

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño mecánico de una línea de producción para la
deshidratación de mango, en el cantón Santa Lucía.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Jair Rolando Vera Ávila

Leonardo Israel Soledispa Mera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021-2022

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestro Divino padre celestial, por permitirnos seguir con vida, y poder apreciar los pequeños detalles que nos ofrece la vida; alegrías, tristezas, logros y fracasos, que nos hizo ser perseverantes al enfocarnos en nuestros objetivos, uno de ellos, alcanzar nuestra meta anhelada, ser ingenieros.

A nuestras familias, que confiaron en que no perderíamos la fe en conseguir nuestros sueños, para seguir adelante y levantarnos de cualquier tropiezo en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios, por darnos perseverancia, inteligencia y amor para seguir adelante, por haber logrado una meta en el comienzo de nuestra vida profesional.

A nuestras familias por apoyarnos emocionalmente para poder seguir adelante en nuestros sueños, en los cuales nos han inculcado valores éticos y morales que aplicaremos en nuestra vida profesional, para ser parte del progreso de nuestro hermoso Ecuador.

Agradecemos al Ing. Miguel Ferruzola, por impulsarnos a ser mejores y el apoyo incondicional que nos ha dado, durante la elaboración de nuestro proyecto.

Finalmente agradecemos al PhD. Miguel Quilambaqui Jara, por darnos la oportunidad y confiar en nosotros para el desarrollo de este proyecto, que, con mucho esfuerzo, perseverancia y cariño, hemos culminado.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Leonardo Israel Soledispa Mera, Jair Rolando Vera Ávila* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jair Vera A.

Jair Vera Ávila

Leonardo Soledispa

Leonardo Soledispa Mera

EVALUADORES

.....
PhD. ÀNGEL RAMÌREZ MOSQUERA
PROFESOR DE LA MATERIA

.....
PhD. MIGUEL QUILAMBAQUI JARA
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad el diseño mecánico de una línea de producción de mango, además de establecer parámetros, y variables durante este proceso, así como la elaboración de los planos para el equipo deshidratador. El cantón Santa Lucía es uno de los lugares con condiciones de suelos y clima favorables para la agricultura, entre cada temporada de cosecha del mango se desperdicia una gran cantidad de fruto, por lo que es necesario darle valor agregado a un producto que no es aprovechado de manera local. Para el diseño de la línea de producción, se analizaron las necesidades del cliente y productor agrícola, así como todos los procesos que conlleva la producción del fruto deshidratado, debido a que la línea tiene una carga baja de producción, logrando estaciones de trabajo para tareas manuales. La línea de producción tiene una capacidad de 400 kg mango por día, por lo que fue imprescindible el diseño bajo ciertas especificaciones, considerando que la planta de producción trabajará 16 horas, se hizo el diseño del deshidratador con capacidad de 200 kg para realizar dos jornadas de trabajo, bajo estos requerimientos fue necesario la construcción de un porta bandejas con capacidad de 60 espacios con facilidad de movilidad, ducto de succión y la selección batería de resistencias de 72 kW, ventilador centrífugo de 3800 CFM. Finalmente, concluimos que este proyecto puede tener un gran impacto social-económico dentro del cantón, con la implementación de esta línea de producción se generará empleos, además estamos seguros de que el agricultor le dará valor extra a la fruta que se desperdicia entre temporada, incentivando la alimentación sustentable y saludable, aprovechando económicamente el deshidratado de alimentos.

Palabras claves: Línea de producción, análisis térmico, deshidratado, selección de equipos, impacto económico.

ABSTRACT

The purpose of this project is the mechanical design of a mango production line, in addition to establishing parameters and variables during this process, as well as the preparation of plans for the dehydrating equipment. The Santa Lucía canton is one of the places with favorable soil and climate conditions for agriculture, between each mango harvest season a large amount of fruit is wasted, so it is necessary to give added value to a product that is not used. locally. For the design of the production line, the needs of the client and agricultural producer were analyzed, as well as all the processes involved in the production of the dehydrated fruit, since the line has a low production load, achieving workstations for tasks manual. The production line has a capacity of 400 kg of mango per day, so the design under certain specifications was essential, considering that the production plant will work 16 hours, the design of the dehydrator with a capacity of 200 kg was made to carry out two working days, under these requirements it was necessary to build a tray holder with a capacity of 60 spaces with ease of mobility, suction duct and the selection of a 72 kW resistance battery, a 3800 CFM centrifugal fan. Finally, we conclude that this project can have a great social-economic impact within the canton, with the implementation of this production line jobs will be generated, we are also sure that the farmer will give extra value to the fruit that is wasted between seasons, encouraging sustainable and healthy eating, economically taking advantage of dehydrated food.

Keywords: Production line, thermal analysis, dehydration, equipment selection, economic impact.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVI
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Definición del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 Mango.....	2
1.4.2 Producción del cultivo de mango en el Ecuador.....	4
1.4.3 Métodos de conservación	5
1.4.4 Curvas de secado.....	6
1.4.5 Velocidad de secado.....	7
1.4.6 Transferencia de Calor y masa	7
1.4.7 Línea de Producción	8
1.4.8 Materiales	9
1.4.9 Prevención en riesgos laborales	14
CAPÍTULO 2	

2.	Metodología.....	17
2.1	Definición de las necesidades generales de la línea de producción.	17
2.2	Definición de las necesidades específicas para cada tarea de la línea de producción	18
2.3	Análisis de requisitos técnicos.....	19
2.3.1	Alternativas de deshidratador de mango:.....	19
2.3.2	Selección de la alternativa del deshidratador:	22
2.3.3	Diseño de concepto	23
2.3.4	Normativas:	24
2.4	Adaptación de la maquinaria a su ejecución en planta	25
2.4.1	Alternativas de diseño de líneas de producción:	25
2.4.2	Selección de la alternativa de la línea de producción:.....	28

CAPÍTULO 3

3.	RESULTADO Y ANÁLISIS	29
3.1	Condiciones y variables de entrada.....	29
3.2	Resultados de análisis en el deshidratador	29
3.3	Distribución de áreas.....	31
3.4	Simulaciones en el deshidratador.....	33
3.4.1	Velocidad del flujo de aire entre las bandejas del deshidratador usando el software Ansys Fluent	33
3.4.2	Temperatura interna del deshidratador en el software Ansys Fluent.....	34
3.4.3	Velocidad del aire en el ducto de alimentación	35
3.4.4	Temperatura del aire dentro del ducto	36
3.4.5	Análisis de la carretilla donde fueron puestas las bandejas de la fruta a deshidratar	37
3.5	Resultados de encuestas	47
3.6	ANÁLISIS DE COSTOS	53
3.6.1	Instalación de aislantes.....	53
3.6.2	Selección de equipos para deshidratador y materiales	55
3.6.3	Instrumentación	57

3.6.4	Costos de ensamblés	60
3.6.5	Costo de equipos y personal.....	64
3.6.6	Costo energético.....	65
3.6.7	Análisis de Generación de activos circulantes	65
CAPÍTULO 4		
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	67
4.1	Conclusiones.....	67
4.2	Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	milésimas de pulgadas por año
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
EPP	Equipo de Protección personal
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización

SIMBOLOGÍA

Mil	Milésimas de pulgada
Mg	Milígramo
pH	Potencial de hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
Pa	Pascal
CFM	Pies cúbicos por minuto
CMH	Metros cúbicos por hora
Ra	Número de Rayleigh
β	Expansión volumétrica
Un	Número de Nussell
g	Gravedad
h	Entalpia de convección
Pr	Número de Prandal
Gr	Número de Grashof
Q	Calor generado
Re	Número de Reynolds
Lc	Longitud característica
Ts	Temperatura superficial
T _∞	Temperatura ambiente

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Curva de secado típica.....	6
Figura 1.2 Curvas típicas de secado y velocidad de secado.....	7
Figura 1.3 Curvas típicas de adsorción y desorción.....	8
Figura 1.4 Plancha inoxidable.....	10
Figura 1.5 Lana de roca Sonowall SAFB.....	11
Figura 1.6 GYPSUM Securock.....	12
Figura 1.7 Ejemplo de circuito electrónico para deshidratador.....	13
Figura 2.1 Resistencias eléctricas como generación de calor.....	20
Figura 2.2 GLP como generador de calor.....	20
Figura 2.3 Resistencias eléctricas en ducto de succión, con un ventilador y microcontrolador.....	21
Figura 2.4 Diseño de concepto para la alternativa seleccionada.....	23
Figura 2.5 Alternativa 1 de la línea de producción.....	26
Figura 2.6 Alternativa 2 de la línea de producción.....	27
Figura 3.1 Distribución de las áreas de trabajo vista superior.....	31
Figura 3.2 Distribución de las áreas de trabajo vista isométrica.....	32
Figura 3.3 Velocidad de flujo de aire entre las bandejas, en un rango de velocidad de 0 m/s a 0.79 m/s.....	33
Figura 3.4 Análisis de la Temperatura interna del deshidratador.....	34
Figura 3.5 Velocidad de aire dentro del ducto de alimentación del deshidratador.....	35
Figura 3.6 Temperatura del flujo de aire.....	36
Figura 3.7 Deformación en Y de la carretilla.....	38
Figura 3.8 Deformación en X de la carretilla.....	38
Figura 3.9 Fuerzas en el eje X.....	39
Figura 3.10 Fuerzas en el eje Y.....	39
Figura 3.11 Fuerzas en el eje Z.....	40
Figura 3.12 Momento en el eje X.....	40
Figura 3.13 Momento en el eje Y.....	41
Figura 3.14 Momento en el eje Z.....	41
Figura 3.15 Tensión Normal S_{max}	42
Figura 3.16 Tensión Normal S_{min}	42
Figura 3.17 Tensión de plegado (M_x) máxima.....	43
Figura 3.18 Tensión de plegado (M_x) mínima.....	43
Figura 3.19 Tensión de plegado (M_y) máxima.....	44
Figura 3.20 Tensión de plegado (M_y) mínima.....	44
Figura 3.21 Esfuerzo axial (S_{axial}).....	45
Figura 3.22 Tensión de corte en el eje X (T_x).....	45
Figura 3.23 Tensión de corte en el eje Y (T_y).....	46
Figura 3.24 Torsión de la carretilla.....	46
Figura 3.25 Extractor Centrífugo CBX-2828.....	55

Figura 3.26 Banco de Resistencias de 24 kW.....	55
Figura 3.27 Termostato Klixon	56
Figura 3.28 Extractor de aire HXM-350.....	56
Figura 3.29 Higrostató electrónico EFR-01245	57
Figura 3.30 Termostato a bulbo y capilar tripolares	57
Figura 3.31 Sensor de temperatura PT100 2 hilos.....	58
Figura 3.32 Sensor de humedad relativa HS1101.....	58
Figura 3.33 PLC expandible.....	59
Figura 3.34 Relé auxiliar 3 polos 220V 3SJ5-3P	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición del mango	3
Tabla 1.2 Algunas de las haciendas productoras de mango en Ecuador	4
Tabla 2.1 Matriz de decisión para el deshidratador	22
Tabla 2.2 Matriz de decisión de la línea de producción	28
Tabla 3.1 Condiciones y variables de entrada para el deshidratador	29
Tabla 3.2 Resultados del análisis térmico para el deshidratador	30
Tabla 3.3 Distribución de las áreas de trabajo	31
Tabla 3.4 Resultados estáticos de la carretilla porta bandejas.....	37
Tabla 3.5 Aislantes térmicos	53
Tabla 3.6 Precios de aislantes	54
Tabla 3.7 Precios de los equipos de sensores e instrumentación.....	60
Tabla 3.8 Porta bandejas móvil	62
Tabla 3.9 Estructura del deshidratador.....	62
Tabla 3.10 Ducto de succión	62
Tabla 3.11 Accesorio de adaptación ducto rectangular a cuadrado	63
Tabla 3.12 Soporte entrada de ducto aire caliente.....	63
Tabla 3.13 Estación de trabajo acero inoxidable	63
Tabla 3.14 Mesa para lavado de fruta	64
Tabla 3.15 Equipos y elemento para el deshidratador	64
Tabla 3.16 Costo de equipo y mano de obra.....	64
Tabla 3.17 Costo energético	65
Tabla 3.18 Estimación de Producción y Activos circulantes.....	66

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Deshidratador de bandejas.....	34
Plano 2 Estructura Del Deshidratador.....	35
Plano 3 Esqueleto del Deshidratador.....	36
Plano 4 Procedimiento para armado.....	37
Plano 5 Soporte entrada de aire caliente.....	38
Plano 6 Persianas.....	39
Plano 7 Puertas del deshidratador y Bisagras.....	40
Plano 8 Porta bandejas móvil.....	41
Plano 9 Ducto de entrada de aire caliente.....	42
Plano 10 Ventilador centrífugo CBX 2828.....	43
Plano 11 Extractor axial HMX-350.....	44
Plano 12 Accesorio rectangular a cuadrado.....	45
Plano 13 Mesas de acero inoxidable 1100 x600 x900 mm.....	46
Plano 14 Mesa de Lavado Manual.....	47

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

El cantón Santa Lucía ubicada en la provincia del Guayas, posee una superficie de 36.240,11 hectáreas, el uso del suelo está destinado principalmente a la producción del cultivo de arroz, frutales, como mango para exportación y consumo interno. Además del pasto natural y vegetación arbórea.

El mango es un cultivo de la zona, que tiene una temporada de cosecha que va de junio a diciembre con variedades criollas y de exportación, tales como: mango “de chupar”, Tommy, Kent, etc., siendo las dos últimas y otras destinadas a mercados extranjeros quedando para consumo ecuatoriano, la fruta que no califica. Además, por la época, existe una sobreoferta donde los productores necesitan alternativas de procesamiento o valor agregado, con el fin de aprovechar la venta para su consumo, y que les represente un ingreso económico. Por este motivo se ha presentado, este trabajo con el fin de diseñar una línea de producción para la deshidratación de mango, que les permitirá producir fruta; ya sea consumida de forma directa o como parte de recetas en industrias alimenticias en el Ecuador.

1.2 Justificación del proyecto

El cantón Santa Lucía es un lugar privilegiado con un potencial agrícola para los cultivos de arroz y frutales, ya que posee una riqueza de suelos y climas ideales para una buena producción y cosecha de esos productos.

Desde un tiempo atrás un grupo de investigadores de la ESPOL, a través del Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable (CDTS), ha llevado a cabo investigaciones con proyectos financiados, la Red Ecuatoriana de Universidades (REDU) y Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt), en el cantón Naranjito. Así como también se han diseñado equipos mecánicos, a través de proyectos integradores, para los cantones de Bucay, La Troncal, Milagro, que han permitido la mejora de

los procesos del secado de cacao, la deshidratación de guineo orito, y el diseño de molinos para la obtención de pasta de cacao (Nicolás & Saá, 2015).

Dada la situación de la fruta del mango y su desaprovechamiento, por la falta de conocimientos, se presenta esta propuesta de la línea deshidratadora para el proceso de fruto seco de mango, y así presentar alternativas para que productor decida, darle un valor agregado y evitar pérdidas económicas por no la venta de la fruta (Knoop, 2015).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea de producción para la deshidratación de mango, que les permita a los productores de Santa Lucía, procesar los excedentes, para la obtención de frutas secas en la zona de estudio.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar todas las variables que influyen en el proceso del deshidratado de mango.
2. Elaborar un manual de construcción y funcionamiento para el equipo de deshidratación.
3. Establecer los parámetros adecuados en el uso de este tipo de sistemas de producción.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Mango

El mango, *Mangifera*, originario de Asia meridional, especialmente en el este de la India, Birmania y la isla de las Andamán, es uno de los frutos tropicales más finos en el mundo. Su forma es ovalada, su cáscara no es comestible, y su color puede ser de amarillo pálido o color rojo-anaranjado, dependiendo de la región en la que se cultiva. El sabor es dulce y si no está maduro, es ácido su sabor. La pulpa es fibrosa y jugosa, cuando el fruto se encuentra maduro y su semilla es dura. El tamaño del fruto puede variar en un intervalo de 5 cm a 20 cm, y el peso entre 300 – 400 g, con un peso máximo de 1 kg. El sabor único del mango y su textura fibrosa es utilizado

comúnmente en productos alimenticios tales como mermeladas, jugos, zumos (Morton, 2021).

Los beneficios para la salud que presenta el fruto son los siguientes:

- Laxante natural y una fuente de vitaminas tales como: A, B y C en menor concentración.
- Presenta minerales que son necesarios para la salud tales como: hierro, potasio fosforo, sodio y calcio.

Cada 100 g de mango consumible, aporta al cuerpo 60.28 Kcal, 0.5 g de proteínas 0.10 de grasa, 15.30 g en carbohidratos y 1.50 g de fibra se puede observar con mayor detalle en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Composición del mango [Morton, 2021]

Peso fresco comestible por cada 100g. Los intervalos mostrados son min - máx.			
Energía	°	Proteínas	0.50 - 0.70 Kcal
Lípidos	0.20 - 0.45 g	Carbohidratos	12.45 - 14.10 g
Fibras	1.70 - 2.60 g		
Minerales		Vitaminas Liposolubles	
Calcio	9.00 - 12.00 mg	A Retinol	0.00 -201.21 µg
Zinc	0.100 - 0.133 mg	A Carotenoides	1250.00 - 1800.00 µg
Fósforo	10.40 -16.00 mg	E Tocoferol	1.00 - 1.05 mg
Hierro	0.160 - 0.700 mg	B1 Tiamina	0.040 - 0.045 mg
Magnesio	12.60 - 18.00 mg	B2 Riboflavina	0.25 - 0.50 mg
Manganeso	0.170 - 0.300 mg	B3 Niacina	0.25 - 0.50 mg
Potasio	115.00 -190.00 mg	B5 Ac. Pantoténico	0.10 - 0.16 mg
Selenio	0.50 - 0.60 µg	B6 Piridoxina	0.10 - 0.13 mg
Sodio	2.00 - 13.50 mg	B9 Ac. Fólico	23.00 - 37.34 mg
Yodo	0.60 - 1.60 µg	C Ac. Ascórbico	23.00 - 37.34 mg

1.4.2 Producción del cultivo de mango en el Ecuador

Las condiciones climatológicas en la provincia del Guayas, hace una zona ideal para la cosecha del mango, en el cual existen 7700 hectáreas registradas que producen este producto, de las cuales 6500 son dedicadas a la exportación, Lo restante es para consumo nacional (Mango Ecuador Foundation, 2021).

Algunas de las haciendas productoras de mango que tienen mayores hectáreas solamente para este producto, se pueden ver en la **Tabla 2**.

**Tabla 1.2 Algunas de las haciendas productoras de mango en Ecuador
[Mango Ecuador Foundation, 2021]**

Razón Social Productor	Nombre Hacienda	Variedad	Ha.
Plantein S.A.	Santa Ana	Tommy (11,76 Ha)	34.36
		KENT (4,86 Ha)	
		TOMMY (5,45 Ha+ 6,60 Ha Inactivas)	
		TOMMY (12,29 Ha)	
Jacinto Ángel Troya León	El Pantanal	Tommy (6 Ha) - Haden (4,11 Ha)	21
		TOMMY (5,18 Ha) - HADEN + TOMMY (5,71 Ha)	
Katty María Nieto Safadi	Estefanía	Tommy	7.13
Jacinto Ángel Troya León	San Vicente	Tommy (6,65 Ha)	6.65

Exportación de mango

El mango como fruta, es comercializado en las industrias alimenticias, farmacéuticas, entre otras, en forma de pulpa congelada – pasteurizada.

En el caso de exportación del mango, se debe seguir varios requisitos, regulados por Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad, 2021):

- Verificar requisitos fitosanitarios de países de destino en sistema de datos de consulta.

- Utilizar empacadoras y/o plantas de TH autorizadas y registradas en Agrocalidad.
- Adquirir la fruta de las fincas de producción de mango registradas en Agrocalidad, indicando los códigos asignados y usando las etiquetas de trazabilidad.
- Proporcionar a Agrocalidad la información de los envíos a exportar cuando sea requerida (proveedores) (Agrocalidad, 2021).

1.4.3 Métodos de conservación

En Santa Lucía existe un gran número de cultivos frutales que no son aprovechados ya sea por el periodo de sobredemanda o simplemente la fruta llega a su etapa final de maduración y cae. Dentro de la industria existen muchos métodos sobre la conservación de alimentos.

Según (Badui, 2010), la conservación de alimento depende de varios factores como, especificidad de acción, composición de alimentos, nivel inicial de contaminación, manejo y distribución del producto terminado, los microorganismos que pueden crecer en el producto se pueden controlar con la reducción del pH y de la actividad de agua.

Actividad de agua

Algunas propiedades de los alimentos dependen de su contenido del agua, un ejemplo claro es la textura del producto, dentro de los alimentos está el “agua libre” que es donde crecen los microorganismos y la que intervienen en las transformaciones de este, por otro lado, está el “agua ligada”, aquella que se encuentra unida a la superficie sólida del alimento debido a que se encuentran “no disponible o Inmóvil”. La actividad del agua nos ayuda a predecir la estabilidad y la vida útil de un producto terminado, además que se utiliza para controlar los procesos de deshidratación y rehidratación, la migración de la humedad en el almacenamiento y demás factores (Robles, Rodriguez, & Ruiz, 2021).

Deshidratación, usos beneficios

El proceso de deshidratación de frutas se usa comúnmente para la conservación de alimentos, cuyo proceso consiste en la extracción de agua contenida en el interior del producto, mediante procesos de transferencia

de calor, evitando crecimiento de microorganismos, y que no provoque alteración de nutrientes en la composición del producto. Permitiendo que el almacenaje, transporte, y envasado sea sencillo para su comercialización (Cabascango, 2018)

1.4.4 Curvas de secado

Si las variables se mantienen constantes en el proceso de deshidratado, a medida que transcurre el tiempo, el contenido de humedad del producto comienza a decrecer, nos permite poder crear una curva característica del producto.

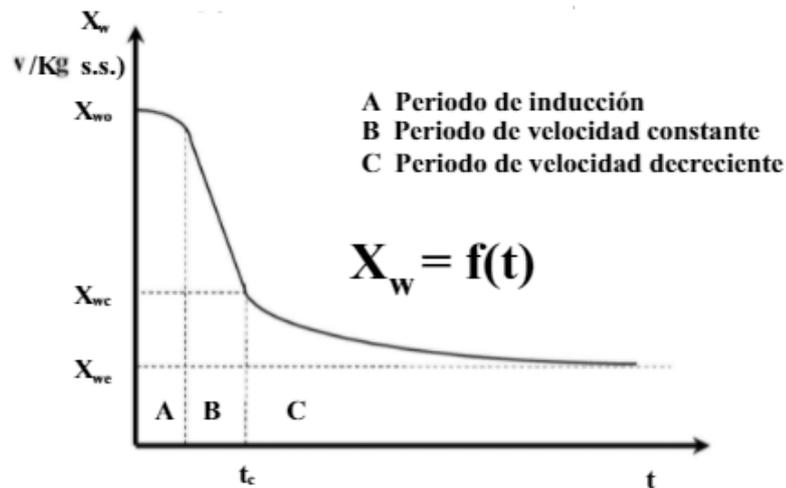


Figura 1.1 Curva de secado típica [Maupoey, Grau, Baviera, & Soralla, 2020]

En la sección A, aumenta ligeramente con el tiempo la pendiente, se denomina periodo de inducción.

En la sección B, la pendiente se mantiene constante con el tiempo.

En la sección C, decrece muy rápido la pendiente.

Revisar sección 6.2 en el Apéndice A

1.4.5 Velocidad de secado

Es la velocidad con la cual disminuye la humedad del producto, como la representa la siguiente ecuación 1.1:

$$v_s = -\frac{dX_w}{dt} \quad (1.1)$$

En la siguiente ilustración puede visualizar un ejemplo de la curva de secado relacionando la velocidad de secado (Apéndice A sección 6.2, cálculos previos).

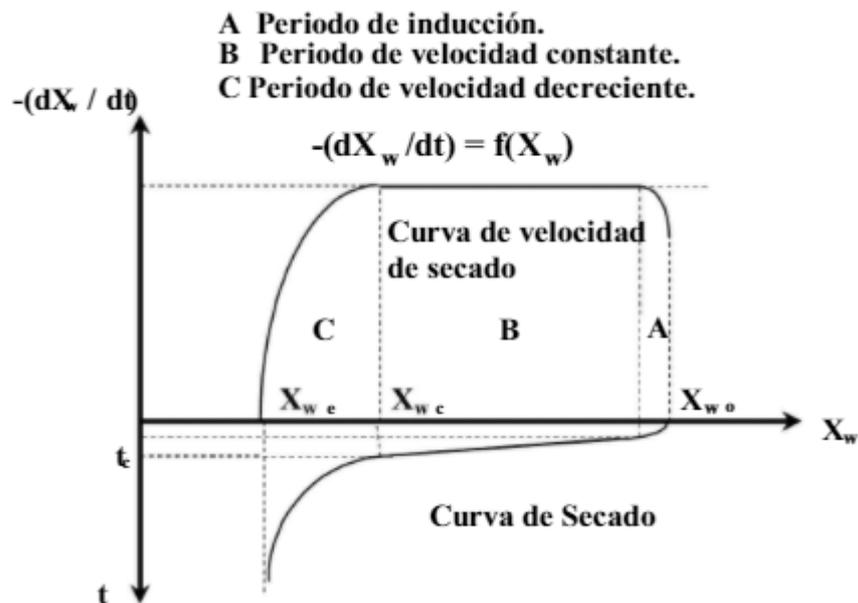


Figura 1.2 Curvas típicas de secado y velocidad de secado [Maupoey, Grau, Baviera, & Soralla, 2020]

1.4.6 Transferencia de Calor y masa

Todo cuerpo cuya temperatura sea mayor al del Cero absoluto (-273 K) irradia energía, esto se debe a la cinética de las partículas, entre mayor sea la temperatura, mayor es la velocidad de las partículas, por ende, mayor su energía. Esta energía interactúa en los diferentes estados de la materia, por ejemplo, en los gases, es conocido que las partículas al no tener un medio que las contengan estas se mueven de manera libre chocando unas con otras, mientras en los sólidos debido a su estructura no pueden moverse, sin embargo, al momento de aumentar la temperatura las partículas entran en un estado de excitación, vibran a altas velocidades y el sólido puede llegar a convertirse en líquido o gaseoso.

Durante el deshidratado de los alimentos, existe un fenómeno de transferencia de masa, el agua libre se convierte en vapor migra del sólido al aire por la diferencia de presión. El calor se transmite por convección a la superficie del sólido y por conducción desde la superficie hasta el interior del alimento (Maupoey, Baviera, & Soralla, 2020).

Para el diseño de un deshidratador es necesario considerar las siguientes necesidades energéticas son las siguientes:

- Calor de vaporización de agua
- Calor necesario para calentar el aparato
- Calor que se pierde a través del aparato
- Calor sensible del aire que sale

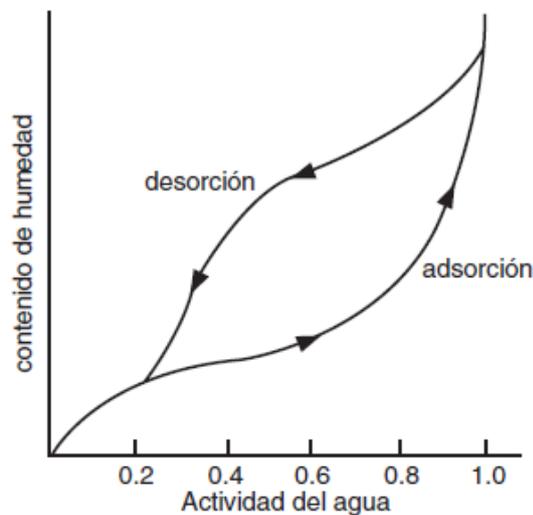


Figura 1.3 Curvas típicas de adsorción y desorción [Montesinos, 2016]

1.4.7 Línea de Producción

La línea de producción son un conjunto de tareas que se deben realizar de forma consecutiva para la obtención de un producto con los más altos estándares. Según (Helmut,2019) el principio de una línea de producción es que a cada trabajador se le asigne una tarea específica, en el caso de la línea de producción de deshidratado de mango las tareas necesarias son las siguientes:

1. Recepción del mango, es el inicio del proceso, se recoge el excedente de la fruta y se lo ingresa a la línea de producción.
2. Lavado de mango: la fruta recolectada es lavada y desinfectada
3. Pelado de mango: se separa la cáscara de la pulpa del mango
4. Rebanado de mango: se separa la pulpa del mango de la semilla y se cortan láminas de 5 mm de espesor.
5. Ubicación de la fruta en el deshidratador: se coloca la fruta rebanada en las bandejas del deshidratador para colocarlo en las portabanderas y ser llevadas al deshidratador.
6. Separación del mango deshidratado de las bandejas: la fruta tratada es separada de la bandeja.
7. Selección de mango deshidratado: se selecciona la fruta deshidratada con los mejores resultados, y son separadas en categorías.
8. Empaquetado: se coloca en fundas plásticas y se sella el producto, en sus respectivas fundas según criterio de calidad.

Las fases para plantear una línea de producción:

1. Definición de las necesidades, esquematizar actividades.
 2. Análisis de requisitos técnicos de la maquinaria.
 3. Adaptación de la maquinaria a su ejecución en planta.
 4. Manuales o cuaderno de cargas de la línea de producción.
- Puesta en marcha de la línea de producción (liderfe, 2022).

1.4.8 Materiales

En el proceso del deshidratado de material orgánico, se debe tomar en cuenta el aislamiento térmico del prototipo debe ser lo más eficiente posible, cuyo producto obtenido sea de excelente calidad para venta local. Estos materiales deben una conductividad térmica menor a 1, para el interior del prototipo y que debe ser protegido por una carcasa para que no interactúe el material en el proceso y no se contamine con material orgánico producto del proceso. En cambio, la parte externa del prototipo puede llevar una estructura metálica por lo menos aislada térmicamente o que la temperatura superficial del prototipo sea por lo menos menor de 40 °C, si se desea economizar (Trillas, 2010).

Ensamblaje

Plancha de acero inoxidable: para la estructura del equipo (tanto interna como externa), además que es ideal para elaboración del ducto de aire, porta-bandejas y parrillas, porque permite mantener estable la temperatura interna ideal para el deshidratado de la fruta. No presenta poros en su superficie, evitando crecimiento de microorganismos, con lo que se puede limpiar fácilmente con desinfectantes al momento del mantenimiento del equipo. *Se recomienda el acero AISI 430 BA, de 1 mm de espesor.*

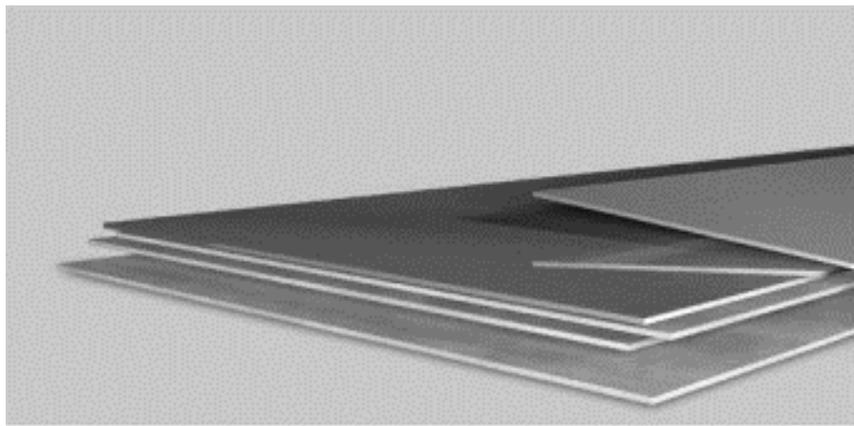


Figura 1.4 Plancha inoxidable [IPAC, 2021]

Se puede usar este material para crear las carretillas para poner las tajadas de frutas, y se recomienda una malla de acero inoxidable, porque la humedad dentro del deshidratador es de mayor concentración a medida que pasa el flujo de aire en las bandejas.

Perfiles de acero inoxidable: fue utilizado como el esqueleto del deshidratador como en el porta bandejas, permitiendo que la estructura se mantenga estable.

Bridas de acero inoxidable: sirve como conectores para el ventilador centrífugo hacia el ducto de aire, y donde el aire debe salir.

En el Apéndice B, hay planos donde son necesarios estos elementos. Fueron usados para el análisis de pérdidas de calor, revisar en la sección 6.5.

Aislantes Térmicos

Estos materiales tienen como finalidad mantener estable la temperatura interna en el proceso de deshidratación. Los materiales que se tomaron en cuenta son los siguientes:

Lana de roca: (Sonowall SAFB): actúa como una barrera térmica para el prototipo, cumpliendo con las normativas ASMT C665, ASMT E136, CAN/ULC S114, ASMT E84 y ASTM C518.

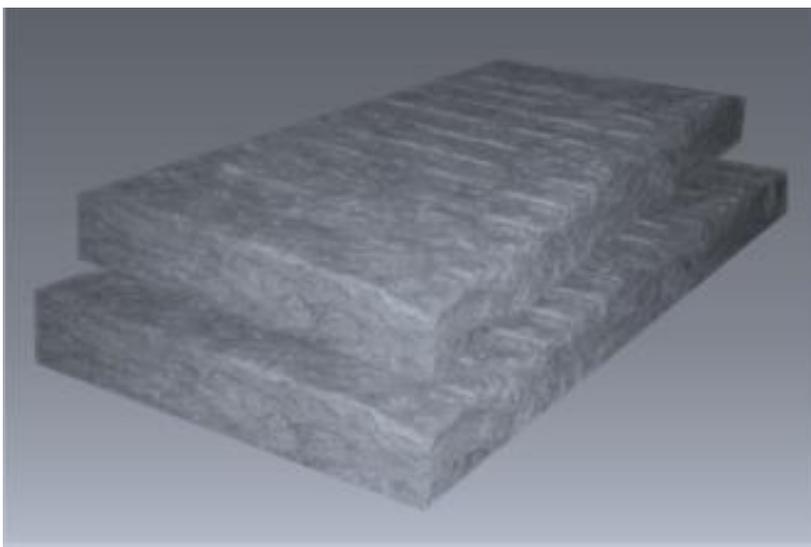


Figura 1.5 Lana de roca Sonowall SAFB [SICON S.A, 2021]

Consta de las siguientes características:

- Hecho de material inorgánico, evitando que sea una madriguera de roedores, insectos, bacterias y hongos. No corroe el material donde se lo instalará, ideal para el prototipo.
- Es incombustible, es decir, si se produce una falla catastrófica, no se consumirá por el fuego.
- No pierde sus propiedades físicas, al paso del tiempo.
- Fácil instalación.
- No absorbe humedad.

Planchas de GYPSUM Securock: Se eligió este material debido a que ambas caras de este material están recubiertas de fibra de vidrio, evitando la propagación de moho, agua, y mayor resistencia al ambiente.



Figura 1.6 GYPSUM Securock [ACIMCO, 2021]

Estos aislantes fueron utilizados para la elaboración de las paredes y las puertas del deshidratador, en los cálculos para las pérdidas de calor presentes en la sección 6.5

Partes eléctricas:

Se tomó en cuenta los diferentes equipos eléctricos que conforman el equipo de deshidratado, del cual se seleccionó con base a los datos ofrecido por el cliente, incluyendo los cálculos previos a la elección de estos (apéndice A)

Es necesario un circuito electrónico que permita la manipulación remota de los equipos eléctricos, tales como, ventilador, banco de resistencias, encendido y apagado del deshidratador. En el país existen empresas que pueden realizar circuitos accesibles y sencillos de usar, dependiendo de la configuración del cliente.

Un ejemplo de un circuito electrónico se puede visualizar en la siguiente ilustración:

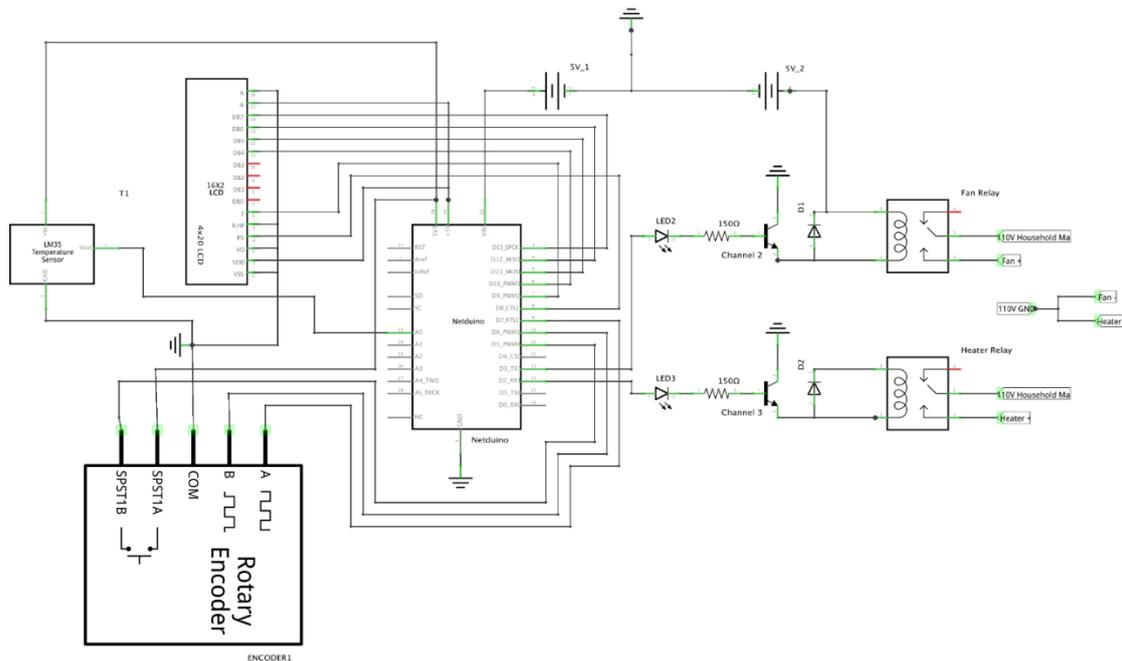


Figura 1.7 Ejemplo de circuito electrónico para deshidratador [Costanich,2022]

1.4.9 Prevención en riesgos laborales

En las líneas de producción, existe muchos factores perjudiciales al momento de realizar un proceso, provocando un accidente laboral. En el país existen normativas legales que protegen al empleado del ambiente tóxico laboral, tales como:

Artículo 236 de la Constitución de la República del Ecuador: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. Toda persona rehabilitada después de un accidente de trabajo o enfermedad tendrá derecho a ser reintegrada al trabajo y a mantener la relación laboral, de acuerdo con la ley.”

Mandato 8 de la asamblea constituyente Art.#4: “Además, los trabajadores que laboren en estas empresas tendrán todos los derechos consagrados en la Constitución Política de la República, convenios con la OIT, ratificados por el Ecuador, este Mandato, el Código del Trabajo, la Ley de Seguridad Social y demás normas aplicables.”

Normativas legales de seguridad y salud en el trabajo

Decisión 584 del Código Andino de Seguridad y Salud en el trabajo

Código de trabajo Artículo 434: reglamento de higiene y Seguridad

Decreto Ejecutivo 2393: reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente del trabajo.

Acuerdo Ministerial 1404: Reglamento para el funcionamiento de servicios médicos de empresas.

Acuerdo Ministerial 174: Reglamento de Seguridad para la Construcción.

Acuerdo Ministerial 13: Reglamento de las instalaciones eléctricas.

Acuerdo Ministerial 136/169: Jornadas especiales

Acuerdo Ministerial 398: Discriminación Laboral por VIH.

Acuerdo interinstitucional al 002 A-A.M. 82: Erradicación de la discriminación en el ámbito laboral.

Acuerdo Ministerial 135: Instructivo para el cumplimiento de las obligaciones de los empleadores públicos y privados.

Resolución 513 Código de trabajo: Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo.

Normas técnicas INEN: #440 (colores de identificación de tuberías), #2288 (Productos químicos), #NTE 2266 (Transporte y almacenamiento químicos), #RTE 006 (Extintores portátiles para protección), #NTE 3864 (símbolos).

Resolución IEES C.D. 333: Sistema de Auditorias de riesgos de trabajo.

Resolución IEES C.D. 390: Reglamento del seguro general de riesgos de trabajo.

Resolución IEES C.D. 298: Reglamento General de responsabilidad Patronal.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición de las necesidades generales de la línea de producción.

Para tener una línea de producción exitosa, debemos tomar en cuenta las necesidades que esta requiere, por ejemplo, el espacio disponible, cantidad de materia prima, facilidades de transporte de materia prima, áreas destinadas para cada una de las tareas del proceso.

Espacios disponibles: el espacio disponible que se tiene es de 160.16 m², por lo que se tendrá que distribuir de la manera óptima para garantizar el correcto funcionamiento de la línea de producción.

Cantidad de materia prima: la fruta madura que se obtiene de los excesos, fruto que no pudo ser vendido, es la materia prima ideal para iniciar el proceso, la línea de producción tiene una capacidad de procesamiento de fruta de 400 kg.

Áreas de procesos: la planta tiene que realizar ocho tareas, con la que se llevara a cabo todo el procesamiento de la fruta, estas tareas estarán distribuidas en cinco diferentes áreas, donde tendrán espacios en común donde se realizara uno o más tareas dentro de la misma zona.

Equipos: la línea de deshidratado contara con 2 equipos de deshidratado, diseñados siguiendo las necesidades y especificaciones del cliente, contara con transportadores llevar los mangos del área de lavado al área de pelado y rebanado.

Personal: se estima, que son necesarias entre 10-15 personas, para llevar a cabo todo el proceso, cada personal contará con uniformes, de acuerdo con las necesidades del área de trabajo.

Uniforme: es necesario identificar a las personas que están a cargo a cada una de las actividades y tareas en la línea de producción, por lo que es indispensable el uso de uniforme para llevar a cabo los más altos estándares de calidad del producto.

Reglamento interno: es necesario que la línea de producción sea gobernada por un reglamento de seguridad, reglamento de calidad, reglamento de salud y reglamento de buen comportamiento.

2.2 Definición de las necesidades específicas para cada tarea de la línea de producción

Recepción de fruta: para el área de recepción de mangos, es necesario tener un espacio donde poder amontonar la fruta necesaria para el día laboral, dependiendo su variedad, además se necesita un estimado de dos personas que puedan llevar a cabo esta tarea. Se recomienda no utilizar maquinaria.

Lavado de fruta: el mango pasa por un proceso de desinfección, es necesario tener recipientes donde se permita realizar esta actividad, una buena calidad de agua, el agente desinfectante y elemento de medición que me permita, conseguir la concentración adecuada de agua + desinfectante para el tratamiento de la fruta. En esta área también se efectúa la selección de la fruta calificada para el proceso, se estima que 2 personas serán responsables de esta sección.

Pelado y rebanado de fruta: para esta fase de la línea de producción, la fruta lavada y calificada serán trasladadas al área de pelado y rebanado donde se separará la cáscara y la semilla de la pulpa de mango, la fruta rebanada a 5 mm de espesor es colocadas en gavetas para proceder a la siguiente etapa. En el área de rebanado, debido al manejo de herramientas cortantes es necesario que el personal se protejan las manos. Es necesario la implementación de transportadores o en su defecto definir estaciones de trabajos individuales para cada persona, donde se estima entre 4-6 personas

Área de preparación de bandejas: la fruta cortada es colocada en las bandejas, donde serán trasladadas al área de deshidratado, por medio del porta bandejas móvil, en esta etapa del proceso es necesario la construcción de las bandejas y la estructura móvil porta bandejas, además de un área destinada a la ejecución de esta tarea, para esta fase estarán a cargo entre 1- 2 personas.

Deshidratado de mango: el portador de bandejas móvil con la fruta rebanada es colocada dentro de la cámara de deshidratado, después de alrededor de 7 a 9 horas de proceso, la fruta estará completamente deshidratada y lista para el post procesamiento. En esta área es necesario la construcción del deshidratador de

bandejas para cumplir con el requerimiento de procesar 400 kg/día además de la construcción de un espacio destinado a la operación de los equipos, donde una persona capacitada estará a cargo, para encender los equipos y ponerlos en funcionamiento.

Post procesamiento de la fruta deshidratada: el portador de bandejas móvil es llevado al área de post procesamiento, donde la fruta deshidratada será separada de las bandejas, con el fin de garantizar la calidad del producto será hará una selección de acuerdo a las cualidades físicas del producto terminado, por ejemplo: coloración, densidad, etc. Luego son empacadas y selladas para su distribución y venta. En esta etapa, es necesario la adquisición de un equipo de sellado, además de un área destinada para la realización de esta tarea donde estarán a cargo de 2-3 personas.

2.3 Análisis de requisitos técnicos

2.3.1 Alternativas de deshidratador de mango:

Para el diseño del deshidratador, se consideraron aspectos importantes con respecto al tipo y la disponibilidad de energía en la zona, dentro de los parámetros establecidos por el cliente; están las facilidades de la manufactura y obtención de los materiales para el deshidratador, para los planos solicitados por el cliente.

Alternativa #1

Deshidratador con resistencias eléctricas en la pared superior, las resistencias proveen de energía térmica para el proceso del deshidratado. Para esta alternativa se planteó el uso de resistencias eléctricas como fuente de calor, estas se colocarían dentro del horno en la parte superior, junto al ducto de succión de aire que también está colocado de la misma manera, la desventaja que se ve en esta alternativa es la distribución de aire y el poco espacio para colocar el difusor para que el deshidratado sea uniforme.

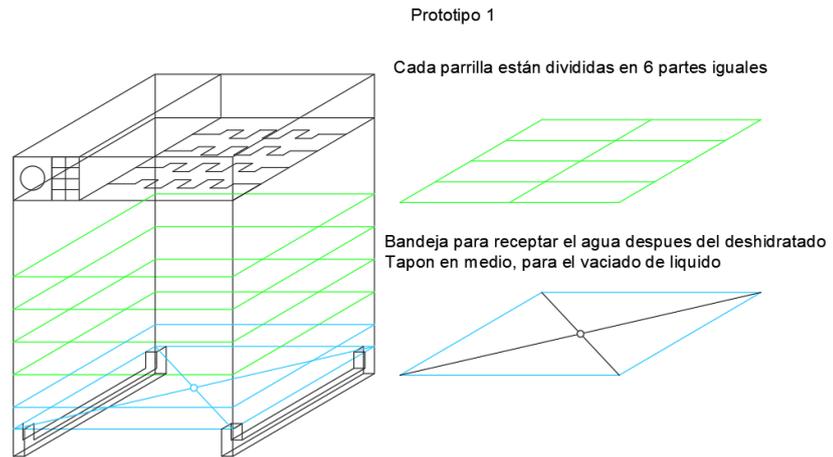


Figura 2.1 Resistencias eléctricas como generación de calor [Elaboración propia]

Alternativa #2

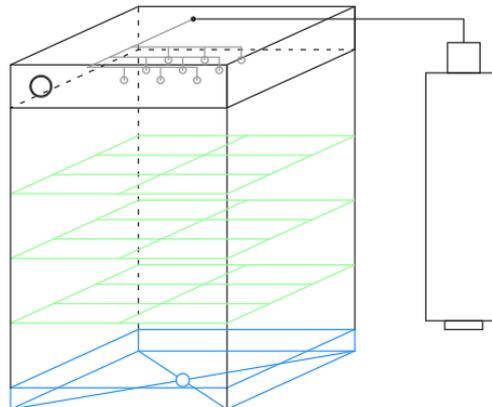


Figura 2.2 GLP como generador de calor [Elaboración propia]

Se plantea el uso de GLP (gas licuado de petróleo) como generador de calor, del cual, el proceso de encendido será a través de un switch, que encienda las hornillas en las planchas metálicas de la cámara, permitiendo el deshidratado de la materia prima (mango). Se añade un sensor de temperatura, para regular de forma manual el empleo de las hornillas, con el fin de mantener la temperatura interna estable.

Alternativa #3:

Se planteó de la siguiente manera, las resistencias eléctricas fueron ubicadas en ambas paredes dentro del ducto de succión de aire, para que el aire pueda entrar a una temperatura ideal para el deshidratado. Se incorporó un difusor de aire junto con un ventilador para distribuir el fluido de manera uniforme para el proceso (convección forzada), además se acopló un controlador electrónico, permitiendo regular la temperatura a la que entra el aire con el fin poder deshidratar cualquier tipo de fruta.

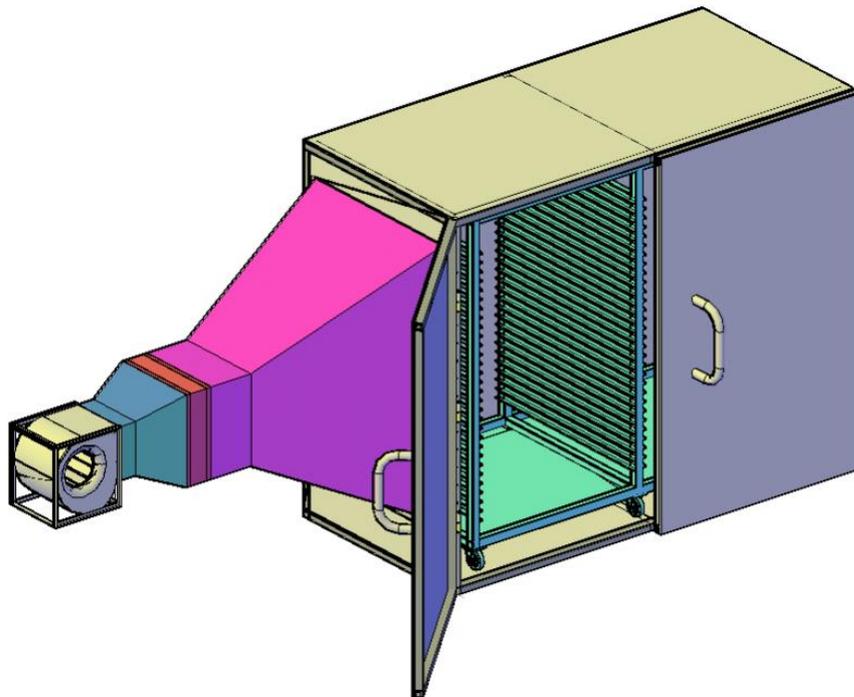


Figura 2.3 Resistencias eléctricas en ducto de succión, con un ventilador y microcontrolador [Elaboración propia]

2.3.2 Selección de la alternativa del deshidratador:

Se realizó una matriz de decisión en base a los criterios dichos en las alternativas nombradas anteriormente, tomándose en cuenta diferentes variables, que estén relacionadas con el rendimiento en el proceso de deshidratado.

Tabla 2.1 Matriz de decisión para el deshidratador [Elaboración propia]

	Costo	Mantenimiento	Consumo de energía	Duración del proceso	Total
Alternativa 1	3	1	5	5	14
Alternativa 2	1	5	1	2	9
Alternativa 3	3	3	5	5	16

La alternativa que se escogió con base a la matriz de decisión fue la 3 (**Tabla 2.1**), debido a que se busca que la máquina sea sencilla de fabricar como también sea manipulable el margen de temperatura en el proceso de deshidratado del producto seleccionado.

2.3.3 Diseño de concepto

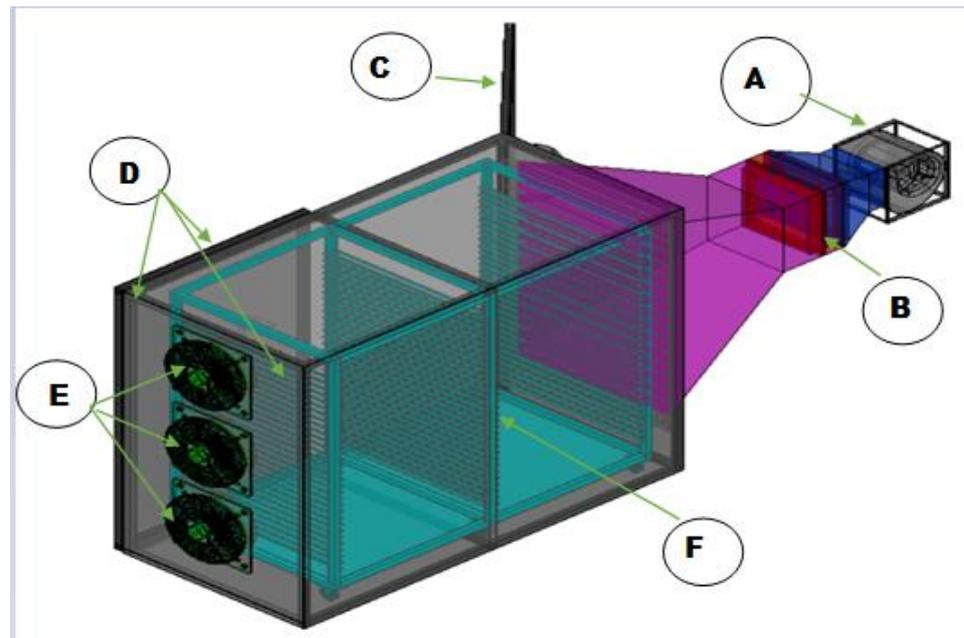


Figura 2.4 Diseño de concepto para la alternativa seleccionada

[Elaboración propia]

- A. El ventilador tipo centrífuga, lo cual se puede acoplar al ducto de entrada de aire, con el objetivo de provocar circulación del aire que está contenido en el equipo, mejorando la transferencia de calor por convección en el producto
- B. Las resistencias eléctricas fueron colocadas en el ducto de entrada de aire del equipo, para calentar el flujo de aire con la temperatura óptima para que el proceso de deshidratado ocurra sin problemas.
- C. El tablero de control puede ser ubicado dependiendo del gusto del cliente, pero es recomendable ponerlo adyacente al equipo que está aislado térmicamente, además cuenta con un ventilador para enfriar el circuito que controla las operaciones de los equipos e instrumentación acoplados al deshidratador, como el regulador de potencia para las resistencias térmicas que están en el ducto de entrada de flujo de aire.
- D. Las paredes del equipo fueron aisladas térmicamente, para evitar pérdidas de calor por la interacción del equipo con el ambiente. Las paredes fueron construidas con aislantes térmicos, tales como lana de vidrio, lana de roca o GYPSUM, o una combinación de ambas, en medio de dos paredes delgadas que componen una de las paredes del equipo.

- E. En esta sección se ubicó extractores de aire, para poder expulsar el aire cargado de vapor hacia afuera del deshidratador.
- F. La carretilla porta bandejas tiene como objetivo poner el producto recién cortado dentro del deshidratador, para que el flujo de aire caliente pase entre las bandejas.
- G. Se tomó en cuenta que el mantenimiento del equipo debe ser sencillo, en especial los elementos que son removibles, en caso de algún fallo o limpieza general.

2.3.4 Normativas:

En el caso de la línea de producción, se pueden aplicar varias normas que son vigentes en Ecuador, algunas de ellas enfocadas a la seguridad industrial, que involucren:

- a. Puntos de evacuación,
- b. Señalización,
- c. Importancia de los equipos de protección personal (EPP),
- d. Primeros auxilios, personal médico, entre otras.

En el caso de los materiales que conforman el deshidratador, deben cumplir con normas de calidad, o al menos que sean aceptados en el país:

Lana de roca (Sonowalll SAFB) cumple con las siguientes normas técnicas:

ASTMC C665 - CAN/ULC S702: como aislamiento térmico de lana mineral.

ASTM E136 - CAN/ULC S114: Cumple la determinación de No-Combustibilidad.

ASTM E84 - CAN/ULC S102: nula generación de humos y propagación de llamas de forma superficial.

CAN/ULC S129: Resistencia a la combustión sin humo (0.09%)

ASTM C158: Propiedades de transmisión térmica, (SICON S.A., 2021).

Planchas de Yeso (GYPSUM Secureroock), Cumple con la siguiente normativa técnica:

ASTM C117: combustibilidad nula (no desprende llamas o Humo).

*Se requiere estar cubierto con la lana de roca, para evitar que absorba agua producto de la deshidratación. Si no encuentra GYPSUM, puede optar por una capa doble de lana de vidrio como alternativa, (ACIMCO, 2021).

Planchas de acero inoxidable: posee la siguiente calidad 430 2B/BA, ideal para el ensamble del deshidratador.

2.4 Adaptación de la maquinaria a su ejecución en planta

2.4.1 Alternativas de diseño de líneas de producción:

Para el diseño de la línea de producción, se consideró algunas formas, de las cuales, el área de trabajo sea distribuida eficientemente para las tareas de los empleados, en el proceso de deshidratado de mango. Eso incluye las ubicaciones de la línea de los deshidratadores, el cual fueron puestos en lugares exclusivos, y solamente podrán ingresar cuando se lo pongan en funcionamiento y se tenga que retirar el producto, (Altertecnia, 2021).

Se consideró que debe haber una charla de seguridad al momento de usar las herramientas, incluyendo los equipos deshidratadores. Los kits de primeros auxilios fueron ubicados en todos los sectores, en caso de accidente laboral.

Debe existir una línea telefónica para atención médica cercana, para accidentes laborales muy graves, tales como quemaduras, cortes profundos, etc.

Propuesta #1

Se planteó un área de trabajo bajo requerimientos del cliente (sujeta a modificación), en el que, el proceso de la producción de deshidratado de mango sea más eficiente y seguro para los empleados.

Los deshidratadores fueron ubicados en un lugar cercano Post rebanado separándolo con una pared de los empleados, evitando la radiación emitida de los equipos y disminuir riesgos y accidentes laborales.

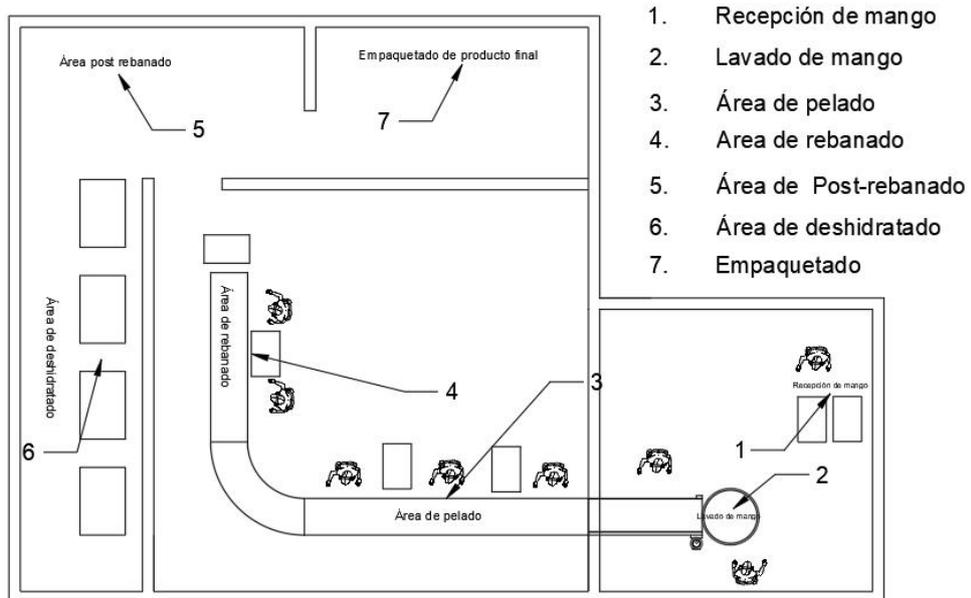


Figura 2.5 Alternativa 1 de la línea de producción [Elaboración propia]

Propuesta 2:

Se planteó un área de trabajo compacta, para que el proceso de deshidratado sea más organizado y que las personas puedan acceder con facilidad a su área de trabajo correspondiente. La línea de producción se dividirá en 7 fases, a las cuales se les designarán un área específica de trabajo, donde estarán ubicadas de forma consecutiva durante todo el proceso.

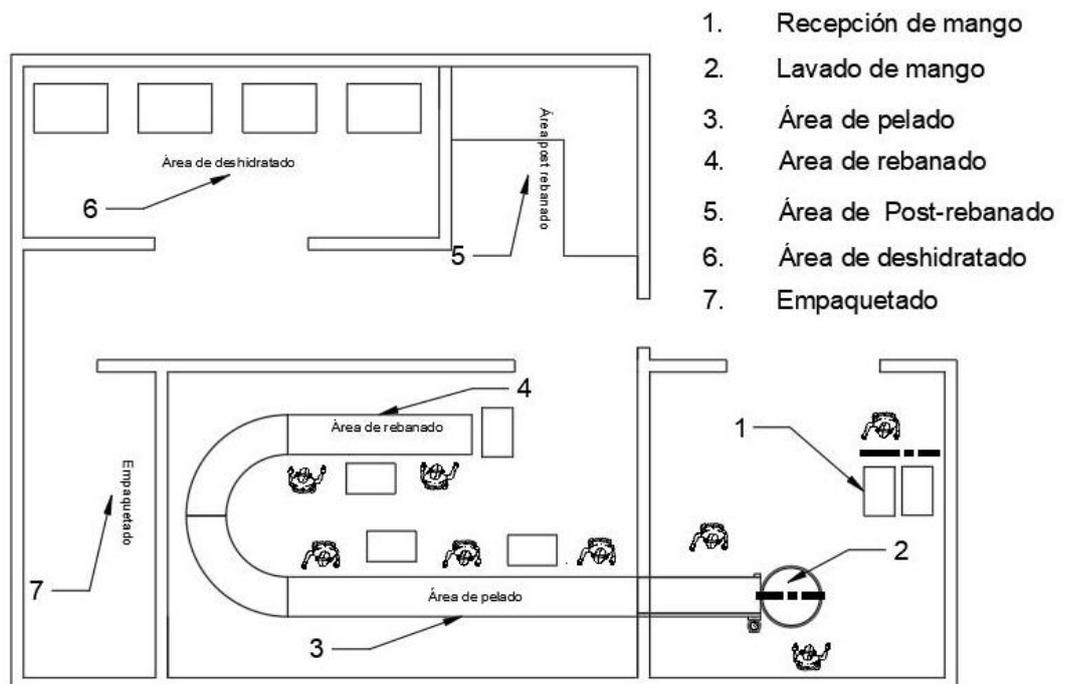


Figura 2.6 Alternativa 2 de la línea de producción [Elaboración propia]

2.4.2 Selección de la alternativa de la línea de producción:

Se realizó una matriz de decisión para poder escoger la alternativa, que sea por lo menos, más fácil de construir, además debe ser seguro para los empleados.

Tabla 2.2 Matriz de decisión de la línea de producción [Elaboración propia]

	Costo	Mantenimiento	Consumo de energía	Duración del proceso	Total
Alternativa 1	3	1	5	5	14
Alternativa 2	3	5	5	3	16

Se escogió la alternativa 2 debido a su valoración en la **Tabla 4** y por la sencillez de construir, además que las tareas de los empleados son más flexibles.

La línea de producción tiene como punto importante el deshidratador, para el resto de los equipos y componentes internos se realizará una selección, donde se escogerá aquellos que tengan un mejor desempeño y se acoplen a las necesidades del cliente, siendo el factor económico el más relevante al momento de una decisión.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADO Y ANÁLISIS

3.1 Condiciones y variables de entrada

Mediante tablas climatológicas y requerimientos del proyecto, fueron determinadas las condiciones de entrada para el sistema (**Tabla 3.1**), considerando la ubicación del cantón Santa Lucía.

Tabla 3.1 Condiciones y variables de entrada para el deshidratador [Elaboración propia]

VARIABLES DE ENTRADA	CANTIDAD	UNIDADES
Masa total de mango	200	kg
Volumen de mango	0.392	[m ³]
Temperatura de entrada de aire	27	°C
Temperatura de deshidratado	65	°C
Humedad relativa del aire	85	%
Humedad relativa mango	83	%

3.2 Resultados de análisis en el deshidratador

En esta sección se calculó la carga y la potencia necesaria para el correcto funcionamiento del deshidratador (APÉNDICE A), además con ayuda de los resultados mostrados en la **Tabla 3.2**, se hizo una selección de cada uno de los componentes que incluye el banco de resistencias calefactoras, ventilador centrífugo, instrumentación y el diseño del ducto de succión.

Se seleccionó un banco de resistencias calefactoras aleteadas, mayormente utilizadas para este tipo de aplicaciones, estas tienen una tasa de transferencia de calor superior a las no aleteadas.

Para el diseño del ducto de succión, se consideró el flujo total del aire necesario para la deshidratación, además se seleccionó un ventilador centrífugo con una capacidad mayor, para tener un rango superior en el manejo de temperaturas.

Tabla 3.2 Resultados del análisis térmico para el deshidratador

[Elaboración propia]

Descripción	Cantidad	Unidades
Número de bandejas usadas	60	
Espaciado entre bandejas	50	mm
Ancho de la bandeja	1000	mm
Largo de la bandeja	1000	mm
Ancho del deshidratador	1180	mm
Largo deshidratador	1480	mm
Altura del deshidratador	2040	mm
Volumen de aire en deshidratador	3.56	[m ³]
Calor necesario para evaporar agua	402923	KJ
Calor necesario calentar el aparato	7674	KJ
Calor perdido en estructura	391	KJ
Calor sensible, aire de salida	1395886	KJ
Consumo energético por segundo	72	KW
Velocidad de aire	0.79	m/s

3.3 Distribución de áreas

Para la distribución de las zonas de trabajo se tomaron en consideración las dimensiones de cada una de los elementos y equipos que confirman la línea de deshidratado, dejando un margen entre 1 a 3 metros para la circulación de las personas y porta-bandejas móvil, el área con mayor tamaño es la de pelado y rebanado de fruta debido a que es la zona con mayor actividad, en la Tabla 3.3 se observa los requerimientos mínimos para cada sección.

Tabla 3.3 Distribución de las áreas de trabajo [Elaboración propia]

Distribución de las áreas				
N.º	Descripción	Área [m ²]	Largo [m]	Personal
1	Lavado y desinfectado	25	5	1-2
2	Pelado y rebanado	60	12	6-8
3	Preparación de bandejas	17	3.4	1-2
4	Deshidratado de frutas	18	6	1
5	Selección y empaquetado	27	3.6	1-2

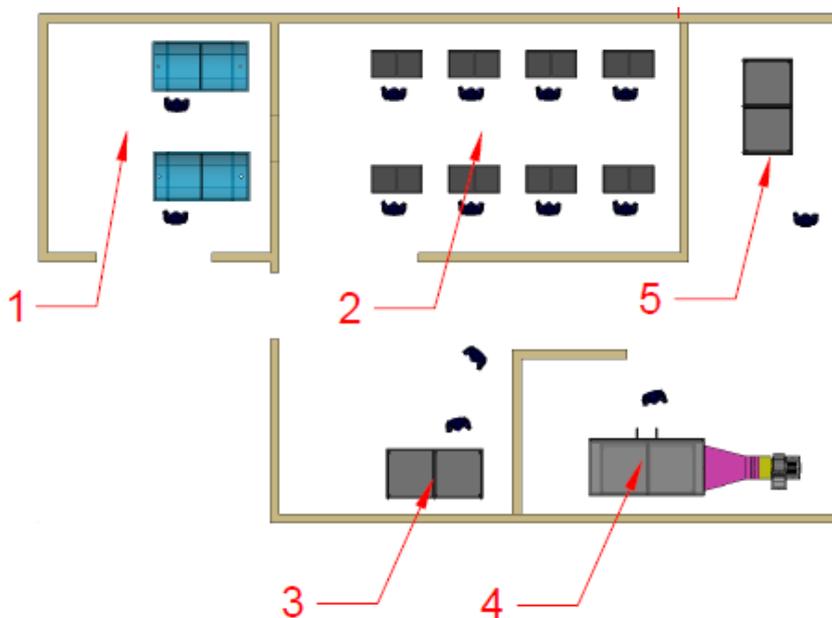


Figura 3.1 Distribución de las áreas de trabajo vista superior [Elaboración propia]

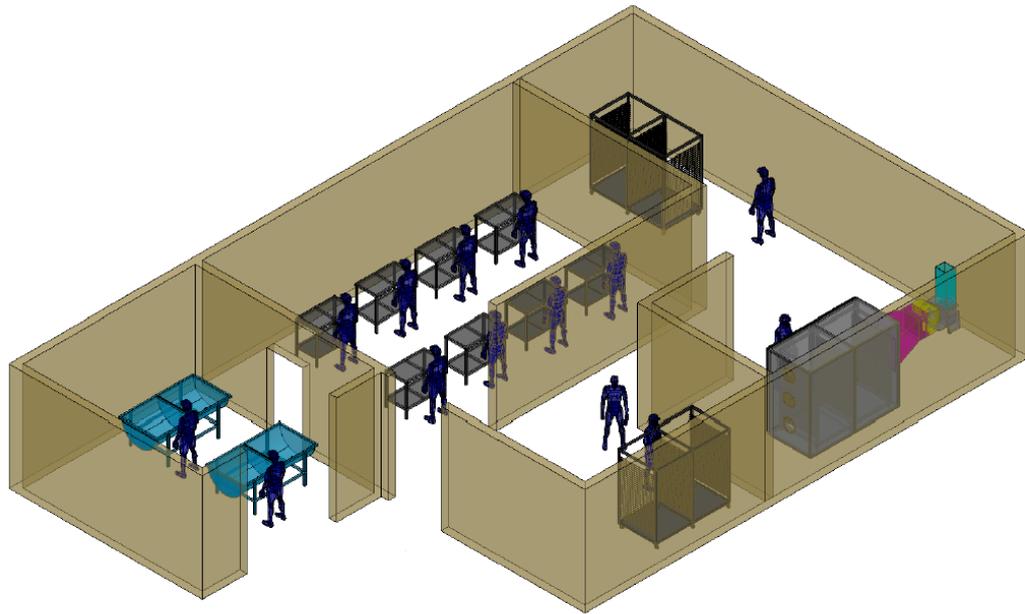


Figura 3.2 Distribución de las áreas de trabajo vista isometrica [Elaboración propia]

3.4 Simulaciones en el deshidratador

3.4.1 Velocidad del flujo de aire entre las bandejas del deshidratador usando el software Ansys Fluent

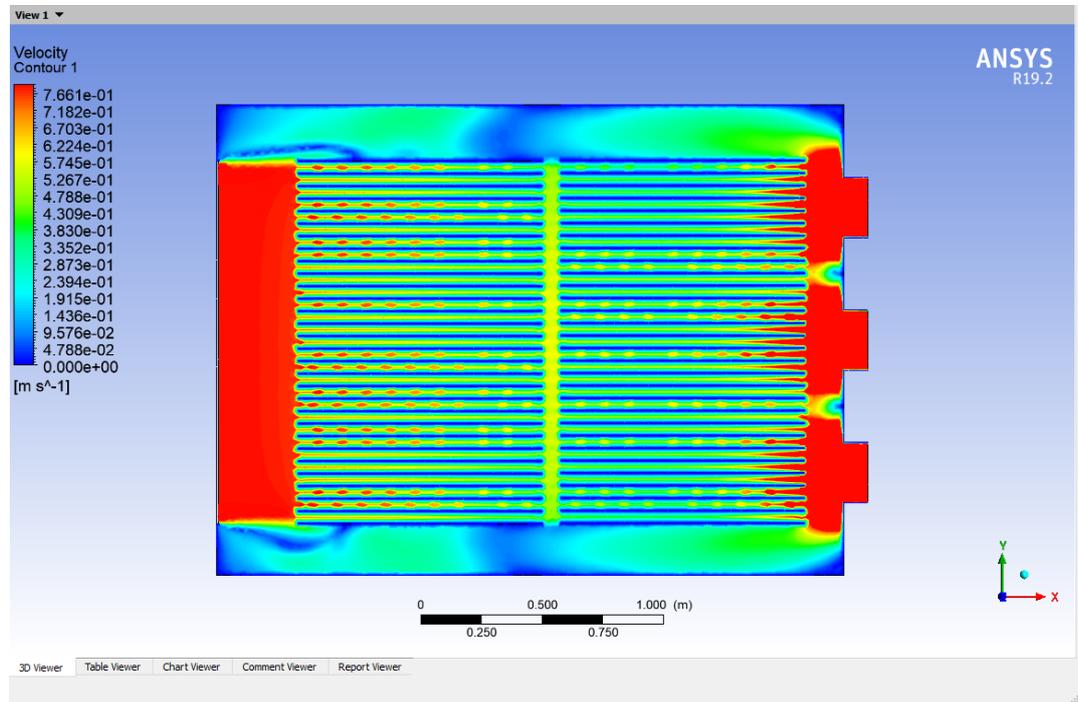


Figura 3.3 Velocidad de flujo de aire entre las bandejas, en un rango de velocidad de 0 m/s a 0.79 m/s [Elaboración propia]

En este análisis, la velocidad de entrada calculada es de 0.79 m/s, con una humedad del 85%, (revisar sección 6.7). El ventilador impulsa el flujo de aire seco caliente hacia las bandejas huecas donde están los mangos cortados, logrando calentar la fruta extrayendo el agua en forma de vapor, el cual es transportado por el flujo de aire hacia los tres extractores con una presión de trabajo de 10 Pa. Las turbulencias dentro del deshidratador son mínimas, especialmente en la parte de arriba, permitiendo que el aire transcurra normalmente.

Las líneas de flujo viajan uniformemente entre las bandejas y a través de ellas, facilita la transferencia de calor en el producto, los tres extractores permiten que el aire caliente humedecido pueda salir del deshidratador sin problemas.

3.4.2 Temperatura interna del deshidratador en el software Ansys Fluent

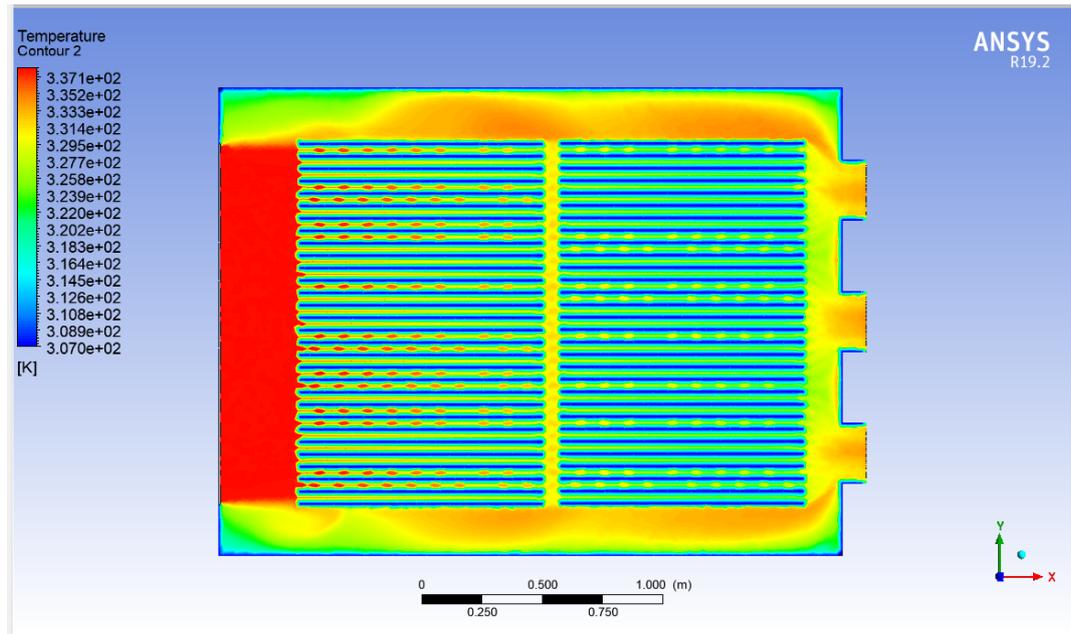


Figura 3.4 Análisis de la Temperatura interna del deshidratador
[Elaboración propia]

Se puede observar que, en el interior del deshidratador, al momento de entrar el flujo de aire caliente, la variación de temperatura es notable entre las bandejas. Si vemos en la entrada del deshidratador, el aire caliente tiene 338 K, al momento de recorrer entre las bandejas, la temperatura varía su valor estimado a 329 K, en algunas zonas de la primera columna de bandejas y en la mayor parte de la segunda columna de bandejas. En el interior del deshidratador, en las zonas de las esquinas, la variación de temperatura es mayor, lo cual no afecta en el producto.

3.4.3 Velocidad del aire en el ducto de alimentación

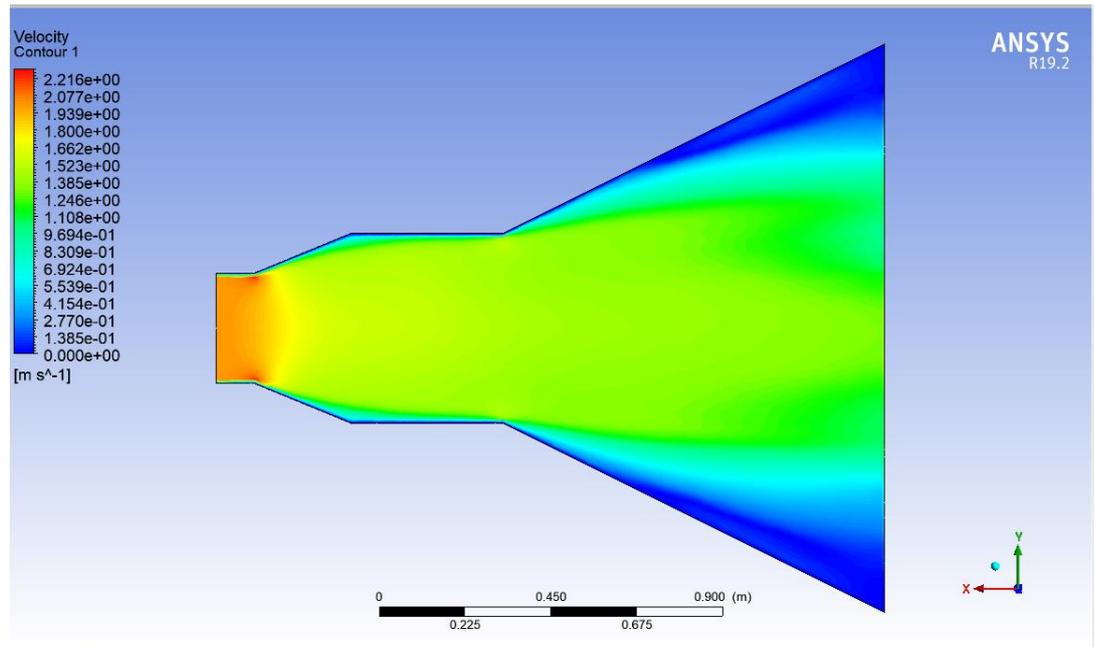


Figura 3.5 Velocidad de aire dentro del ducto de alimentación del deshidratador [Elaboración propia]

Observamos que la velocidad del aire se mantiene estable aproximado a 1.2 m/s, al poner unas persianas en la salida de la tobera se permite reducir notablemente la velocidad. En este caso, se requiere que se regule a 0.79 m/s en la salida del ducto, pero con las persianas puestas, se puede regular a la velocidad deseada.

En las zonas azules, la velocidad es mucho menor, debido a que la presión que trabaja el ventilador es de 425 Pa, y además que el flujo de aire es muy grande. En la siguiente sección se va a tratar el comportamiento de la temperatura del aire dentro del ducto hacia al deshidratador.

3.4.4 Temperatura del aire dentro del ducto

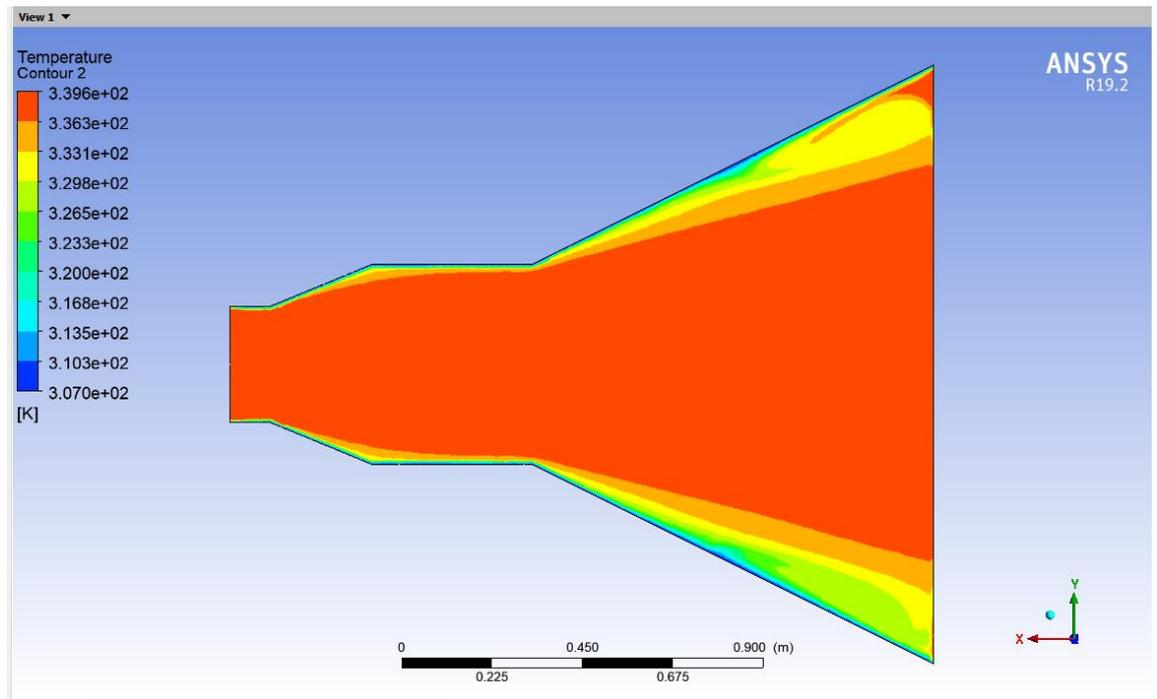


Figura 3.6 Temperatura del flujo de aire [Elaboración propia]

El flujo de aire entra a una temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ a lo largo del ducto, esto es favorable debido a que el fluido mantiene su temperatura constante, ideal para el proceso del deshidratado de la fruta. Observamos que en la parte inferior y superior de la salida del ducto hay variaciones de temperatura, provocado por la magnitud de la velocidad del fluido, en el cual es mucho menor en esos sectores.

3.4.5 Análisis de la carretilla donde fueron puestas las bandejas de la fruta a deshidratar

En este caso, se realizó la simulación de la carretilla usando el software Inventor, los resultados obtenidos son mostrados en la (Tabla 3.4).

De acuerdo al diseño propuesto, se determinó que es necesario el análisis estructural del porta bandejas, debido a que soporta la carga del fruto húmedo, con este análisis se verificó que la estructura es capaz de soportar la carga de 200 kg de mangos y su propio peso, además se hizo la selección de las ruedas tomando en consideración la reacción de mayor magnitud en cada uno de los soportes, por lo que se seleccionó una rueda capaz de soportar 80 kg y las condiciones térmicas del deshidratado.

Tabla 3.4 Resultados estáticos de la carretilla porta bandejas [Elaboración propia]

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0.000 mm	0.376 mm
Fuerzas	Fx	-436.807 N	611.025 N
	Fy	-483.854 N	596.916 N
	Fz	-0.072 N	714.222 N
Momentos	Mx	-75912.094 N mm	200110.205 N mm
	My	-195945.532 N mm	76142.950 N mm
	Mz	-564.420 N mm	932.020 N mm
Tensiones normales	Smax	-1.004 MPa	23.744 MPa
	Smin	-23.935 MPa	-0.007 MPa
	Smax(Mx)	0.000 MPa	23.783 MPa
	Smin(Mx)	-23.783 MPa	-0.000 MPa
	Smax(My)	0.000 MPa	23.288 MPa
	Smin(My)	-23.288 MPa	-0.000 MPa
	Saxial	-1.234 MPa	0.000 MPa
Tensión de corte	Tx	-2.290 MPa	1.637 MPa
	Ty	-2.238 MPa	1.814 MPa
Tensiones de torsión	T	0.000 MPa	0.000 MPa

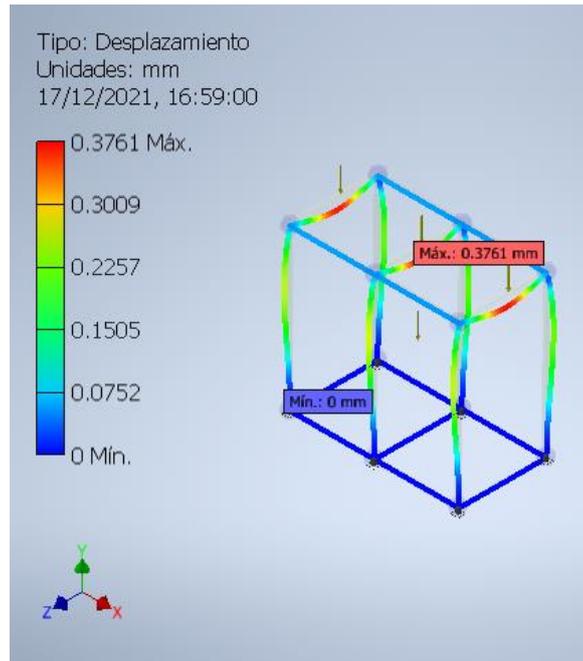


Figura 3.7 Deformación en Y de la carretilla [Elaboración propia]

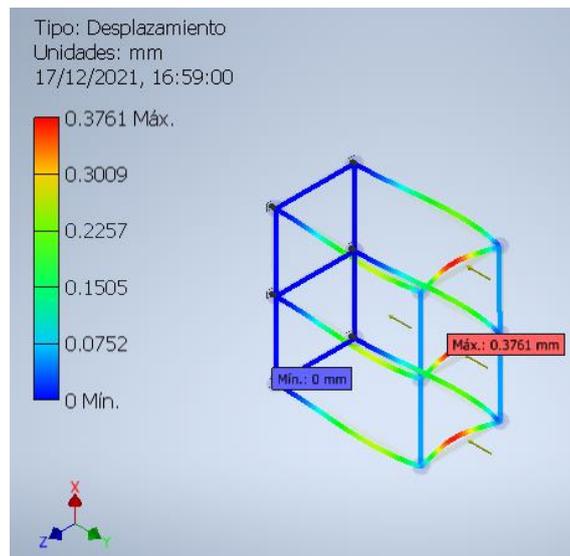


Figura 3.8 Deformación en X de la carretilla [Elaboración propia]

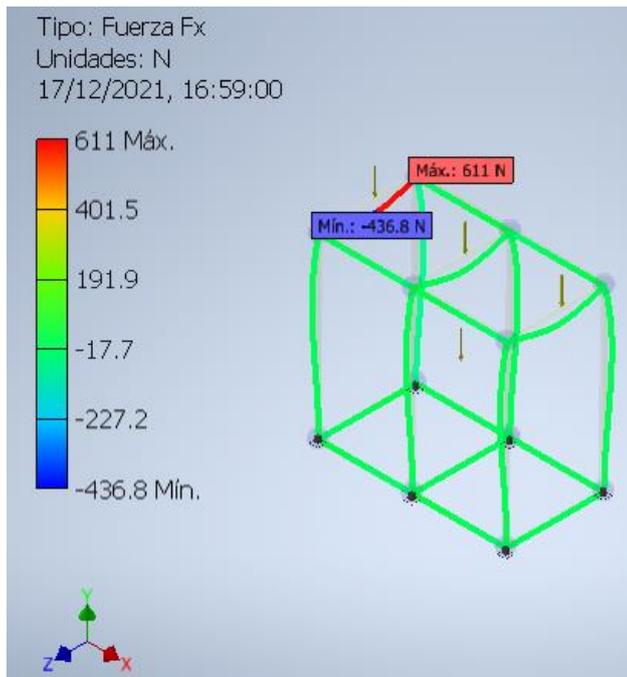


Figura 3.9 Fuerzas en el eje X [Elaboración propia]

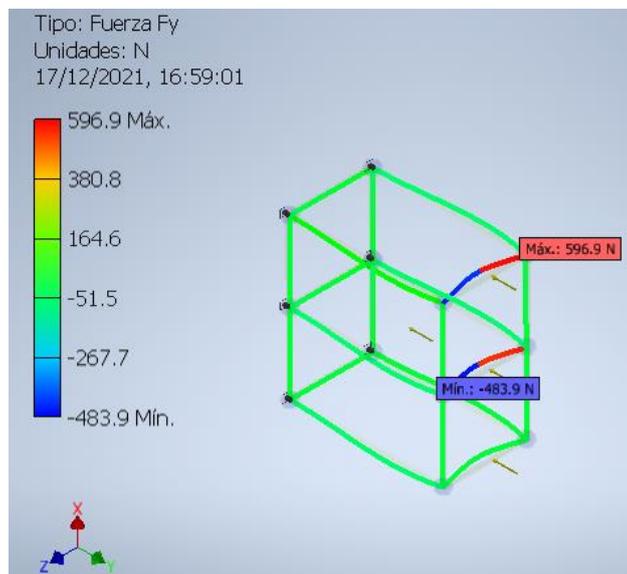


Figura 3.10 Fuerzas en el eje Y [Elaboración propia]

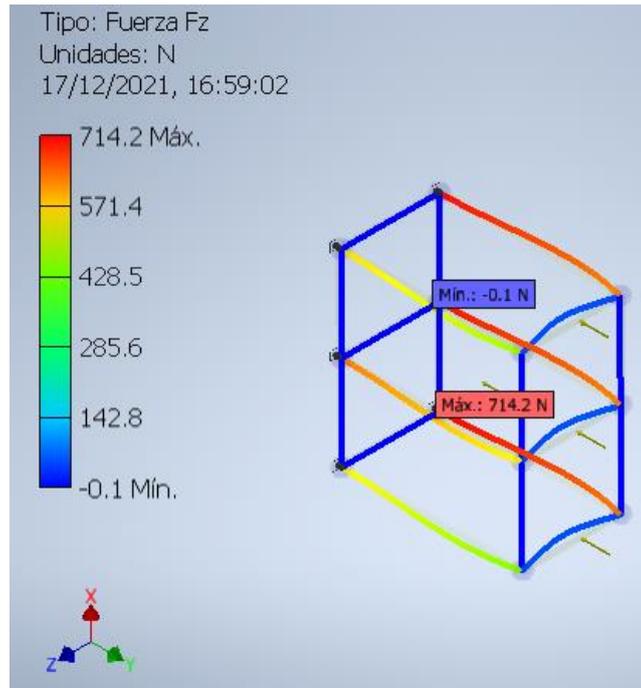


Figura 3.11 Fuerzas en el eje Z [Elaboración propia]

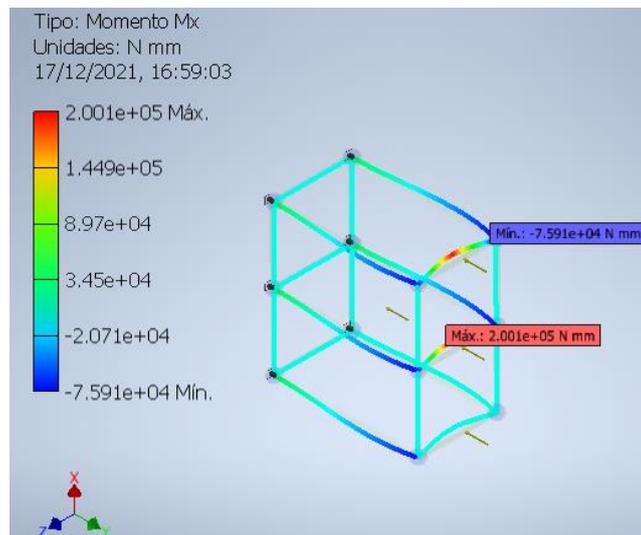


Figura 3.12 Momento en el eje X [Elaboración propia]

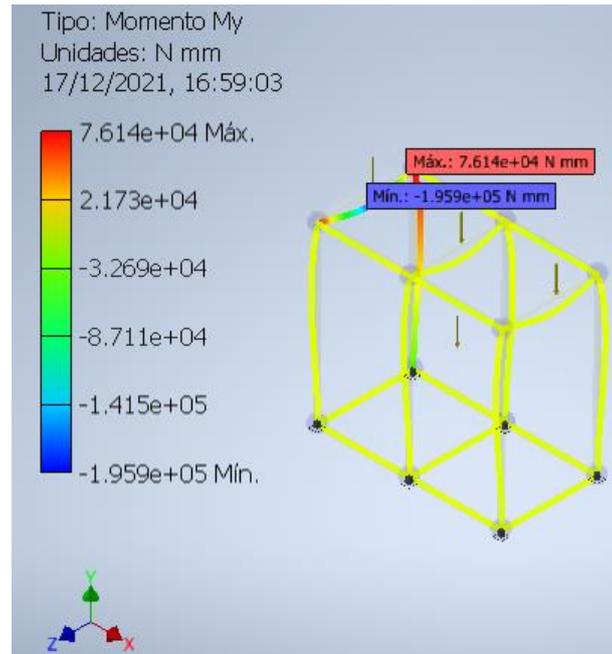


Figura 3.13 Momento en el eje Y [Elaboración propia]

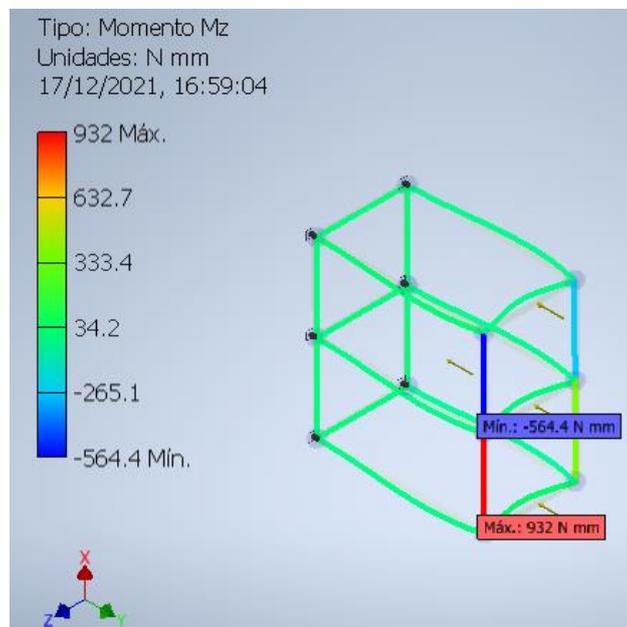


Figura 3.14 Momento en el eje Z [Elaboración propia]

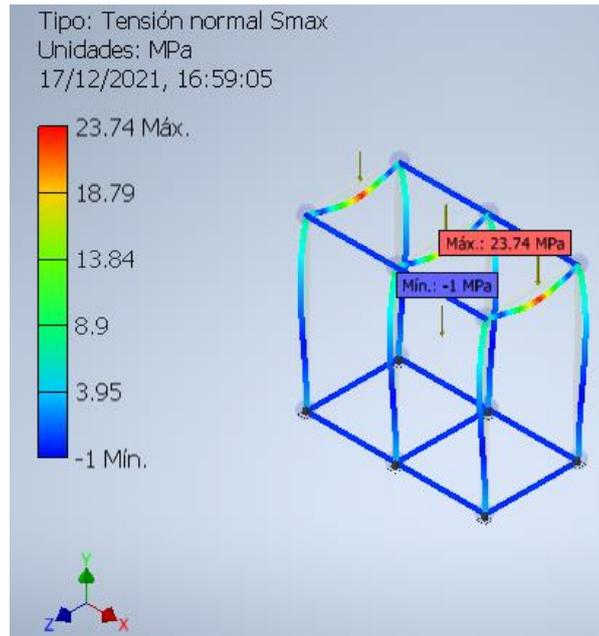


Figura 3.15 Tensión Normal Smax [Elaboración propia]

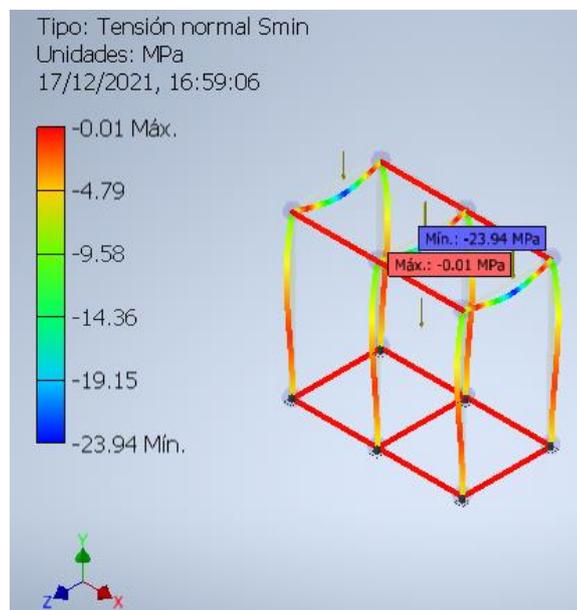


Figura 3.16 Tensión Normal Smin [Elaboración propia]

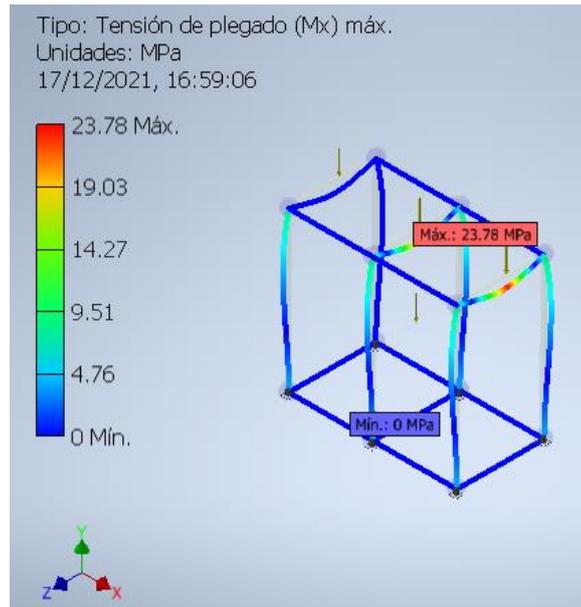


Figura 3.17 Tensión de plegado (Mx) máxima [Elaboración propia]

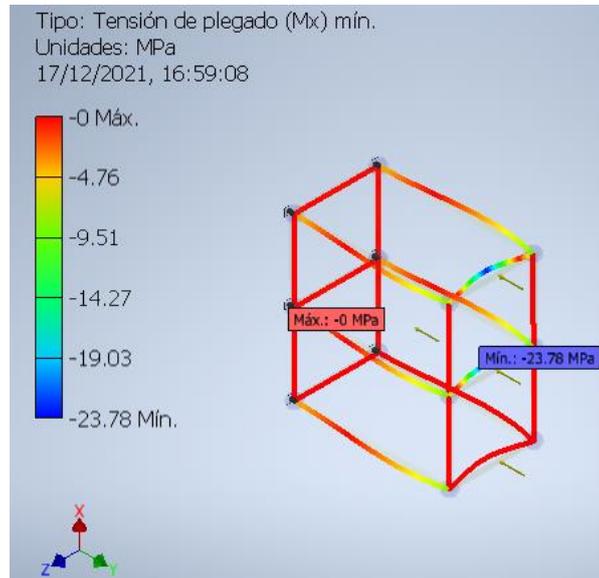


Figura 3.18 Tensión de plegado (Mx) mínima [Elaboración propia]

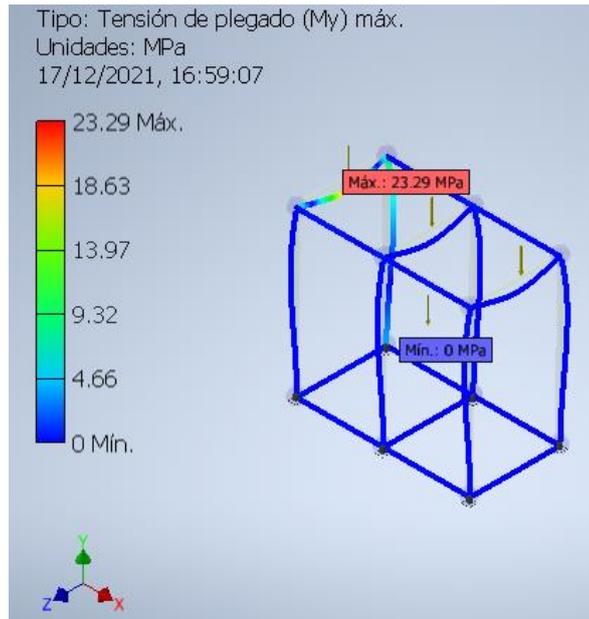


Figura 3.19 Tensión de plegado (My) máxima [Elaboración propia]

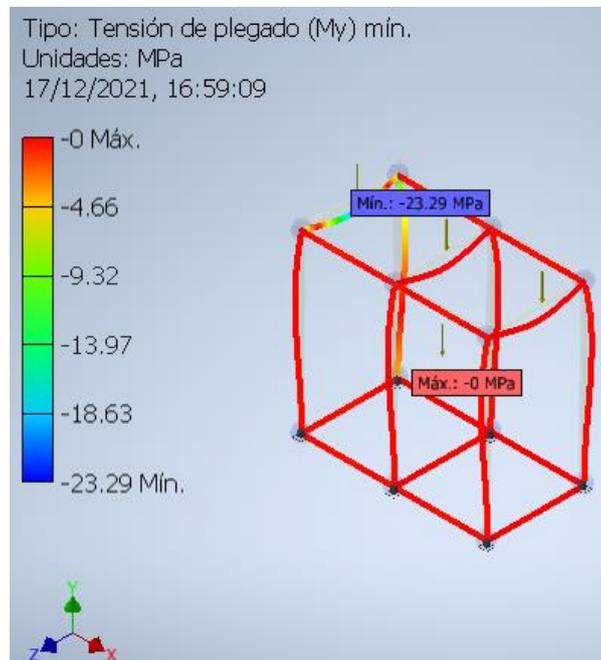


Figura 3.20 Tensión de plegado (My) mínima [Elaboración propia]

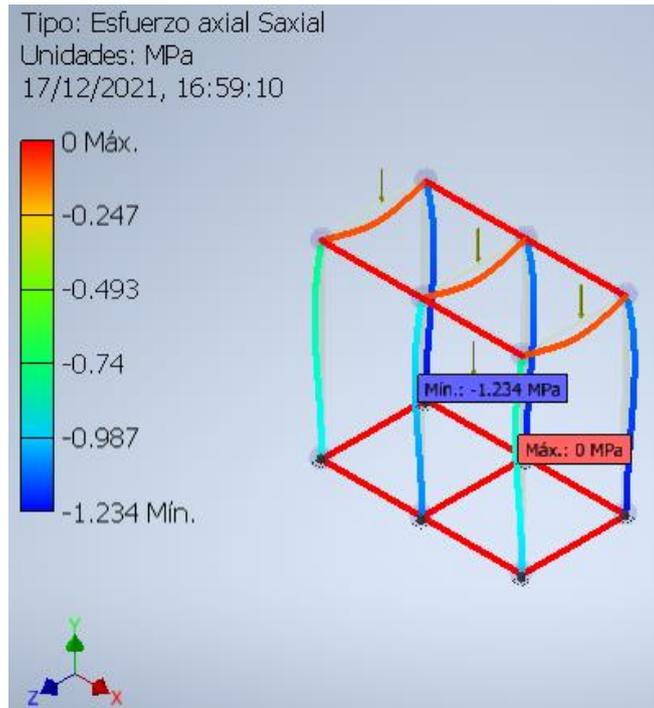


Figura 3.21 Esfuerzo axial (Saxial) [Elaboración propia]

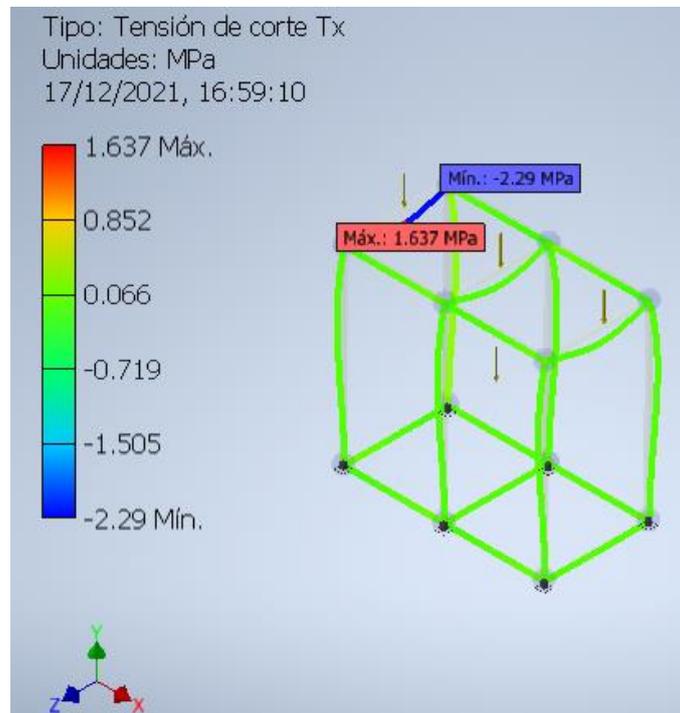


Figura 3.22 Tensión de corte en el eje X (Tx) [Elaboración propia]

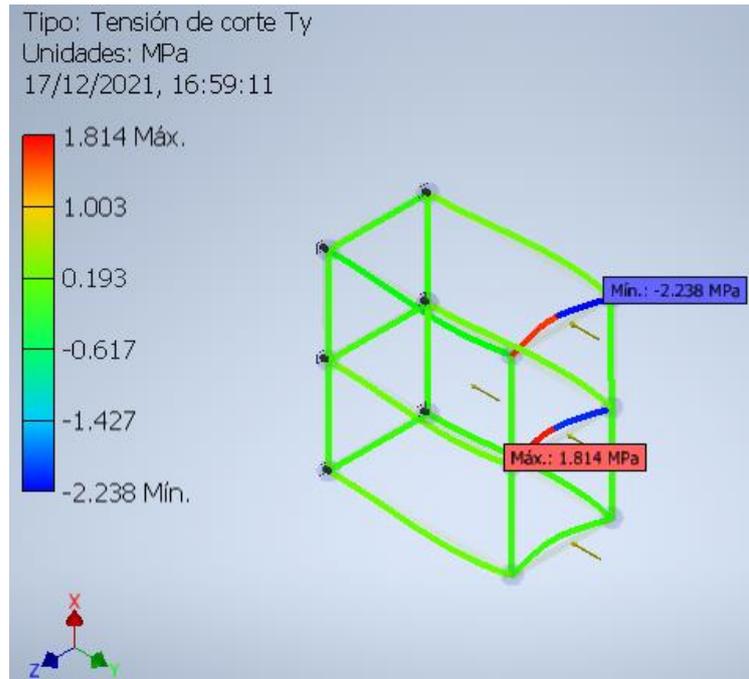


Figura 3.23 Tensión de corte en el eje Y (Ty) [Elaboración propia]

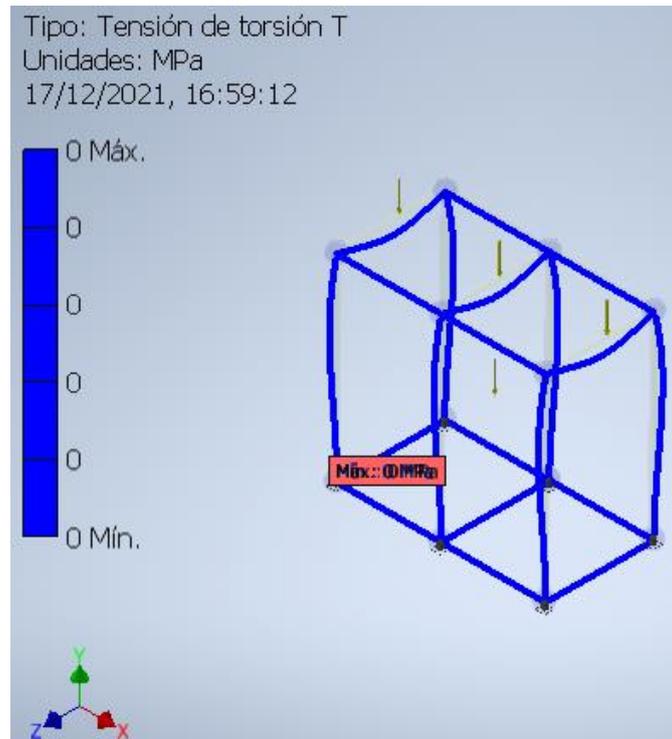


Figura 3.24 Torsión de la carretilla [Elaboración propia]

3.5 Resultados de encuestas

¿Haz comprado alguna vez comida deshidratada? (Hortalizas - frutas)

109 respuestas

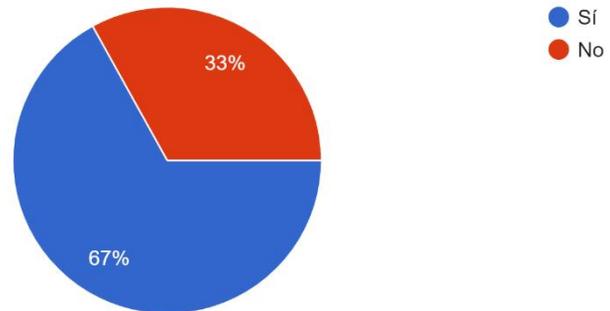


Gráfico 3.1 Resultados a la pregunta ¿Has comprado alguna vez comida deshidrata? (Hortalizas- frutas) [Elaboración propia]

¿Cómo prefiere comer las frutas?

109 respuestas

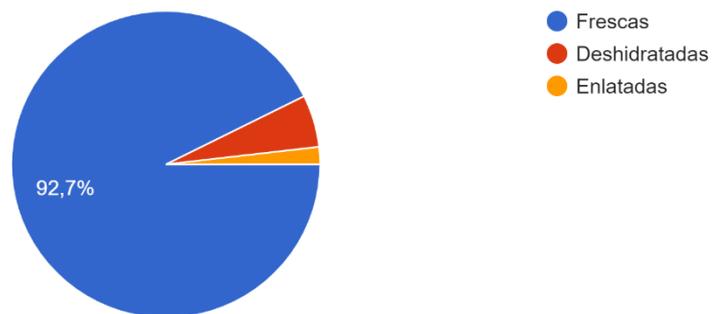


Gráfico 3.2 Resultados a la pregunta ¿Cómo prefiere comer las frutas? [Elaboración propia]

¿Sabías que es un método de conservación de alimentos? Aumenta la vida útil de las frutas y hortalizas.

109 respuestas

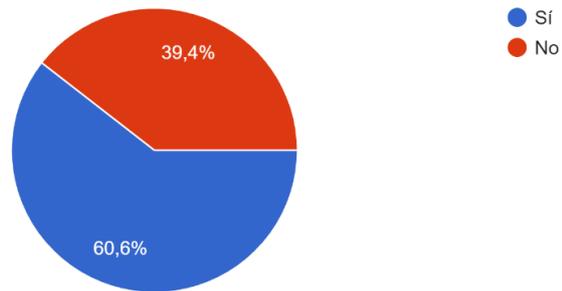


Gráfico 3.3 Resultados a la pregunta ¿Sabías que es un método de conservación de alimentos? [Elaboración propia]

¿Haz comprado frutas secas en empaques, por ejemplo: pasas nueces, etc.

109 respuestas

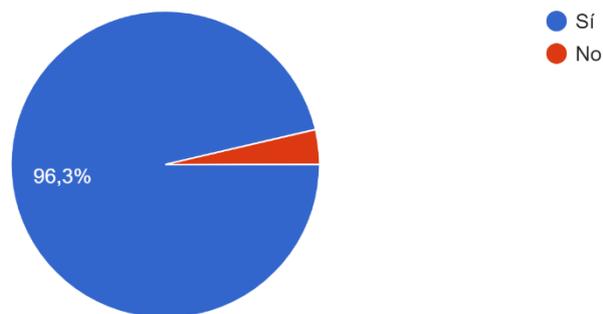


Gráfico 3.4 Resultados a la pregunta ¿Haz comprado frutas secas en empaques? [Elaboración propia]

¿Cómo prefiere comer las frutas?

109 respuestas

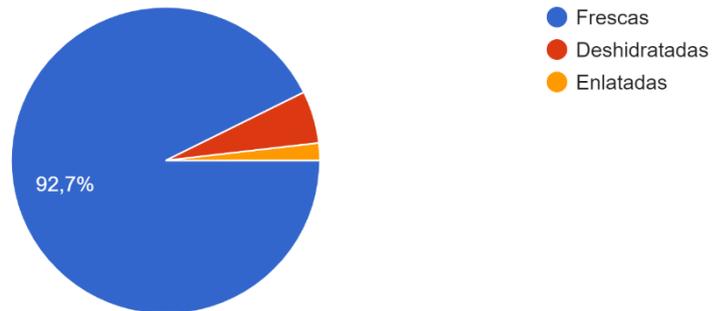


Gráfico 3.5 Resultados a la pregunta: ¿Cómo prefieres comer las frutas?
[Elaboración propia]

¿Sabía usted que la fruta deshidratada tiene los mismos valores nutricionales que la fruta fresca?

109 respuestas

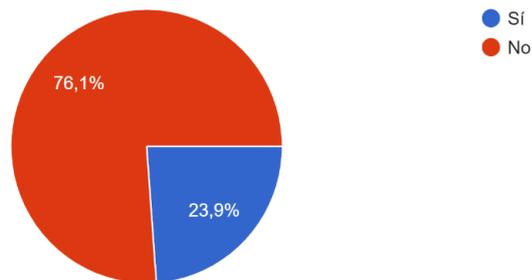


Gráfico 3.6 Resultados a la pregunta: ¿Sabías que las frutas deshidratadas tienen los mismos valores nutricionales que la fruta fresca? [Elaboración propia]

¿Alguna vez ha usado frutas o verduras deshidratadas para elaborar aderezos, postres o recetas?
108 respuestas

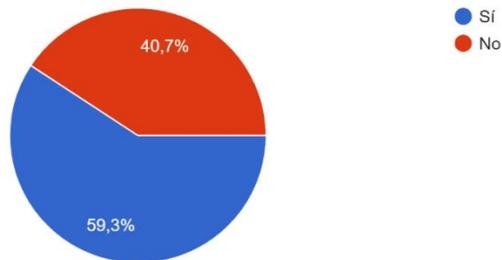


Gráfico 3.7 Resultados a la pregunta: ¿Alguna vez ha usado frutas o verduras deshidratadas para elaborar aderezos, postres o recetas?
[Elaboración propia]

¿Estaría dispuesto a comprar frutas y verduras deshidratadas de pequeños agricultores en pueblos rurales, que cumplan con las normas sanitarias y de calidad establecidas en el país?
109 respuestas

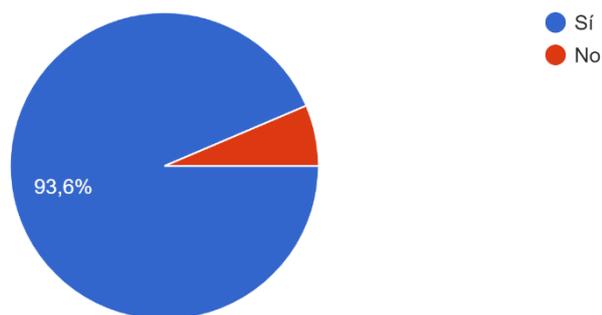


Gráfico 3.8 Resultados a la pregunta: ¿Estaría dispuesto a comprar frutas y verduras deshidratadas de pequeños agricultores en pueblos rurales, que cumplan con las normas sanitarias y de calidad establecidas en el país?
[Elaboración propia]

¿Ha comido usted mango deshidratado?

109 respuestas

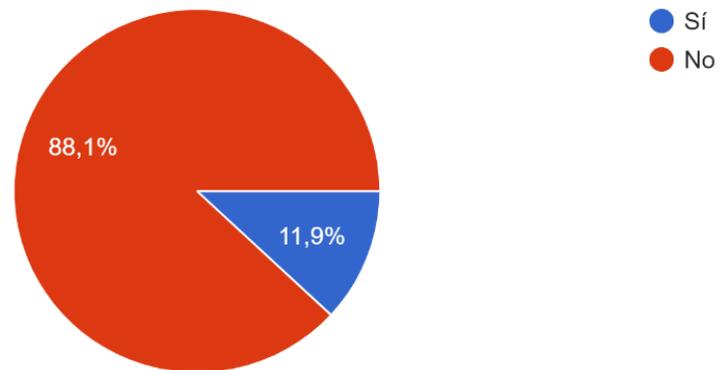


Gráfico 3.9 Resultados a la pregunta: ¿Ha comido usted mango deshidratado? [Elaboración propia]

¿Le gustaría probar el mango deshidratado?

109 respuestas

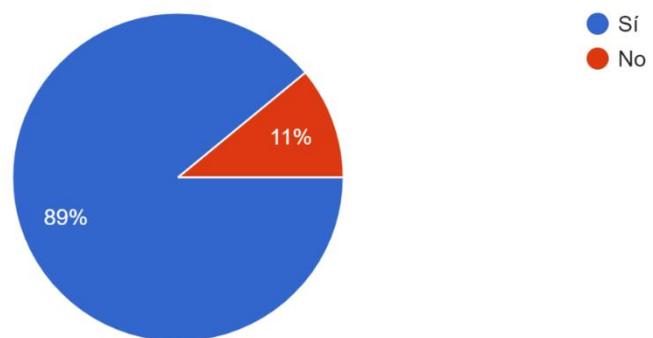


Gráfico 3.10 Resultados a la pregunta: ¿Le gustaría probar el mango deshidratado? [Elaboración propia]

¿Cuánto le gustaría pagar por funditas de aproximadamente 100 g ?
109 respuestas

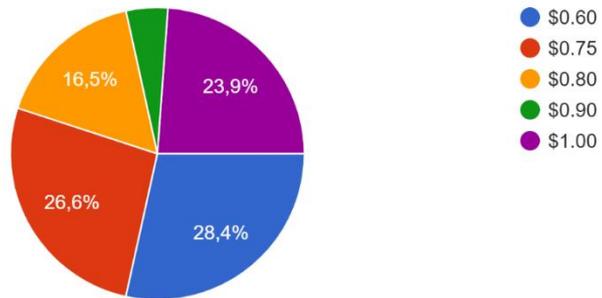


Gráfico 3.11 Resultados a la pregunta: ¿Cuánto le gustaría pagar por 100 g del producto? [Elaboración propia]

Dentro de los resultados arrojados por las encuestas, podemos sospechar que existe un gran número de personas que están interesadas en el fruto deshidratado, sin embargo, dejan en claro que prefieren consumir el fruto fresco. Las personas están dispuestas a pagar hasta 1 dólar por 100 g de fruto seco, por lo que el kilo se lo puede estimar en 10 dólares por Kg, sin embargo, debido a las fluctuaciones que existen en el mercado para este proyecto se lo cotizará en 7 dólares basándonos en precios internacionales de exportación.

3.6 ANÁLISIS DE COSTOS

3.6.1 Instalación de aislantes

Se ha tomado en consideración la ilustración #26 presente en la sección 6.5, para el ensamble de las paredes del deshidratador, **en ese orden**. Si no consigue lana de roca, puede considerar otros aislantes, por ejemplo: Fibra de cerámica tipo rollo, para las paredes y las puertas, con la condición de que el material no permita la absorción del agua. Tenga en consideración que la fibra de cerámica, si no se la manipula de forma adecuada tendrá problemas de salud para el operador al momento de ensamblar, tómelo como última opción. No se recomienda este material.

Lamina reflectante de doble burbuja, es un excelente aislante, debido a que refleja el 97% de calor emitido del deshidratador. Tiene aproximadamente las mismas propiedades de la lana mineral de roca y se venden en forma de rollo, pero su precio es muy elevado, ronda por los \$50.00 – \$75.00 el rollo (cuyas dimensiones son 25x5x5 in) y su disponibilidad es por importación.

Lana de vidrio, puede ser usada para como reemplazo de lana mineral de roca, por ser más económico, pero sus propiedades son muy inferiores, eso incluye absorber agua, lo cual el mantenimiento del deshidratador sería elevado a largo plazo, por ejemplo, el Gypsum y aislante deba ser reemplazado periódicamente, además la calidad del producto no sea el deseado después del proceso.

Con respecto a los aislantes utilizados en el deshidratador se toma en cuenta las dimensiones del deshidratador, eso incluye las puertas, considerándolas una sola pared más en la **Tabla 3.5** se indica las dimensiones escogidas.

Tabla 3.5 Aislantes térmicos [Elaboración propia]

Material	Dimensiones (m)
Gypsum Securock	1.22x2.44
Lana mineral de roca	1.20x0.50

Se necesita por lo menos 24 m² de material para las paredes del deshidratador en ambos materiales, por lo que el precio total de los aislantes está presente en la **Tabla 3.6**

Tabla 3.6 Precios de aislantes

Material	Área del deshidratador (m²)	Precio/m²	Precio total (USD)
Gypsum Securock	24	\$ 10.70	\$506.16
Lana mineral de roca		\$10.39	

Es decisión del cliente si desea cambiar la configuración de la pared en la ilustración #16, cambiando significativamente las pérdidas de calor provocando variaciones en el consumo energético. Por ejemplo, si se decide poner doble pared de lana de roca disminuiría notablemente las pérdidas de calor, aumentando significativamente la inversión.

Los cálculos de las pérdidas de calor están presentes en el apéndice A, en la sección 6.5.

3.6.2 Selección de equipos para deshidratador y materiales

Ventilador: Para las condiciones de diseño del equipo, se necesita por lo menos 2000 m³/h. Fue seleccionado el extractor centrífugo de álabes curvos adelantados, modelo CBX-2828, el cual nos da un caudal de descarga de 7500 CFM.



Figura 3.25 Extractor Centrífugo CBX-2828 [SODECA, 2022].

Calentador de flujo de aire: Para el equipo de deshidratación, se seleccionó un banco de resistencias con una potencia de 21 kW, debido a que cumple con las condiciones de diseño del equipo, con la velocidad máxima de flujo de 2 m/s y una temperatura de aplicación máxima de 100 °C, y se puede ajustar la temperatura con un controlador. Se necesitan 3 de ellas.



Figura 3.26 Banco de Resistencias de 24 kW [Clonica, 2022]

Revisar sección 6.9 para más información de los equipos.

Termostato Klixon: para tener un control de la temperatura en el ducto y en el equipo. Es opcional su adquisición si va por los PLC o tableros de control que permita un buen funcionamiento.

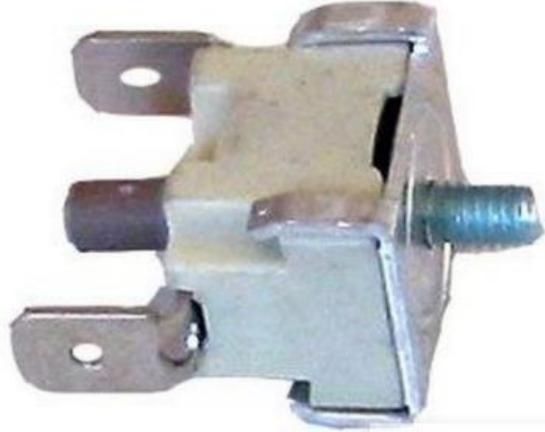


Figura 3.27 Termostato Klixon [EEVAD, 2022].

Extractor de aire: Se seleccionó el ventilador helicoidal serie HXM-350, para extraer el aire húmedo contenido dentro del deshidratador hacia la intemperie, los distribuidores recomiendan accesorios para alargar su vida útil, se necesitan 3 para el deshidratador.



Figura 3.28 Extractor de aire HXM-350 [SOLERPALAU,2022]

3.6.3 Instrumentación

Higrostató electrónico: Se seleccionó la serie EFR-01245, porque trabaja en un rango de humedad de 40-90%.



Figura 3.29 Higrostató electrónico EFR-01245 [Brototermic,2022]

Termostato a bulbo y capilar tripolares: Se escogió el código 517371000 debido a que trabaja con una temperatura máxima de 85 °C. Se necesitan 3 para el deshidratador.



Figura 3.30 Termostato a bulbo y capilar tripolares [Brototermic,2022]

PT100: Se necesita 5 sensores de temperaturas para el deshidratador, de los cuales 1 va destinado al ducto de aire, otro a la cámara y 3 a los extractores.



Figura 3.31 Sensor de temperatura PT100 2 hilos[Vlaserelectronica, 2022]

Sensor de Humedad relativa: Se escogió el modelo HS1101, para medir la humedad relativa en el interior del deshidratador. Es necesario un circuito adaptador para acoplar al PLC.



Figura 3.32 Sensor de humedad relativa HS1101 [Ardobot,2022]

Controlador PLC expandible: Se escogió un PLC que permita monitorear todas las funciones eléctricas del deshidratador, tales como control de temperatura, encendido/apagado del equipo, velocidad del ventilador, etc. Es obligatorio la supervisión de un especialista en proyectos eléctricos para la instalación, como sus expansiones AL2-2PT-ADP para sensores.

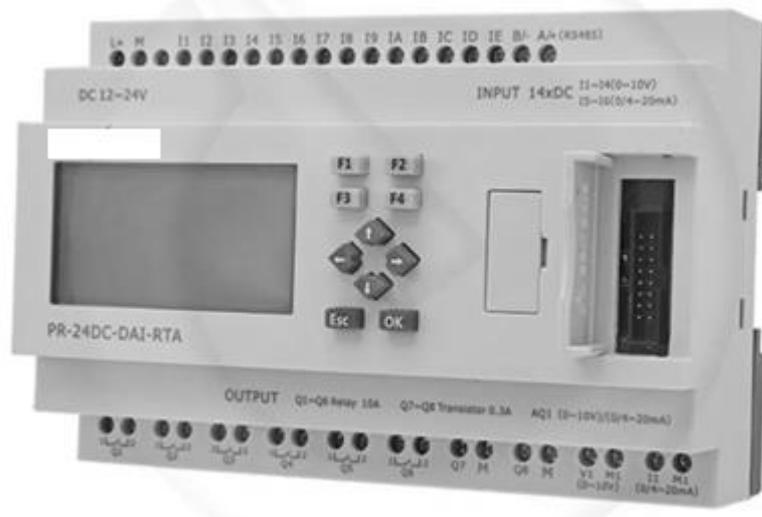


Figura 3.33 PLC expandible [Veto,2021]

Relés Auxiliares de 3 polos 220 V: Para protección de los elementos eléctricos del deshidratador, es necesario 7 relés.



Figura 3.34 Relé auxiliar 3 polos 220V 3SJ5-3P [INSELEC, 2022]

A continuación, en la **Tabla 3.7** se detalla los precios referenciales para obtener cada uno de los componentes dentro del mercado.

Tabla 3.7 Precios de los equipos de sensores e instrumentación
[Elaboración propia]

Equipos	Modelo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Termostato	Klixon	3	\$10.00	\$30.00
Higrostató electrónico	EFR-01245	1	\$30.00	\$30.00
Termostato a bulbo y capilar tripolares	517671000	3	\$25.00	\$75.00
PT100	RTD 2 hilos	5	\$35.00	\$175.00
Sensor de humedad relativa	HS1101	1	\$5.00	\$5.00
Controlador PLC expandible	RIEV/TECH	1	\$250.00	\$250.00
Relé auxiliar 3 polos 220 V	3SJ5-3P-1,-S,-N	7	\$7.21	\$50.47
Total				\$615.47

Revisar **APÉNDICE A** para más información de los sensores

3.6.4 Costos de ensambles

Se evaluó los precios de los elementos necesarios para la línea de producción, lo cual está según los precios establecidos a nivel nacional y por importación, con respecto a los equipos (**Tabla 3.15**) necesarios para el deshidratador.

Se estima que la mano de obra para la construcción de la estructura y demás elementos tendrá un tiempo de manufactura de 15 días, un soldador factura en promedio entre 40 y 50 dólares por día, por lo que el precio aproximado por mano de obra son 750 dólares.

El costo de materiales para construir el deshidratador son aproximadamente 2000 dólares donde está considerado la estructura del

deshidratador (Tabla 3.8), puerta ducto succión (Tabla 3.10) con su soporte (Tabla 3.12), accesorios (Tabla 3.11) y todos los elementos necesario para el funcionamiento (Tabla 3.15), en comparación con los deshidratadores comerciales, estos manejan poca capacidad de deshidratado, además manejan poco consumo energético extendiendo el proceso del deshidratado alrededor de 4 a 6 horas extras, por lo que resulta beneficioso construir el diseño propuesto, con la construcción de este deshidratador acorde a las necesidades de producción del cliente, se puede llegar a procesar 400 kg de mango deshidratado. Para cumplir este objetivo es necesario que la línea de producción trabaje 2 turnos, el primer turno de 6 am a 2 pm y el segundo turno de 2 pm a 10 pm, el proceso de deshidratado del mango dura alrededor de 7 horas, pero a este se le sumará trabajo de preparación y tiempo muerto por lo que se estima que el turno durará 8 horas.

Para optimizar el tiempo muerto es necesario la construcción de tres portas bandejas (**Tabla 3.8**) capaz de desplazarse a la zona de preparación, al deshidratador y luego a la zona de empaquetado el coste de construcción de la porta bandejas es de 522 dólares.

Para las estaciones de trabajo es necesario establecer 6 a 8 puestos individuales con el fin de realizar las tareas de pelado y rebanado de forma manual, el precio unitario por cada mesa de trabajo es de 48 dólares (Tabla 3.14), en el mercado estas mesas tienen un valor monetario de 120 dólares por lo que construirlas resulta un ahorro de casi 40% considerando la mano de obra, para la zona de lavado se necesitan 2 estaciones, estas están diseñadas con el fin de que el usuario pueda desinfectar y enjuagar la fruta, el precio de construcción es de 170 dólares (Tabla 3.13).

Tabla 3.8 Porta bandejas móvil [Elaboración propia]

Porta de bandejas móvil					
Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
B-001	Tubo cuadrado 40x40x3 mm	Acero Inoxidable AISI 304	2120 mm	4	\$51.25
B-002			1080 mm	4	\$26.11
B-003			1720 mm	6	\$62.37
B-004			1000 mm	2	\$12.09
B-005	Perfil L 20x20 x2 mm		1080 mm	120	\$26.00
B-006	Ruedas serie PN capacidad 80 Kg	Núcleo plástico Negro	Ø200 mm	4	\$6.07
-----	E308L-15	Acero Inox	1.00 Kg	2	\$70.00
Total					\$253.89

Tabla 3.9 Estructura del deshidratador [Elaboración propia]

Estructura del deshidratador					
Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
A1-001	Tubo cuadrado 40x40x3 mm	Acero inoxidable AISI 304	2480 mm	5	\$59.95
A1-002			1960 mm	4	\$46.43
A1-003			1180 mm	6	\$42.80
A1-004			1100 mm	2	\$49.33
A1-005	Plancha 1 mm	Acero inoxidable	2040x1235 mm	2	\$87.00
A1-006	Plancha 1 mm	AISI 430 BA	1180x2480 mm	3	\$151.60
Ducto de entrada de aire caliente					
Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
C-001	E308L-15		1.3 x 1.5 m	2	\$59.70
TOTAL					\$507.11
C-002	Plancha 1mm	inoxidable AISI 430 BA	1.3 x 1.0 m	2	\$39.80
C-003	Remaches	Aluminio	Ø5 x20 mm	52	\$2.60
Total					\$102.10

Tabla 3.10 Ducto de succión [Elaboración propia]

Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
C-001	E308L-15		1.3 x 1.5 m	2	\$59.70
TOTAL					\$507.11
C-002	Plancha 1mm	inoxidable AISI 430 BA	1.3 x 1.0 m	2	\$39.80
C-003	Remaches	Aluminio	Ø5 x20 mm	52	\$2.60
Total					\$102.10

**Tabla 3.11 Accesorio de adaptación ducto rectangular a cuadrado
[Elaboración propia]**

Accesorio rectangular a cuadrado					
Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
D-001	Plancha 2mm	Acero inoxidable AISI 430 BA	0.55 x 0.35 m	2	\$11.78
D-002			0.55 X0.35	2	\$11.78
D-003	Remaches	Aluminio	Ø5 x20 mm	40	\$2.00
Total					\$25.58

Tabla 3.12 Soporte entrada de ducto aire caliente [Elaboración propia]

Soporte para ducto de entrada de aire caliente					
Código	Descripción	Material	Dimensión	Cantidad	Precio (USD)
A2-001	Tubo cuadrado 40x40x3 mm	Acero inoxidable AISI 304	1580 mm	2	\$19.16
A2-002			1080 mm	2	\$13.06
Total					\$32.17

Tabla 3.13 Estación de trabajo acero inoxidable [Elaboración propia]

Cantidad	Descripción	Material	Dimensión	Precio total (USD)
4	Tubo cuadrado 40x40x3 mm	Acero inoxidable AISI 304	1100 mm	\$26.59
4			600 mm	\$14.51
0.2	Electrodo E308L-15	Acero inoxidable	0.2 Kg	\$7.00
TOTAL				\$48.09

Tabla 3.14 Mesa para lavado de fruta [Elaboración propia]

Mesa para lavado de fruta.				
Cantidad	Descripción	Dimensión	Material	Precio total (USD)
2	Tubo cuadrado 40x40x3 mm	2080 mm	Acero inoxidable AISI 304	\$25.03
6		1080mm		39.17
2		900mm		10.88
1	Plancha 1 mm	2080x 1700mm	Acero inoxidable	\$61.06
1		1000x1500 mm	AISI 430 BA	\$25.90
0.2	Electrodo E308L-15	Kg	Acero inoxidable	\$7.00
TOTAL				\$169.04

Tabla 3.15 Equipos y elemento para el deshidratador [Elaboración propia]

Cantidad	Descripción	Unidad	Material	Precio total (USD)
1	Extractor centrífugo de álabes curvos adelantados	m3/h	Acero inoxidable	\$472.68
1	Banco de resistencias ALBAT21	kW	Acero inoxidable	\$650.00
3	Termostato Klixton	Kelvin	Acero inoxidable	\$10.00
1	Controlador eléctrico	kW	-----	\$150.00
Total				\$1282.68

3.6.5 Costo de equipos y personal

Tabla 3.16 Costo de equipo y mano de obra [Elaboración propia]

Cantidad	Descripción	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Deshidratador	\$1984.75	\$1984.75
3	Porta bandejas móvil	\$174.02	\$522.06
7	Estaciones de trabajo	\$48.09	\$384.72
2	Mesa de lavado	\$169.04	\$338.08
15	Mano de obra (días)	\$50.00	\$750.00

3.6.6 Costo energético

La línea de producción tiene fuente energética la electricidad, debido a que es mucho más económica que el GLP se puede observar una comparación en la **Tabla 3.17**. En Ecuador el precio del GLP, en el sector industrial ronda aproximadamente en \$0.82, sin embargo, el uso de GLP implica un sobredimensionamiento del sistema, debido a que la potencia calorífica no se aprovecha al 100%, lo que implica un alza del consumo, esto se ve reflejado en facturación de hasta 2 o 3 veces su precio, además del excesivo costo de equipos especiales y personal encargado del abastecimiento del combustible al deshidratador. Regresando a la electricidad, en el sector industrial su precio es de \$0.073/kWh, esta fuente de energía es altamente eficiente, por lo que se estima un gasto de no más de \$45 dólares (Delgado, 2019).

Tabla 3.17 Costo energético [Elaboración propia]

Fuente de energía	Precio estimado, sector industrial	Consumo predeterminado	Costo estimado (USD)
GLP	\$0.82/Kg	41.47 kg	\$50 - \$75
Electricidad	\$0.073/kWh	572 kWh	\$41.74

3.6.7 Análisis de Generación de activos circulantes

Se estima que el cliente obtendrá un valor de activos circundantes por de \$16280.00, por un total de producción de 4 meses de la planta, los precios referenciales son tomados de precios internacionales de exportación debido a que en Ecuador no existe un mercado para este tipo de fruto deshidratado, sin embargo, en páginas de ventas nacionales se lo puede llegar a encontrar por un precio de 16 dólares, sin embargo, para el cálculo y estimaciones se consideró \$7 dólares. El precio de producción por el Kg de fruto deshidratado es de \$4.70 tomando los gastos fijos como son mano de obra, electricidad, agua potable. A este costo de producción se obtendría una ganancia del 33% por kg vendido. Por lo que al final de la producción tendría una ganancia total incluidos activos circundantes de

\$16280.00, esta ganancia financiará al 100 % el costo de los equipos y muebles de la línea de producción valorados alrededor de \$5000.00. Se presenta a continuación en la **Tabla 3.18** una información resumida.

Tabla 3.18 Estimación de Producción y Activos circulantes
[Elaboración propia]

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio de venta estimado (USD)	Costo de producción por kg (USD)
Producción diaria de mango deshidratado	Kg	69	\$483.00	\$324.30
Producción mensual de mango deshidratado	kg	1380	\$9660.00	\$5590.00
Producción por temporada de mango deshidratado (4 meses)	kg	5520	\$38640.00	\$22360.00

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La línea de producción de fruto deshidratado puede tener un gran impacto social y económico en el cantón Santa Lucía, debido a la generación de empleo que esta tendría y al aprovechamiento de un gran porcentaje de fruta que se desperdicia en su temporada de cosecha.

Debido a los requerimientos del cliente y producción agrícola, se escogió un banco de resistencia de mayor capacidad con la finalidad de que si se necesitara deshidratar otro tipo de producto, se pueda modificar las condiciones del aparato deshidratador y ponerlo en funcionamiento sin ningún problema.

La configuración de la pared conformada por los aislantes térmicos seleccionados para el equipo, lo hace óptimo, debido a que las pérdidas de calor son mínimas, además no permite que agentes externos como la humedad ambiental, incluido las plagas no deterioren el equipo.

La línea de deshidratación está separada en secciones, para que el proceso de obtención mango deshidratado sea lo más lineal posible, además de incluir pautas sobre seguridad industrial tales, como el uso adecuado de las herramientas de corte, uso del EPP, etc.

La producción de mango es de 69 kg/día, por lo que se determinó que no es necesario el uso de equipos transportadores automatizados para el área de pelado y rebanado, para optimizar costos se utilizó estaciones de trabajos de dimensiones de 1100x 600x 900 mm.

La distribución de aire dentro de la cámara de secado nos ayudará al ahorro energético, optimizando lo más posible gastos por pérdida de calor.

La línea de deshidratado de mango tiene una capacidad de producción baja, por lo que fue necesario establecer estaciones individuales de trabajo, para las tareas de pelado y rebanado.

Las limitaciones del hardware, provocaron dificultades en la simulación del deshidratador y del ducto, se optó por modelos aproximados para simplificar los procedimientos en el simulador, razón por la cual se obtuvieron valores acordes en el ducto que fueron de 2 m/s para la entrada del deshidratador, lo ideal para el calentamiento del flujo de aire provocado por las resistencias, debido a que las mismas funcionan a una velocidad mínima de 2 m/s con una temperatura de trabajo máximo de 75 °C, pero para el producto es de 60 °C, lo cual al visualizar la simulación #2, podemos observar que la temperatura interna del deshidratador se mantiene homogénea entre las bandejas.

Se observa que en la simulación #1, las secciones de turbulencias son menores en las porta-bandejas, lo cual permite que se mantenga homogénea la temperatura ideal para secar el producto.

Se realizó una encuesta a un grupo de personas, de los cuales el 93% de los encuestados manifiestan que prefieren comer fruta fresca, sin embargo, el 92.3% comprarían cultivos deshidratados de los pequeños agricultores.

El 13.3 % de los encuestados no han comido mango deshidratado, y más del 80 % desean probarlo, en promedio están dispuestos a pagar 80 ctvs. por un contenido de 100 g de fruta seca.

Dentro del mercado internacional las fundas de 250 g de contenido de mango deshidratado se poseionan a un precio de \$4,5 dólares por lo que se estima que el precio en Ecuador puede llegar alcanzar los \$7 dólares por cada Kg vendido, debido a esto, el cliente puede tener una ganancia de alrededor de 10 mil dólares por temporada y puede cubrir con los gastos estimados de la línea de producción, sin embargo, estas estimaciones están sujetas a cambios debido a las fluctuaciones que existen en el mercado.

4.2 Recomendaciones

Debido a que la temporada de mango es corta, el fruto tiene características únicas y al alcance de este proyecto, recomendamos el estudio de las propiedades térmicas de otros tipos de frutas cultivados en el cantón Santa Lucía, de esta manera no se podrá limitar la línea de producción a únicamente mango, sino, que el cliente pueda producir cualquier variedad de producto deshidratado.

Es necesario, realizar una calibración previa al funcionamiento del deshidratador, para los ajustes necesarios en la velocidad del aire.

Se recomienda el uso de un extractor de aire, mínimo de 10 Pa, para poder extraer la humedad en los canales de salida y para que la temperatura interna se mantenga homogénea en el proceso de deshidratación del producto.

Es necesario que al momento de construir las estructuras se deba comenzar soldando los marco superior e inferior con un bisel de 45°, de esta forma se asegura la estabilidad, debido a que los tubos soldados entre el marco inferior y superior actuarán como viga y soportarán toda la carga aplicada.

Se recomienda la asistencia de un ingeniero eléctrico, para la creación de un diagrama unifilar, que representa la instalación eléctrica para la línea de producción, la misma que debe ser aprobada por la CNEL, incluyendo la instalación de los sensores y componentes eléctricos que nos ayuden al control para el correcto funcionamiento del deshidratador.

BIBLIOGRAFÍA

- ACIMCO. (3 de Diciembre de 2021). *ACIMCO: Tiendas*. Obtenido de ACIMCO: La primera empresa dedicada a la ingeniería de fachadas y arquitectura exterior: <http://www.acimco.com/wp-content/uploads/2019/12/USG-SECUROCK®-BRAND-GLASS-MAT-SHEATHING-SPANISH.pdf>
- Agrocalidad. (8 de Octubre de 2021). *Agrocalidad: Normas*. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/informacion-para-la-exportacion-de-mango/>
- Altertecnica. (10 de Diciembre de 2021). *Altertecnica: instalación de una nueva línea de producción: Cómo plantearla*. Obtenido de <https://altertecnica.com/instalacion-linea-de-produccion/#>
- Ardobot. (10 de Enero de 2022). *Ardobot: Sensor de Humedad Relativa HS1101*. Obtenido de <https://www.ardobot.co/sensor-de-humedad-relativa-hs1101.html>
- Badui. (2010). *Química de los Alimentos (4 Edición)*. México: Pearson.
- Brototermic. (19 de Enero de 2022). *Brototermic: Distribuciones Industriales, Instrumentación*. Obtenido de <http://www.brototermic.com/docs/catalogo-resistencias-calefactoras.pdf>
- Cabascango, O. (2018). *Manual de deshidratación: fruta deshidratada, el mejor snack para una mejor alimentación*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Climamix. (17 de Enero de 2022). *Climamix: Catálogo*. Obtenido de <http://climamix.com/descargas/Soler%20&%20Palau.pdf>
- Clonica. (17 de Enero de 2022). *Clonica: Catálogo*. Obtenido de https://www.clonica.net/usuario/img_usuario/electricfor.com/uploads/ALBAT.pdf
- Clonica. (19 de Enero de 2022). *Clonica: Tienda*. Obtenido de https://www.clonica.net/usuario/img_usuario/electricfor.com/uploads/Termostato_bulbo_tripolar.pdf
- Components101. (15 de Enero de 2022). *Components101: Datasheet*. Obtenido de https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/PT100%20Temperature%20Sensor%20Datasheet.pdf
- components101. (11 de Enero de 2022). *components101: How to Use PT100 Sensor?* Obtenido de <https://components101.com/sensors/pt100-rtd-temperature-sensor>

- Costanich, B. (19 de Enero de 2022). *GitHub: Deshidratador*. Obtenido de GitHub, Inc: https://github.com/WildernessLabs/Netduino_Samples/blob/main/Netduino.Foundation/FoodDehydrator3000/Design/Circuit_schem.png
- Delgado, J. P.-T. (30 de Septiembre de 2019). *Evaluación Térmica de un secador híbrido con energía solar y geotérmica para aplicaciones agroindustriales*. Guayaquil: ESPOL. Obtenido de ESPOL: University.
- EEVAD. (17 de Enero de 2022). *EEVAD: Tienda*. Obtenido de <https://www.eevad.com/es/termostatos-klixon-twin-star-fijacion-m4x1-1-105232.html>
- INSELEC. (16 de Enero de 2022). *INSELEC: relés*. Obtenido de <https://inselec.com.ec/store/inicio/1879-rele-auxiliar-3-polos-220v-ref-v-1306-.html>
- Interempresas Media, S.L. (06 de Octubre de 2021). *Frutas-Hortalizas*. Obtenido de Mango, Magnifera Indica /Anacardiaceae: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Mango.html>
- IPAC. (17 de Noviembre de 2021). *IPAC: Ventas*. Obtenido de http://www.ipac-acero.com/revista-digital/CatalogoIPAC_2019.pdf
- Knoop, M. V. (2015). *Fauna Digital*. Obtenido de Tesis y trabajos finales de posgrado: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2019buenoknoopmariaveronica.pdf>
- liderfe. (17 de Enero de 2022). *liderfe: Línea de producción: características, organización, balance, ejemplo*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/linea-de-produccion/?fbclid=IwAR0qXQD9MgCZkFWwrVHkHdcOhn8n9wXXaGpbkUkpOpBvmtJL0CavwN8kc0>
- Mango Ecuador Foundation. (19 de Noviembre de 2021). *Áreas de Cultivo*. Obtenido de Fundación del mango Ecuador: <https://mangoecuador.org/areas-cultivo.php>
- Maupoey, G. M., Baviera, M., & Soralla, M. (2020). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Maupoey, P., Grau, M., Baviera, M., & Soralla, M. (2020). Curva de secado/deshidratación. En A. M. Pedro Fito Maupey, *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (pág. 216). Valencia: Universidad Politècnica de Valencia.

Montesinos, D. G. (22 de Septiembre de 2016). *Repositorio: Universidad de Zaragoza*.
Obtenido de Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Zaragoza:
<https://core.ac.uk/download/pdf/289987542.pdf>

Morton. (10 de Julio de 2021). *Mango: Mangifera indica L.* Obtenido de Fruits of warm
climates: https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html

Nicolás, M., & Saá, A. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón
Santa Lucía*. Santa Lucía: GAD Municipal del Cantón Santa Lucía.

Robles, M., Rodriguez, J., & Ruiz, J. (19 de Noviembre de 2021). *Sistema de Información
Científica Redalyc*. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/pdf/813/81351597002.pdf>

SICON S.A. (17 de Noviembre de 2021). *SICON: Ventas*. Obtenido de SICON: materiales
y mas.: <https://siconecuador.com/productos/>

SODECA. (24 de Enero de 2022). *SODECA: Productos CBX*. Obtenido de SODECA
Ventas: <https://www.sodeca.co>

SOLERPALAU. (24 de Enero de 2022). *SOLERPALAU: Ventas por Catálogo*. Obtenido
de SOLERPALAU: Climatización:
https://statics.solerpalau.com/media/import/documentation/ES_HXM.pdf

Stego-usa. (18 de Enero de 2022). *Stego-usa: Products*. Obtenido de Stego Sales:
<https://www.stego-usa.com/products/regulating/regulators/efr-012-electronic-hygrostat/>

TE connectivity. (15 de Enero de 2022). *TE: Datasheet HS1101*. Obtenido de TE
Connectivity: Electronic Plans and more:
https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7FHPC052_J%7FA%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_HPC052_J_A.pdf%7FCAT-HSC0006

Trillas. (2010). *Manuales para educación agropecuaria*. México: SEP.

Veto. (18 de Enero de 2021). *Veto: Controlador PLC*. Obtenido de Veto: NUESTRAS
NOVEDADES: <https://www.veto.cl/controlador-plc-g3713504/p>

Vlaserelectronica. (14 de Enero de 2022). *Vlaserelectronica: Sensores de temperatura*.
Obtenido de Vlaserelectronica: Si no tenemos las existencias que requieres o no
encuentras el producto que buscas solicítalas en ventas@vlaserelectronica.com:
<https://vlaserelectronica.com/producto/sensor-de-temperatura-pt100-rtd-20-a-450-2-hilos/>

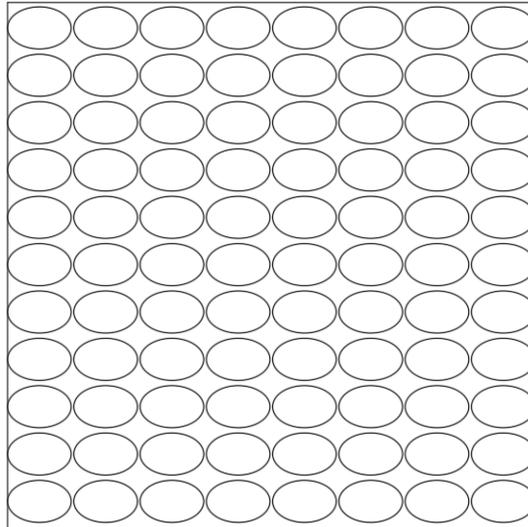
APÉNDICES

APÉNDICE A

Cálculos para el deshidratador

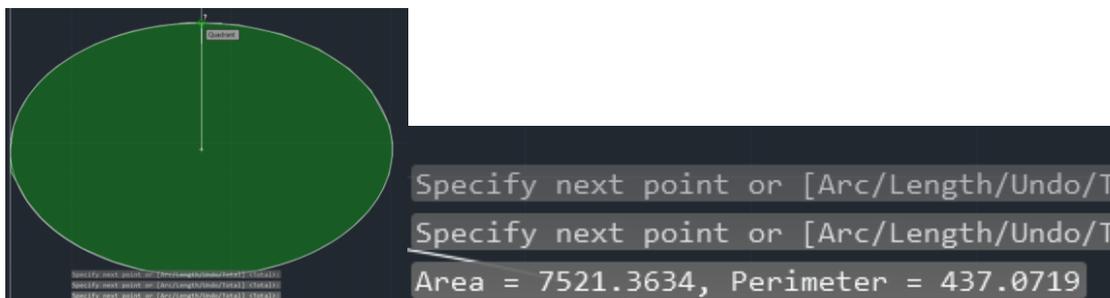
Aproximación de bandejas

Distribución de mangos en las bandejas considerando que un mango tiene forma ovalada de radio mayor 12 cm y radio menor de 8 cm



Distribución de mangos en bandejas

Utilizando el comando Área en AutoCAD aproximamos el área de las rebanadas de mango.



Área de mango mediante software AutoCAD.

$$A' = 7521.4 \text{ mm}^2$$

En la bandeja entran alrededor de 88 rebanadas de mango en forma de mejilla por lo que el área total es:

$$\begin{aligned} A_{total} &= 88 * A' \\ A_{total} &= 88 * 7521.4 \text{ mm}^2 \\ A_{total} &= 661880 \text{ mm}^2 = 0.662 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Cada rebanada se cortará en aproximadamente 5 mm de espesor por lo que el volumen de mango en cada bandeja es:

$$\begin{aligned} V &= \text{espesor} * A_{total} = 5\text{mm} * 661880 \text{ mm}^2 = 3309400 \text{ mm}^3 \\ V &= 0.0033094 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Para cumplir con el objetivo de procesar 400 kg de mangos, el volumen total es de:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{vol}} \rightarrow \text{Vol} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

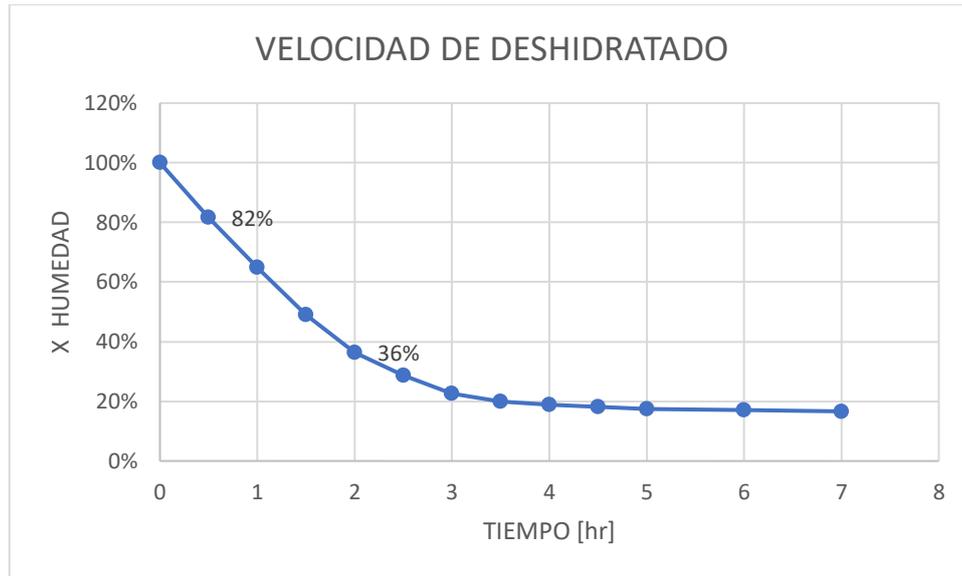
$$\text{Vol} = \frac{400\text{kg}}{\frac{1020\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0.392156 \text{ m}^3 \text{ de mango}$$

Por lo que la cantidad de bandejas necesarias para procesar 400 kg de mango es de:

$$N_{bandejas} = \frac{\text{Vol}}{V} = 118.49 \text{ bandejas}$$

Se necesitan 120 bandejas.

Curva de deshidratado



Curva de deshidratado, a 160 °F.

A partir de la curva de deshidratado se obtendrá la velocidad del secado como su pendiente del punto 2 al punto 4 donde sabemos que el tiempo de secado es lineal. El punto 1 corresponde a los datos de 0.5 horas y 82% de humedad y el punto 2 es el punto a 2.5 horas y 36% de humedad, por lo tanto, la velocidad del secado es:

$$\frac{DX}{dt} = \frac{36 - 82}{2.5 - 0.5} = -\frac{23 \text{ H}_2\text{O} \%}{\text{hora}}$$

Determinación de la velocidad de deshidratado a partir de las 2 horas del proceso

Para el punto 3 se escoge el punto anterior y para el punto 4 se escoge el punto de 20% de humedad después de 5 horas de proceso.

$$\frac{DX}{dt} = \frac{36 - 20}{5 - 2.5} = -\frac{\text{H}_2\text{O} \%}{\text{hora}}$$

Calor necesario para vaporizar el agua

Para el calor (Q) necesario para vaporizar el agua se consideró la capacidad total del deshidratador con un total de 200 kg de fruta, el mango tiene un contenido de agua de alrededor del 83% por lo que la masa de agua a evaporar es de 166 kg H₂O. Es necesario usar la ecuación (A.1) de calor sensible ($Q_{sensible}$) y la ecuación (A.2) de calor latente ($Q_{latente}$) para obtener el dato deseado.

$$Q_{evaH2O} = Q_{latente} + Q_{sensible}$$

$$Q_{sensible} = m_{agua} * C_p * (\Delta T) \quad (\text{A. 1})$$

$$Q_{sensible} = 166kg * 4.1816 \frac{KJ}{Kg K} * 40$$

$$Q_{sensible} = 27763 KJ$$

$$Q_{latente} = L_{eva} * m_{agua} \quad (\text{A. 2})$$

$$Q_{latente} = 2260 \frac{KJ}{kg} * 166kg$$

$$Q_{latente} = 375160 KJ$$

$$Q_{evaH2O} = Q_{latente} + Q_{sensible}$$

$$Q_{evaH2O} = 375160 + 27763 [KJ] = 402923 [KJ]$$

Calor necesario para calentar el aparato

Para calentar el aparato se consideró que en el interior debe estar a 65 °C por lo que el volumen de aire contenido (A.3), en el deshidratador debe estar a dicha temperatura

$$V_{camara\ vacia} = largo * ancho * alto \quad (\text{A. 3})$$

$$V_{camara\ vacia} = (2,48)(1,48)(2,30)[m^3]$$

El volumen de la estructura se puede calcular mediante la longitud necesaria de tubería para construirla, para lo que es necesario 21.72 m

$$V_{estructura} = (21.72)(0.0016)[m^3]$$

$$V_{estructura} = 0.03475$$

El volumen de la cámara llena es:

$$V_{camara} = V_{c,vacia} - V_{producto} - V_{estructura} \quad (\text{A. 4})$$

$$V_{Camara} = 8.442 - 0.352 - 0.035$$

$$V_{aire,Camara} = 8.02 [m^3]$$

Masa de Aire en la cámara de deshidratado, a partir de la ecuación de densidad:

$$m = \rho * V_{aire,camara} \quad (\text{A. 5})$$

$$m_{aire} = 1.214 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 8.02 [m^3]$$

$$m_{aire} = 9.74 \text{ kg, aire}$$

$$Q_{camara} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * \Delta T \quad (\text{A. 6})$$

$$Q_{camara} = 9.74 [kg] * 1.005 \left[\frac{KJ}{KgK} \right] * 40 K$$

$$Q_{camara} = 391.4 KJ$$

Análisis de las paredes del deshidratador:

Los materiales que componen la pared son los siguientes:

Plancha de acero inoxidable

L_{steel}: 1 mm

K_{steel}: 21 W/m-K

Plancha de Yeso GYPSUM

L_{GYPSUM}: 12.7 mm

K_{GYPSUM}: 0.03171 W/m-K

Lana de Roca:

L_{lana de roca}: 30 mm

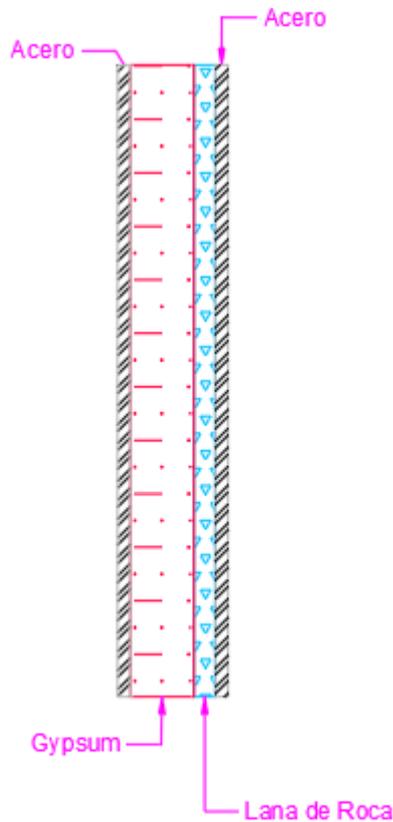
K_{Lana de roca}: 0.036 W/m-K

Madera tipo MDF

L_{madera}: 6 mm

K_{madera}: 0.274 W/m-K

En la siguiente imagen se puede ver la configuración de la pared del deshidratador, para el análisis de la transferencia de calor:



Pared compuesta del deshidratador.

Se desprecia la transferencia de calor por radiación, debido a que es muy pequeña y se aproxima al valor de cero. Solo se tomó la transferencia de calor por conducción y por convección.

Datos planteados:

$$T_{pared,in} \approx T_{aire,in} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{pared,out} \approx T_{aire,out} = 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Análisis de convección forzada, debido a la presencia de un extractor de aire en la parte interna del deshidratador, que representa la velocidad del secado del material.

$$Q_{Total} = Q_{conduccion} + Q_{conveccion} + Q_{radiacion} \quad \text{(A. 7)}$$

Donde:

$$Q_{radiacion} \approx 0$$

Transferencia de calor por conducción

$$Q_{conduccion} = \frac{\Delta T}{\sum R_{conduccion}} \quad (\text{A. 8})$$

Donde:

$$R_{conduccion} = \frac{L}{K} \quad (\text{A. 9})$$

Transferencia de calor por convección:

$$Q_{conveccion} = \frac{\Delta T}{\sum R_{conveccion}} \quad (\text{A. 10})$$

Donde:

$$R_{conveccion} = \frac{1}{h_{fluid}} \quad (\text{A. 11})$$

Reemplazando:

$$Q_{Total} = \frac{\Delta T}{\sum R_{conduccion}} + \frac{\Delta T}{\sum R_{conveccion}}$$

$$Q_{Total} = \frac{\Delta T}{\sum \frac{L}{K}} + \frac{\Delta T}{\sum \frac{1}{h_i}}$$

$$Q_{Total} = \frac{\Delta T}{\sum \frac{L}{K} + \sum \frac{1}{h_i}} \quad (\text{A. 12})$$

Expandiendo la ecuación (A.12), de acuerdo con las variables vinculados al deshidratador:

$$Q_{Total} = \frac{T_{aire,out} - T_{aire,in}}{\frac{2L_{acero}}{K_{acero}} + \frac{L_{GYP}}{K_{GYP}} + \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{in,up}} + \frac{1}{h_{in,down}} + \frac{1}{h_{placas_verticales}} + \frac{L_{lana_roca}}{K_{lana_roca}} + \frac{1}{h_{out}}}$$

Coefficientes convectivos en el deshidratador:

Los ventiladores comerciales tienen un caudal medio (A. 13), de $0.87 \text{ m}^3/\text{s}$ Se procede a calcular la velocidad del flujo del aire en el interior del deshidratador

$$Q = A \cdot v \quad (\text{A. 13})$$

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

$$v = \frac{0.87}{0.04}$$

$$v = 21.75 \text{ m/s}$$

Perímetro mojado (A.14):

$$P_m = \sum L \quad (\text{A. 14})$$

$$P_m = 2 * (0.2 + 0.2)$$

$$P_m = 0.8 \text{ m}$$

Diámetro Hidráulico (A.15):

$$D_H = \frac{4 * A_c}{P_m} \quad (\text{A. 15})$$

$$D_H = \frac{4 * 0.04}{0.8}$$

$$D_H = 0.2 \text{ m}$$

Número de Reynolds: (A.16)

Datos:

$$u_\infty: 21.75 \text{ m/s}$$

$$\gamma_{@309K}: 16.75 * 10E-6 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr}_{@309K}: 0.706$$

$$Re = \frac{\rho u_\infty D_h}{\mu} = \frac{u_\infty D_H}{\nu} \quad (\text{A. 16})$$

$$Re = \frac{21.75 * 0.2}{16.75 * 10E-6}$$

$$Re = 2.59 * 10E5$$

El flujo de aire se encuentra en régimen turbulento

Aproximación de Número de Nusselt:

Por ser ductos cuadrados (correlación de Dittus Boelter) (A.17)

$$0.027 * Re^{\frac{4}{5}} * Pr^{0.4} \quad (\text{A. 17})$$

$$Nu_D = 502.95$$

$$Nu_D = \frac{h * D_h}{k_{air, T=309K}}$$

$$h = \frac{502.95 * 26.99E-3}{0.2}$$

$$h = 67.87 \frac{W}{m^2k}$$

Transferencia de calor por convección natural (A.18):

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k} = C Ra_L^n \quad (\text{A. 18})$$

Numero de Rayleigh (A.19):

Donde:

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \quad (\text{A. 19})$$

Datos (Considere T@338K):

α : 28.12E-6

β : 1/338

ν : 19.71E-6

k : 29.11E-3

Pr: 0.702

Reemplazando valores:

$$Ra_L = \frac{9.81 * \frac{1}{338} * (65 - 34) * 0.95^3}{19.71E - 6 * 28.12E - 6}$$

$$Ra_L = 13.92E8$$

Se debe utilizar una correlación apropiada para nuestro caso es Churchill (A.20), debido a que el número de Rayleigh cae en el siguiente rango:

$$10^4 \leq Ra_L \leq 10^9$$

Análisis de placas verticales:

$$\overline{Nu}_L = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 * Ra_L^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (\text{A. 20})$$

$$\overline{Nu}_L = 135.87$$

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k}$$

$$\bar{h} = \frac{29.11E - 3 * 135.87}{0.95}$$

$$\bar{h} = 4.16$$

Placa Horizontal, donde la superficie caliente está ubicada hacia arriba (A.21):

$$\overline{Nu}_L = 0.15 * Ra_L^{\frac{1}{3}} \quad (\text{A. 21})$$

$$\overline{Nu}_L = 167.48$$

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k}$$

$$\bar{h} = 5.13$$

Placa Horizontal, donde la superficie caliente está ubicada hacia abajo (A.22):

$$\overline{Nu}_L = 0.27 * Ra_L^{\frac{1}{4}} \quad (\text{A. 22})$$

$$\overline{Nu}_L = 52.15$$

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k}$$

$$\bar{h} = 1.60$$

Exterior del deshidratador:

$$Re = \frac{\rho u_{\infty} L}{\mu} = \frac{u_{\infty} L}{\nu} \quad (\text{A. 23})$$

$$Re = \frac{3.61 * 2}{16.79E - 6}$$

$$Re = 4.30 * 10E5$$

Número de Prandal:

$$Pr_{@T=309K} = 0.706$$

Número de Nusselt:

Se utiliza la correlación de Dittus-Boelter (A.24):

$$Nu_L = 0.027 * Re^{\frac{4}{5}} * Pr^{0.4} \quad (\text{A. 24})$$

$$Nu_L = 0.027 * 4.30 * 10E5^{\frac{4}{5}} * 0.706^{0.4}$$

$$Nu_L = 754.50$$

$$Nu_L = \frac{h * L}{k_{air, T=309K}} \quad (\text{A. 25})$$

$$h = 10.18 \text{ W/mK}$$

Cálculo de pérdidas de calor:

$$\frac{Q_{Total}}{Area} = \frac{T_{aire,out} - T_{aire,in}}{\frac{2L_{acero}}{K_{acero}} + \frac{L_{GYP}}{K_{GYP}} + \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{in,up}} + \frac{1}{h_{in,down}} + \frac{1}{h_{placas_verticales}} + \frac{L_{lana_roca}}{K_{lana_roca}} + \frac{1}{h_{out}}}$$

$$\frac{Q_{Total}}{Area} = \frac{65 - 34}{\frac{2 * 1 * E - 3}{21} + \frac{30 * E - 3}{0.036} + \frac{12.7 * E - 3}{0.03171} + \frac{1}{10.18} + \frac{1}{5.13} + \frac{1}{1.60} + \frac{1}{4.60} + \frac{1}{67.87} + \frac{6 * E - 3}{0.274}}$$

$$Q_{Total} = 12.88 \text{ W/m}^2$$

Si se quita la madera, por cuestiones de costos:

$$\frac{Q_{Total}}{area} = 13.00 \text{ W/m}^2$$

Para conocer el calor que se pierde a través de la estructura podemos calcularlo de la siguiente manera:

$$A_{paredes} = \text{perímetro} * \text{altura} \quad (\text{A. 26})$$

$$A_{paredes} = [2(2.48) + 2(1.48)] * 2.30$$

$$A_{paredes} = 18.22 \text{ m}^2$$

$$Q_{paredes} = 13 \left[\frac{W}{m^2} \right] * 18.22 * 9 \text{ horas} * \frac{3600s}{hr} = 7674 \text{ KJ}$$

Calor sensible del aire que sale

Renovaciones mínimas para el deshidratador

Para el cálculo por renovación de aire es necesario realizar un análisis ayudándonos de la psicometría, se consideró las condiciones ambientales de entrada para el cantón Santa Lucia de temperatura 27 °C y humedad relativa 80%.

Por medio del software de [cálculos psicométricos](#) en línea nos ayudamos para encontrar la humedad absoluta tanto para las condiciones de entrada y salida de aire.

HA: humedad absoluta

H: entalpia [KJ/kg]

$$HA_{@27,80\%} = 0.018026 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire\ seco}}$$

$$h_{@27,80\%} = 73.1074 \frac{KJ}{kg}$$

Masa de agua en aire a estas condiciones (A.27)

$$m_{@27^{\circ}C} = HE * V_{aire\ camara} \quad (\text{A. 27})$$

$$m_{@27^{\circ}C} = 0.0192 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire\ seco}} * 8.02 \text{ m}^3$$

$$m_{@27^{\circ}C} = 0.145 \text{ Kg H}_2\text{O}$$

Para las condiciones de salida el aire abandona la cámara de deshidratado a una temperatura de 65 °C y a una humedad relativa de 60%

$$HA_{@65,60\%} = 0.1445 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire\ seco}}$$

$$h_{@65^{\circ}C, 60\%} = 275.88 \frac{KJ}{kg}$$

Masa de agua en aire a estas condiciones (A.28)

$$m_{@65^{\circ}C} = HA * V_{aire\ camara} \quad (\text{A. 28})$$

$$m_{@65^{\circ}C} = 0.1083 \frac{Kg_{agua}}{Kg\ aire\ seco} * 8.02\ m^3$$

$$m_{@65^{\circ}C} = 0.869\ Kg\ H_2O$$

Con las masas de agua a condiciones de entrada y salida podemos determinar la capacidad que tiene el aire de extraer vapor de agua

K_{ev} = capacidad de evaporación (A.29)

$$K_{ev} = m_{@65^{\circ}C} - m_{@27^{\circ}C} \quad (\text{A. 29})$$

$$K_{ev} = 0.8686 - 0.1445\ [kg]$$

$$K_{ev} = 0.7241\ Kg\ agua$$

Con la capacidad de evaporación podremos calcular el número de renovaciones de aire necesarias para sacar el contenido de humedad de las rebanadas de mango

La masa que se desea evaporar es de aproximadamente 166 Kg por cada 200 kg de mango.

$$\#renovaciones = \frac{166kgH_2O}{0.724066\ KgH_2O} = 229.26 \approx 230$$

El tiempo que requiere el proceso es de aproximadamente 7 horas por lo que el número de renovaciones por hora es:

$$\frac{renovaciones}{hora} = \frac{230}{7} = 32.85 \approx \frac{33\ ren}{hora}$$

Para el proceso de deshidratación de mango se lleve correctamente es necesario realizar un número mínimo de cambios de aire dentro de la cámara, por lo que el flujo mínimo de aire que debe haber es (A.30):

$$Q_{caudal,aire,min} = V_{cam} * \# \frac{ren}{hora} \quad (\text{A. 30})$$

$$Q_{caudal,aire,min} = 8.02 \text{ m}^3 * \frac{33}{hora} = 264.66 \frac{\text{m}^3}{hr}$$

$$Q_{caudal,aire,min} = 155.38 \text{ cfm} \approx 156$$

Masa mínima de aire por renovación (A.31):

$$m_{aire} = V_{cam,aire} * \rho_{aire} * \#renovaciones \quad (\text{A. 31})$$

$$m_{aire} = 8.02 \text{ m}^3 * 1.214 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 230$$

$$m_{aire} = 2233.76 \approx 2235 \text{ kg}$$

Se calcula la energía necesaria para calentar 2235 kg de aire de 27 a 65 °C (A.32)

$$Q_{aire} = m_{aire} * C_{p,aire} * \Delta T \quad (\text{A. 32})$$

$$Q_{aire} = 2235 * 1.005 \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}} * (65 - 27) \text{K}$$

$$Q_{aire} = 85354 \text{ KJ}$$

Energía Parcial para el secado (A.33)

$$Q_{total} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (\text{A. 33})$$

$$Q_{total} = Q_{ev,H2O} + Q_{Cam,aire} + Q_{paredes} + Q_{aire}$$

$$Q_t = 402923 + 391.4 + 7674 + 85354 \text{ [KJ]}$$

$$Q_{Parcial} = 496342 \text{ [KJ]}$$

Cálculo de resistencia eléctrica

Se puede calcular la potencia necesaria (A.34) para la resistencia eléctrica utilizando el calor necesario para que ocurra el deshidratado, por el tiempo que necesita durante el proceso.

$$Q = \frac{Q_{total}}{tiempo} \quad (\text{A. 34})$$

$$Q = \frac{496342 \text{ [KJ]}}{7} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{hr}} \right] * \left[\frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \right]$$

$$Q = 19.69 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} \approx 20 \text{ KW}$$

Velocidad de entrada de aire (A.35)

Se calcula el requerimiento mínimo de entrada de aire

$$v_{aire} = \frac{Q}{cp * (\Delta T)X(\rho * A)} \quad (\text{A. 35})$$

Donde

Q: Potencia calorífica requerida para el deshidratador [kW]

Cp: Calor específico del aire

ΔT : Diferencia de temperatura entre la entrada y salida del ducto

X: Humedad relativa de aire

ρ : Densidad del aire

A: Área de salida de aire caliente

$$v_{aire} = \frac{20 \text{ KW}}{1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg K}} * (40\text{K}) * 0.80 * \left(1.214 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.7\text{m}^2\right)} = 0.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Consumo de soldadura (A.36)

A1: Área del filete [mm²]

A2: Área de refuerzo [mm²]

L: Longitud de la soldadura [m]

E: Eficiencia en la posición [%]

G: Gravedad específica del material [g/m³]

$$consumo = \frac{1}{10} * [(A_1 + A_2)L] * \frac{G}{E} \quad (\text{A. 36})$$

$$consumo = \frac{1}{10} * [(12.5 + 4.5) * 0.30 * \frac{8\text{g}}{\text{m}^3} / 0.90]$$

$consumo \geq 5\text{Kg de soldadura}$

Rediseño De Deshidratador de bandejas

Mediante el software ANSYS, se estableció que el flujo a la entrada del deshidratador para evitar estancamiento es =0.79 m/s además se realizó un incremento del área de 0.7 a 1.5 m² para que el aire pase por medio de todas las bandejas.

Cálculo de flujo de aire:

$$\vec{Q} = \vec{V} * A \quad (\text{A. 37})$$

Donde:

\vec{Q} : Caudal

\vec{V} : velocidad del fluido

A: área

$$\vec{Q} = 0.79 \frac{m}{s} * 1.5m^2$$

$$\vec{Q} = 1.185 \frac{m^3}{s}$$

Flujo Másico (A.38):

$$\vec{m} = \vec{Q} * \rho_{aire} \quad (\text{A. 38})$$

$$\vec{m} = 1.185 * 1.214 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\vec{m} = 1.45044 \frac{Kg}{s}$$

Potencia necesaria para calentar el aire (Calor latente)

$$P_{aire} = \vec{m} * Cp * (T_{caliente} - T_{ambiente}) \quad (\text{A. 39})$$

$$P_{aire} = 1.45044 \frac{kg}{s} * 1.005 \frac{KJ}{kgK} * 38K$$

$$P_{aire} = 55.34 KW$$

Banco de resistencias o potencia neta

$$P_{neta} = P_{aire} * P_{Otras} \quad (\text{A. 40})$$

$$P_{otras} = P_{eva} + P_{perd} + P_{cal}$$

$$P_{otras} = 16.15 KW$$

$$P_{neta} = 55.34 + 16.15 KW$$

$$P_{neta} = 71.49 KW$$

Costos de energéticos

Costos por GLP diario

$P_{glp} = 13.63$; Poder calorífica del GLP [KWh/Kg] 13.79

$Q_{total} = 572Wh$; Energía necesaria para el secado de 400kg de mango

m_{glp} ; Masa necesaria para suplir demanda energética

$Precio = \frac{\$0.82}{Kg_{GLP}}$; Precio estimado del GLP para uso industrial

$$m_{glp} = \frac{Q_{total}}{P_{glp}} \quad (\text{A. 41})$$

$$m_{glp} = \frac{572KWh}{\frac{13.79KWh}{kg}} = 41.47 kg_{glp}$$

$$Precio\ estimado: 1.17 * \frac{\$0.82}{Kg_{GLP}} * 41.47Kg_{GLP} = \$48.53$$

Costo Diario por electricidad

Para el sector artesanal industrial el costo por KWH es de \$0.073 para una tensión de 0-300 V, la demanda energética para el uso del deshidratador es de 320 KWh por lo que el consumo energético para esta ACTIVIDAD es:

$$Valor\ estimado = \frac{\$0.073}{Kwh} * 572KWh = \$41.7536$$

Datos técnicos de los elementos

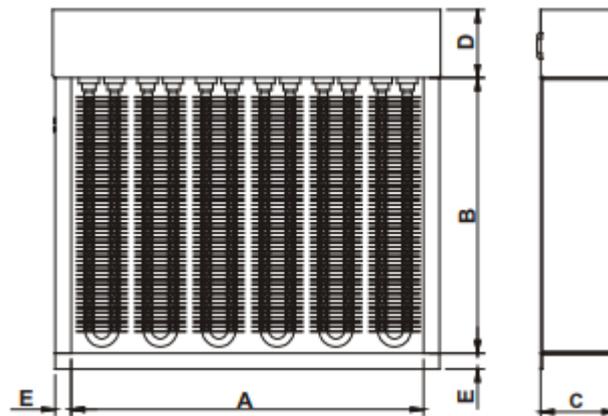
Baterías de resistencias:

Selección de modelo, dimensiones

MODELOS ALBAT

Código	Dimensiones en mm					Potencia	Nº varillas	Nº etapas
	A	B	C	D	E			
ALBAT3	200	400	50	75	25	3000	3	1
ALBAT6	200	400	75	75	25	6000	6	2
ALBAT3-2	450	400	50	75	25	3000	3	1
ALBAT6-2	450	400	75	75	25	6000	6	2
ALBAT9	450	400	75	75	25	9000	9	3
ALBAT12	450	400	100	75	25	12000	12	4
ALBAT15	450	400	100	75	25	15000	15	5
ALBAT18	450	400	100	75	25	18000	18	6
ALBAT21	450	400	100	75	25	21000	21	7
ALBAT24	450	400	100	75	25	24000	24	8
ALBAT4,5	200	500	50	75	25	4500	3	1
ALBAT9-2	200	500	75	75	25	9000	6	2
ALBAT9-3	450	500	50	75	25	9000	6	2
ALBAT13,5	450	500	75	75	25	13500	9	3
ALBAT18-2	450	500	75	75	25	18000	12	4
ALBAT22,5	450	500	75	75	25	22500	15	5
ALBAT27	450	500	100	75	25	27000	18	6

Dimensiones de baterías de resistencias seleccionados [(Clonica, 2022)].



Modelo estandarizado de baterías de resistencias [(Clonica, 2022)]

GRUPO 2 - Resistencias para aire

2.6 - Baterías eléctricas con resistencias de aleta rectangular

ALBAT



BATERÍAS ELÉCTRICAS CON RESISTENCIAS DE ALETA RECTANGULAR, MODELOS ALBAT

Características generales

- Marco en chapa de Fe galvanizado. Opcionalmente y bajo pedido, chasis en acero inoxidable.
- Caja de conexiones desmontable.
- Elementos calefactores tubulares blindados en acero inoxidable AISI 304 de Ø8 mm, resistencia aislada con óxido de magnesio electrofundido y comprimido por laminación.
- Aleta de chapa aluminizada de 25 x 50 mm.
- Racores engrampados de acero zincado de M12.
- Temperatura de aplicación máxima: salida de aire 100 °C con $V_{\text{aire}} = 2 \text{ m/seg}$
- Termostato Klixon integrado de protección de 75 °C. Opcionalmente, con termostato de 120 °C
- Posibilidad de acoplarse varios módulos.
- 1 ó 2 etapas de potencia según modelos, tanto en monofásico como trifásico.
- Elementos calefactores en tensión unitaria ~230 V para facilitar diferentes opciones de conexión.
- Tensión normalizada: 3~230 V Δ, 3~400 V Δ

Bajo pedido, podemos suministrar otras dimensiones, potencias o voltajes, así como distintas opciones de resistencia con aleta rectangular

Opciones:

- Todo inoxidable.
- Para tubo Ø8mm: aleta 25 x 50 mm
aleta 40 x 70 mm
- Para tubo Ø10mm: aleta 25 x 50 mm
aleta 40 x 70 mm

Nota: Las baterías se suministran sin cablear, lo que permite realizar el montaje eléctrico adecuado a sus necesidades.

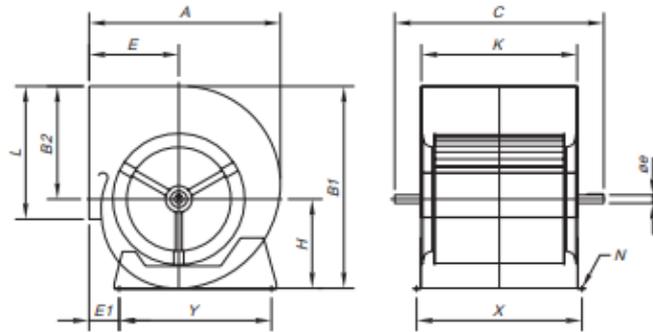
Baterías de resistencia, condiciones de uso [(Clonica, 2022)].

Características técnicas

Modelo	Velocidad máx. (r/min)	Equivalencia pulgadas	Máx. Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Temperatura del aire (°C)		Peso aprox. (Kg)
					min.	máx.	
CBX-1919	2500	7/7	1,1	3700	-20	+80	5,0
CBX-2525	1800	9/9	2,2	6200	-20	+80	9,0
CBX-2828	1700	10/10	3,0	7500	-20	+80	10,5
CBX-3333	1400	12/12	3,0	9500	-20	+80	15,5
CBX-3939	1000	15/15	4,0	14400	-20	+80	24,0
CBX-4747	800	18/18	5,5	23500	-20	+80	33,5
CBXC-7/7	2700		1,5	4200	-20	+80	6,0
CBXC-9/9	2100		3,0	7000	-20	+80	11,5
CBXC-10/10	1900		4,0	8400	-20	+80	13,5
CBXC-12/12	1600		4,0	10500	-20	+80	18,5
CBXC-15/15	1100		5,5	16000	-20	+80	27,5
CBXC-18/18	900		7,5	26000	-20	+80	38,5
CBXR-15/15	1200		5,5	16000	-20	+80	28,5
CBXR-18/18	1000		7,5	26000	-20	+80	40,0
CBXR-20/20	1000		11,0	28000	-20	+110	84,0
CBXR-22/22	900		15,0	34000	-20	+110	94,0
CBXR-25/25	700		15,0	46000	-20	+110	113,0
CBXR-30/28	600		18,5	60000	-20	+110	145,0

Selección de ventilador centrífugo [(SODECA, 2022)].

Dimensiones mm

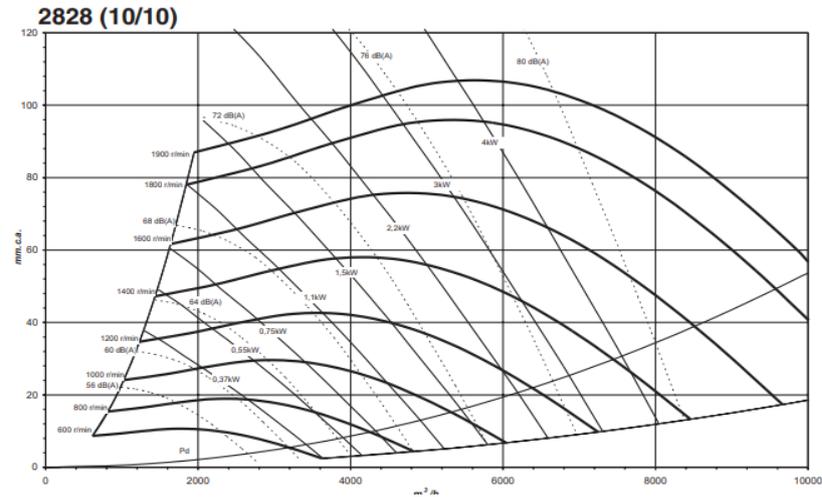


Modelo	Equivalencia pulgadas	A	B1	B2	C	E	E1	H	K	L	N	øe	X	Y
CBX-1919	7/7	307	320	180	377	146	55	140	232	209	10x15	20	258	228
CBX-2525	9/9	375	390	218	428	180	75	172	298	265	10x15	20	324	280
CBX-2828	10/10	427	440	245	475	207	80	195	326	290	10x15	20	348	317
CBX-3333	12/12	498	522	292	545	236	82	230	386	342	10x16	25	406	400
CBX-3939	15/15	578	614	343	632	271	91	271	473	404	12x20	25	500	460
CBX-4747	18/18	690	740	414	726	320	85	326	556	480	12x20	25	583	580

Dimensiones del ventilador centrífugo. [(SODECA, 2022)]

Curvas Características

Q = Caudal en m³/h
Pe = Presión estática en mm.c.a.



Curvas Características del ventilador Centrífugo [(SODECA, 2022)].

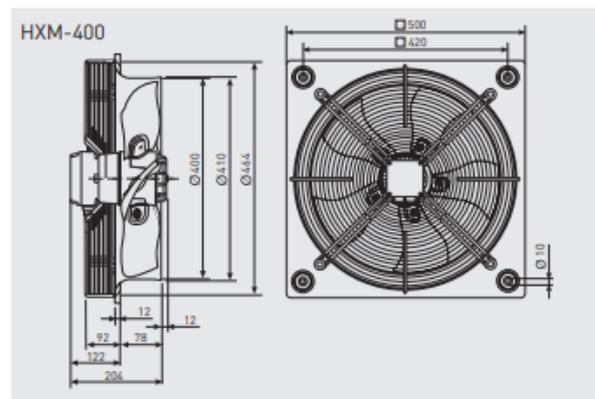
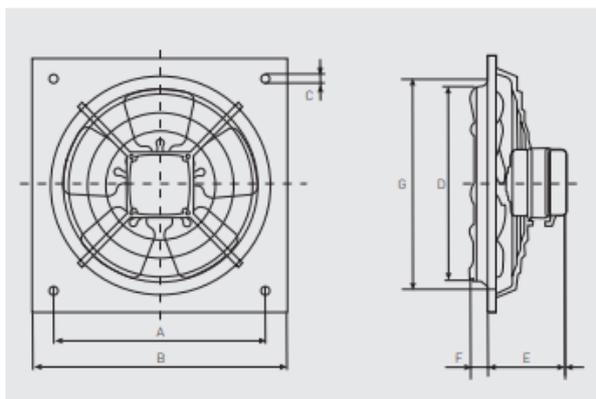
Extractores de aire

Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Ø Boca (mm)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad absorbida máxima (A)	Nivel de presión sonora* (dB(A))	Caudal máximo (m³/h)	Temperatura de trabajo (°C)	Peso (kg)	Regulador de tensión opcional	
									REB	RMB
HXM-200	1350	200	19	0,1	39	470	-15/+40	1,8	REB-1N	RMB-1,5
HXM-250	1380	250	30	0,1	48	810	-15/+40	2,4	REB-1N	RMB-1,5
HXM-300	1360	300	41	0,2	48	1.180	-15/+40	3,2	REB-1N	RMB-1,5
HXM-350	1340	350	52	0,2	51	1.680	-15/+40	4,3	REB-1N	RMB-1,5
HXM-400	1255	400	151	0,7	56	3.670	-40/+60	9,0	REB-1N	RMB-1,5

* Nivel de presión sonora medido en campo libre a 1,5 m.

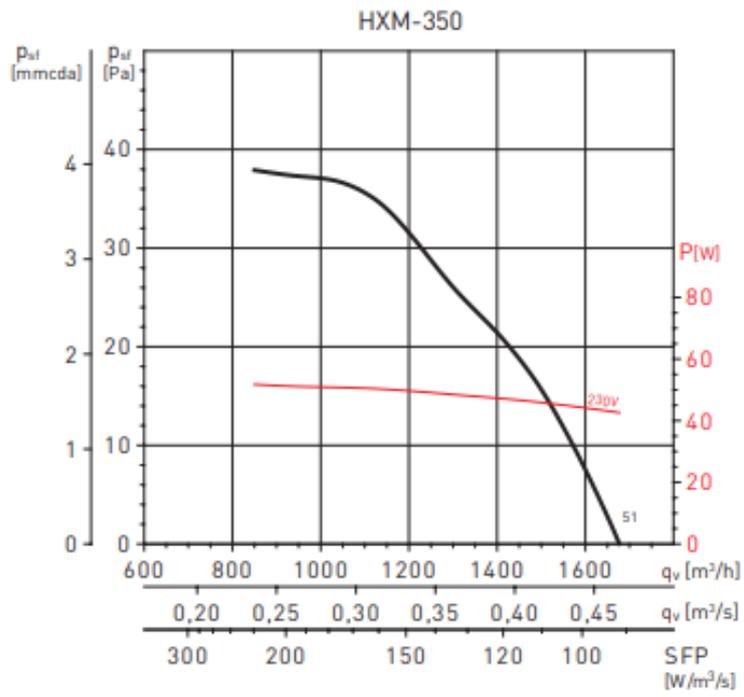
Selección de extractores de aire [(SOLERPALAU, 2022)]

DIMENSIONES (mm)



Modelo	∅ A	∅ B	∅ C	∅ D	E	F	∅ G
HXM-200	222,5	266	9,5	205	88	19,5	211
HXM-250	275,5	333	9,5	255	99	31,5	261
HXM-300	336,5	400	10,5	305	99	35,5	311
HXM-350	390,5	465	10,5	361	106	34,5	371

Dimensiones del extractor [(SOLERPALAU, 2022)].

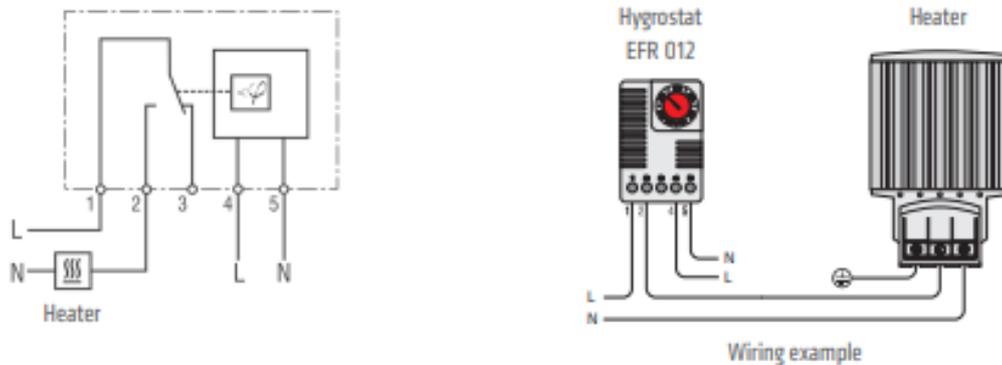


Curva característica del extractor [(SOLERPALAU, 2022)].

Higrostat electrónico

Switching difference	5 %RH (± 1 % tolerance) - at 77 °F (25 °C) and 50 %RH
Reaction time	approx. 5 seconds
Contact type	SPDT / change-over contact (relay)
Service life	> 50,000 cycles
Max. switching capacity (relay output)	8 A resistive / 1.6 A inductive @ AC 120 V 8 A resistive / 1.6 A inductive @ AC 240 V 100 W @ DC 24 V
Max. inrush current	AC 16 A for 10 sec.
Connection	5-pole terminal, clamping torque 0.5 Nm max.: solid/stranded ¹ wire - AWG 14 max. (2.5 mm ²)
Housing	plastic, UL 94V-0, light grey
Mounting	clip for 35 mm DIN rail, EN 60715
Mounting position	vertical
Operating / Storage temperature	+32 to +140 °F (0 to +60 °C) / -4 to +158 °F (-20 to +70
Operating / Storage humidity	max. 90 %RH (non-condensing)
Dimensions	2.54 x 1.65 x 1.5" (64,5 x 42 x 38 mm)
Weight	approx. 2.3 oz. (65 g)
Protection type	IP20

Datos técnicos Higrostat EFR-012.Datos técnicos Higrostat EFR-012 [(Stego-usa, 2022)].



Instalación Higrostat EFR-012 [(Stego-usa, 2022)].

Instalación Higrostat EFR-012.

Controlador PLC Expandible

CÓDIGO	G3713008	G3713504
Entradas	12 Digitales 0 - 28,8 VDC ó 6 Digitales 0 - 28,8 VDC 6 Análogos 0 -10 VDC	2 Análogos 0 / 4 - 20 mA y 8 Digitales 0 - 28,8 VDC ó 4 Digitales 0 - 28,8 VDC 4 Análogos 0 - 10 VDC
Salidas	6 Relé, 10A/250 VAC	6 Relé, 10 A / 250 VAC 2 Transistores 5 - 30 V / 0,3 A 1 Corriente/Voltaje 0 - 20 mA / 0 - 10 V
Alimentación	12 -24 VDC	
Temporizadores	1024	
Contadores		
Bloques de función		
Temperatura trabajo	-20 + 55 °C	
Protección	IP20	
Montaje	Riel DIN	
Interface de comunicación	Interface TTL, 1 puerto RS232, 1 puerto RS485	
Protocolo de comunicación	Modbus RTU/ASCII	
Tamaño	95 x 90 x 55 mm	133 x 90 x 55 mm

Datos Técnicos PLC [(Veto, 2021)].

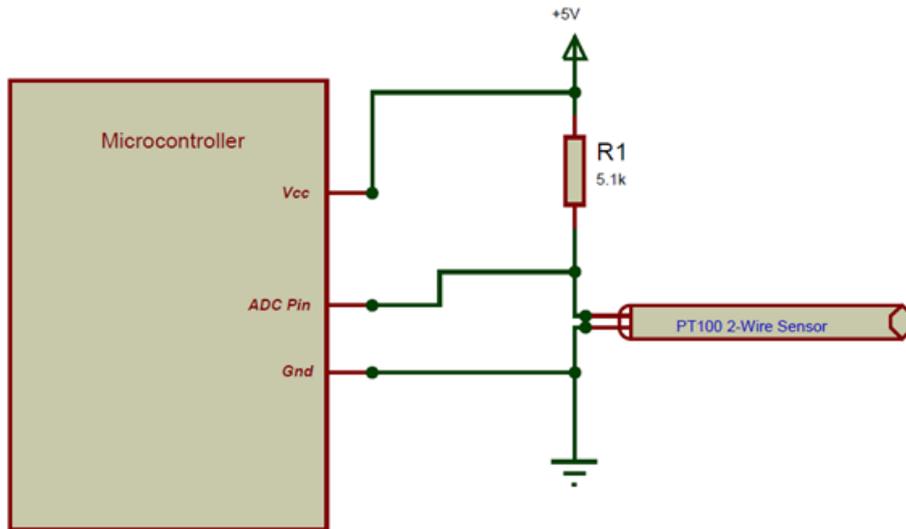
Datos Técnicos PLC.



Módulos de expansión [(Veto, 2021)].

Módulos de expansión.

PT100



Instalación PT100 [(Components101, 2022)].

Instalación PT100.

Pt100 resistance table

Basic values in Ω for measuring resistors Pt 100 according to DIN/ IEC 751

$^{\circ}\text{C}$	Ω										
-200	18,49	0	100,00	200	175,84	400	247,04	600	313,59	800	375,51
-190	22,80	10	103,90	210	179,51	410	250,48	610	316,80	810	378,48
-180	27,08	20	107,79	220	183,17	420	253,90	620	319,99	820	381,45
-170	31,32	30	111,67	230	186,82	430	257,32	630	323,18	830	384,40
-160	35,53	40	115,54	240	190,45	440	260,72	640	326,35	840	387,34
-150	39,71	50	119,40	250	194,07	450	264,11	650	329,51	850	390,26
-140	43,87	60	123,24	260	197,69	460	267,49	660	332,66		
-130	48,00	70	127,07	270	201,29	470	270,86	670	335,79		
-120	52,11	80	130,89	280	204,88	480	274,22	680	338,92		
-110	56,19	90	134,70	290	208,45	490	277,56	690	342,03		
-100	60,25	100	138,50	300	212,02	500	280,90	700	345,13		
-90	64,30	110	142,29	310	215,57	510	284,22	710	348,22		
-80	68,33	120	146,06	320	219,12	520	287,53	720	351,30		
-70	72,33	130	149,82	330	222,65	530	290,83	730	354,37		
-60	76,33	140	153,58	340	226,17	540	294,11	740	357,42		
-50	80,31	150	157,31	350	229,67	550	297,39	750	360,47		
-40	84,27	160	161,04	360	233,17	560	300,65	760	363,50		
-30	88,22	170	164,76	370	236,65	570	303,91	770	366,52		
-20	92,16	180	168,46	380	240,13	580	307,15	780	369,53		
-10	96,09	190	172,16	390	243,59	590	310,38	790	372,52		

Tabla Resistencia PT100 [(Components101, 2022)].

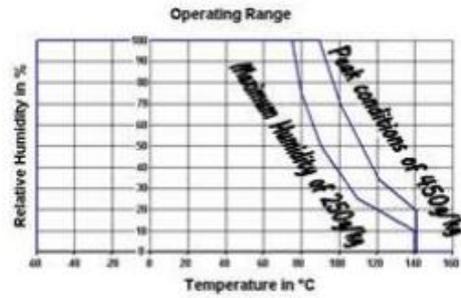
Tabla Resistencia PT100.

Sensor de Humedad relativa HS1101

MAXIMUM RATINGS

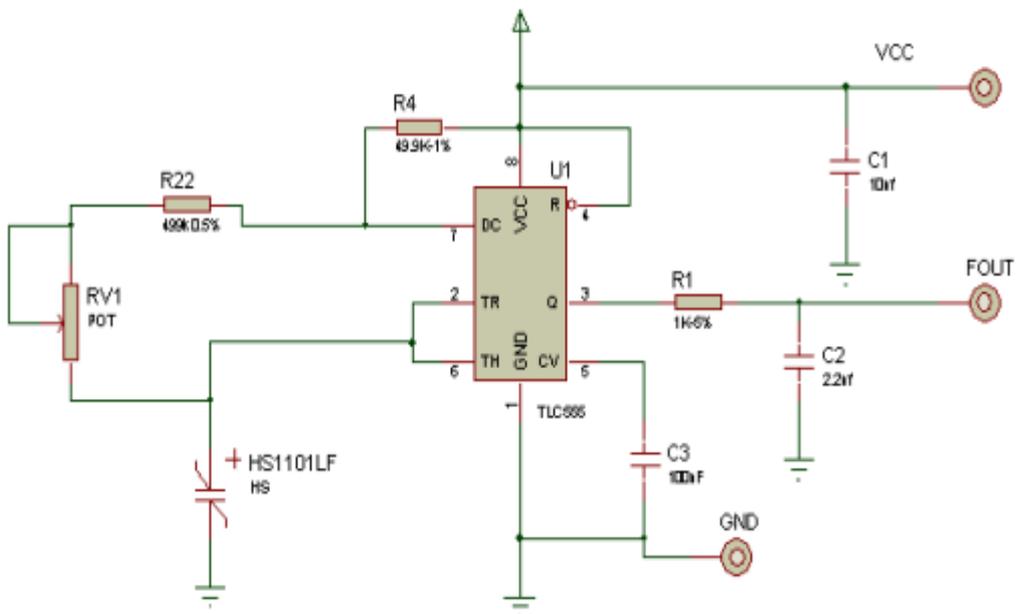
Ratings	Symbol	Value	Unit
Operating Temperature	Ta	-60 to 140	°C
Storage Temperature	Tstg	-60 to 140	°C
Supply Voltage (Peak)	Vs	10	Vac
Humidity Operating Range	RH	0 to 100	% RH

Peak conditions: less than 10% of the operating time.



Especificaciones de rendimiento HS1101. Especificaciones de rendimiento HS1101 [(TE connectivity, 2022)].

CIRCUIT



Note: R22=499kΩ / R4=49.9kΩ / R1=1 kΩ / RV1=50 kΩ potentiometer / C1=10nF / C2=2.2nF / C3=100nF

Circuito HS1101 [(Ardobot, 2022)].

Circuito HS1101.

Relés Auxiliares de 3 polos 220V

3SJ5-2P-1,-S,-N	3SJ5-3P-1,-S,-N
	
34.5 × 34.5 × 52	34.5 × 34.5 × 52
2Z	3Z
10A 250V AC,DC28V	
6~220V	
6~380V	
DC: ≤0.9W AC: ≥1.2VA	
DC: ≥75% AC: ≥80%	
DC: ≥ 10% AC: ≥ 30%	
≤ 50m Ω	
≤100MΩ	
10 ³ times	
10 ⁷ times	
1000v rms	
1500v rms	
Socket 	
-40℃ ~ +55℃	

Relé Auxiliar de 3 polos 220 V. Relé Auxiliar de 3 polos 220 V [(INSELEC, 2022)].

Termostatos a bulbo y capilar tripolares

Código	Gama termostato	Escala	Características	Intensidad máxima (~240 V)	Peso en Kg
517370000	EG	1 / 40 °C	Bulbo Cobre Ø6x215 mm Capilar 880 mm	16 A	0,19
517370001		Botón escala 0 / 40 °C			0,02
517371000	EG	28 / 85 °C	Bulbo Cobre Ø6x129 mm Capilar 880 mm	16 A	0,19
517371001		Botón escala 30 / 85 °C			0,02
517372000	EG	36 / 125 °C	Bulbo Cobre Ø6x138 mm Capilar 880 mm	16 A	0,19
517372001		Botón escala 30 / 120 °C			0,02
517373000	EG	60 / 200 °C	Bulbo Inox Ø6x142 mm Capilar 880 mm	16 A	0,19
517373001		Botón escala 60 / 200 °C			0,02
517374000	EG	50 / 300 °C	Bulbo Inox Ø6x77 mm Capilar 880 mm	16 A	0,19
517374001		Botón escala 50 / 300 °C			0,02

Selección del termostato [(Clonica, 2022)].

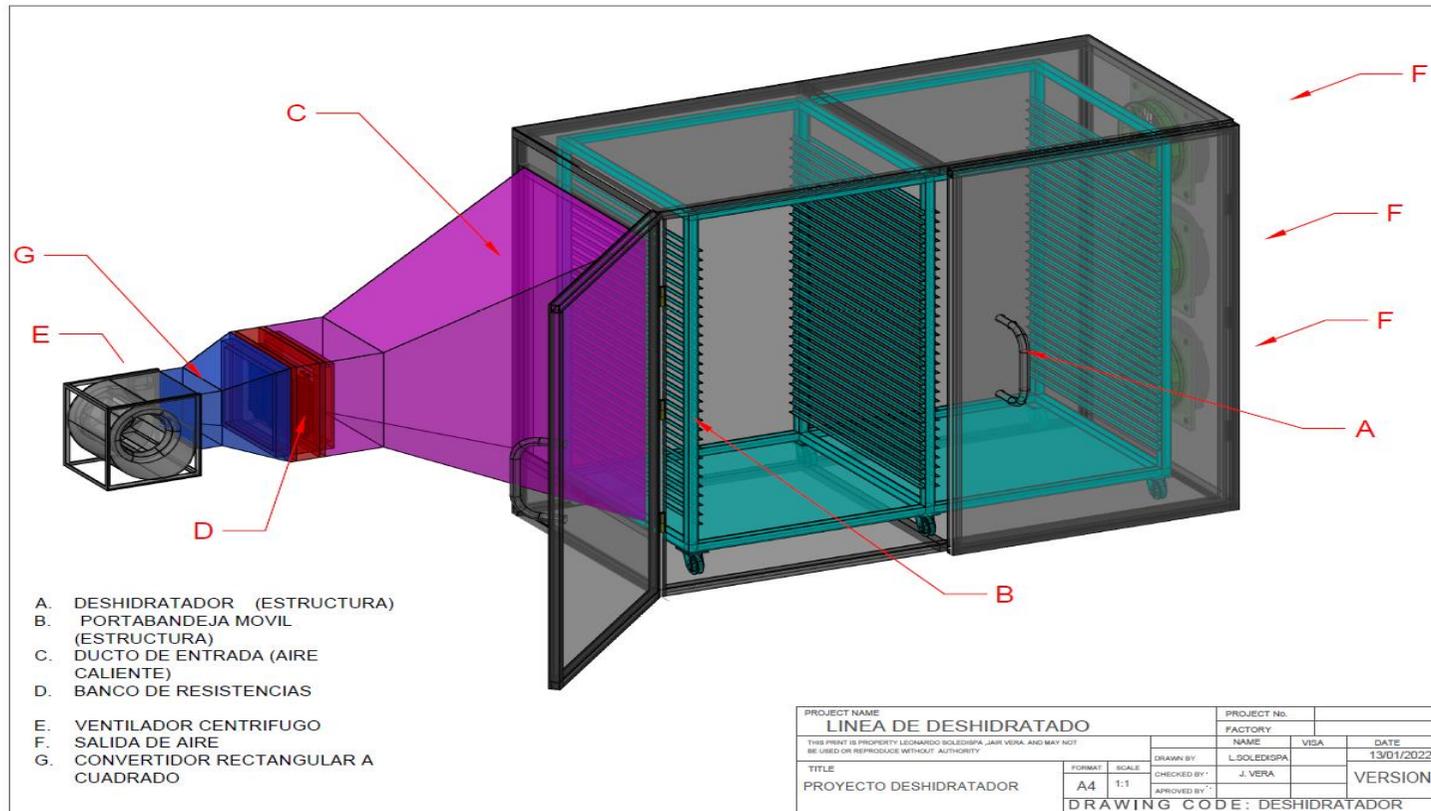
Desaprovechamiento de mango en cultivos del Cantón Santa Lucía



Fruta de mango no aprovechada.

APENDICE B

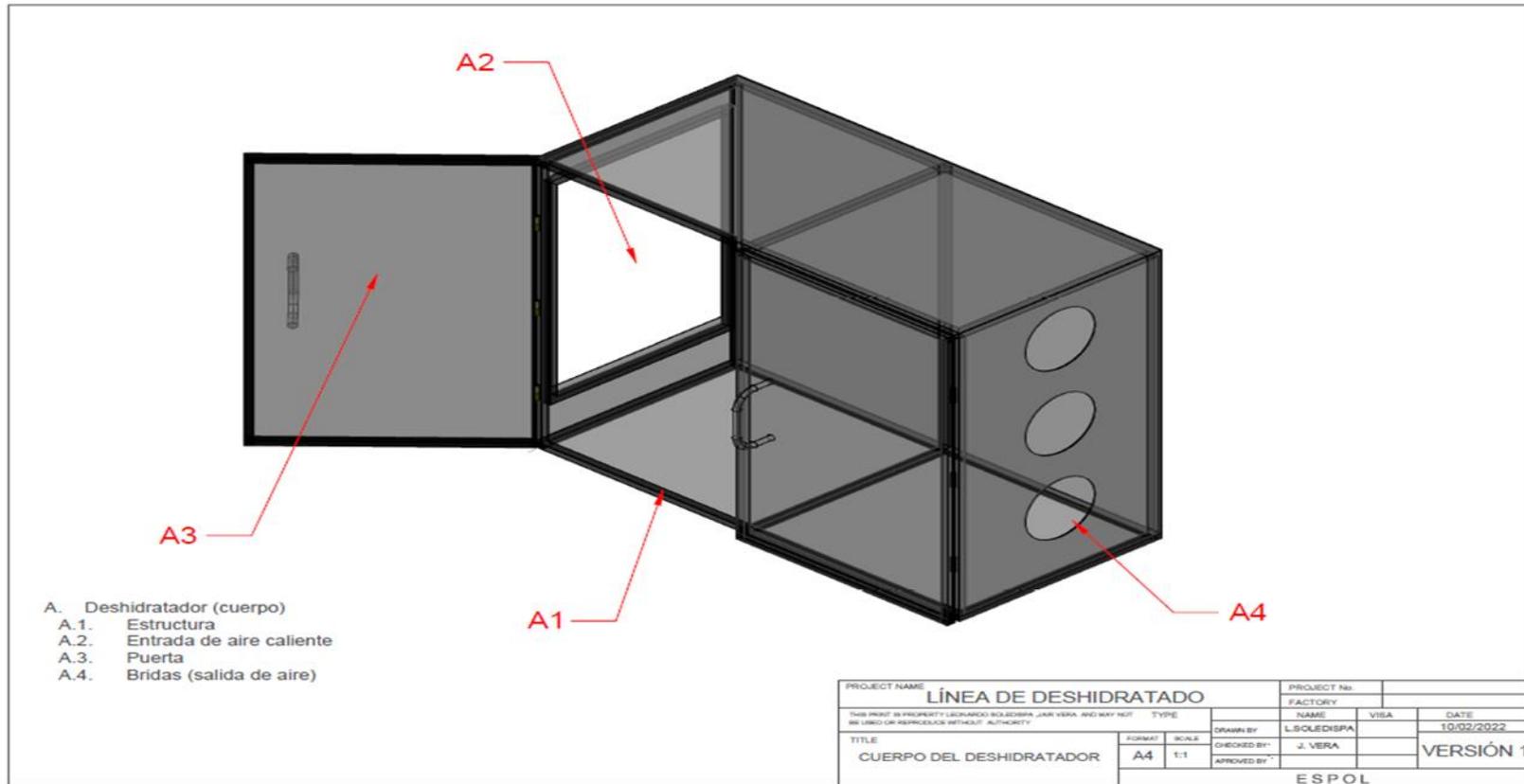
Planos de construcción - Deshidratador de bandejas.



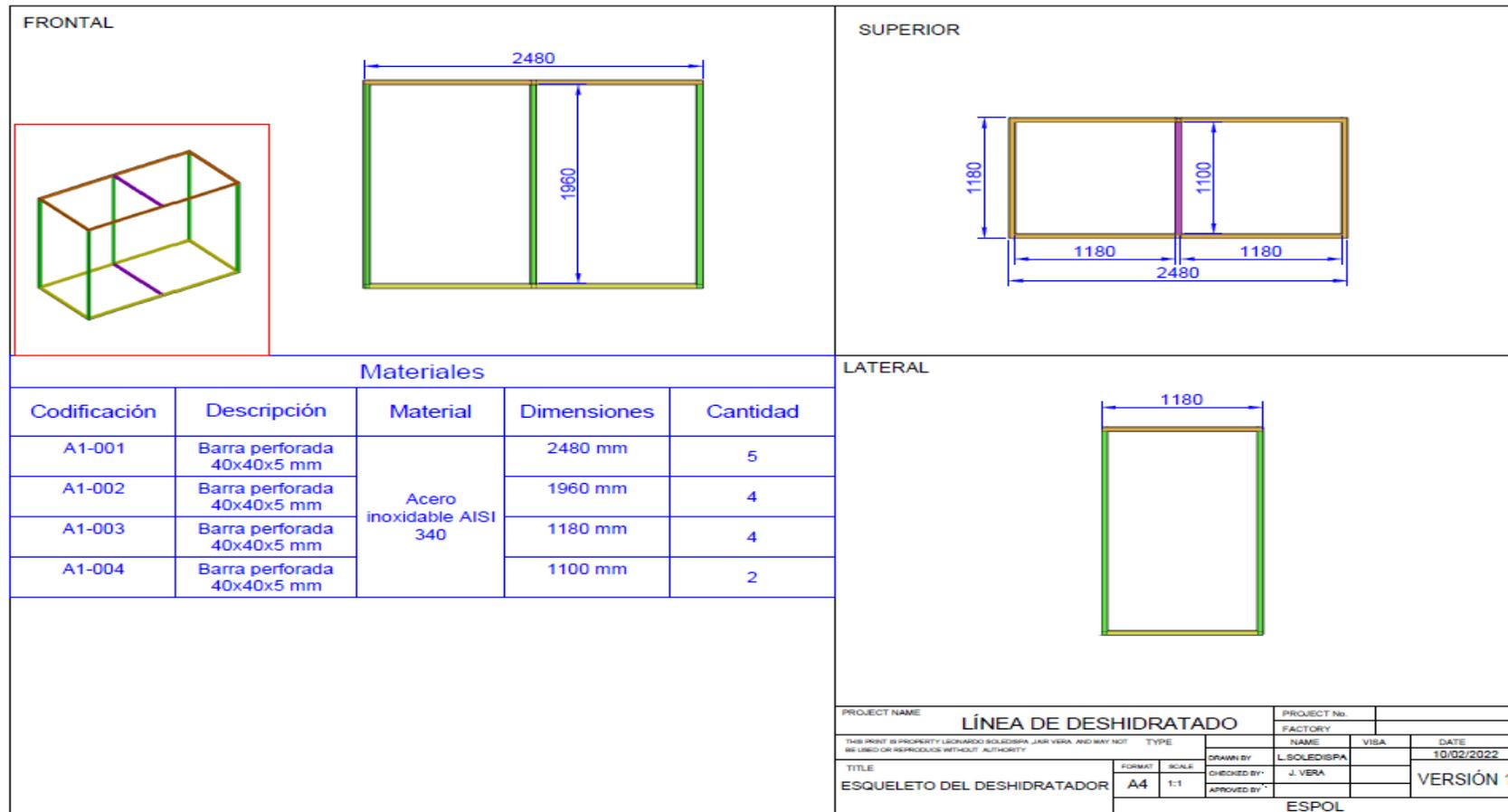
Plano 1 Deshidratador de bandejas.

Sección A- Estructura del deshidratador

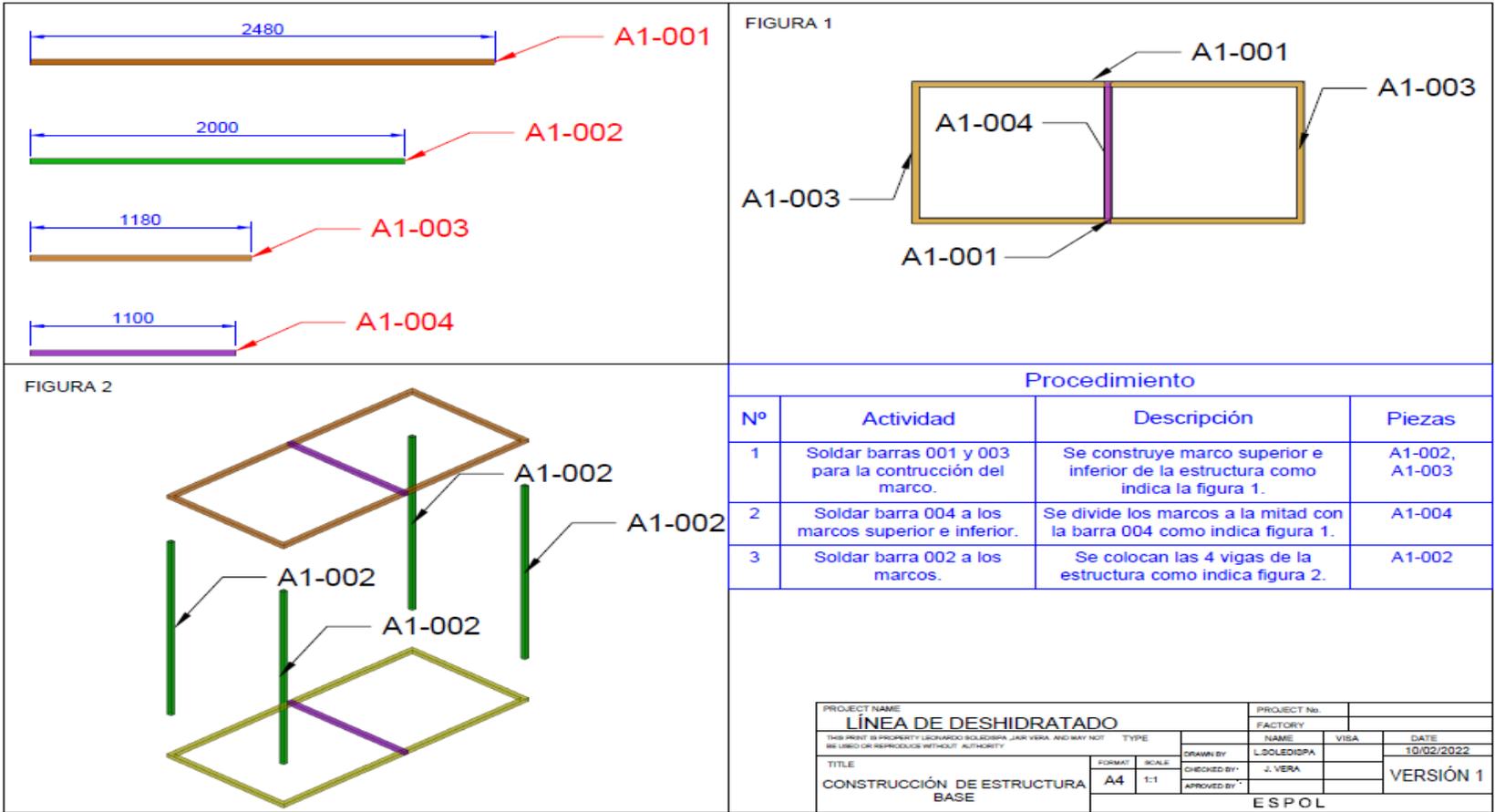
Plano 2 Estructura Del Deshidratador.



Sección A1 – Esqueleto del deshidratador.

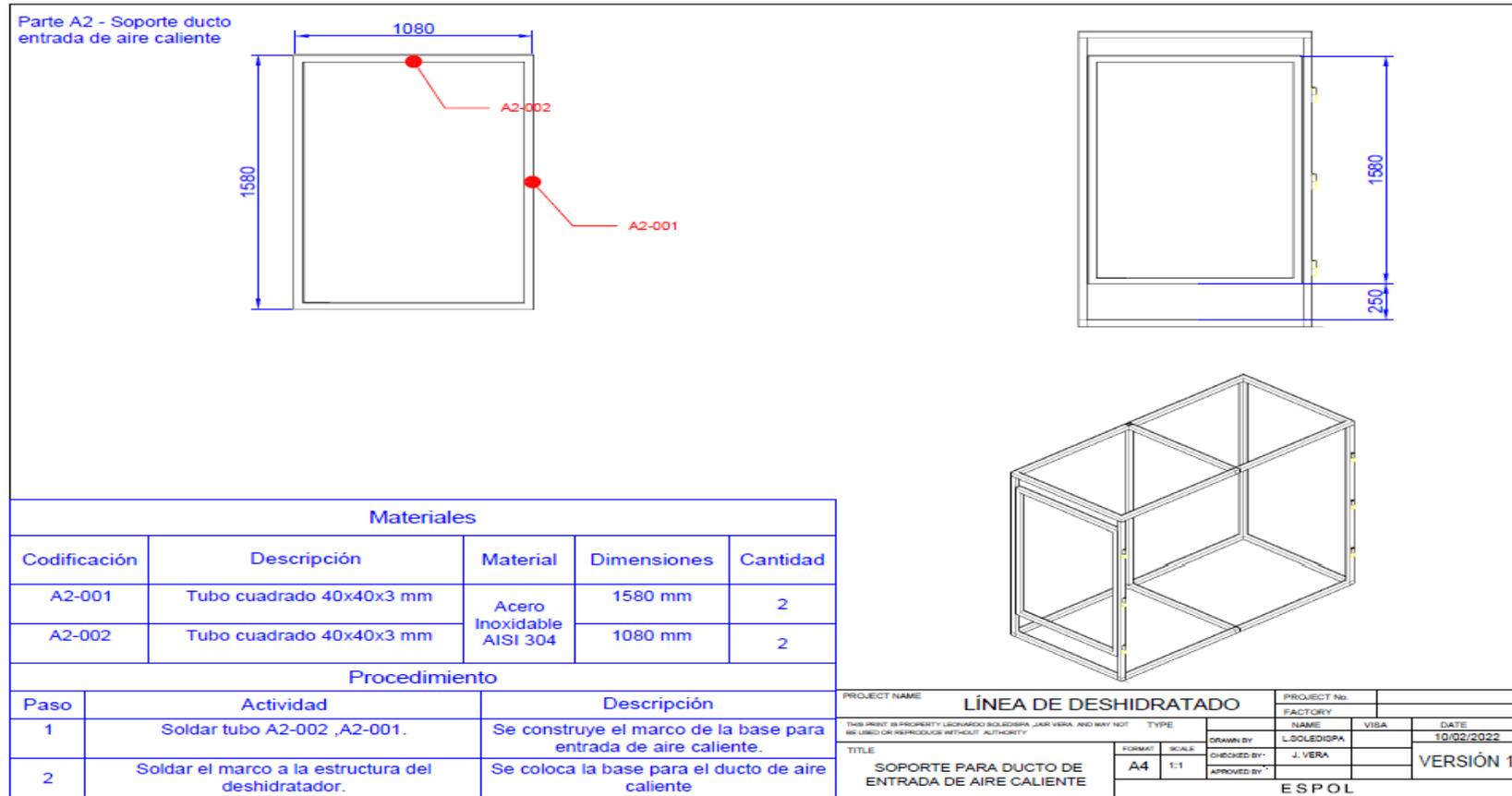


Plano 3 Esqueleto del Deshidratador.

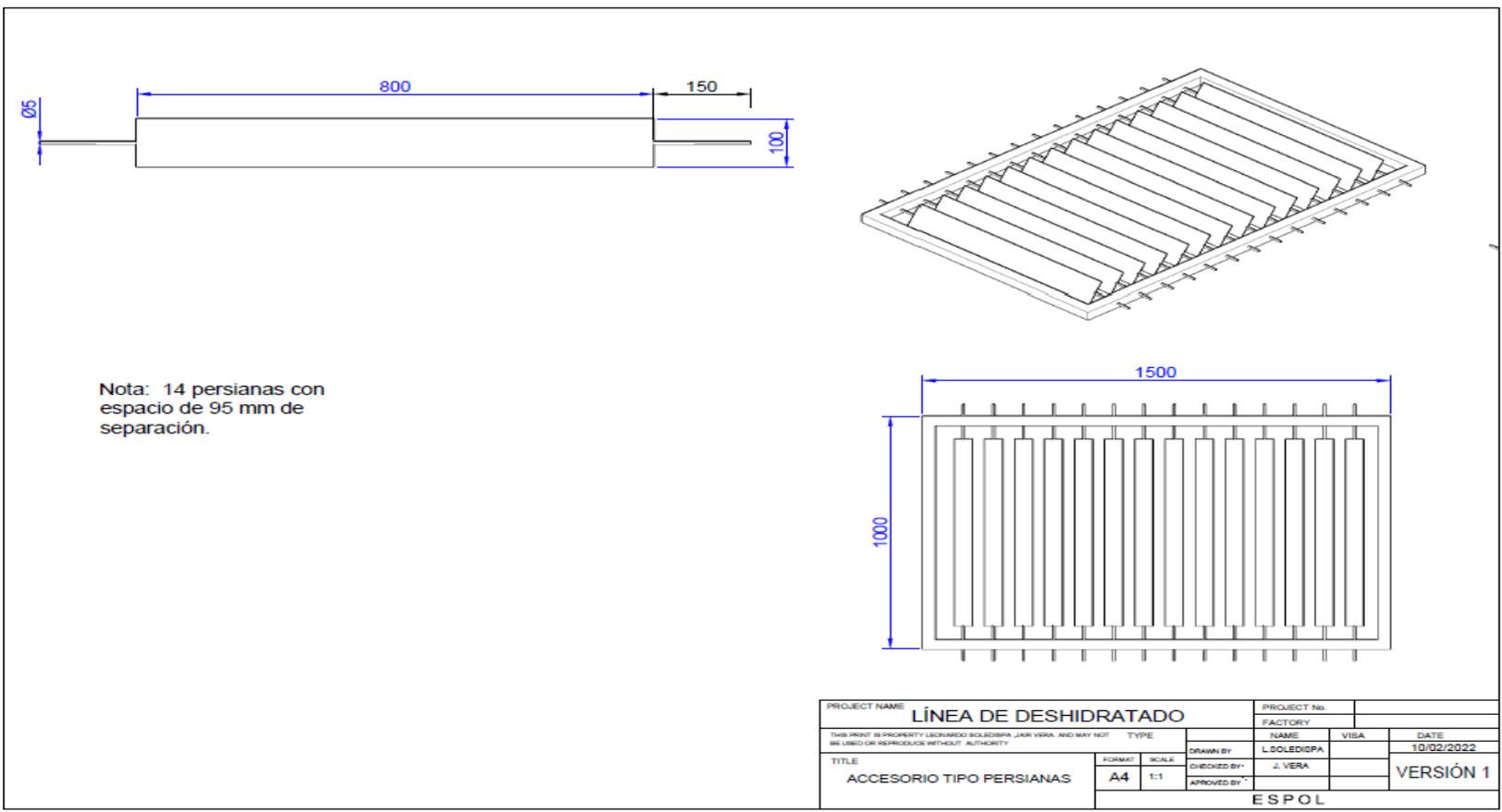


Plano 4 Procedimiento para armado.

Sección A2 – Soporte para ducto de aire caliente

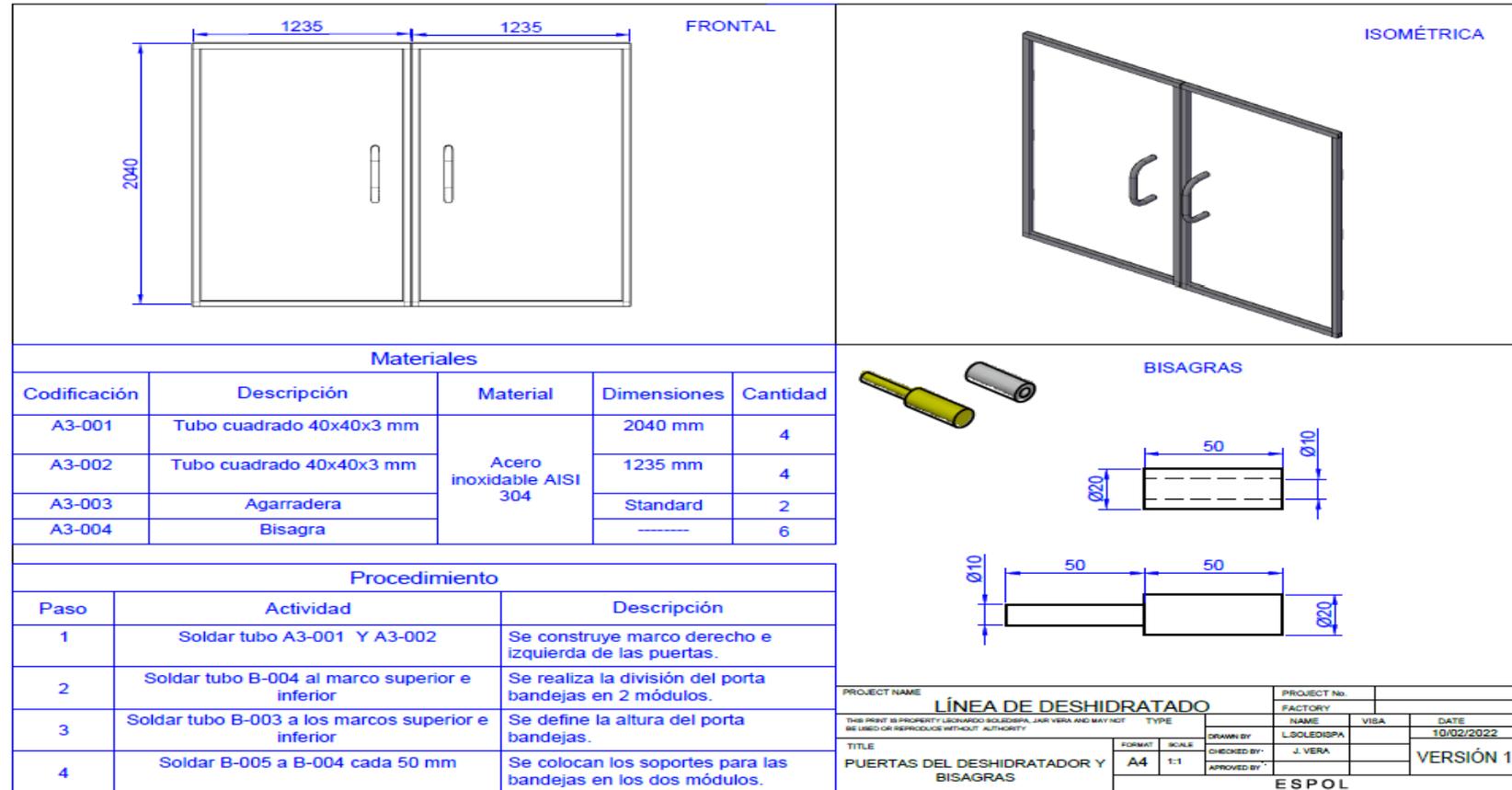


Plano 5 Soporte entrada de aire caliente.



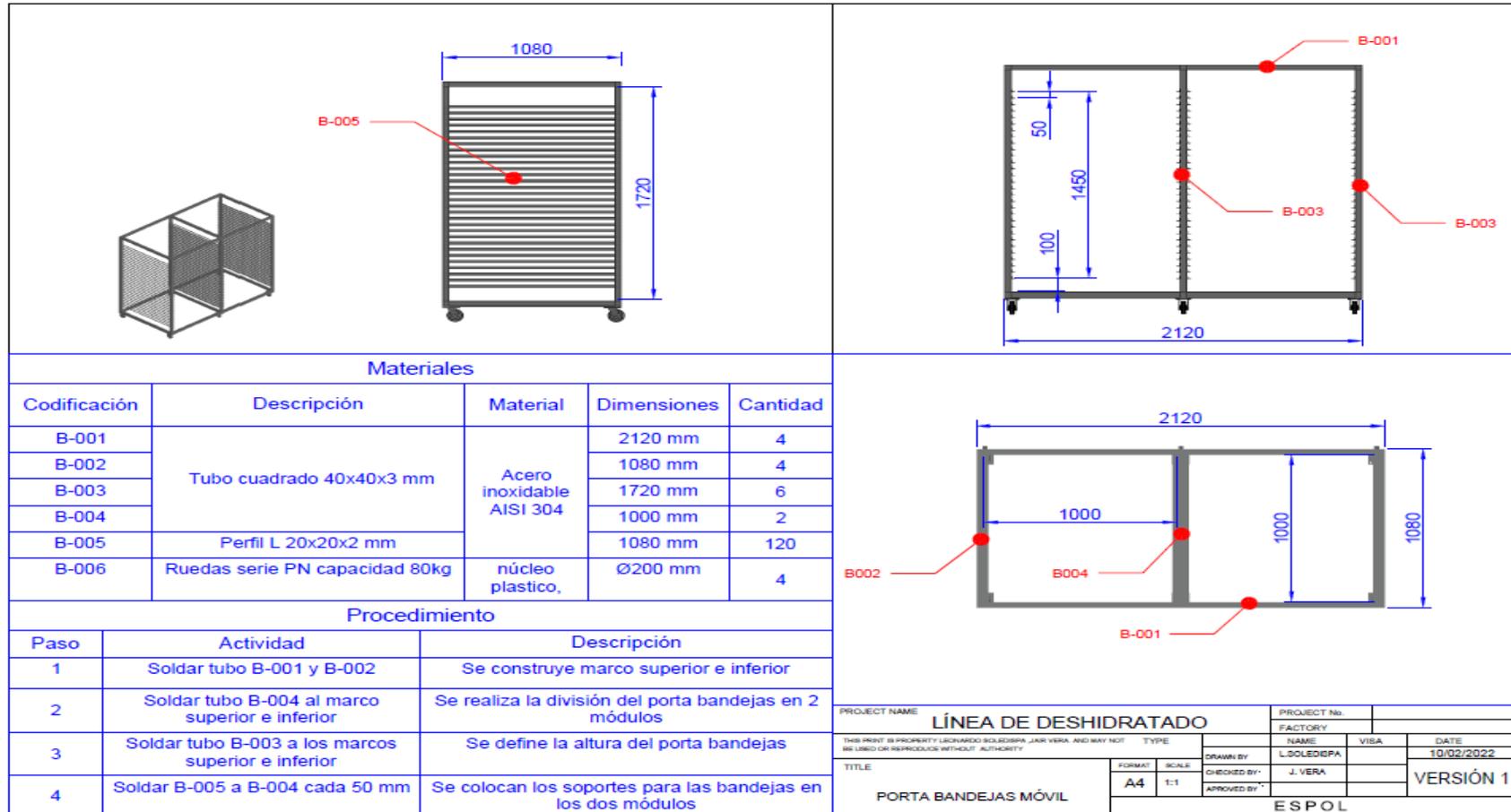
Plano 6 Persianas.

Sección A3- Puertas del deshidratador.



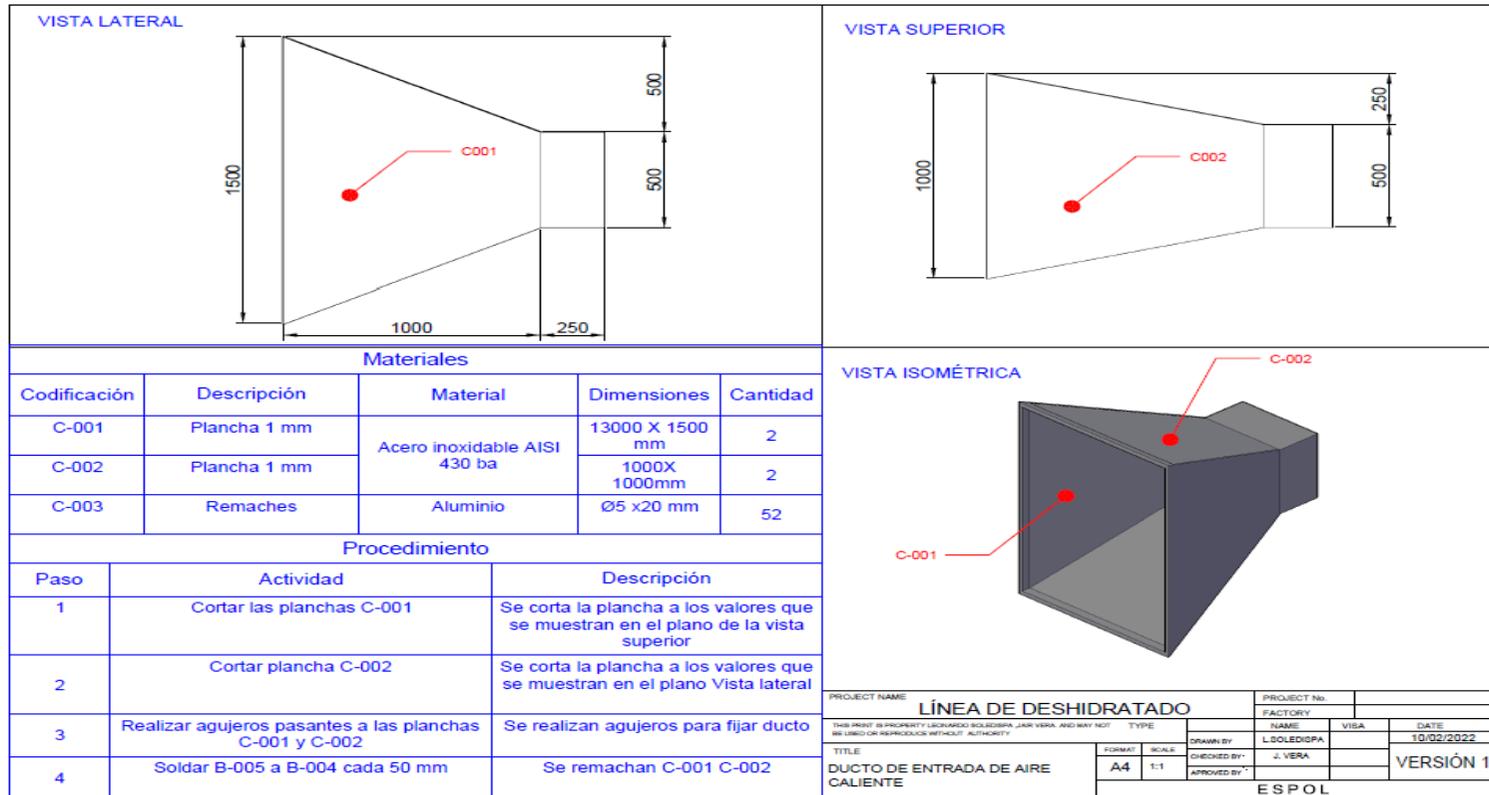
Plano 7 Puertas del deshidratador y Bisagras.

Sección B- Porta bandejas móvil



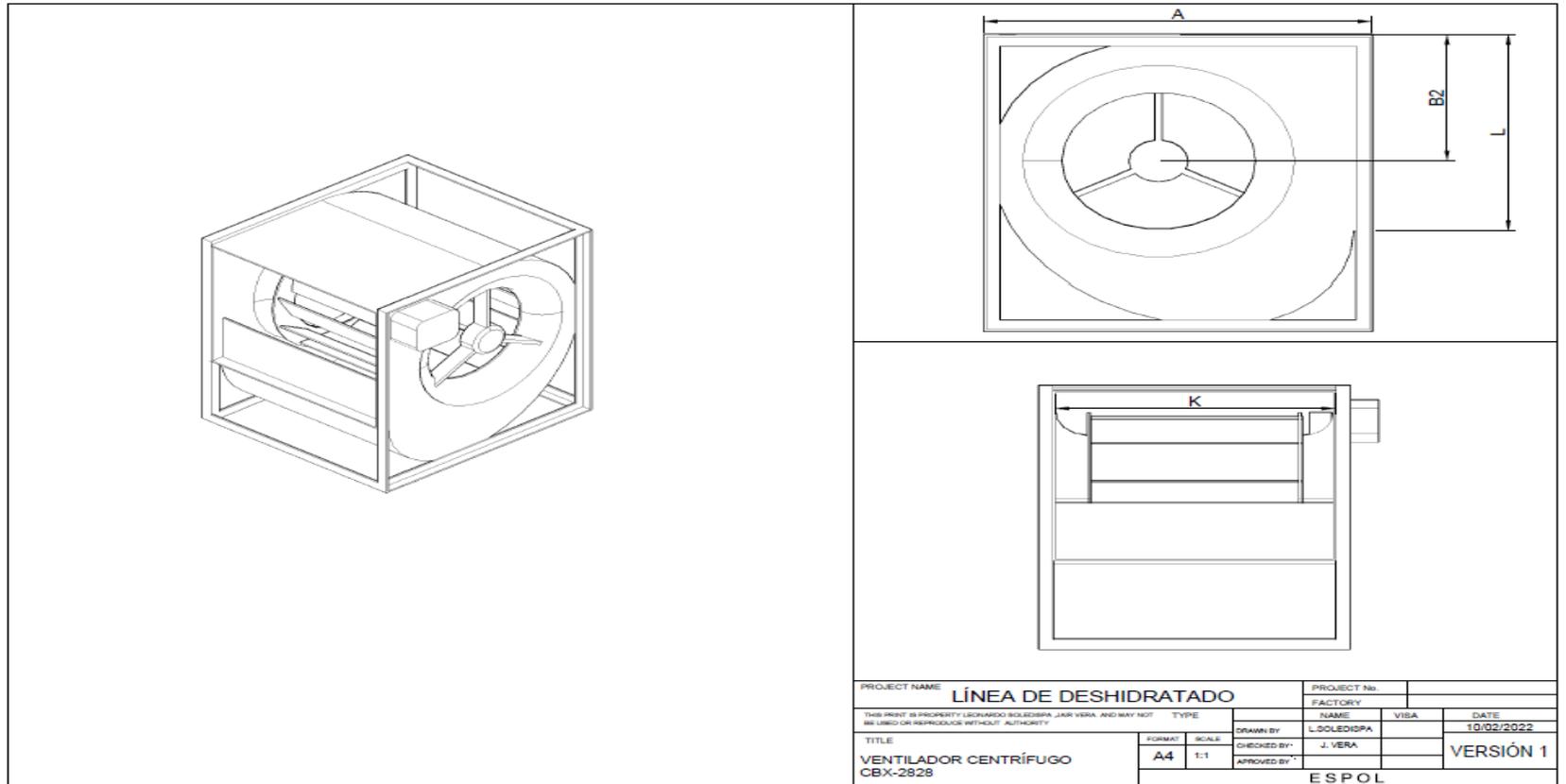
Plano 8 Porta bandejas móvil.

Sección C – Ducto de entrada de aire.



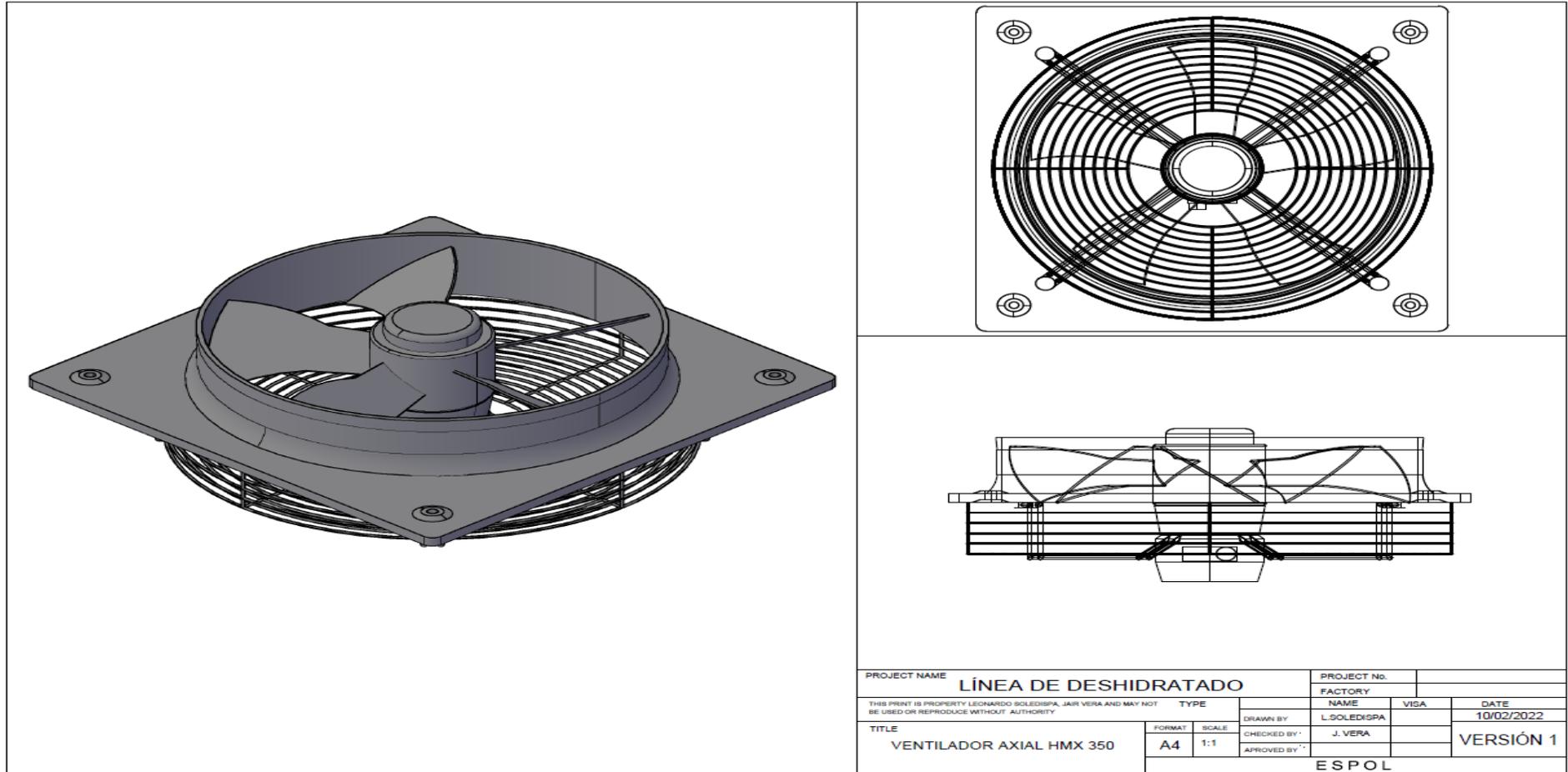
Plano 9 Ducto de entrada de aire caliente.

Seccion E- Ventilador centrífugo



Plano 10 Ventilador centrífugo CBX 2828

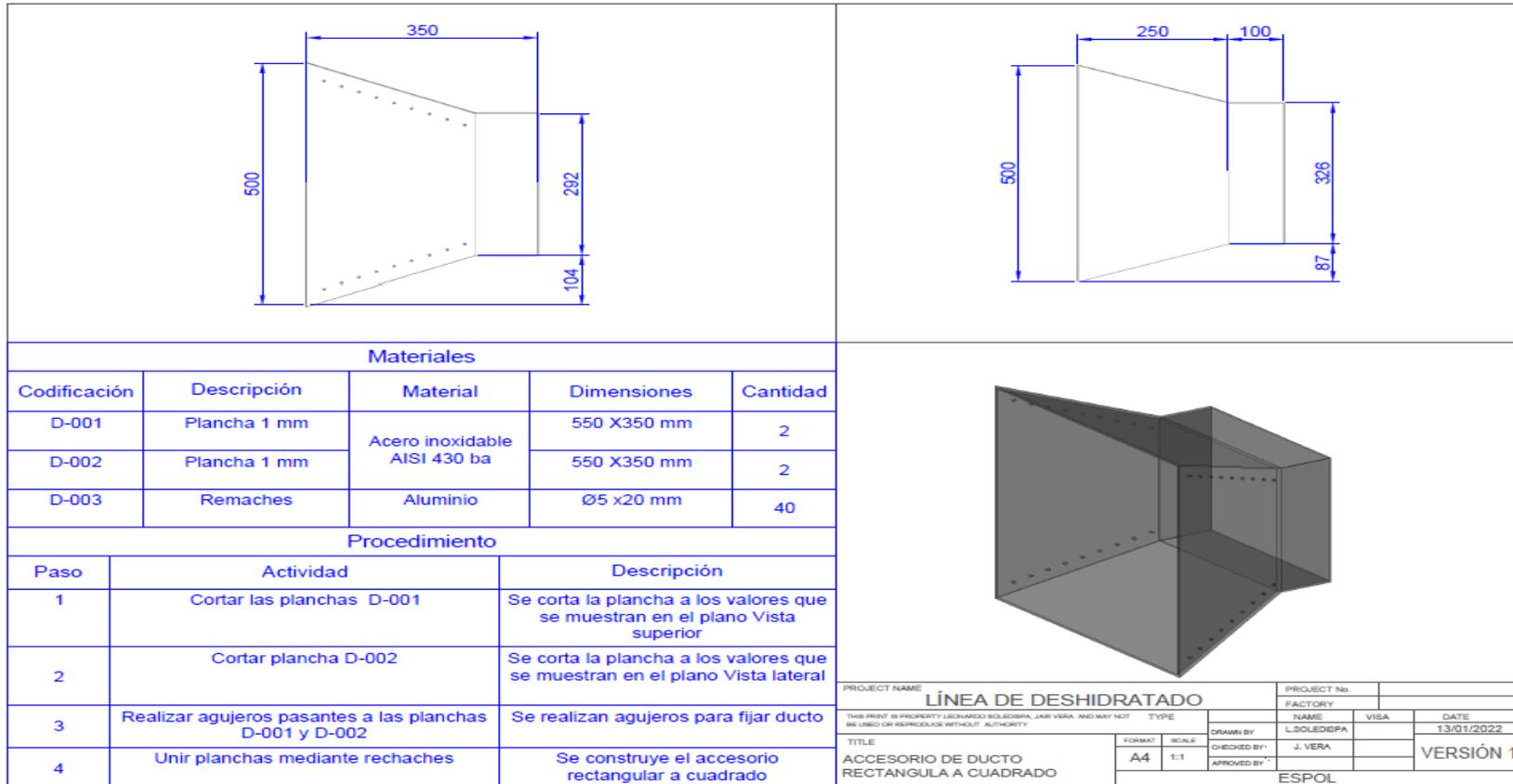
Sección F- Extractores axiales HMX-350



PROJECT NAME		LÍNEA DE DESHIDRATADO		PROJECT No.		
THIS PRINT IS PROPERTY LEONARDO SOLEDISPA, JAIR VERA AND MAY NOT BE USED OR REPRODUCE WITHOUT AUTHORITY		TYPE		FACTORY		
TITLE		FORMAT	SCALE	DRAWN BY	NAME	DATE
VENTILADOR AXIAL HMX 350		A4	1:1	L.SOLEDISPA	VISA	10/02/2022
				CHECKED BY	J. VERA	VERSIÓN 1
				APPROVED BY		
ESPOL						

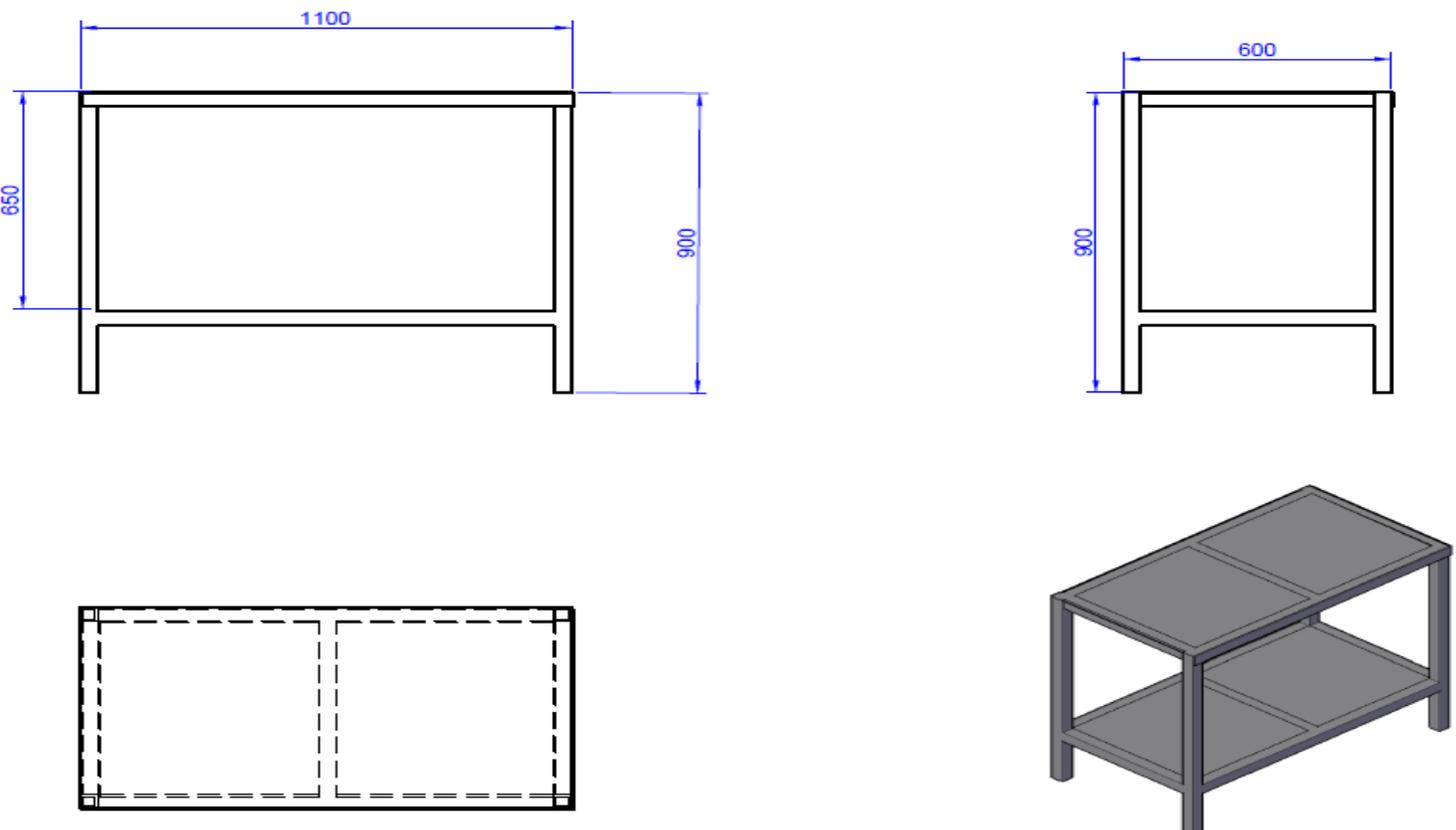
Plano 11 Extractor axial HMX-350

Sección G – Accesorio rectangular a cuadrado



Plano 12 Accesorio rectangular a cuadrado.

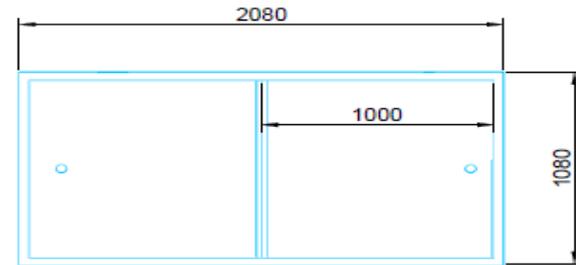
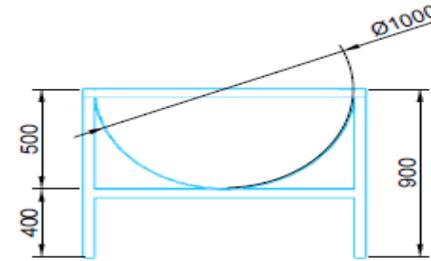
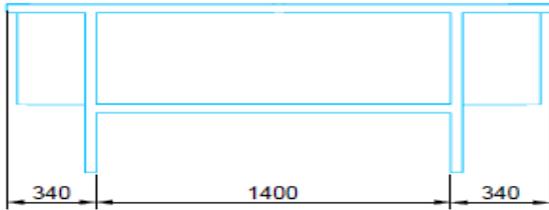
Elementos relevantes de la línea de producción



MATERIALES:
 10.4 m de Barra cuadrada perforada de 40X40 X 3mm
 2 Planchas de acero inoxidable de 1100X 600 X 1 mm
 0.25 kg Electrodo de soldadura acero inoxidable
 2 Disco de corte de Ø8 in

PROJECT NAME			PROJECT No.		
LÍNEA DE DESHIDRATADO			FACTORY		
THIS PRINT IS PROPERTY LICENCIADO SOLDADURA, JUAN VERA AND MAY NOT BE LOANED OR REPRODUCED WITHOUT AUTHORITY			NAME		DATE
TITLE			DRAWN BY		10/02/2022
MESAS INOXIDABLE			L.SOLEDISPA		VERSIÓN 1
FORMAT		SCALE	CHECKED BY:		
A4		1:15	J. VERA		
			APPROVED BY:		
ESPOL					

Plano 13 Mesas de acero inoxidable 1100 x600 x900 mm.



Materiales

Cantidad (Dimensiones)	Descripción	Unidad
2 (2080)	Barra cuadrada de 40x40x5 -Acero inoxidable	mm
5 (1080)		
2 (2080)		
2 (900)		
1	Lamina de acero inoxidable 2080x3200x1	mm
3	Lamina de acero inoxidable 1000x500x1	mm

PROJECT NAME				PROJECT No.		
LÍNEA DE DESHIDRATADO				FACTORY		
THIS PRINT IS PROPERTY LEOHARDO SOLEDADPA, JAR VERA AND MAY NOT BE USED OR REPRODUCED WITHOUT AUTHORITY				NAME		DATE
TYPE				VISA		10/02/2022
TITLE			FORMAT	SCALE	DRAWN BY	VERSION 1
MESA DE LAVADO MANUAL			A4	1:1	J. VERA	
			APPROVED BY			
ESPOL						

Plano 14 Mesa de Lavado Manual.