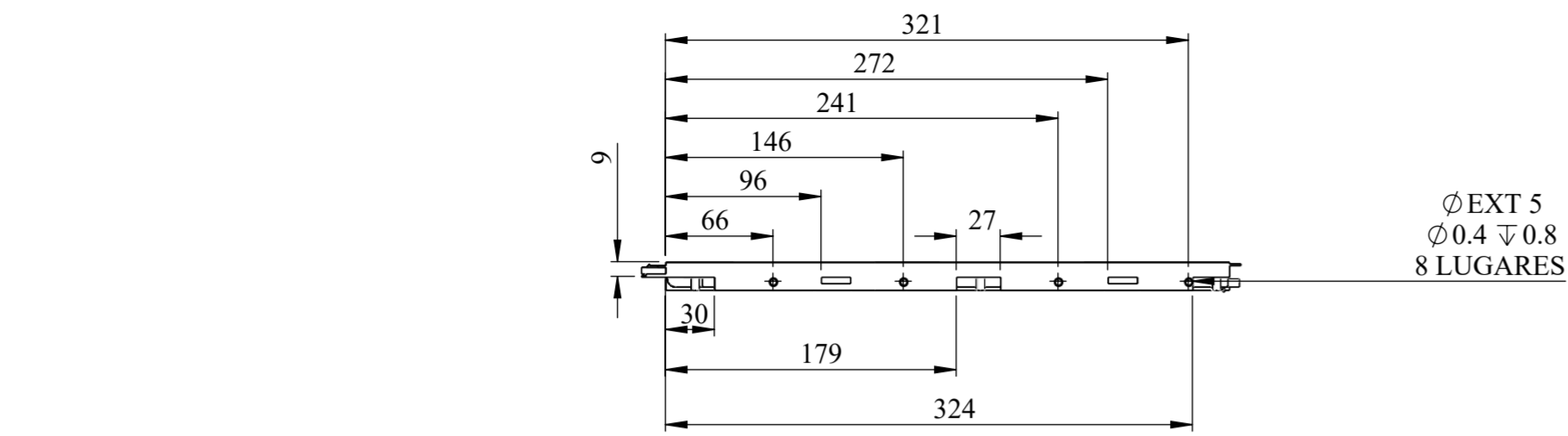
C

B

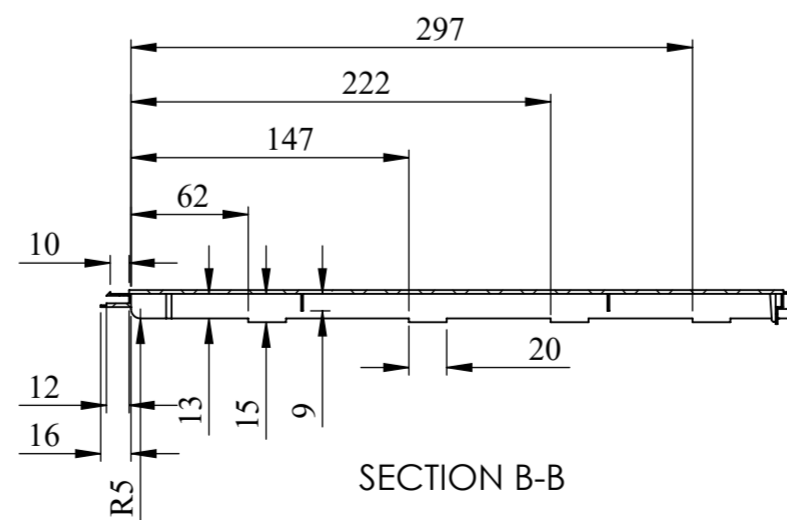
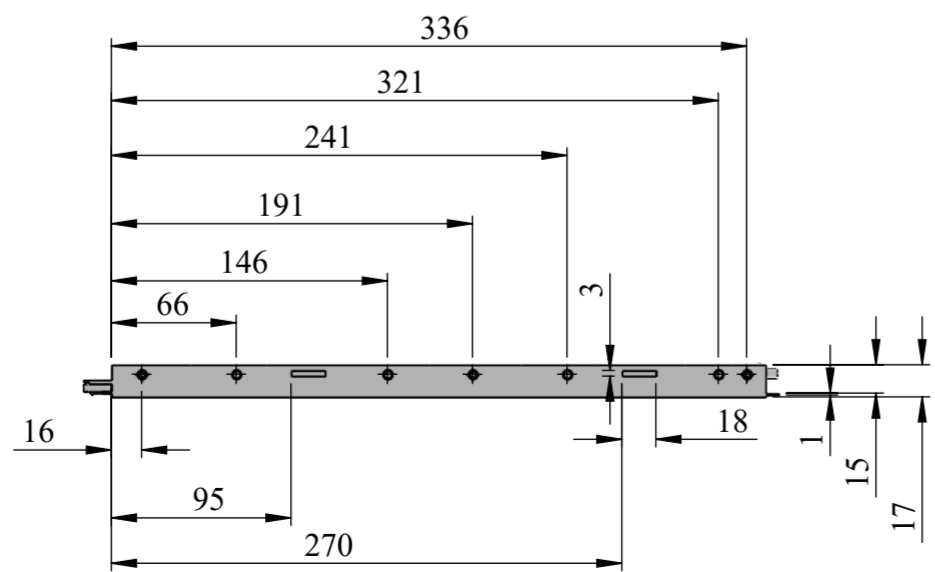
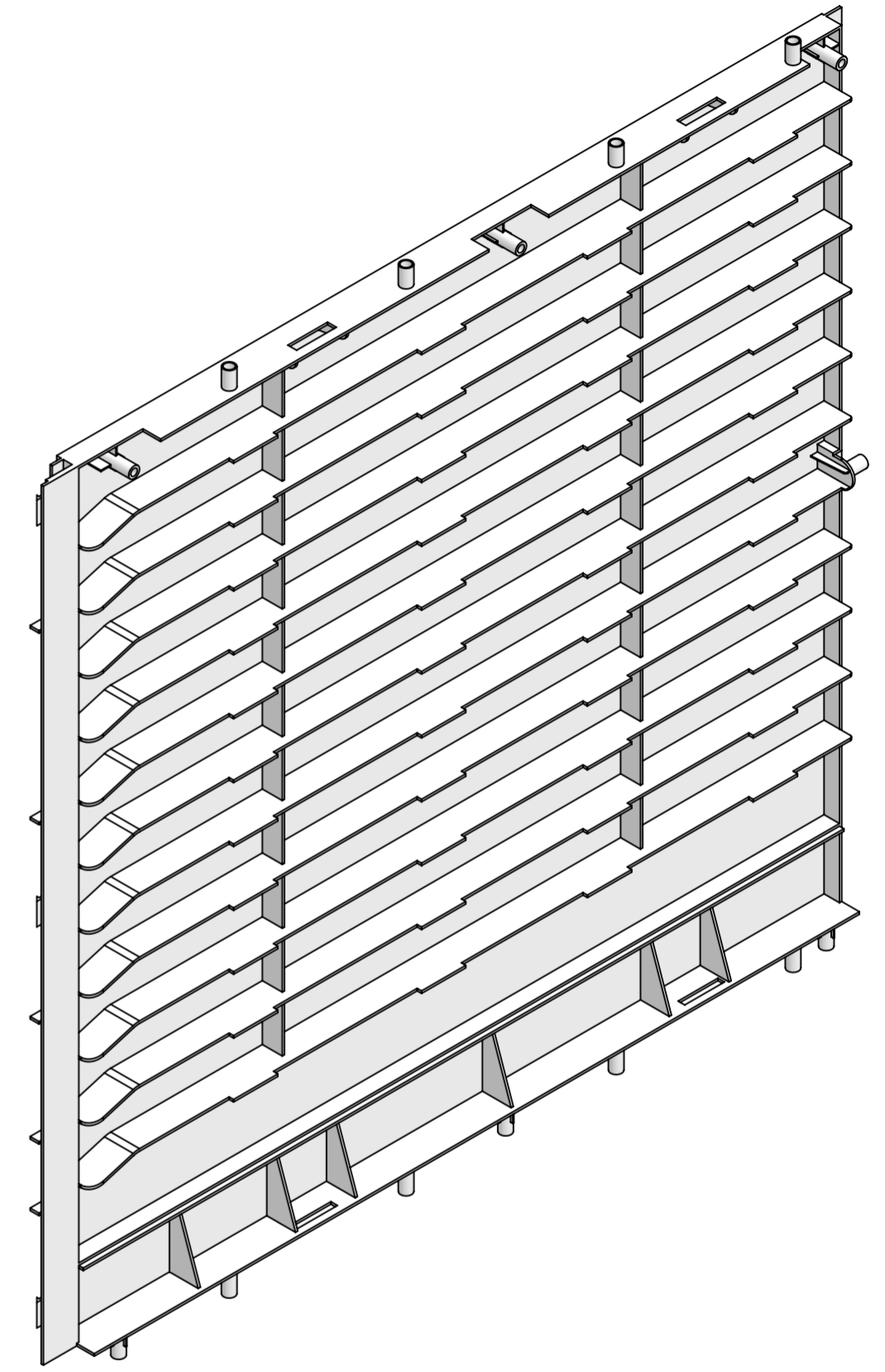
A



N°. Lámina: 01		N°. Hojas: 01 de 6		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MSGT-SDS-3F 01-D-001-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>									
Email: Teléfono:						<b>DESHIDRATADOR HIBRIDO DE FRUTAS</b>											
Datos		Nombre		Firma								Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia	
Proyectó		Ing. Arias Roberto				28-01-2020				± 2 [mm]		1 : 8					
Dibujó		Ing. Arias Roberto				28-01-2020											
Revisó						Materiales: PLASTICO ABS						ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: <b>INDUSTRIAL MODERNA</b> CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					
Aprobó						Nombre de archivo: DESHIDRATADOR.SLDASM											

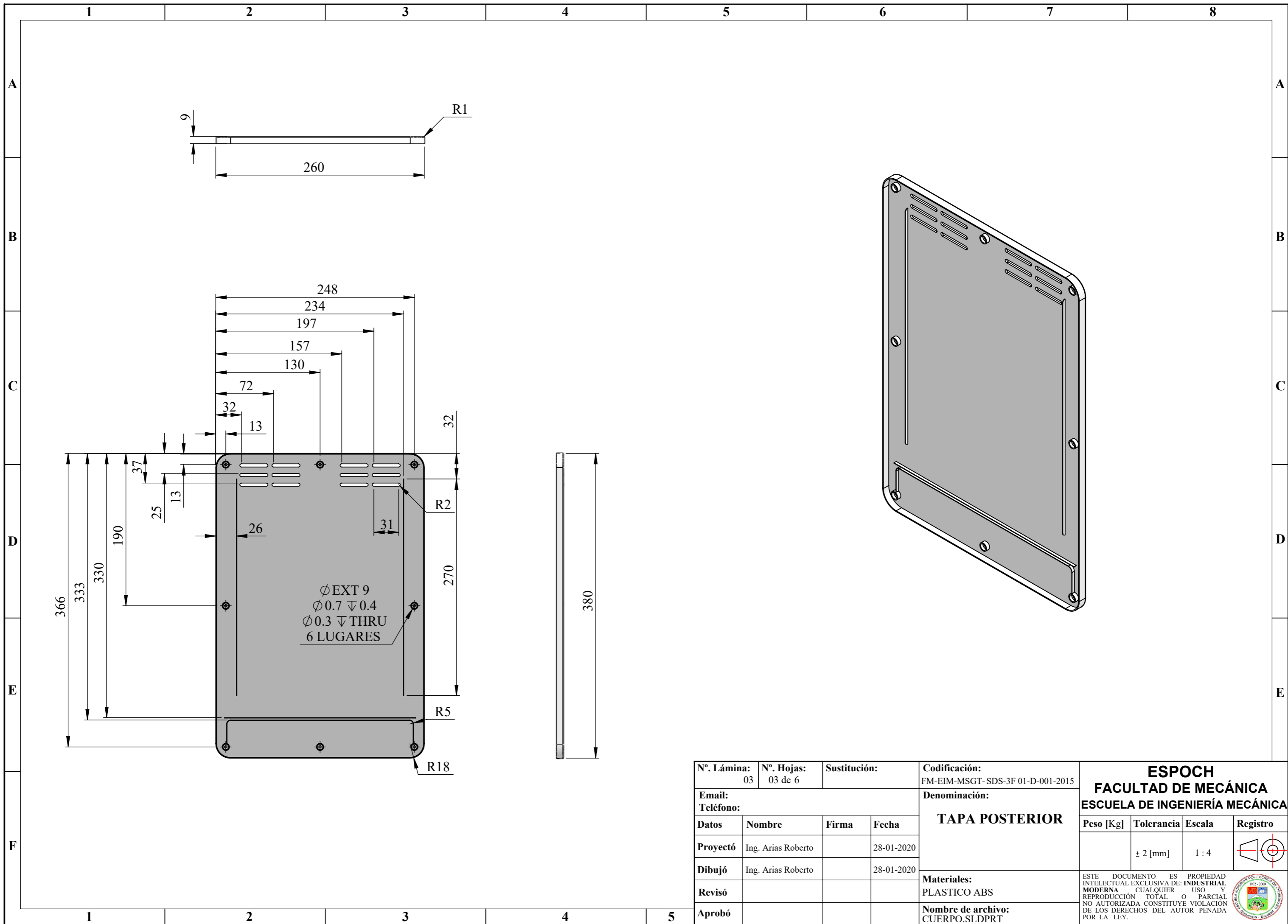


SECTION A-A



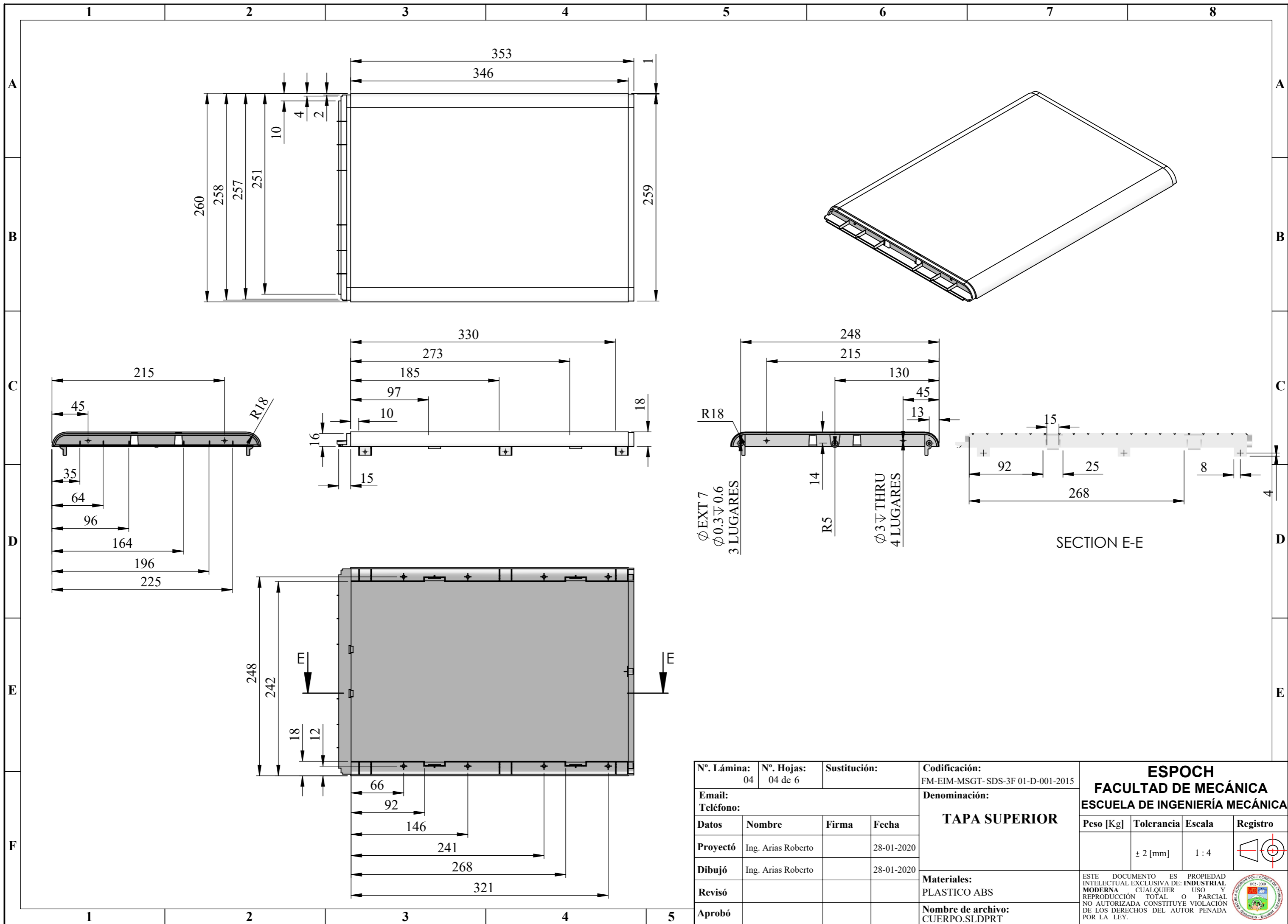
SECTION B-B

N° Lámina:	02	N° Hojas:	02 de 6	Sustitución:		Codificación:	FM-EIM-MSGT-SDS-4B 01-D-001-2015	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email:		Teléfono:				Denominación:	<b>TAPA LATERAL</b>				
Datos	Nombre	Firma	Fecha						± 2 [mm]	1 : 4	
Proyectó	Ing. Arias Roberto										
Dibujó	Ing. Arias Roberto										
Revisó											
Aprobó											
							Materiales:	PLASTICO ABS	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE INDUSTRIAL MODERNA. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>		
							Nombre de archivo:	CUERPO.SLDPRT			

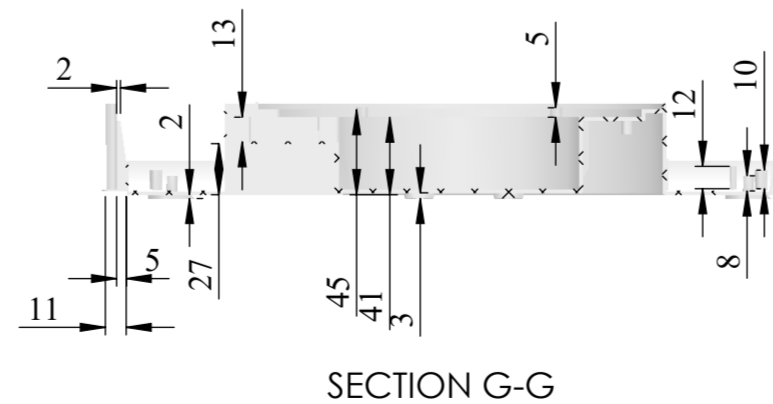
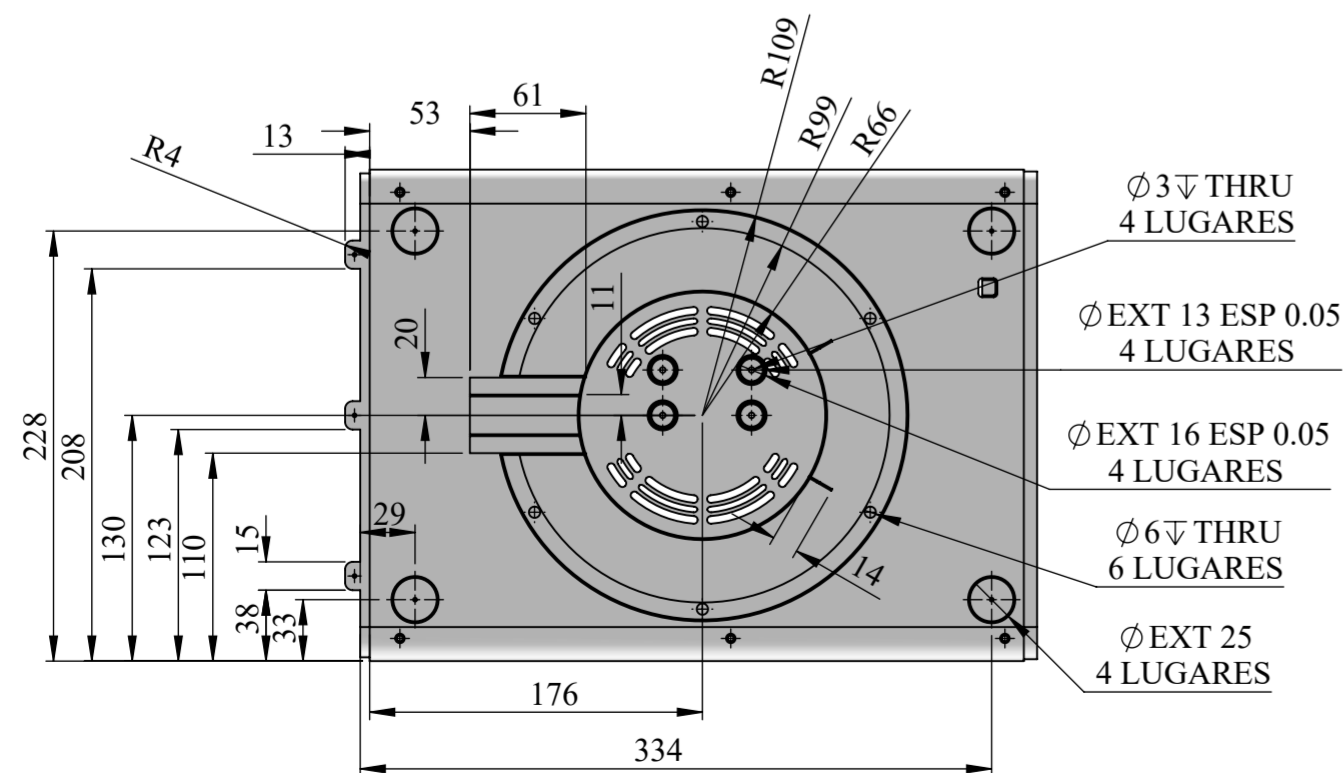
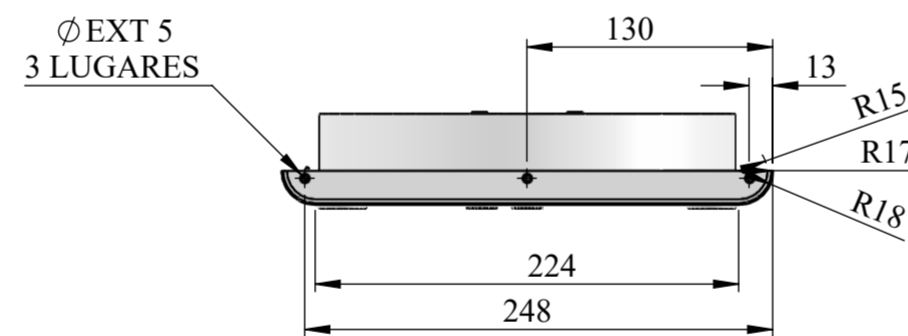
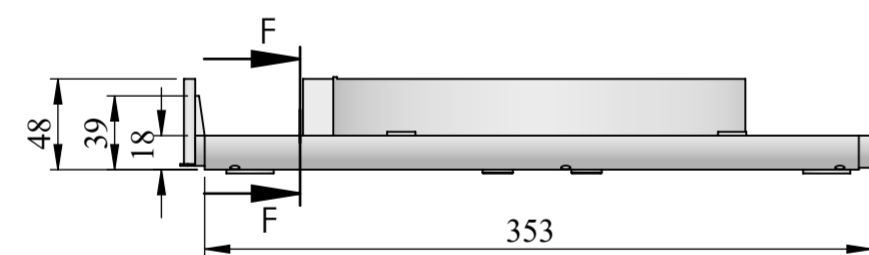
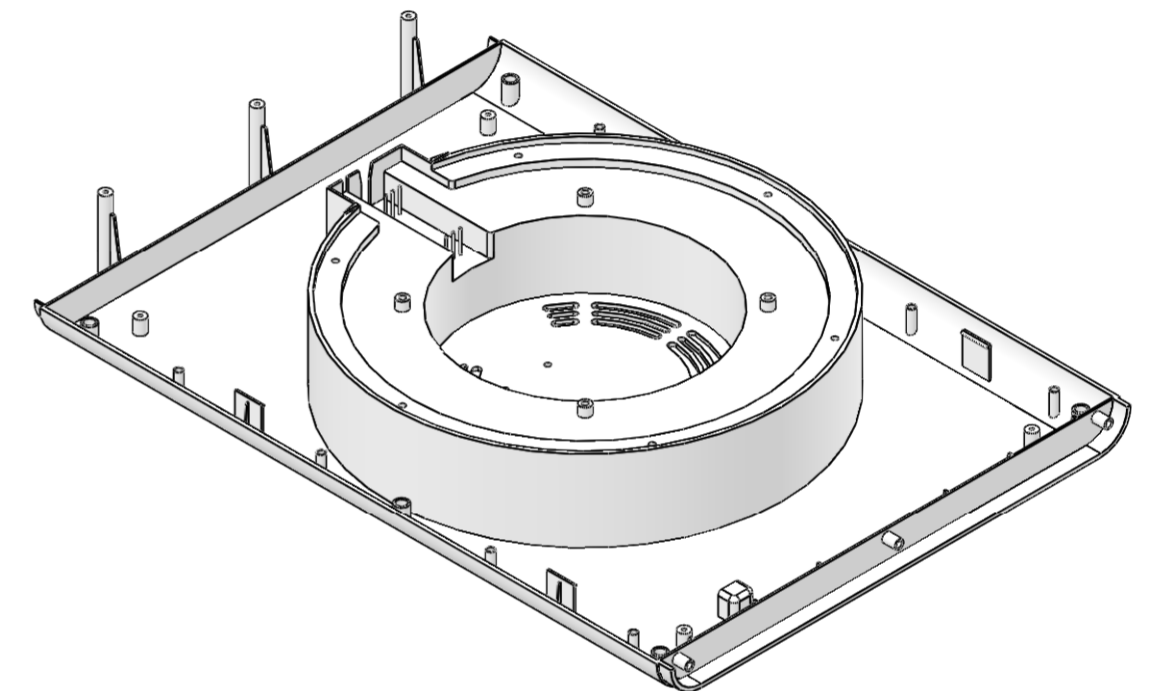
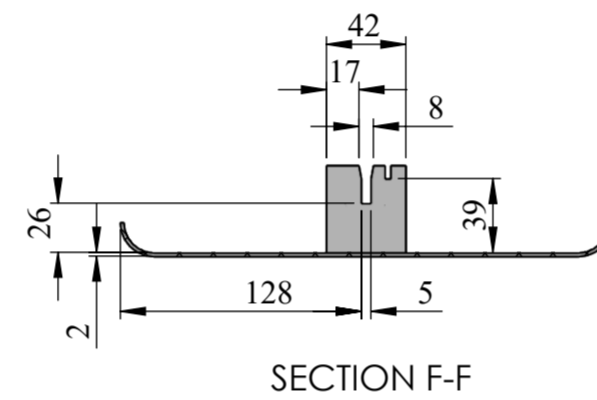
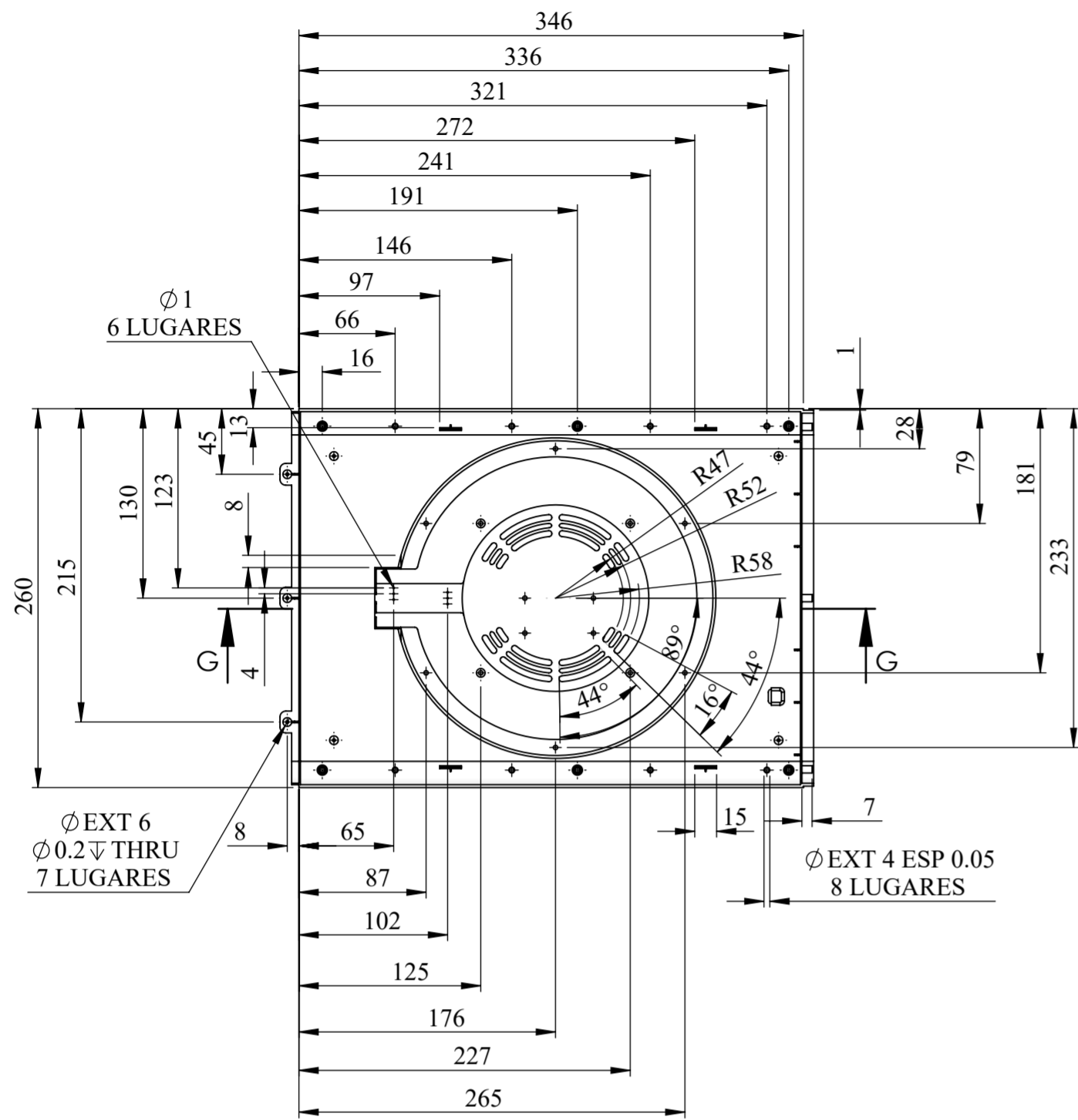


N° Lámina: 03		N° Hojas: 03 de 6		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MSGT-SDS-3F 01-D-001-2015		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email:		Teléfono:		Denominación:		TAPA POSTERIOR					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]		Tolerancia	Escala	Registro			
Proyectó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020		± 2 [mm]		1 : 4				
Dibujó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020	Materiales:		PLASTICO ABS		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: INDUSTRIAL MODERNA CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			
Revisó				Nombre de archivo:		CUERPO.SLDPRT					
Aprobó											

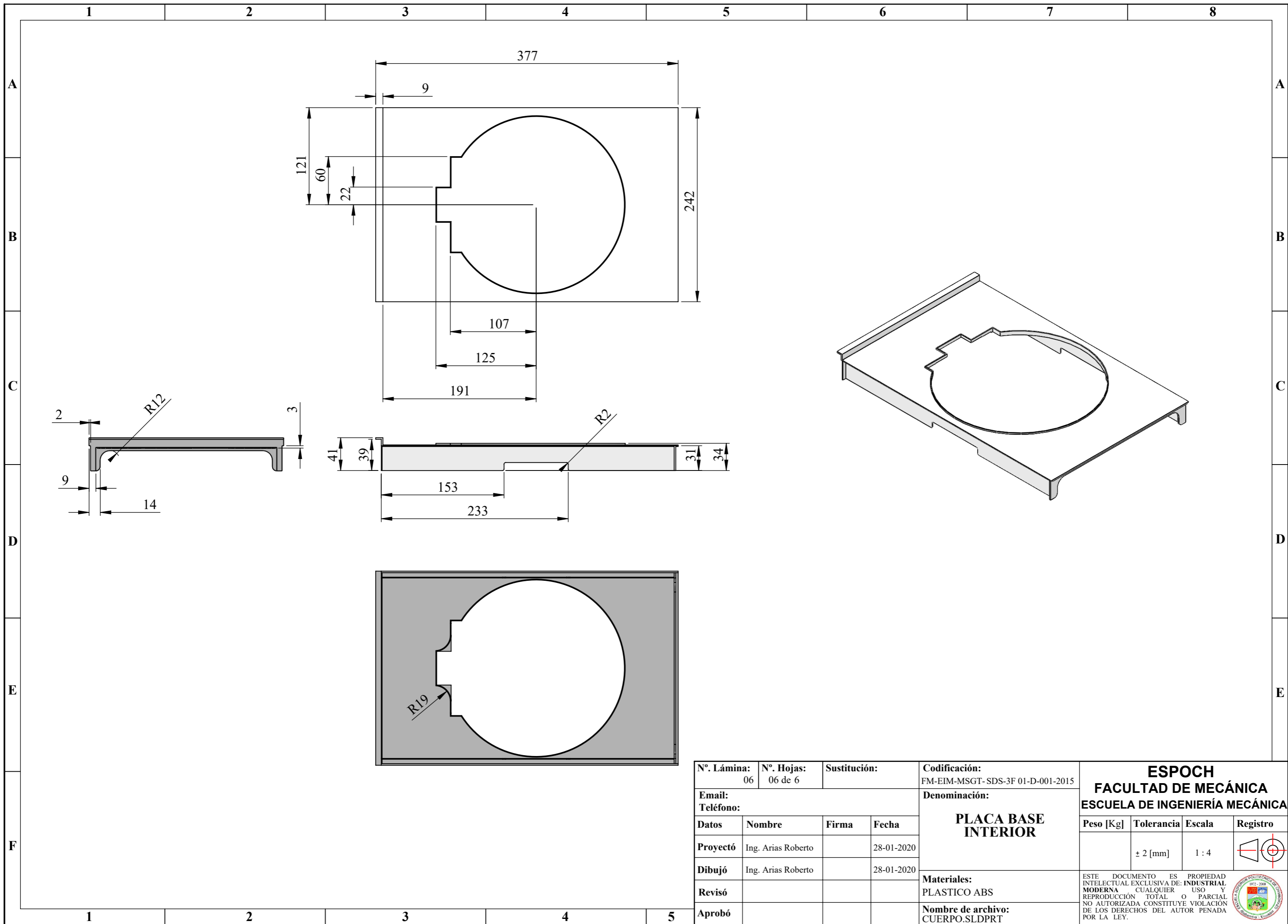




N° Lámina: 04		N° Hojas: 04 de 6		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MSGT-SDS-3F 01-D-001-2015		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email:		Teléfono:		Denominación:		TAPA SUPERIOR									
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Ing. Arias Roberto				28-01-2020		± 2 [mm]		1 : 4					
Dibujó		Ing. Arias Roberto				28-01-2020		<b>Materiales:</b> PLASTICO ABS		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: INDUSTRIAL MODERNA CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					
Revisó								<b>Nombre de archivo:</b> CUERPO.SLDPRT							
Aprobó															



N° Lámina:	05	N° Hojas:	05 de 6	Sustitución:		Codificación:	FM-EIM-MSGT-SDS-3F 01-D-001-2015	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email:		Teléfono:		<b>BASE</b>							
Datos	Nombre	Firma	Fecha					Materiales: PLASTICO ABS			
Proyectó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020	Nombre de archivo: CUERPO.SLDPRT							
Dibujó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020								
Revisó											
Aprobó											



N°. Lámina: 06		N°. Hojas: 06 de 6		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MSGT-SDS-3F 01-D-001-2015		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email:		Teléfono:		Denominación:		<b>PLACA BASE INTERIOR</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha							± 2 [mm]	1 : 4
Proyectó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020								
Dibujó	Ing. Arias Roberto		28-01-2020								
Revisó				Materiales:		PLASTICO ABS		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: INDUSTRIAL MODERNA CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó				Nombre de archivo:		CUERPO.SLDPRT					