

ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR PARA
EL SECADO DE CITRONELA EN LA FINCA ZUANSINCA

ANDRÉS FERNEY MARTÍNEZ SEPÚLVEDA
FABIAN ARTURO RANGEL PINEDA

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2019

ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR PARA
EL SECADO DE CITRONELA EN LA FINCA ZUANSINCA

ANDRÉS FERNEY MARTÍNEZ SEPÚLVEDA
FABIAN ARTURO RANGEL PINEDA

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIEROS MECÁNICOS

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.

2019

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá. Enero 17 de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo quiero dedicar a mis padres que gracias a sus esfuerzos logré cumplir esta meta de obtener un título profesional, también por su constante apoyo y creer en mí.

El camino fue difícil, pero me dieron las fuerzas para no desistir de cumplir este sueño y enderezaron mi rumbo con sus consejos y enseñanzas.

Sofía, hija. El que persevera alcanza. logra lo que te propongas, recuerda siempre insistir para no rendirte. Fuiste, eres y serás mi motivación para ser mejor cada día como persona y profesional.

Andrés Martínez Sepúlveda

A mis padres, por su confianza. Por poner en mis manos años de dedicación y esfuerzo, quienes vieron en mí el potencial para lograr un sueño tan mío como suyo y brindaron el apoyo necesario para lograrlo.

Fabian Arturo Rangel Pineda

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los docentes e ingenieros que fueron partícipes de nuestro proceso educativo, a nuestros compañeros de carrera, quienes nos brindaron la mano en los momentos que se requería y nos enseñaron la importancia del trabajo en equipo, nos sentimos honrados y orgullosos de haber crecido como profesionales a su lado. A la Universidad Libre y la Universidad de Guadalajara por otorgarnos el espacio y sus instalaciones para hacer realidad este sueño.

CONTENIDO

	Pág.
1. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROYECTO	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
1.3 ANTECEDENTES	2
1.4 METODOLOGÍA	3
1.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	5
1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	6
1.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE PROYECTO	6
1.8 POLÍTICAS Y NORMAS GUBERNAMENTALES	7
1.9 FACTORES CONDICIONANTES	8
1.9.1 Limitantes legales.	8
1.9.2 Limitantes de diseño y operación.	8
1.9.2.1 Radiación solar.	8
1.9.2.2 Caracterización del producto a deshidratar.	8
1.9.2.3 Ubicación geográfica del deshidratador solar.	8
2. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	9
2.1 GENERALIDADES	9
2.2 FACTORES QUE CONDICIONAN LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	9
2.3 MACROLOCALIZACIÓN	9
2.3.1 Transporte.	10
2.3.2 Mano de obra.	10
2.3.3 Mercado.	10

2.3.4 Servicios públicos.	11
2.3.5 Clima.	11
2.4 MICROLOCALIZACIÓN	11
2.4.1 Aspectos relevantes de la microlocalización.	11
3. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO	13
3.1 GENERALIDADES	13
3.2 FACTORES DETERMINANTES DEL TAMAÑO	13
3.2.1 Tamaño y mercado.	13
3.2.2 Tamaño, costos y aspectos técnicos.	13
3.2.3 Disponibilidad de insumos y servicios públicos.	13
3.2.4 Tamaño y localización.	14
3.2.5 Tamaño y financiamiento.	14
3.3 DEFINICIÓN DEL TAMAÑO	14
4. INGENIERÍA DEL PROYECTO	15
4.1 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	15
4.2 ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS	17
4.2.1 Colector solar.	17
4.2.2 Cámara de secado.	18
4.2.3 Carcasa de la cámara.	18
4.2.4 Bandejas.	18
4.2.5 Soportes de la estructura.	18
4.3 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	19
4.4 DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	19
4.5 DEFINICIÓN DEL PERSONAL REQUERIDO POR EL PROYECTO	19
4.6 DISTRIBUCIÓN FÍSICO-ESPACIAL DE LA PLANTA	20
4.7 MANEJO DE RESIDUOS Y ELEMENTOS CONTAMINANTES	21

4.8 CUANTIFICACIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	21
4.9 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	21
4.10 SIMULACIÓN O PROTOTIPO DEL FUNCIONAMIENTO DEL APLICATIVO	22
4.10.1 Radiación solar en la zona de aplicación.	22
4.10.2 Caracterización de las plantas aromáticas.	24
4.10.3 Orientación e Inclinación del colector.	26
4.10.4 Cálculos Colector del deshidratador solar.	26
4.10.5 Dimensionamiento cabina de secado.	30
4.10.5.1 Calculo térmico dentro de la cabina.	31
4.10.6 Modelamiento del deshidratador solar en SolidWorks.	37
4.10.6.1 Simulación estática del soporte	40
5. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	41
5.1 DEFINICIÓN DE TIPO DE ORGANIZACIÓN	41
5.1.1 Misión.	41
5.1.2 Visión.	41
5.1.3 Objetivos	41
5.1.4 Estrategias	41
5.1.5 Políticas	42
5.1.6 Función de las áreas funcionales	42
5.1.7 Perfil de funciones del personal	42
5.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PARA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO	43
5.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PARA LA FASE OPERATIVA DEL PROYECTO	43
6. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO	44
6.1 INVERSIONES FIJAS	44
6.2 INVERSIONES DIFERIDAS	44

6.3 CAPITAL DE TRABAJO	44
6.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO	45
6.5 ESTRUCTURA DE CAPITAL	45
7. PRESUPUESTO DE INGRESOS Y COSTOS	46
7.1 COSTOS PROYECTADOS DEL PROYECTO	46
7.1.1 Costos Fijos	46
7.1.2 Costos Variables.	47
7.2 INGRESOS PROYECTADOS DEL PROYECTO	48
7.3 PUNTO DE EQUILIBRIO	49
8. EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA O SOCIAL DEL PROYECTO	50
8.1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA (TIR; VPN o B/C)	50
8.2 ANÁLISIS DEL FLUJO DE INVERSIONES	50
8.3 ESTADO DE RESULTADOS, FLUJO NETO DE EFECTIVO	51
8.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	51
8.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	51
8.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA O SOCIAL DEL PROYECTO	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	i
ANEXOS	iv

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Producción de citronela y demanda de producto a deshidratar.	13
Tabla 2: Características de los deshidratadores solares.	16
Tabla 3: Insumos del Deshidratador Solar	18
Tabla 4: Cronograma de ejecución	21
Tabla 5: Datos climatológicos y meteorológicos zona de aplicación.	22
Tabla 6. Caracterización Citronela.	24
Tabla 7. Condiciones iniciales del deshidratador.	26
Tabla 8: Resultados cálculos.	29
Tabla 9: Especificaciones del producto en el arreglo	31
Tabla 10: Condiciones en la Cabina de secado	32
Tabla 11: Resultados cálculo en la cabina de secado.....	36
Tabla 12: Características Colectores Solares	37
Tabla 13: Características Colector Solar.....	38
Tabla 14: Características Bandejas	38
Tabla 15: Características Cabina de Secado	39
Tabla 16: Características Deshidratador	39
Tabla 17. Análisis de esfuerzo en el soporte del deshidratador solar.....	40
Tabla 18: Costos proyectados	46
Tabla 19: Costos fijos para la fabricación	46
Tabla 20: Valor materia prima para construcción	47
Tabla 21: Análisis de flujo de inversiones	50
Tabla 22: Flujo neto de efectivo	51
Tabla 23: Análisis de sensibilidad	52

LISTADO DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Ejemplo de enfoque cuantitativo	4
Ilustración 2: Metodología	5
Ilustración 3: Mapa Macrolocalización, departamento de Santander.	10
Ilustración 4: Delimitación municipio Palmas del Socorro, Santander.	11
Ilustración 5: Proceso productivo fase de diseño.	19
Ilustración 6: Proceso productivo fabricación e instalación	19
Ilustración 7: Distribución físico espacial de la planta	20
Ilustración 8: Área utilizada por hoja.	24
Ilustración 9: Peso por hoja de citronela	25
Ilustración 10: Distribución de citronela en bandejas	31
Ilustración 11: Arreglo de producto en bandejas	32
Ilustración 12: Estructura Organizativa para implementación del Proyecto	43
Ilustración 13: Estructura organizativa para la fase operativa del proyecto.	43

LISTADO DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1: Promedio Multianual Irradiancia - Temperatura	23
Gráfica 2: Comportamiento Radiación - Temperatura agosto 7, 2017	23

LISTADO DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Área de la hoja	24
Ecuación 2. Procesamiento de citronela al día	25
Ecuación 3. Unidades de citronela procesadas al día	25
Ecuación 4. Humedad a retirar del producto	27
Ecuación 5. Flujo másico de aire	27
Ecuación 6. Humedad extraída por calor	27
Ecuación 7. Energía Calorífica	27
Ecuación 8. Área del colector	28
Ecuación 9. Actividad de agua	28
Ecuación 10. Humedad en base seca	28
Ecuación 11. Humedad relativa final	28
Ecuación 12. Flujo volumétrico	28
Ecuación 13. Área entrada de aire	29
Ecuación 14. Ancho de entrada del aire	29
Ecuación 15. Presión de aire	29
Ecuación 16. Área ocupada por la hoja de citronela	30
Ecuación 17. Ancho de las bandejas	30
Ecuación 18. Área Bandeja	30
Ecuación 19. Número de bandejas	30
Ecuación 20. Velocidad máxima del aire en la cabina de secado	33
Ecuación 21. Número de reynolds	33
Ecuación 22. Número de Nusselt	33
Ecuación 23. Número de Nusselt corregido	34

Ecuación 24. Coeficiente de transferencia de calor	34
Ecuación 25. Número total de producto	34
Ecuación 26. Área superficial de transferencia de calor.....	35
Ecuación 27. Gasto masa de aire	35
Ecuación 28. Temperatura de salida del fluido	35
Ecuación 29. Diferencia media logarítmica de temperaturas	35
Ecuación 30. Velocidad de la transferencia de calor.....	35
Ecuación 31. Aumento de producción.....	48
Ecuación 32. Días de trabajo anual	48
Ecuación 33. Producción diaria.....	48
Ecuación 34. Producción anual.....	49
Ecuación 35. Consumo energía por hora.....	49
Ecuación 36. Consumo energía anual	49
Ecuación 37. Ganancia por producto anual	49
Ecuación 38. Ganancia total anual	49
Ecuación 39. Retorno de la inversión	49
Ecuación 40. Valor presente neto	50

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Carta Psicrométrica	iv
Anexo B. Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión.....	v
Anexo C: Correlaciones del número Nusselt.....	vi
Anexo D: Factor de corrección para $NL < 16$	vi
Anexo E. Cotizaciones.....	vii
Anexo F: Planos	xii
Anexo G. Renderizados Deshidratador.....	xiii
Anexo H: Certificado de aprobación Diplomado internacional en Energías Renovables. Andrés Martínez.....	xiv
Anexo I: Certificado de Aprobación Diplomado Internacional en Energías Renovables. Fabian Rangel.....	xv

INTRODUCCIÓN

La energía solar representa la principal fuente energética del planeta, proporcionando el 99.97% de la energía usada para todos los procesos naturales y puede alcanzar un valor máximo de mil watts por cada metro cuadrado de superficie. Se ha demostrado que el Sol ha cambiado muy poco en los últimos miles de millones de años y se estima que no cambiará mucho en los próximos eones, razón por la cual puede considerarse como una fuente renovable e inagotable de energía para la Tierra. [16][34]

Uno de los principales métodos de aprovechamiento de la energía solar es el térmico en donde se pueden evidenciar diferentes formas de aprovechamiento, entre ellas se encuentra el secado solar o deshidratación de alimentos. [16][27]

Deshidratar o secar un alimento consiste en disminuir su contenido de agua hasta un nivel seguro de humedad que permita garantizar condiciones adecuadas para su almacenamiento o para un proceso posterior. El secado solar se refiere al uso de la radiación solar como fuente de energía para disminuir la cantidad de agua presente en un material. La exposición al Sol de alimentos se realizaba como una técnica de preservación con la finalidad de mantener la disponibilidad de ciertos productos durante épocas con climas adversos o no aptos para el cultivo. Colombia se ha caracterizado en los últimos años, por ser un exportados de alimentos, en su mayoría el café y las frutas, que se dan en nuestro territorio, gracias a la variedad de climas y ecosistemas. [16]

Esta monografía pretende demostrar el potencial de la energía termosolar mediante el diseño de un deshidratador solar, así como realizar un estudio de viabilidad para la instalación de un equipo enfocado en la deshidratación de citronela, con el fin de estimular el uso de las energías alternativas en aplicaciones agroindustriales.

1. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad y Diseño de un deshidratador solar de citronela en la finca Zuansinca en el departamento de Santander.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los índices de radiación solar en la zona de aplicación del deshidratador solar.
- Establecer las condiciones de operación del deshidratador solar.
- Dimensionar el deshidratador solar, teniendo en cuenta el peso del producto a procesar.
- Modelar el deshidratador solar en el software SolidWorks®.
- Analizar y evaluar la viabilidad del proyecto.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Colombia, al estar ubicado cerca de la zona ecuatorial, cuenta con altos índices de incidencia solar propicio para un adecuado aprovechamiento de la energía proveniente del sol, en el territorio colombiano se cuenta con un promedio diario multianual cercano a $4,5 \left[\frac{Kwh}{m^2} \right]$, destacándose las regiones de la Orinoquia, península de La Guajira, con un valor promedio de $6,0 \left[\frac{Kwh}{m^2} \right]$. El departamento de Santander, ubicado en la región Andina, la cual tiene una disponibilidad promedio multianual de energía solar de $1,643 \left[\frac{Kwh}{m^2} \right]$. [23]

Para 2014 la producción de plantas aromáticas, medicinales y condimentarías en Colombia llegó a un total de 12.315,7 toneladas repartidas en 2.606,7 hectáreas en todo el territorio nacional, el cual presenta una creciente dinámica productiva en la cual se estima una generación de 8200 empleos directos en cerca de 100 empresas y más de 2500 establecimientos comerciales. [23]

Por su parte la finca Zuansinca en su fase productiva de plantas aromáticas cultiva citronela, la cual se puede comercializar como producto fresco, deshidratado y aceites esenciales. Actualmente la finca Zuansinca comercializa producto fresco y

aceites esenciales, por lo que se pretende ampliar el negocio a hojas deshidratadas, siendo necesario para lograr este objetivo la implementación de un secador.

La empresa establece que requiere un equipo energéticamente autosuficiente, por lo cual se plantea diseñar un deshidratador solar para planta aromática mencionada anteriormente. Un deshidratador solar es un dispositivo que aprovecha la radiación solar y la convección forzada o natural del aire para disminuir el contenido de humedad de algún material orgánico. Cuando se incrementa la temperatura del aire, también se disminuye la humedad relativa del entorno y esto mejora las condiciones para disminuir también la del alimento. [15][16]

1.3 ANTECEDENTES

Las aplicaciones térmicas en Colombia datan de mediados del siglo pasado, específicamente calentadores solares instalados en las casas de los trabajadores de las bananeras cercanas a la ciudad de Santa Marta, al norte del país. Las aplicaciones de mayor difusión de la energía solar en Colombia han sido principalmente para el calentamiento de agua para uso doméstico, industrial y recreacional, así como la generación de electricidad a pequeña escala. igualmente se han hecho aplicaciones para el secado de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar y otras aguas no potables, aunque en menor medida. [32][34][35]

La implementación de la energía térmica logró un impulso gracias a una crisis petrolera en el año 1976, lo que incentivo a varias universidades y fundaciones la investigación, desarrollo e implementación de calentadores solares domésticos y sistemas de calentamiento de mayor tamaño para el uso en centros de servicios comunitarios tales como hospitales y cafeterías. [32][34][35]

A mediados y finales de la década de los ochenta estos desarrollos tuvieron su máxima expresión en la aplicación masiva de calentadores en la ciudad de Medellín y Bogotá desarrollados y fabricados principalmente en el país. Esta implementación se expandió hasta llegar a aplicarse en las cafeterías de importantes empresas, hoteles e inclusive la casa presidencial. Sin embargo, la introducción del gas natural trajo consigo una fuente más barata, desplazando del mercado esta naciente industria desde mediados de los noventa hasta la actualidad. El desarrollo alcanzado hasta 1996 indicó que se había instalado un total de 48.901 m² de calentadores solares principalmente en Medellín y Bogotá. [32][34][35]

Respecto al uso de la energía solar para la deshidratación de alimentos, en Colombia la práctica más utilizada para este fin es el secado al aire libre, especialmente en el secado del grano de café. El proceso de deshidratación por secado solar al aire libre no cumple con las normas mínimas de salubridad, pues al estar el producto expuesto este puede adquirir impurezas que lo pueden hacer poco

apto para el mercado, por lo que se busca generar prácticas de secado que cumplan con las condiciones finales del producto sin alterar su salubridad. Teniendo en cuenta lo anterior, varios investigadores han ahondado en la deshidratación como un método óptimo del procesamiento de diferentes clases de frutos, en donde se han evidenciado deshidratadores eléctricos, híbridos y solares. [2][16][34]

En cuanto a empresas que ofrecen soluciones para el deshidratado solar se encuentran:

- ERCOENERGÍA

Ercoenergía es una empresa dedicada a la ingeniería y construcción de proyectos de energía solar fotovoltaica, térmica y movilidad eléctrica en Colombia. Se caracteriza por ofrecer las mejores garantías del mercado y por la capacidad de ofrecer soluciones a la medida de sus intereses. En cuanto a sistemas solares térmicos, Ercoenergía se centra en el uso de la radiación solar para el calentamiento de agua para el uso doméstico o para la climatización de piscinas por medio del uso de colectores solares de tubos de vacío o colectores de polipropileno.

- EXHIBIR EQUIPOS

Exhibir Equipos es una empresa colombiana creada en 1997 pionera en la fabricación de hornos rotatorios que contribuyeron a la tecnificación de la industria panificadora en Colombia. Gracias a la aceptación y éxito de sus productos, día a día ha ido ampliando su portafolio de productos, no solo siendo importador de reconocidas marcas de equipos para procesamiento y fabricación de alimentos, sino también con la fabricación de productos propios entre ellos hornos deshidratadores eléctricos y de gas de diferentes tamaños

- SAECSA

SAECSA es una empresa mexicana con presencia en Colombia que cuenta con más de 18 años de experiencia brindando soluciones en energías renovables enfocadas en la reducción en el consumo de recursos energéticos convencionales.

Dentro de su portafolio SAECSA cuenta con toda una línea termosolar en la cual se encuentran soluciones para el calentamiento de agua residencial, sistemas termosolares industriales, deshidratadores solares caseros, semi industriales e industriales que van desde los 10 kg hasta los 250 kg de producto fresco.

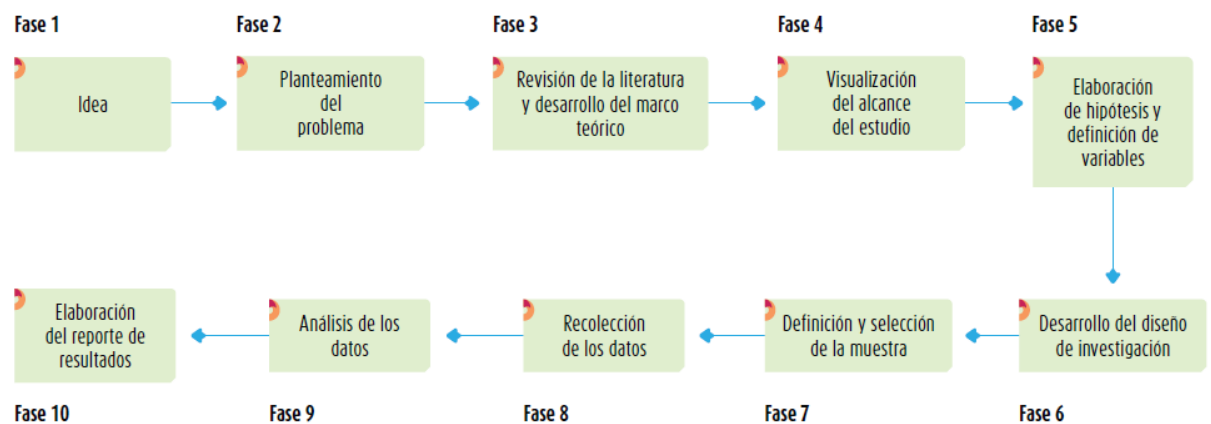
1.4 METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el desarrollo de este proyecto será el enfoque cuantitativo, el cual utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en

la medición numérica, con el fin establecer pautas de comportamiento y este se representa, como un conjunto de procesos secuenciales y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir ningún paso. El orden es riguroso, aunque se puede redefinir alguna fase. [20]

La diferencia entre los métodos de investigación se encuentra en que enfoque cuantitativo es estructurado y predeterminado por la recolección de datos, en cambio el enfoque cualitativo tiene naturaleza flexible y se va construyendo por el trabajo de campo. Ver Ilustración 1. [20]

Ilustración 1: Ejemplo de enfoque cuantitativo



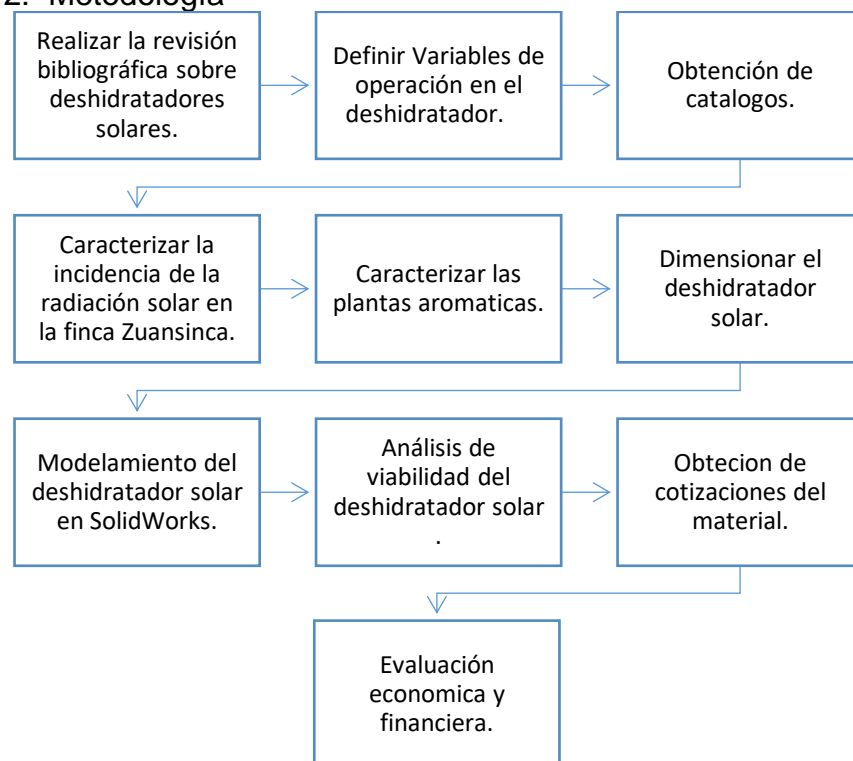
Fuente: BACA URBINA, Gabriel . (2013). *Evaluación de proyectos* . Mexico: MC Graw Hill.

El diseño del deshidratador solar se realizará con la siguiente metodología, basada en la Ilustración 2.

- Se empezará con una revisión bibliográfica en bibliotecas y base de datos, para obtener libros y artículos científicos que den un punto de partida para este proyecto.
- Se analizará esta información obtenida, con el propósito de tener una claridad de las variables que se deben tener en cuenta para el diseño del deshidratador solar.
- Buscar y recopilar catálogos sobre ventiladores industriales, paneles solares tanto térmicos como fotovoltaicos, inversores de carga, aceros, aislantes.
- Caracterización de la finca Zuansinca en la incidencia de la radiación solar, con el fin, de determinar la ubicación del deshidratador donde aproveche mejor la energía del sol.

- Caracterización de planta aromática que se da en la finca, como lo es la Citronela, para tener claro, la temperatura de secado y la humedad que se le puede extraer, adicionalmente la cantidad de producción que esta tiene.
- Dimensionamiento del deshidratador solar, teniendo en cuenta en peso de hojas aromáticas, según la exigencia de producción y con este dato se podrá realizar el diseño del panel solar.
- Modelamiento del deshidratador solar en el software CAD SolidWorks®.
- Análisis de viabilidad, evaluación económica y social del deshidratador solar, en este punto entraran los costos del proyecto, el análisis de rentabilidad y retorno de la inversión.

Ilustración 2: Metodología



Fuente: Autores del proyecto.

1.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos varían dependiendo de las características del proyecto y pueden ser encuestas, entrevistas, análisis documental, observación no experimental y la observación experimental. [20]

De acuerdo con la naturaleza del proyecto, la técnica de recolección de datos utilizada en el desarrollo de esta monografía será basada en el análisis documental y datos secundarios, basándose en la revisión de diferentes artículos de investigación, libros, manuales y sitios web gubernamentales. Esta revisión representa un papel crucial para el desarrollo, pues facilita el entendimiento de la teoría, el planteamiento de las hipótesis el diseño y demás etapas del proceso. [4][20][28]

1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Base de datos Science Direct
- Atlas de radiación solar de Colombia
- Bases de datos de estaciones meteorológicas del IDEAM
- Bases de datos meteorológica de la NASA
- Bibliografía relacionada con el tema

1.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE PROYECTO

La presente monografía se desarrollará teniendo en cuenta las energías renovables. Donde se encuentran la energía eólica, energía solar, geotérmica, hidráulica, biomasa entre otras, como lo puede llegar a ser la nuclear. En el caso de la energía solar, en la cual está basado este estudio, se busca generar un aprovechamiento térmico. [16][27]

Existen algunos principios para la apropiada utilización de la energía solar, entre ellos está elegir la mejor época del año de acuerdo con la incidencia solar, determinar la inclinación, orientación y seleccionar los materiales adecuados para la construcción del deshidratador. [16][27]

Se pueden evidenciar diferentes formas e instalaciones aptas para el aprovechamiento de la energía termosolar, entre ellas se encuentran: Sistemas termosolares para el sector residencial y de servicios, (Climatización de espacios), y para el sector industrial, (Esterilización de instrumentos, suelos y la detoxificación de efluentes, Destilación solar, Secado solar de alimentos y refrigeración solar). [16][27]

El desarrollo de esta monografía se centrará en el secado solar. El cual consiste en disminuir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel seguro de humedad mínima que permita garantizar condiciones adecuadas para su almacenamiento o para un proceso posterior. El secado solar se refiere al uso de la radiación solar

como fuente de energía para disminuir la cantidad de agua presente en un material; es una de las aplicaciones de la energía solar más antiguas. La exposición al Sol de alimentos se realizaba como una técnica de preservación con la finalidad de mantener la disponibilidad de ciertos productos durante épocas con climas adversos o no aptos para el cultivo. [16][27]

Un deshidratador solar es un dispositivo que aprovecha la radiación solar y la convección forzada o natural del aire para disminuir el contenido de humedad de algún material. Cuando se incrementa la temperatura del aire, también se disminuye la humedad relativa del entorno y esto mejora las condiciones para disminuir también la del alimento. [16][27]

1.8 POLÍTICAS Y NORMAS GUBERNAMENTALES

- Ley 697 – 2001.

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. [12]

- Ley 1715 – 2014.

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. [13]

- Resolución 41286 – 2016.

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2017-2022 para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, PROURE, que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estrategias base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto. [28]

Se tiene normas NTC (Norma técnica colombiana) para sistemas solares térmicos, donde su enfoque es al calentamiento de agua, sin embargo, se describirán las normas que tengan aplicación al proyecto.

- NTC 2774 – 1990. Evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores solares.

Esta norma establece como se debe realizar los ensayos que determinara las propiedades del material empleado como aislante térmico. [23]

- NTC 5434,1 y 5434,2 - 2011. Colectores solares

Establece la durabilidad mínima del panel, confiabilidad y seguridad de los colectores utilizados para aumentar la temperatura de un fluido. Adicional como evaluar la conformidad de las especificaciones anteriormente descritas. [22]

1.9 FACTORES CONDICIONANTES

1.9.1 Limitantes legales. Según la investigación realizada, se encuentra que Colombia, incentiva y propone planes de desarrollo, que impliquen el uso de energías alternativas. La energía solar en su parte fotovoltaica tiene ciertas restricciones legales, pero en cambio la térmica no presenta este tipo de limitación. [35]

1.9.2 Limitantes de diseño y operación.

1.9.2.1 Radiación solar. Al ser un equipo en el que la fuente de energía es proveniente del sol, está restringido a la incidencia de esta radiación la cual se ve interrumpida por la rotación de la tierra en su mismo eje y las nubes. Dando como condicionante que el deshidratador va a tener unos rangos de operación, delimitado por las horas en la que se presente los rayos solares. [16]

1.9.2.2 Caracterización del producto a deshidratar. El equipo estará delimitado por los siguientes parámetros:

- Tamaño del producto.
- Temperatura de secado.
- Carga de producción.

1.9.2.3 Ubicación geográfica del deshidratador solar. Para obtener un rendimiento óptimo, es necesario evaluar la zona de aplicación con el fin de encontrar el área donde se evidencie un valor de irradiancia apropiado. La ubicación exacta será evidencia en el capítulo 2 de este proyecto.

2. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

2.1 GENERALIDADES

El estudio de localización está orientado a analizar las diferentes variables que determinan el lugar donde finalmente se ubicará el proyecto, buscando una mayor utilidad o una minimización de costos. Este estudio comprende niveles progresivos de aproximación, que van desde una integración al medio nacional o regional (macrolocalización), hasta identificar una zona urbana o rural (microlocalización), para finalmente determinar un sitio preciso. [29]

2.2 FACTORES QUE CONDICIONAN LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los factores que condicionan la localización del proyecto son:

- Costos de transporte
- Disponibilidad de insumos y su precio.
- Infraestructura vial
- Servicios públicos
- Políticas de desarrollo en la zona
- Condiciones climáticas
- Precio de la tierra
- Calidad de vida

Adicional este proyecto ya tiene una ubicación establecida, debido a que la empresa tiene un terreno determinado para la aplicación del proyecto, la finca Zuansinca, está localizada en Colombia, departamento de Santander, municipio del socorro.

2.3 MACROLOCALIZACIÓN

En esta parte se evaluará con relación a los siguientes ítems, teniendo en cuenta que la nación es Colombia y su región es el departamento de Santander. Ver Ilustración 3.

2.3.1 Transporte. El departamento de Santander cuenta con los siguientes medios de transporte:

- Terrestres: Cuenta con vías de segunda generación, que lo comunican con las principales departamentos y ciudades del país. En las cuales pueden transitar camiones de carga pesada, buses de transporte interdepartamentales e intermunicipales y automóviles de uso privado.
- Aéreo: El departamento cuenta con tres aeropuertos, aeropuerto internacional Palonegro de Lebrija, aeropuerto los pozos y aeropuerto yarigués.

2.3.2 Mano de obra. En los últimos años Santander ha crecido en su oferta de personal calificado en varios ámbitos, teniendo en cuenta el enfoque del recurso humano a su actividad económica principal que es la agricultura.

2.3.3 Mercado. El departamento de Santander basa su economía principalmente en la agricultura, dando todo tipo de frutos por el clima que allí se tiene, es uno de los principales proveedores de alimentos y especias al interior del país.

Ilustración 3: Mapa Macrolocalización, departamento de Santander.



Fuente: Google Maps

2.3.4 Servicios públicos. Santander cuenta con los servicios fundamentales en todos sus municipios, los cuales son, electricidad, gas natural, agua potable y telefonía.

2.3.5 Clima. El clima varía según el municipio, debido a su variedad de pisos térmicos ya que por Santander pasa la cordillera Oriental de los Andes. Por ende, se puede encontrar regiones con temperaturas de 18 °C hasta 40 °C, propicio para cultivar varios productos agrícolas.

2.4 MICROLOCALIZACIÓN

En esta sección se evaluará la microlocalización, la cual hace referencia al municipio de Las Palmas del Socorro, Santander. Ver Ilustración 4.

Ilustración 4: Delimitación municipio Palmas del Socorro, Santander.



Fuente: Google Maps.

2.4.1 Aspectos relevantes de la microlocalización. La finca Zuansinca se encuentra ubicada en el municipio de Las Palmas del Socorro, Santander, y está cercana al municipio de Socorro, Confines, Oiba, Palmas del Socorro, Simacota, San Gil y está a 128 km de Bucaramanga. En este sitio se presentan algunos aspectos tales como.

- Clima social
 - Cercanía a estaciones de policía
 - Cercanía a estaciones de bomberos

- Presencia de fuerza pública
- Presencia nula de grupos armados
- Transporte
 - Ubicación sobre vías de segunda generación
 - Disponibilidad de vías de primera generación para la comunicación entre municipios
 - Disponibilidad de vías rurales para la comunicación entre veredas.
- Condiciones del clima

La temperatura media anual en el municipio de palmas del socorro es de 22.3 °C, siendo el mes de julio el más caluroso, con un promedio de 23.4 °C. [23]

- Costo y disponibilidad de mano de obra
 - Existe una mediana presencia entre técnicos, tecnólogos y profesionales en el ámbito agroindustrial y metalmecánico con conocimientos suficientes para satisfacer las necesidades de la instalación del proyecto.
 - El costo de la mano de obra puede variar dependiendo del nivel en la organización, sin embargo, puede ser económico en relación, con trabajos operativos a nivel de construcción y armado.
- Costo y disponibilidad de materiales y tecnología
 - La finca Zuansinca está cercana a los municipios de Las Palmas del Socorro, Socorro, Confines, Oiba, San Gil que significan puntos de abastos para cualquier necesidad.
 - En la zona se tiene acceso a centros especializados en materias primas para la construcción de obras civiles, mercado de maderas, industria metalmecánica.
 - El costo de la tecnología varía en función de la disponibilidad de esta, entre mayor disponibilidad, menor costo.

3. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES

El tamaño del proyecto hace referencia a la capacidad de producción de un bien o de la prestación de un servicio durante la vigencia de la iniciativa.[29]

3.2 FACTORES DETERMINANTES DEL TAMAÑO

Al definir la magnitud del proyecto es preciso adelantar algunas consideraciones en torno a la dimensión del mercado, capacidad financiera de los promotores del proyecto, disponibilidad de insumos, existencia y un suministro eficiente de servicios, situación del transporte, aspectos de tipo institucional, capacidad de gestión, localización del proyecto, etc. A continuación, se dan a conocer los factores.

3.2.1 Tamaño y mercado. La finca Zuansinca en la actualidad utiliza un proceso de deshidratación basado en un colector de plástico tubular, con este sistema se obtiene un 10% de la producción trimestral equivalente a 40 Kg de hoja fresca, con la implementación del proyecto se busca llegar a una producción trimestral de 150 Kg para una producción anual de 600 Kg de hoja deshidratada. Es válido aclarar que el procesamiento de hoja fresca se refiere a la citronela que está destinada a ser deshidratada, los otros 250 kg son usados en la producción de aceites esenciales y venta de hoja normal (sin secar). Ver Tabla 1

Tabla 1: Producción de citronela y demanda de producto a deshidratar.

Tipo de planta	Producción del cultivo /Cada tres meses	Procesamiento de hoja fresca / cada tres meses	Procesamiento de hoja fresca / Anual
Citronela	400 kg	150 kg	600 kg

Fuente: Autores del Proyecto

3.2.2 Tamaño, costos y aspectos técnicos. Para la implementación del deshidratador solar, se requiere un área de 10 m² y que este despejada sin intersección de árboles que puedan generar sombra.

3.2.3 Disponibilidad de insumos y servicios públicos. La disponibilidad de insumos se evaluará en el capítulo de ingeniería del proyecto donde se definirá la viabilidad de traer los insumos de las ciudades principales más cercanas o de los municipios adyacentes.

En la parte de servicios públicos, la finca Zuansinca, cuenta con los fundamentales, electricidad, gas natural, agua potable y telefonía, pero para el deshidratador solar, al ser sustentable a través de la energía del sol, no requiere estos servicios.

3.2.4 Tamaño y localización. Como ya se había definido en la microlocalización, será en el municipio de las palmas del socorro, finca Zuansinca.

3.2.5 Tamaño y financiamiento. Este tema se abordará en profundidad en los capítulos de inversiones, financiamiento y evaluación financiera.

3.3 DEFINICIÓN DEL TAMAÑO

El tamaño del proyecto se enfoca en satisfacer la necesidad del productor, para cumplir con un 100% de la productividad, la cual es procesar 600 Kg de hoja fresca al año.

4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

El estudio de ingeniería está orientado a buscar una función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles en la elaboración de un bien o en la prestación de un servicio, para esto es necesario analizar los diferentes pasos que conforman el proceso productivo con el fin de verificar en que puntos es posible mejorar el uso de recursos, disminuir los tiempos de producción, etc. es indispensable identificar los puntos críticos de control presentes en el proceso de fabricación y definir sus parámetros correctos de operación. [29]

En este estudio se realizará la caracterización del deshidratador solar, los cálculos de diseño, modelamiento teniendo en cuenta la localización del proyecto y la demanda de producción.

4.1 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

El equipo solicitado por la finca Zuansinca hace referencia a un deshidratador solar para plantas aromáticas.

Un deshidratador solar es un dispositivo que aprovecha la radiación solar y la convección forzada o natural del aire para disminuir el contenido de humedad de algún material. Cuando se incrementa la temperatura del aire, también se disminuye la humedad relativa del entorno y esto mejora las condiciones para disminuir también la del alimento. Deshidratar o secar un alimento consiste en disminuir su contenido de agua hasta un nivel seguro de humedad que permita garantizar condiciones adecuadas para su almacenamiento o para un proceso posterior.[16]

Los deshidratadores tienen dos componentes principales: el captador solar y la cabina o cámara de secado. El captador solar recibe la energía solar y la transmite a un fluido para aumentar su temperatura y transferir energía térmica al producto por deshidratar, ya sea de manera directa o indirecta por medio de un intercambiador de calor. La cámara de secado cumple la función de contener el producto que se va a deshidratar, protegiéndolo de agentes externos o de daños mecánicos.[16]

Los secadores solares se clasifican en activos y pasivos, según la forma como se hace circular el aire dentro de la cabina de secado. En los sistemas activos se integran ventiladores con la finalidad de favorecer el arrastre de humedad, mientras que en los sistemas pasivos el aire circula de manera natural. Tanto los secadores pasivos como los activos se clasifican de acuerdo con la distribución de los componentes del dispositivo en: integrales, distribuidos y mixtos. En los deshidratadores distribuidos, el captador y la cabina de secado se encuentran separados. [16]

Tabla 2: Características de los deshidratadores solares.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DESHIDRATADORES SOLARES		
TIPO	DESHIDRATADORES ACTIVOS	DESHIDRATADORES PASIVOS
Tipo Integral (Directo)		
Tipo Distribuido (Indirecto)		
Tipo Mixto		
	Radiación Solar →	Flujo de Aire →

Fuente: GARCIA VALLADARES, Octavio; PILATOWSKY FIGUEROA, Isaac. (2017). *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. Mexico: Instituto de energías renovables de la UNAM.

De acuerdo con lo especificado anteriormente en la Tabla 2: Características de los deshidratadores solares., se define que el tipo de secador solar solicitado por la organización será de tipo pasivo con colector y cabina de secado distribuida. La

chimenea mostrada en la figura es utilizada cuando se tienen temperaturas de trabajo mayores a 70 °C, puesto que, se necesita una rápida extracción de aire, para evitar que el producto se queme. En este caso la temperatura de operación no será mayor a los 40 °C por ende no es indispensable el uso de la chimenea. Adicionalmente este tipo de deshidratadores, son los ideales para secar hojas aromáticas, como se ha evidenciado en la revisión bibliográfica y teniendo en cuenta la especificación del cliente en tener un equipo totalmente independiente del consumo eléctrico, se descartan los que usan ventiladores para el flujo de aire. [1][2][15][24][31]

4.2 ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

El deshidratador solar para la planta aromática citronela contiene los siguientes componentes:

4.2.1 Colector solar. El colector que se va a utilizar en este proyecto es de placa plana el cual tiene como función capturar la radiación solar y convertirla en calor. Este colector es utilizado para elevar la temperatura de los fluidos que se induzcan dentro del equipo utilizando los principios de transferencia de calor, puntualmente la convección forzada y es aplicado en el sector agrícola en deshidratación de alimentos por ser un equipo rentable, eficiente y de bajo costo. [2][6][17][18]

- Cubierta transparente. Con el fin de evitar las pérdidas térmicas por convección natural (enfriamiento por el flujo de aire), se interpone entre el receptor y el ambiente una cubierta transparente. Esta cubierta transparente puede ser vidrio o plástico (policarbonato, poliestireno, etc.) el material empleado debe poseer alta transmitancia y baja reflectancia, esto se hace con el fin de crear un efecto invernadero, ya que, esta película atrapa los rayos de onda larga aumentando el calor y evitando pérdidas térmicas. [2][6][17][18]

- Placa absorbidora. Tiene la función de absorber la radiación solar, por ende, debe ser un material con características como: absorción, baja emisividad para evitar pérdidas por radiación de cuerpo negro, durabilidad y conductividad térmica. [2][6][17][18]

- Aislamiento del Colector. Es usado para reducir las pérdidas térmicas del colector hacia el exterior y se ubica en las zonas laterales e inferiores del mismo. El material del aislante debe ser con baja conductividad térmica, tolerar la humedad y no emitir gases al desintegrarse cuando su vida útil allá terminado. [2][6][17][18]

- Carcasa del Colector. Es el elemento que le da soporte y rigidez al colector solar, también es el encargado de dar la inclinación que este necesite para aprovechar mejor la radiación solar. El material debe ser resistente a la corrosión y maleable. [2][6][17][18]

4.2.2 Cabina de secado. La cámara de secado es el elemento en el cual se ejecutan los procesos de transferencia de masa y de calor para el deshidratado de las plantas. El diseño de esta varía de acuerdo con el flujo del aire, la carga solicitada y otras exigencias del cliente. Los componentes de la cámara de secado son: [7][17][30][31]

4.2.3 Carcasa de la cámara. Hace referencia a la estructura externa que brinda rigidez a la cámara. Se emplean materiales que soportes las condiciones a la intemperie y que posea alta resistencias a las cargas definidas por el cliente. [7][17][30][31]

- Cabina interna. Este elemento está en contacto con el producto a deshidratar, además está expuesto a cambios de temperatura y presión. Por estas razones se emplean materiales que posean alta resistencia a la corrosión y mantengan las condiciones salubres de los productos. [7][17][30][31]

- Aislamiento. Este material recubre todas las paredes de la cámara y sirve para reducir las pérdidas térmicas, debe poseer baja conductividad y degradación para asegurar la durabilidad en la cámara. [7][17][30][31]

4.2.4 Bandejas. Este elemento sirve como soporte y está en contacto directo con el producto, la cantidad de bandejas varía de acuerdo con la capacidad de la cámara y su dimensionamiento. Se debe emplear un material que posea alta resistencia a la corrosión y que permita el contacto directo con los productos. [35][36]

4.2.5 Soportes de la estructura. Este elemento hace referencia al soporte tanto de la cámara de secado como el colector solar, se debe emplear un material que posea resistencia a altas cargas con un recubrimiento anticorrosivo. [7][17][30][31]

A continuación, la Tabla 3 especifica los materiales necesarios para cada elemento del deshidratador solar.

Tabla 3: Insumos del Deshidratador Solar

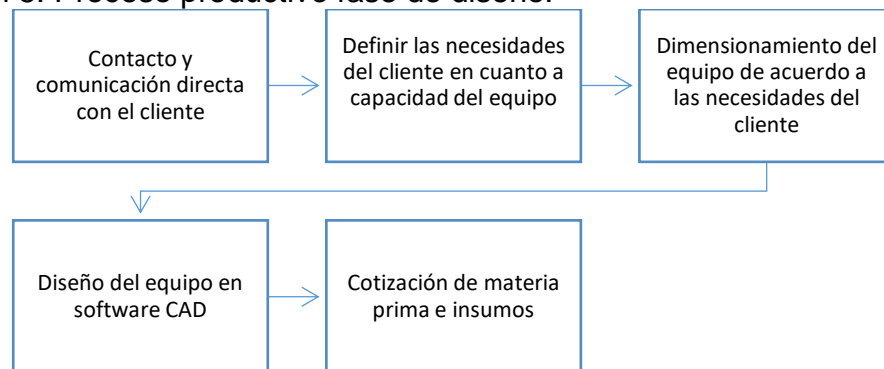
INSUMOS DEL DESHIDRATADOR SOLAR		
COMPONENTE	ELEMENTO	MATERIAL
Colector solar	Cubierta transparente	Vidrio Templado
	Placa Absorbedora	Aluminio con recubrimiento de pintura negra
	Aislante Colector	Fibra de Vidrio
	Carcasa del Colector	Acero Galvanizado con pintura anticorrosiva
Cabina de Secado	Carcasa de la cámara	Acero Galvanizado con pintura anticorrosiva
	Aislante Cabina de secado	Fibra de Vidrio
	Cabina interna	Lamina de Aluminio
	Bandejas porta hojas	Malla de acero inoxidable
Soporte	Soporte estructural	Acero estructural con pintura anticorrosiva

Fuente: Autores del Proyecto.

4.3 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo para el alcance del proyecto, el cual está centrado en el diseño del deshidratador solar, se plantea de la siguiente manera en la Ilustración 5.

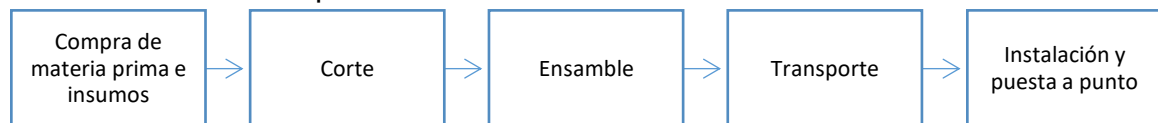
Ilustración 5: Proceso productivo fase de diseño.



Fuente: Autores del Proyecto.

En caso de que el cliente requiera la fabricación e instalación del equipo se debe continuar el proceso productivo como se muestra en la Ilustración 6.

Ilustración 6: Proceso productivo fabricación e instalación



Fuente: Autores del Proyecto

4.4 DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Al ser un proyecto puntual, solo se centrará en cumplir las necesidades y demandas de la finca Zuansinca la cual es diseñar un deshidratador solar para la planta aromática citronela con una demanda anual de 560 Kg de hoja deshidratada.

4.5 DEFINICIÓN DEL PERSONAL REQUERIDO POR EL PROYECTO

Para lograr el alcance del proyecto, que es el diseño del deshidratador solar se requiere el siguiente personal:

- Diseñador mecánico: Ingeniero mecánico con énfasis en energías renovables.

- Ingeniero de proyectos: Ingeniero mecánico con énfasis en gerencia y evaluación de proyectos.

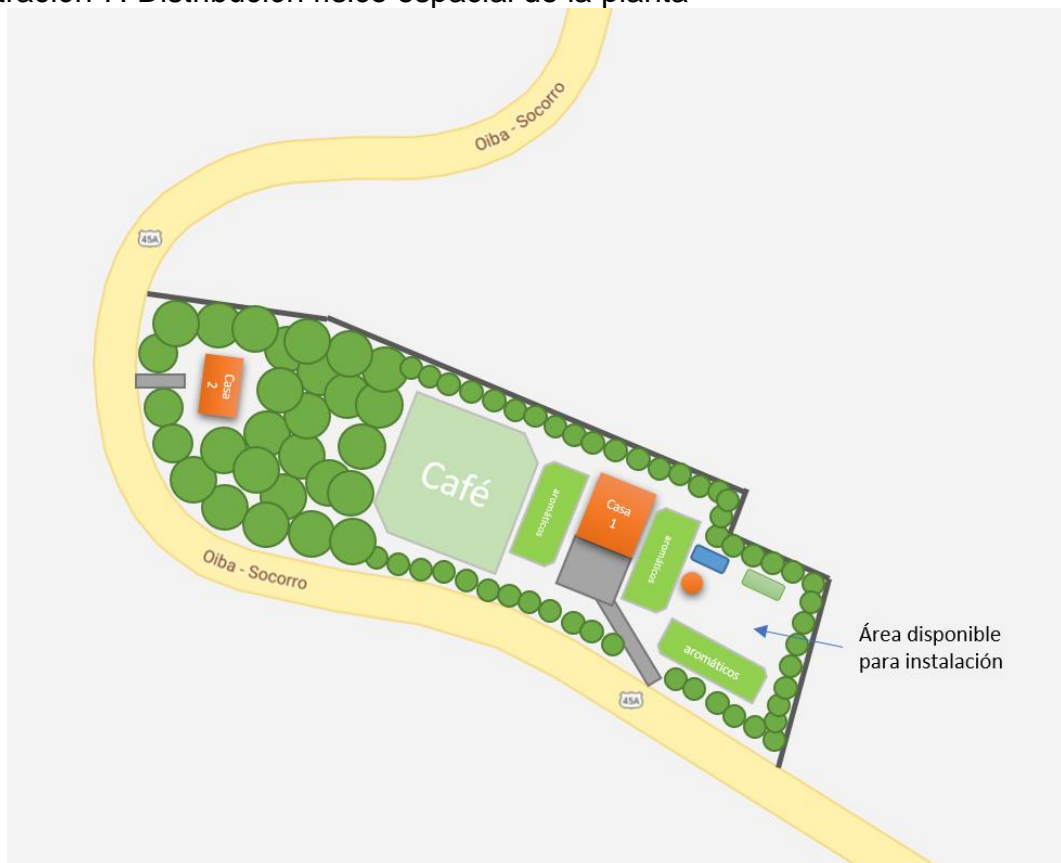
Si se quiere realizar la fabricación e implementación del deshidratador solar se requiere adicionalmente el siguiente personal:

- Dibujante: Tecnólogo en diseño industrial.
- Auxiliar mecánico: Técnico en mecanizado en procesos metalmecánicos
- Auxiliar mecánico: Técnico en fabricación y montaje industrial.

4.6 DISTRIBUCIÓN FÍSICO-ESPACIAL DE LA PLANTA

La distribución físico-espacial de la planta de evidencia en la Ilustración 7, en la cual se muestran los espacios disponibles para la instalación del equipo al igual las zonas de sembrado de aromáticos.

Ilustración 7: Distribución físico espacial de la planta



Fuente: Autores del Proyecto

4.7 MANEJO DE RESIDUOS Y ELEMENTOS CONTAMINANTES

Al ser un deshidratador solar que basa su funcionamiento en energía solar no emite contaminantes al aire durante su vida útil.

Al momento de terminar su utilidad varios elementos pueden ser reciclados, tal como lo es el vidrio templado, acero galvanizado y aluminio. Por otro lado, los no reciclables son la fibra de vidrio, la cual sería recogida por la empresa de recolección de basura SESPA S.A.

4.8 CUANTIFICACIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

La única obra de infraestructura necesaria para la instalación de un proyecto de este tipo es la nivelación del terreno en donde se instalará la estructura donde iría soportado el deshidratador solar. En este caso la finca Zuansinca cuenta con un solar de concreto apto para la instalación del equipo, igualmente no es necesario una fijación del equipo al suelo, pues dependiendo del mes se debe hacer un giro dependiendo de la posición del sol especialmente en los solsticios. [16]

4.9 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

Tabla 4: Cronograma de ejecución

AÑO MES		2018-II													
		Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre	
ACTIVIDAD /SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Revisión de bibliografía sobre diseño de deshidratadores solares.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Obtención de Catálogos de paneles solares, aceros, aislantes y pinturas.	■	■												
3	Caracterizar la finca Zuansinca con respecto a la incidencia solar, temperatura ambiente y humedad.			■	■										
4	Caracterizar la planta aromática citronela con respecto a su temperatura de secado, porcentaje de humedad y su peso por hoja.					■	■								
5	Dimensionamiento del deshidratador solar: Cálculos del panel solar y cabina de secado.								■	■					
6	Modelamiento del deshidratador solar en software CAD SolidWorks®.										■	■			
7	Obtención de cotizaciones del material necesario para la fabricación del deshidratador solar.												■		
9	Análisis de viabilidad.													■	■
10	Análisis financiero y económico.													■	■

Fuente: Autores del proyecto.

4.10 SIMULACIÓN O PROTOTIPO DEL FUNCIONAMIENTO DEL APLICATIVO

4.10.1 Radiación solar en la zona de aplicación. Para obtener el valor de irradiancia promedio se obtuvo la radiación diaria promedio del lugar de aplicación en cada mes, este valor se dividió entre las horas de brillo solar, obteniendo como resultado la irradiancia promedio.

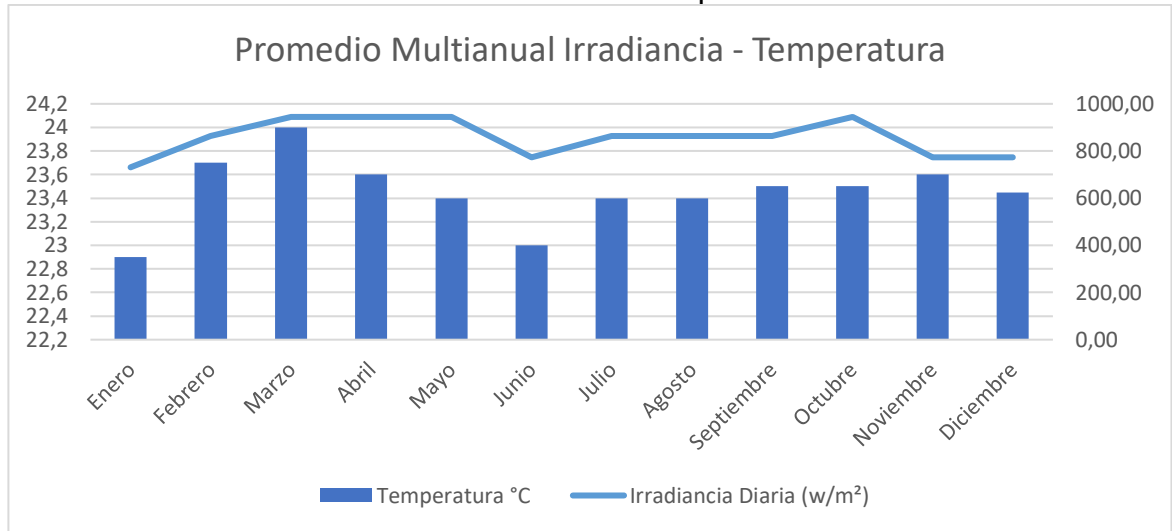
Se obtuvo la temperatura y humedad relativa del sitio de aplicación, los datos se evidencian en la Tabla 5.

Tabla 5: Datos climatológicos y meteorológicos zona de aplicación.

Mes	Temperatura °C	Humedad Relativa	Irradiación (Wh/m ²)	Horas de brillo diario (h)	Irradiancia Diaria (w/m ²)
Enero	22,9	73%	4750	6,5	730,77
Febrero	23,7	75%	4750	5,5	863,64
Marzo	24	74%	4250	4,5	944,44
Abril	23,6	73%	4250	4,5	944,44
Mayo	23,4	73%	4250	4,5	944,44
Junio	23	74%	4250	5,5	772,73
Julio	23,4	72%	4750	5,5	863,64
Agosto	23,4	61%	4750	5,5	863,64
Septiembre	23,5	71%	4750	5,5	863,64
Octubre	23,5	73%	4250	4,5	944,44
Noviembre	23,6	69%	4250	5,5	772,73
Diciembre	23,45	72%	4250	5,5	772,73
Promedio	23,45	72%	4458,33	5,25	856,77

Fuente: Autores del Proyecto

Gráfica 1: Promedio Multianual Irradiancia - Temperatura

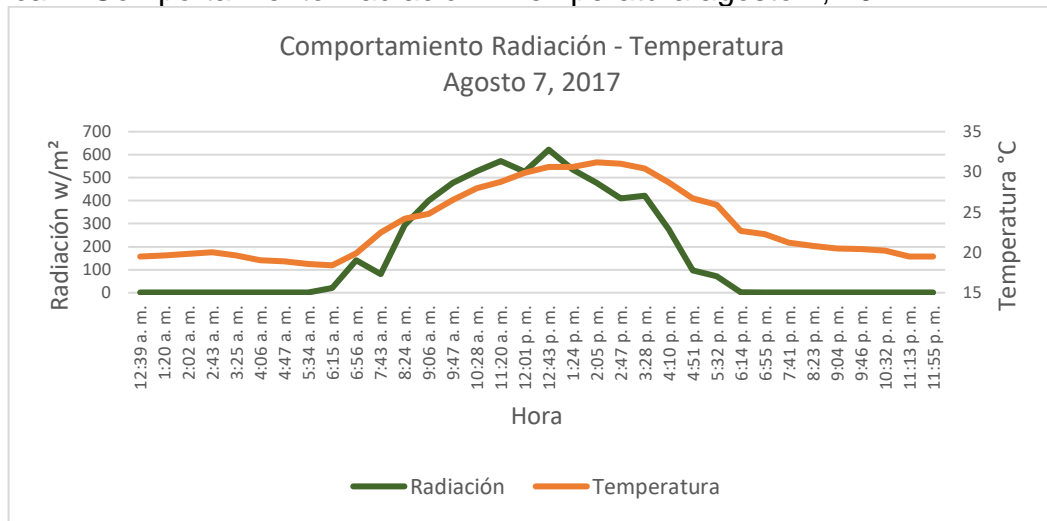


Fuente: Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales (IDEAM); Unidad de planeación minero energética (UPME). (2017). *Atlas de radiación solar de Colombia*.

Los datos de la Gráfica 1 son obtenidos del atlas de radiación solar de Colombia

Para definir las horas de trabajo del equipo se debe caracterizar el comportamiento diario de la irradiancia para evidenciar como varía con el tiempo. Estos datos se obtuvieron de la estación meteorológica de la hacienda Majavita, de la seccional de la Universidad Libre en el municipio de Socorro.

Gráfica 2: Comportamiento Radiación - Temperatura agosto 7, 2017



Fuente: Datos meteorológicos estación Hacienda Majavita.

Se evidencia en la Gráfica 2 que la radiación empieza a incrementar desde las 7:30 AM, llegando a su pico sobre la 1:00 PM para descender sobre las 5:30 PM. Sin embargo, las horas de mayor aprovechamiento están entre las 9:00 AM y 4:00 PM.

4.10.2 Caracterización de las plantas aromáticas.

Tabla 6. Caracterización Citronela.

CARACTERIZACIÓN CITRONELA					
Área por hoja A_L	Peso por hoja W_L	Contenido inicial de humedad M_i	Contenido final de humedad M_f	Cantidad anual por deshidratar	Cantidad trimestral por deshidratar
0,039 m^2	67 gr	80%	10%	600 kg	150 kg

Fuente: Autores del proyecto.

- Área utilizada por hoja.

Ilustración 8: Área utilizada por hoja.



Fuente: Autores del Proyecto

Se determinó el área de la citronela, para poderlo realizar se dividió la hoja en tres partes iguales en su longitud. Ver Ilustración 8

$$A_L = 0.13 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} = 0.039 \text{ m}^2 \quad (1)$$

- Peso por Hoja

Ilustración 9: Peso por hoja de citronela



Fuente: Autores del Proyecto.

Se realizó el pesaje de una unidad de citronela como se evidencia en la Ilustración 9 arrojando un peso de $W_L = 67 \text{ gr}$.

Para determinar el peso a procesar y la cantidad de hojas en el deshidratador, se tendrá en cuenta los datos de la Tabla 6. Caracterización Citronela.

Gramos día a procesar de citronela.

$$\frac{\text{Gramos}}{\text{día}} = \frac{\text{Peso a deshidratar}}{\text{Días de proceso}} \Rightarrow \frac{150 \text{ Kg}}{15 \text{ Días}} = 10 \frac{\text{Kg}}{\text{Día}} \quad (2)$$

Unidades de citronela procesadas por día. $U \left[\frac{\text{Und}}{\text{Día}} \right]$

$$U = \frac{\text{peso de proceso por día}}{\text{peso de la hoja de citronela}} = \frac{10 \frac{\text{Kg}}{\text{Día}}}{0,067 \frac{\text{Kg}}{\text{Und}}} = 149,254 \frac{\text{Und}}{\text{Día}} \approx 150 \frac{\text{Und}}{\text{Día}} \quad (3)$$

4.10.3 Orientación e Inclinación del colector. Uno de los principios básicos para el aprovechamiento de la energía solar se basa en determinar la inclinación y orientación correcta del colector. En el caso del hemisferio Norte el captador debe estar orientado hacia el ecuador o Sur geográfico, para el caso del hemisferio sur este se debe orientar al norte geográfico. La inclinación del captador está en función de la latitud del lugar $\pm 10^\circ$ para lograr la mayor ganancia de energía a lo largo del año. [16][27]

La finca Zuansinca está ubicada en la Latitud: 6.418296, Longitud: -73.262672, por lo que la inclinación del colector utilizada será de 6.5° orientado hacia el meridiano del ecuador.

4.10.4 Cálculos Colector del deshidratador solar. Para poder realizar los cálculos del dimensionamiento del deshidratador solar es necesario pautar las condiciones iniciales o especificaciones de diseño. El dato de localización es tomado de Google Maps, el cual fue especificado en la sección 2, las condiciones climatológicas como la temperatura ambiente, húmeda relativa y velocidad del aire, definidos en la sección 4.10.1. La masa inicial del producto m_p [kg] se determinó para que la producción se logre en un tiempo de 15 días, es decir por día se van a procesar 10 K_g en un tiempo de ocho horas sol, la cual es la incidencia en la finca Zuansinca.

La temperatura final ideal para el secado de hojas aromáticas está determina entre un rango de $30^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$. La eficiencia del colector se determinó por medio de la investigación realizada donde se determina que esta entre un rango del 60% al 80%. [2][5][15][31]

Tabla 7. Condiciones iniciales del deshidratador.

Ítem	Valor
Localización	Latitud 6.418296; Longitud: -73.262672
Temperatura ambiente (Hora sol) T_{amb}	27 °C
Humedad relativa (Hora Sol) HR_{amb}	60 %
Velocidad del aire v_w	$2 \frac{m}{s}$
Masa inicial del producto m_p	10 K_g
Temperatura final T_f	40 °C
Tiempo de secado t_s	8 horas
Eficiencia del colector η	60 %
Irradiación solar I	$3,0844 \frac{MJ}{m^2hr}$

Fuente: Autores del proyecto.

- Ecuaciones para calcular el área del colector

Cantidad de humedad que se le va a retirar al producto. [2][14][26][31][36]

$$m_w = \frac{m_p (M_i - M_f)}{(100 - M_f)} \quad (4)$$

m_w = Cantidad de humedad que se le va a retirar al producto [Kg]

Donde m_p es la masa inicial de producto, M_i es el porcentaje inicial de humedad y M_f es el porcentaje final de humedad, datos extraídos de la Tabla 6.

Para saber la energía total calorífica necesaria para evaporar el agua del producto. Primero se debe determinar el flujo másico de aire $\dot{m}_a \left[\frac{Kg}{hr} \right]$, donde $d_r \left[\frac{Kg}{hr} \right]$, la masa humedad que se secura por el calor solar en el determinado tiempo de deshidratación, la proporción de humedad inicial y final $\omega_f \left[\frac{Kg_{h2o}}{Kg_{aireseco}} \right]$, $\omega_i \left[\frac{Kg_{h2o}}{Kg_{aireseco}} \right]$. [2][14][26][31][36]

$$\dot{m}_a = \frac{d_r}{\omega_f - \omega_i} \quad (5)$$

$$d_r = \frac{m_w}{t_s} \quad (6)$$

Para el cálculo de la energía total calorífica E [KJ], se tienen en cuenta el tiempo de secado, la entalpia inicial y final. $h_i \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$, $h_f \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$. [2][31][36]

$$E = \dot{m}_a (h_f - h_i) t_s \quad (7)$$

A partir de la energía total requerida para extraer la humedad y con la radiación solar que existe en la zona la cual va a ser recibida por el colector, el área del colector del sistema de secado solar, $A_c [m^2]$, se puede calcular a partir de la siguiente ecuación. [3][33][36]

$$A_c = \frac{E}{I \eta t_s} = L_c W_c \quad (8)$$

I = Irradiación en la zona
 η = Eficiencia del colector
 L_c = Longitud del Colector
 W_c = Ancho del Colector

Es necesario obtener la humedad relativa final, la cual se puede calcular con la siguiente ecuación. [2][11]

$$a_w = 1 - e^{[-e^{(0,914+0,5639 \ln M)}]} \quad (9)$$

Donde a_w es la actividad del agua y M es la base seca.

$$M = \frac{M_f}{100 - M_f} \quad (10)$$

La humedad relativa final está dada por HR_f , la cual será utilizada para calcular la proporción final de humedad. [2][31][36]

$$HR_f = 100 a_w \quad (11)$$

- Ecuaciones para el cálculo del área de la entrada del aire.

El flujo volumétrico $\dot{V} \left[\frac{m^3}{hr} \right]$ en el panel se calcula con la siguiente ecuación. [2][31][36]

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_a}{\rho} \quad (12)$$

Donde $\dot{m}_a \left[\frac{Kg}{hr} \right]$ flujo másico de aire y $\rho \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$ es la densidad del aire a la temperatura ambiente y altura de la zona de aplicación.

El cálculo del área de la entrada del aire está dado por la siguiente ecuación.

$$A_v = \frac{\dot{V}}{V_w} \quad (13)$$

Donde $V_w \left[\frac{m}{hr} \right]$ está dado por la velocidad del aire que se tiene en la zona de aplicación, la cual es de $2 \left[\frac{m}{s} \right]$. [2][23][31][36]

$$W_v = \frac{A_v}{L_v} \quad (14)$$

$W_v =$ Ancho de la entrada del aire [m]

$L_v =$ Longitud de ventilación [m]

Para saber la presión $P[Pa]$ que va a entrar a la cabina de secado, se puede calcular con la siguiente ecuación.[30][31][33][37]

$$P = 0,00308g(T_f - T_i)H \quad (15)$$

$H =$ entrada del aire al colector hasta la salida del aire en la cabina de secado.

$g =$ Gravedad ; $9,81 \frac{m}{s^2}$

Tabla 8: Resultados cálculos.

Parámetro	Colector		Entrada de aire al colector		
	Valor	Ecu.	Parámetro	Valor	Ecu.
m_w	7,77 Kg	(4)	\dot{m}_a	343,177 $\frac{kg}{hr}$	(5)
HR_f	51,5 %	(11)	A_v	0,0405m ²	(13)
h_i	61,519 $\frac{KJ}{Kg}$	t_{amb}, HR_{amb}	W_v	0,022251 m	(14)
h_f	74,91 $\frac{KJ}{Kg}$	ω_i, t_f	$L_v = L_c$	1,8 m	
ω_i	0,013476 $\frac{Kg_{h2o}}{Kg_{aireseco}}$	t_{amb}, HR_{amb}	W_c	1,4 m	
ω_f	0,016309 $\frac{Kg_{h2o}}{Kg_{aireseco}}$	HR_f, h_f	\dot{V}	291,81 $\frac{m^3}{hr}$	(12)
d_r	0,9722 $\frac{Kg}{hr}$	(6)	H	1,04 m	
E	36,763 MJ	(7)	P	0,4 Pa	(15)
A_c	2,5 m ²	(8)			

Fuente: Autores del proyecto

Para darle solución a estas ecuaciones se recurrió a realizar una base de cálculo en el software Microsoft office Excel®, la carta psicométrica (Anexo A) y la tabla de densidad Vs temperatura del aire (Anexo B). Los resultados se muestran en la Tabla 8.

4.10.5 Dimensionamiento cabina de secado. El cálculo de la cabina de secado está ligado principalmente con el área ocupada por el producto, la cantidad de bandejas utilizadas y el ancho del colector.

El área ocupada por el producto estará dada por:

$$A_p = \text{Unidades por día} \times A_L = 150 \text{ Unid/día} \times 0.039 \text{ m}^2 = 5.85 \text{ m}^2 \quad (16)$$

Según la investigación realizada, la cual se evidencia en la bibliografía, el ancho de la cabina interna $W_{ci} [m]$ debe ser igual al ancho del colector $W_c [m]$, con el fin de tener un flujo de aire constante y una temperatura estable.[2] [16][24][26][30]

$$W_{ci} = W_c = W_b = 1,4 \text{ m} \quad (17)$$

Para determinar el número de bandejas necesarias para la cantidad de producto a procesar, se debe determinar el área de la malla sobre la que reposará el producto. Entonces, el ancho la malla $W_m [m]$ será igual al ancho de la cabina interna $W_{ci} [m]$, menos el espesor del marco de 20 mm. Igualmente, la longitud de la malla $L_m [m]$ está relacionada con la longitud total del producto, que según la Ilustración 8 corresponde a 0,9 m.

Entonces el área de cada bandeja $A_b [m^2]$ está dada por.

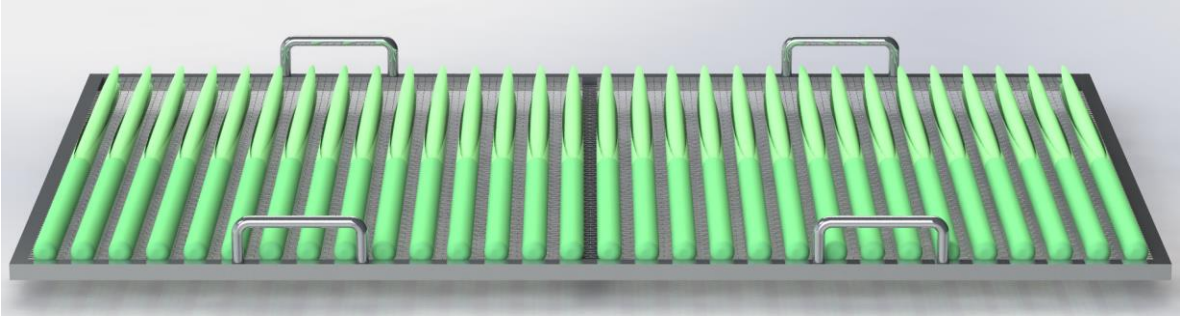
$$A_b = W_m L_m = 1.36 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} = 1.224 \text{ m}^2 \quad (18)$$

El número de bandejas necesarias para la cantidad de producto total a procesar depende de A_p y A_b , entonces:

$$\text{Número de bandejas} = \frac{A_p}{A_b} = \frac{5.85 \text{ m}^2}{1.224 \text{ m}^2} = 4.78 \approx 5 \quad (19)$$

Se obtiene que, por cada bandeja, irán 30 unidades de citronela, cubriendo las 150 unidades a procesar diariamente, como se puede observar en la Ilustración 10.

Ilustración 10: Distribución de citronela en bandejas



Fuente: Autores del Proyecto

Basándose en la bibliografía, para alimentos de capa delgada y plantas aromáticas o medicinales se define una separación entre bandejas de $0,15\text{ m}$ y debe reposar sobre una malla de acero inoxidable.

Las dimensiones de la cabina se mostraran en el

4.10.5.1 Calculo térmico dentro de la cabina. Es importante que el flujo de aire dentro de la cabina de secado esté siempre dentro de un rango de temperaturas apropiada para el secado del producto, para ello es indispensable conocer tanto la temperatura a la entrada de la cabina como a la salida de esta, si el valor de la temperatura a la salida está por debajo del rango ($30\text{ °C} - 40\text{ °C}$) el secado no será apropiado. [15][16]

Para fines del cálculo térmico dentro de la cabina de secado se tomará el sistema como un flujo de aire caliente a través de un arreglo de tubos alineados, en donde el diámetro (D) y la longitud (L) promedio del producto corresponde a las especificaciones de los tubos, igualmente se despreciará la malla.[8]

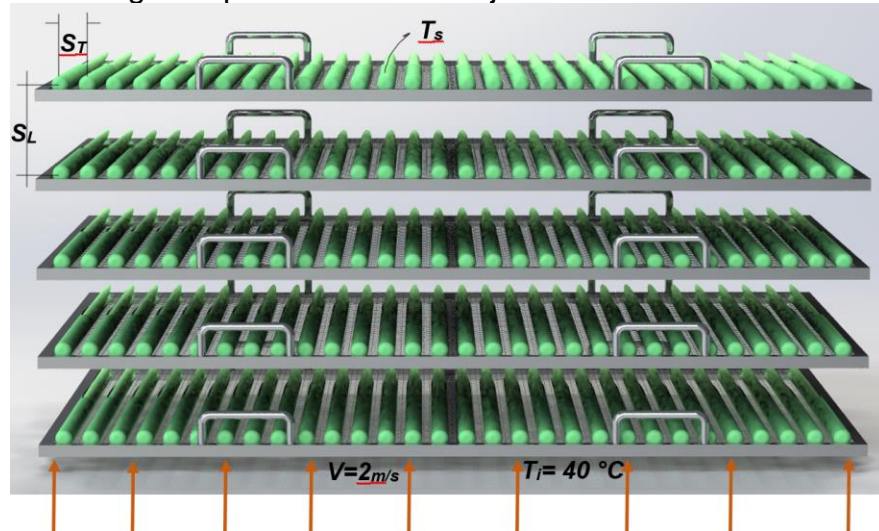
Tabla 9: Especificaciones del producto en el arreglo

Especificaciones del producto en el arreglo	
Longitud (L)	$0,9\text{ m}$
Diametro de la citronela (D)	$0,03\text{ m}$
Separacion de tubos transversal (S_T)	$0,046\text{ m}$
Numero de tubos transversal (N_T)	30
Separacion de tubos longitudinal (S_L)	$0,15\text{ m}$
Numero de filas (N_L)	5

Fuente: Autores del proyecto

La Ilustración 11 muestra el arreglo del producto en las bandejas, la separación transversal y longitudinal, así como el número de filas.

Ilustración 11: Arreglo de producto en bandejas



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 10: Condiciones en la Cabina de secado

Ítem	Valor
Temperatura del aire (T_i)	40 °C
Temperatura citronela (T_s)	27 °C
Temperatura media (T_m)	30 °C
Velocidad del aire (v)	$2 \frac{m}{s}$
Condiciones tomadas de las propiedades del aire a la tempetura media (T_m)*	
Coeficiente termico (k)	$0,02625 \frac{w}{m \cdot ^\circ C}$
Poder Calorifico (c_p)	$1007 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$
Densidad (ρ)	$1,145 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad dinamica (μ)	$1,895e^{-5} \frac{kg}{m \cdot s}$
Numero de prandtl (Pr)	0,7268
Numero de prandtl (Pr_s)*	0,72904
Densidad a temperatura del aire (ρ_a)	$1,127 \frac{kg}{m^3}$

*Datos obtenidos del Anexo B. Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión

Fuente: Autores del proyecto

Al no conocer la temperatura de salida se utiliza una temperatura media estimada de 35 °C la cual se comprobará después.[8]

- Ecuaciones para determinar la temperatura de salida de la cabina de secado

La Velocidad máxima del aire en la cabina de secado V_{max} [m/s] se obtiene de la siguiente ecuación. [8]

$$V_{max} = \frac{S_T}{S_T - D} v \quad (20)$$

Donde S_T [m] hace referencia a la separación transversal del producto, al diámetro D [m] del producto y v [m/s] la velocidad de entrada del fluido caliente a la cabina.

Obteniendo V_{max} [m/s] se procede a calcular el número de Reynolds. [8][9][10]

$$Re_D = \frac{\rho V_{max} D}{\mu} \quad (21)$$

Donde:

$Re_D =$ Número de Reynolds

$\rho =$ densidad de la temperatura media $\frac{kg}{m^3}$

$V_{max} =$ Velocidad máxima del aire [m/s]

$D =$ Diámetro de producto

$\mu =$ Viscosidad dinámica $\frac{kg}{m*s}$

De acuerdo con el Anexo C, para un número de Reynolds entre 1.000 – 2×10^5 se utiliza la siguiente correlación del número de Nusselt. [8]

$$Nu_D = 0,27 Re_D^{0,63} Pr^{0,36} (Pr/Pr_s)^{0,25} \quad (22)$$

Donde:

$Nu_D =$ Número de Nusselt

$Re_D = \text{Número de Reynolds}$

$Pr = \text{Número de Prandtl en temperatura inicial}$

$Pr_s = \text{Número de Prandtl en temperatura de la superficie del producto}$

Al tener menos de 16 filas, se debe aplicar el factor de corrección F al número de Nusselt encontrado en el Anexo D, entonces. [8]

$$Nu_{D,Nl} = F Nu_D \quad (23)$$

Donde:

$Nu_{D,Nl} = \text{Número de Nusselt corregido}$

$Nu_D = \text{Número de Nusselt}$

$F = \text{Factor de corrección}$

Obteniendo el Nusselt corregido, se calcula el coeficiente de transferencia de calor para todo el arreglo $h \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ con: [8]

$$h = \frac{Nu_{D,Nl} k}{D} \quad (24)$$

Donde:

$Nu_{D,Nl} = \text{Número de Nusselt corregido}$

$k = \text{Coeficiente térmico} [W/m^\circ C]$

$D = \text{Diámetro del producto} [m]$

Las unidades de producto en el arreglo están dadas por el número de unidades longitudinal N_L el transversal N_T . [8]

$$N = N_l * N_T \quad (25)$$

El área superficial de transferencia de calor $A_s [m]$ de todo el arreglo está dada por. [8]

$$A_s = N\pi DL \quad (26)$$

Donde

N = Número total de producto

D = Diámetro del producto [m]

L = Longitud del producto [m]

El gasto masa de aire \dot{m}_a [$\frac{kg}{s}$] está dado por. [8]

$$\dot{m}_a = \rho_a v (N_T S_T L) \quad (27)$$

Donde

ρ_a = Densidad temperatura del aire [kg/m^3]

v = velocidad del aire [m/s]

N_T = número de unidades transversales

S_T = Separación transversal [m]

L = Longitud de producto [m]

Entonces la temperatura de salida del fluido T_e [$^{\circ}C$], la diferencia media logarítmica de temperaturas ΔT_{in} [$^{\circ}C$] y la velocidad de la transferencia de calor \dot{Q} [W] están dadas por. [8]

$$T_e = T_s - (T_s - T_i) \exp\left(-\frac{A_s h}{\dot{m}_a c_p}\right) \quad (28)$$

$$\Delta T_{in} = \frac{(T_s - T_e) - (T_s - T_i)}{\ln\left[\frac{(T_s - T_e)}{(T_s - T_i)}\right]} \quad (29)$$

$$\dot{Q} = h A_s \Delta T_{in} = \dot{m}_a c_p (T_e - T_i) \quad (30)$$

Donde:

$T_s =$ Temperatura superficial del producto [$^{\circ}C$]

$T_i =$ Temperatura del aire [$^{\circ}C$]

$A_s =$ Área superficial de transferencia de calor [m^2]

$h =$ coeficiente de transferencia de calor [$W/m^2^{\circ}C$]

$\dot{m}_a =$ gasto de masa de aire [kg/s]

$C_p =$ Poder Calorífico [$J/kg * ^{\circ}C$]

Para la solución de estas ecuaciones se utilizó una base de cálculo en el software Microsoft office Excel[®]. Los resultados se muestran en la Tabla 11

Tabla 11: Resultados cálculo en la cabina de secado

Cabina de secado		
Parámetro	Valor	Ecu.
v_{max}	$5,75 \frac{m}{s}$	(20)
Re_D	10423	(21)
Nu_D	81,746	(22)
$Nu_{D,NI}$	76,024	(23)
h	$66,521 \frac{w}{m^2 * ^{\circ}C}$	(24)
N	150	(25)
A_s	$12,723 m^2$	(26)
\dot{m}_a	$2,799 \frac{kg}{s}$	(27)
T_e	$36,628 ^{\circ}C$	(28)
ΔT_{in}	$11,229 ^{\circ}C$	(29)
\dot{Q}	9505 w	(30)

Fuente: Autores del proyecto

Al obtener una temperatura de salida $T_e = 36.628 [^{\circ}C]$ se obtiene una temperatura media aritmética $T_{ma} [^{\circ}C]$ de[8]

$$T_{ma} = \frac{T_e + T_i}{2} = \frac{40 + 36.628}{2} = 38.314 ^{\circ}C$$

Esta temperatura es cercana al valor supuesto $T_m = 35 ^{\circ}C$, por lo que no es necesario repetir los cálculos.[8]

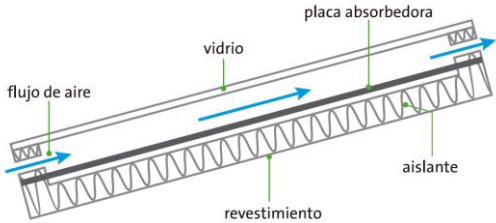
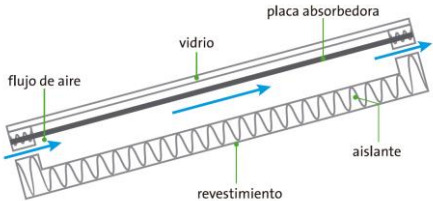
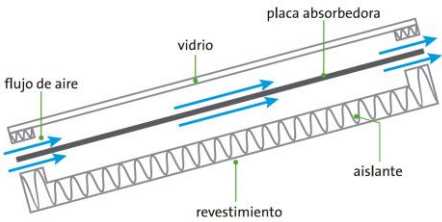
La temperatura de salida T_e se encuentra dentro del rango de temperaturas apropiada para la deshidratación de plantas aromáticas ($30 ^{\circ}C - 40 ^{\circ}C$), lo que asegura un proceso de deshidratado apropiado. [8][15][16]

4.10.6 Modelamiento del deshidratador solar en SolidWorks. Existen diferentes formas de las trayectorias del flujo de aire del colector, las más comunes se muestran en la Tabla 12.

De acuerdo con esta información se escoge el segundo tipo de colector, teniendo en cuenta la fácil construcción, su aplicabilidad y menores pérdidas térmicas.

Igualmente, las características finales del colector se encuentran en la Tabla 13, las bandejas en la Tabla 14, la cabina de secado en la Tabla 15 y el soporte del deshidratador en la Tabla 16.

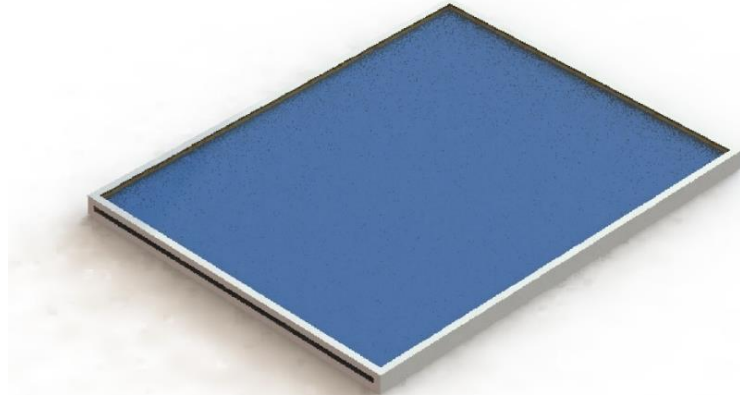
Tabla 12: Características Colectores Solares

Trayectoria del aire	Descripción
 <p>Este diagrama muestra un colector solar con un flujo de aire que pasa entre la cubierta transparente (vidrio) y la placa absorbedora. Las etiquetas incluyen: flujo de aire, vidrio, placa absorbedora, revestimiento, aislante y un símbolo de ventilador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El aire pasa entre la cubierta transparente y el absorbedor. • Superficie de transferencia única • Fácil construcción • Pérdidas térmicas mayores
 <p>Este diagrama muestra un colector solar con un flujo de aire que pasa por debajo del absorbedor y entre el aislamiento térmico. Las etiquetas incluyen: flujo de aire, vidrio, placa absorbedora, revestimiento, aislante y un símbolo de ventilador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El aire pasa por debajo del absorbedor y entre el aislamiento térmico • Aplicable a diferentes tipos de colectores • Superficie de transferencia única • Fácil construcción • Pérdidas térmicas menores
 <p>Este diagrama muestra un colector solar con un flujo de aire que fluye a ambos lados del absorbedor. Las etiquetas incluyen: flujo de aire, vidrio, placa absorbedora, revestimiento, aislante y un símbolo de ventilador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El aire fluye a ambos lados del absorbedor. • Aplicable a sistemas con precalentamiento de aire • Menor eficiencia cuando es alta la diferencia entre la temperatura del absorbedor y la del ambiente • Construcción compleja

Fuente: GARCIA VALLADARES, Octavio; PILATOWSKY FIGUEROA, Isaac. (2017). *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. Mexico: Instituto de energías renovables de la UNAM.

Tabla 13: Características Colector Solar

COLECTOR SOLAR



Cubierta transparente	Vidrio Templado espesor 4 mm
Placa Absorbedora	Placa de Aluminio de espesor 3 mm con pintura absorbente
Aislante Colector	Fibra de Vidrio
Carcasa del Colector	Acero Galvanizado calibre 3 mm con pintura anticorrosiva

Fuente: Autores del Proyecto.

Tabla 14: Características Bandejas

BANDEJAS



Marco	Barra cuadrada de Aluminio de 20 mm
Malla	Malla de acero inoxidable calibre 0.75 mm
Asa	Barra redonda de Aluminio de 18 mm

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 15: Características Cabina de Secado

Cabina de secado	
	
Cabina Interior	Lamina Aluminio de 3mm
Cabina Exterior	Lamina Acero Galvanizado 3 mm con pintura anticorrosiva exterior
Aislante	Fibra de vidrio

Fuente: Autores del Proyecto

Tabla 16: Características Deshidratador

Soporte Deshidratador	
	
Soporte	Perfil en L de Acero ASTM A 36 de 2" x 3/16" con pintura anticorrosiva

Fuente: Autores del Proyecto

El Anexo G muestra renderizados del deshidratador obtenidos del software SolidWorks®.

Igualmente, el Anexo F muestra los planos en detalle de cada uno de los elementos del deshidratador.

4.10.6.1 Simulación estática del soporte

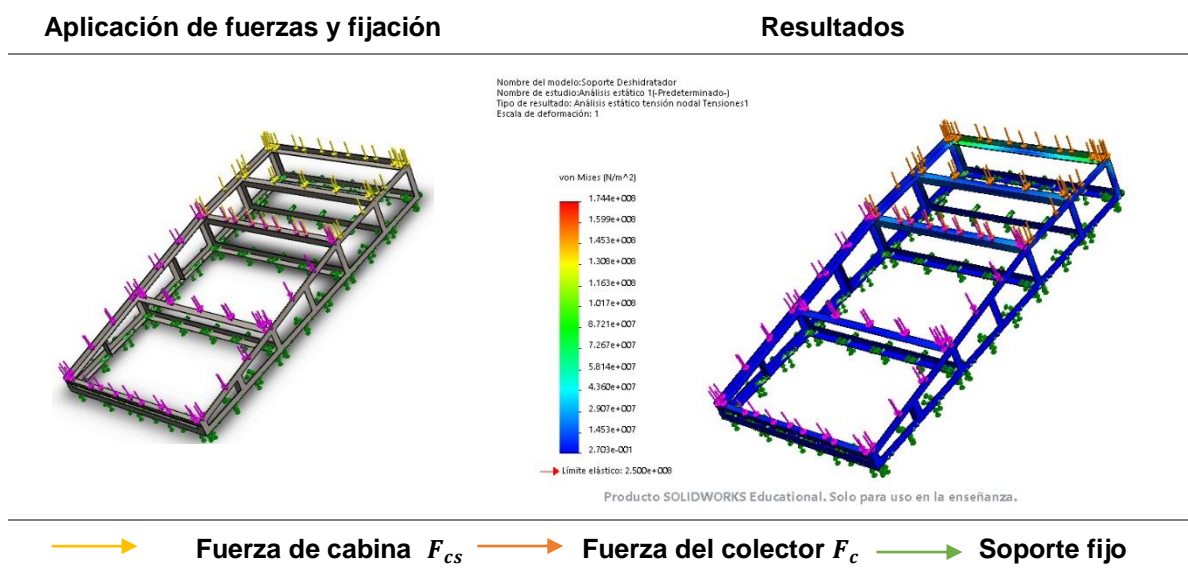
Se realizará la simulación estática del soporte, en el módulo Simulation del software SolidWorks®. la carga será aplicada en las zonas donde reposan el colector solar y la cabina, cada una con su respectivo peso. Para saber la fuerza que ejerce la cabina se tomara como si estuviera cargada con el producto a deshidratar.

Peso del colector solar $P_c = 133,43 [kg]$; Fuerza aplicada: $F_c = 1308 N$

Peso de la cabina de secado $P_{cs} = 344 [kg]$; Fuerza aplicada: $F_{cs} = 3374,64 N$

Se utilizo el módulo de SolidWorks Simulation, el cual permite simular el esfuerzo de von mises sobre el soporte. En la Tabla 17. Análisis de esfuerzo en el soporte del deshidratador solar., se puede ver la aplicación de cargas y donde estará fija la estructura.

Tabla 17. Análisis de esfuerzo en el soporte del deshidratador solar.



Fuente: Autores del proyecto.

Como se puede evidenciar en la Tabla 17. Análisis de esfuerzo en el soporte del deshidratador solar., el esfuerzo máximo de Von-Mises al cual está sometido la estructura es de $\sigma_e = 174,4 MPa$, y el esfuerzo de fluencia del material es $\sigma_y = 250 MPa$. Se deduce que bajo las condiciones de carga estática sobre la que se realizó la simulación no ocurrirá la deformación en el soporte del deshidratador y no fallará el material.

5. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

5.1 DEFINICIÓN DE TIPO DE ORGANIZACIÓN

La organización que se tendrá en el desarrollo del proyecto será con fines de lucro siendo específicamente una Sociedad Colectiva, conformada por dos socios, en donde la responsabilidad de los socios es solidaria e ilimitada, por ende, el voto de cada socio es de suma importancia y tiene el mismo valor sin importar el porcentaje de participación de estos para la toma de decisiones ya que hay actos que requieren autorización expresa de los consocios.

5.1.1 Misión. La sociedad está enfocada en el diseño y proyección de un deshidratador solar teniendo como objetivo la deshidratación de hojas de citronela bajo las especificaciones y exigencias según la producción de la Finca Zuansinca en el Municipio de Las Palmas del Socorro, Santander.

5.1.2 Visión. Para el año 2025 asegurar al cliente un retorno total de la inversión con pleno cumplimiento de la producción, posicionándolo como referente en la deshidratación de plantas aromáticas en el municipio de Las Palmas del Socorro, Santander.

5.1.3 Objetivos

- Diseñar un equipo libre de emisiones y contaminantes tomando como único recurso la radiación solar disponible en el sector
- Aumentar la producción de hoja de citronela deshidratada en la finca Zuansinca
- Asegurar un diseño que cumpla con una meta de 150 kg de producto fresco en 15 días
- Asegurar un diseño resistente a la corrosión y otros factores climáticos
- Escoger materiales de fácil disposición al final de su vida útil.

5.1.4 Estrategias

- Competir centrados en la diferenciación, creando productos únicos y novedosos.
- Enfocarse en el mercado de la deshidratación de frutas, verduras y vegetales.
- Contratar empresas con alta experiencia en el sector de la metalmecánica.
- Adquirir materia prima e insumos a proveedores con excelente reputación y experiencia en el mercado.

5.1.5 Políticas

- Calidad por encima de precio.
- Compromiso con las normativas vigentes.
- Promover el respeto y tolerancia hacia clientes y asociados.
- Asegurar la confidencialidad en los contenidos técnicos y económicos de los proyectos desarrollados.

5.1.6 Función de las áreas funcionales

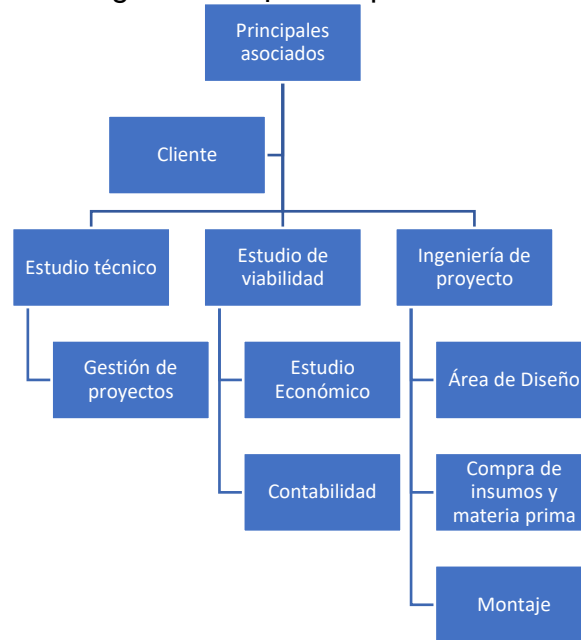
- Área de proyectos
 - Desarrollo y Gestión de proyectos. Se encarga de estudio de la viabilidad del proyecto.
 - Montaje. Se encarga de la transformación de la materia prima, transporte, ensamblaje y puesta a punto.
- Área de diseño: Se encarga del diseño, modelado, simulado y prototipado de los diferentes proyectos.
- Área de contabilidad: Se encarga del control de egresos e ingresos de la sociedad, en esta se encuentran.
 - Compras de insumos. Se encarga de la adquisición de suministros e insumos según las especificaciones del proyecto.

5.1.7 Perfil de funciones del personal

- Diseñador mecánico: Ingeniero mecánico con énfasis en energías renovables.
- Ingeniero de proyectos: Ingeniero mecánico con énfasis en gerencia y evaluación de proyectos.
- Dibujante: Tecnólogo en diseño industrial.
- Contador: Contador público
- Auxiliar de compras: Practicante ingeniero industrial
- Auxiliar mecánico: Técnico en mecanizado en procesos metalmecánicos
- Auxiliar mecánico: Técnico en fabricación y montaje industrial.

5.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PARA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

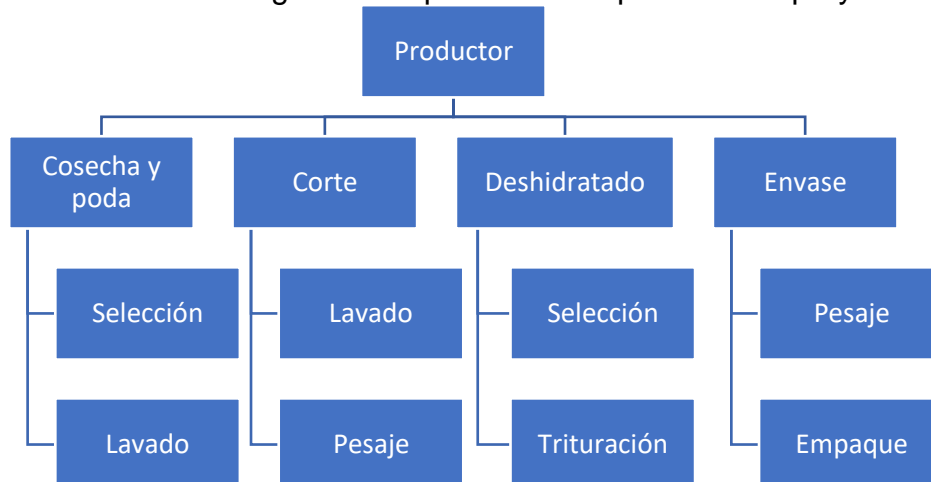
Ilustración 12: Estructura Organizativa para implementación del Proyecto



Fuente: Autores del Proyecto

5.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PARA LA FASE OPERATIVA DEL PROYECTO

Ilustración 13: Estructura organizativa para la fase operativa del proyecto.



Fuente: Autores del proyecto

6. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO

El análisis financiero permite analizar los estados contables de la sociedad con el fin de tomar decisiones encaminadas a la optimización de los recursos financieros orientados a la planeación y el control financiero. [20]

6.1 INVERSIONES FIJAS

Las inversiones fijas hacen referencia a aquellas que tienen que ver con terrenos, edificaciones, vehículos, muebles y enseres. [20]

En este proyecto no se establece una inversión fija pues no se necesita una compra de predios, ni realizar alquiler de algún espacio, debido a que el deshidratador se efectuará en su 100 % en la finca Zuansinca. Adicionalmente la compra de computadores portátiles no se hace requerida, porque se realizará la contratación e ingenieros que tengan este equipo.

6.2 INVERSIONES DIFERIDAS

Las inversiones diferidas hacen referencia a los estudios económico y técnicos, uso de patentes, costos de capacitación, costos de organización, montaje y puesta en marcha. Para el desarrollo del proyecto se contará con las inversiones diferidas.[29]

- Estudio técnico. A cargo de ingenieros de proyectos
- Capacitación. A cargo de ingeniero de proyecto
- Montaje. A cargo de técnicos de corte y ensamble
- Puesta a punto. A cargo de técnicos e ingenieros

Todos los valores están incluidos en el costo, especificados en la Tabla 19.

6.3 CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo hace referencia al efectivo, inventarios y cuentas por cobrar. En el desarrollo del proyecto se tendrán los siguientes capitales de trabajo. [29]

- Efectivo: Desembolsado equitativamente por cada uno de los socios.
- Inventarios: En el inventario se tienen en cuenta cada uno de los componentes del equipo, sus piezas individuales y la materia prima adquirida para la fabricación de este.

6.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO

En este proyecto no se recurrirá a una alternativa de financiamiento, ya que los socios cuentan con el capital para costear la inversión inicial. [29]

6.5 ESTRUCTURA DE CAPITAL

Es la manera en que una compañía financia sus activos a través de una combinación de capital propio o patrimonio, deuda o híbridos (algún porcentaje es propio y otro en préstamos). [20][29]

La estructura de capital de esta empresa es netamente de capital propio de los socios que la componen, es decir no requiere algún tipo de financiación para poder cumplir con la inversión de este proyecto.

7. PRESUPUESTO DE INGRESOS Y COSTOS

7.1 COSTOS PROYECTADOS DEL PROYECTO

En la Tabla 18: Costos proyectados se encuentran especificados los costos fijos y variables del proyecto. Los costos fijos se especifican en la Tabla 19.

Tabla 18: Costos proyectados

Costos fijos	Costos Variables	Total
\$ 7'580.000.0	\$ 7'993.879.0	\$ 15'573.879

Fuente: Autores del proyecto

7.1.1 Costos Fijos

Tabla 19: Costos fijos para la fabricación

ITEM	Descripción	Valor
Mano de obra	Tecnico de corte y acabado: sera el encargado de cortar el material y pintar el equipo.	\$ 1'200.000
	Tecnico de ensamble: Sera el encargado de realizar las uniones soldadas que tendra el equipo	\$ 1'200.000
	DIRECTO: Total de costos directos: Sueldo de 2 técnicos para el corte, ensamble y acabado.	\$ 2'400.000
	INDIRECTO: Ingeniero de proyectos e Ingeniero de diseño	\$ 4'000.000
Transporte	Transporte de elementos al sitio de aplicación.	
	Transporte de Ingeniero de proyectos.	\$ 550.000
	Transporte de personal de instalación	
Viáticos	Estadía: para personal de instalación e ingeniero de proyectos.	\$ 0*
	Alimentación: para personal de instalación e ingeniero de proyectos.	\$ 630.000

***Se acuerda que la finca Zuansinca cubre la estadía**

Fuente: Autores del proyecto

7.1.2 Costos Variables.

La Tabla 20 especifica el valor de la materia prima a utilizar en el proyecto obtenida de las cotizaciones mostradas en el Anexo E.

Tabla 20: Valor materia prima para construcción

ITEM	ELEMENTO	MATERIAL	VALOR	TOTAL
Colector	Carcasa	Galvanizado	\$ 348.896	\$ 995.255
	Captador	Aluminio 6063	\$ 217.500	
	Vidrio		\$ 330.912	
	Aislante		\$ 14.498	
	Sellos		\$ 29.648	
	Silicona		\$ 53.800	
Cabina	Cabina Interna	Placa Aluminio	\$ 609.039	\$ 1.257.727
	Cabina Externa	Placa Galvanizado	\$ 603.629	
	Separadores	Placa Galvanizado	\$ 4.860	
	Soportes	Placa Aluminio	\$ 4.924	
	Aislante		\$ 25.275	
	Bisagras		\$ 10.000	
Puertas	Carcasa interna	Placa Aluminio	\$ 69.044	\$ 293.703
	Placa Externa	Placa Galvanizado	\$ 56.876	
	Aislante		\$ 2.451	
	Manijas		\$ 5.100	
	Sellos		\$ 13.380	
Soporte	Perfil en L		\$ 318.426	\$ 318.426
Bandejas	Marco	Aluminio	\$ 374.086	\$ 530.756
	Malla	Malla Inox	\$ 54.670	
	Asa		\$ 102.000	
Pintura	Pintura Captador		\$ 16.949	\$ 77.072
	Pintura Carcasa Colector		\$ 12.064	
	Pintura Cabina externa		\$ 22.050	
	Pintura Puertas		\$ 4.107	
	Pintura Soporte		\$ 21.902	
Total				\$ 3.472.938

Fuente: Autores del proyecto.

El ensamble del colector, soporte, cabina y bandejas lo realizará el técnico de ensamble el cual tardará en la labor un total de dos días y su costo se contempló en la Tabla 19, incluyendo los insumos y equipo para el proceso de soldadura.

Se tendrá en cuenta un 15% del valor total de la materia prima como costos por imprevistos.

- Costo total del equipo: \$11'573.879
- Utilidad: \$4'000.000
- Precio del equipo: \$15'573.879

7.2 INGRESOS PROYECTADOS DEL PROYECTO

La finca Zuansinca en la actualidad utiliza un proceso de deshidratación basado en un colector de plástico tubular con el cual se procesan 40 Kg de hoja fresca trimestralmente, con la implementación del proyecto se busca llegar a una producción diaria de 10 kg, con 15 días de trabajo, para un total de 150 kg de producto a procesar

Con el aumento de 110 Kg de producto a procesar se obtiene un aumento del %275 en la producción

$$\text{Aumento de producción} = \frac{150-40}{40} = 2,75 \quad (31)$$

Para obtener los ingresos proyectados es necesario tener en cuenta el aumento en los kilogramos de citronela deshidratada, valor comercial nacional y de exportación de este producto. Adicionalmente se debe contar con el ahorro de energía que equipo ofrece.

- Días de trabajo anual $[D_{ta}]$ del equipo: 60 días

$$D_{ta} = \text{Dias del proceso} * 4 \Rightarrow 15 * 4 = 60 \text{ dias} \quad (32)$$

- Producción diaria $[P_d]$, de hoja deshidratada: 1,256 kg

$$P_d = \frac{M_f * w_L}{M_i} * U \Rightarrow \frac{10\% * 67gr}{80\%} * 150 = 1256 \text{ gr} \Rightarrow 1,256 \text{ kg} \quad (33)$$

- Producción anual $[P_a]$ producto deshidratado: 75,75 kg

$$P_a = P_d * D_{ta} \Rightarrow 60 * 1,256 \text{ kg} = 75,375 \text{ kg} \quad (34)$$

- Ahorro de energía anual [C_a]: $1'191.937 \frac{\$}{\text{año}}$, Consumo hora [C_h , Kwh]

$$C_h = 36,763 \text{ MJ} * \frac{27,778 \times 10^{-6} \text{ Kwh}}{1 \text{ J}} = 10,21203 \text{ Kwh} ; \text{Valor}_{Kwh} = 243,16 \frac{\$}{\text{Kwh}} \quad (35)$$

$$C_a = 8 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 10,21203 \text{ Kwh} * 243,16 \frac{\$}{\text{Kwh}} * 60 \frac{\text{dia}}{\text{año}} = 1'191.937 \frac{\$}{\text{año}} \quad (36)$$

- Precio de venta producto deshidratado por Kilogramo [P_{venta}]: $3.500 \frac{\$}{\text{kg}}$
- Ganancia total anual [GTA]: $1'455.749 \frac{\$}{\text{año}}$
 - Ganancia por producto anual

$$Gpa = P_a * P_{venta} = 75,375 \text{ kg} * 3.500 \frac{\$}{\text{kg}} = \$ 263.812,5 \quad (37)$$

$$GTA = Gpa + C_a = 1'455.749 \frac{\$}{\text{año}} \quad (38)$$

7.3 PUNTO DE EQUILIBRIO

Para este proyecto el punto de equilibrio se tomará como el tiempo en el cual se hace el retorno de la inversión. Este retorno de la inversión Rt se calcula teniendo en cuenta el valor final del equipo y la ganancia total anual. [29]

$$Rt = \frac{\text{Precio del equipo}}{GTA} = \frac{\$ 15'573.879}{1'455.749 \text{ \$/año}} = 10.69 \text{ años} \quad (39)$$

8. EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA O SOCIAL DEL PROYECTO

8.1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA (TIR; VPN o B/C)

El Valor Presente Neto (VPN), es un criterio de evaluación de proyectos, para conocer cuánto se va a ganar o perder en un proyecto. Y lo realiza por medio de una simulación donde se tienen en cuenta los ingresos y egresos presentes y futuros de proyecto. Si $VPN \geq 0$, Invertir, si $VPN < 0$, desistir de la inversión. [29]

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} \dots + \frac{FNE_{11}}{(1+i)^{11}} \quad (40)$$

$P = Inversion$

$i = Tasa\ de\ descuento$

$FNE = Flujo\ neto\ de\ efectivo$

Teniendo en cuenta el FNE de la sección 8.3 se calcula el VPN utilizando una tasa de descuento $i = 3.93\%$

$$VPN = \$222.422$$

La tasa de descuento está vinculada al costo de oportunidad, ya que la Finca Zuansinca cuenta con los fondos propios para la inversión total. Basado en esto la tasa de descuento i se desprende si la inversión se hubiera hecho en un CDT y no en el equipo. [29]

8.2 ANÁLISIS DEL FLUJO DE INVERSIONES

El análisis de flujo de inversiones se realiza con el fin de saber la generación de dinero que se obtendrá por el proyecto y se calcula con la diferencia entre el precio al que la empresa vende los bienes que produce y el precio que debe pagar por estos bienes. [29]

Tabla 21: Análisis de flujo de inversiones

CONCEPTO	1	6	11	15	20
+ INGRESOS	\$1.455.749	\$1.902.606	\$2.486.630	\$3.080.498	\$4.026.088
- Depreciación (Equipo)	\$1.419.683	\$1.419.683	\$1.419.683	0	0
= UTILIDAD BRUTA	\$36.066	\$ 482.923	\$1.066.946	\$3.080.498	\$4.026.088
- Impuestos 19%	\$6.853	\$ 91.755	\$ 202.720	\$ 585.295	\$ 764.957
= Flujo de inversiones	\$ 29.213	\$ 391.167	\$ 864.227	\$ 2.495.203	\$ 3.261.131

Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo con esto, el flujo de inversiones estará dado por los ingresos obtenidos por el proyecto durante la vida útil del proyecto, determinando el punto de partida y un incremento en la producción anual se determina el siguiente flujo de inversiones para los 20 años estimados de vida útil del proyecto, teniendo en cuenta que la implementación de este se cubrirá en los primeros 11 años. Este flujo de inversiones se evidencia en la Tabla 21. [29]

8.3 ESTADO DE RESULTADOS, FLUJO NETO DE EFECTIVO

Para este caso, el flujo neto de efectivo se calculó para un periodo de 11 años como se evidencia en la Tabla 22, el cual fue el periodo de tiempo en el que se calculó el retorno de la inversión, teniendo en cuenta únicamente las ganancias anuales obtenidas del proceso de deshidratado y el costo del equipo. [29]

Tabla 22: Flujo neto de efectivo

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
+ INGRESOS	\$ 1.455.749	\$ 1.535.815	\$ 1.620.285	\$ 1.709.401	\$ 1.803.418	\$ 1.902.606	\$ 2.007.249	\$ 2.117.648	\$ 2.234.118	\$ 2.356.995	\$ 2.486.630
- Depreciación (Equipo)	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683
= UTILIDAD BRUTA	\$ 36.066	\$ 116.132	\$ 200.602	\$ 289.718	\$ 383.735	\$ 482.923	\$ 587.566	\$ 697.965	\$ 814.435	\$ 937.312	\$ 1.066.946
- Impuestos 19%	\$ 6.853	\$ 22.065	\$ 38.114	\$ 55.046	\$ 72.910	\$ 91.755	\$ 111.638	\$ 132.613	\$ 154.743	\$ 178.089	\$ 202.720
= UTILIDAD NETA	\$ 29.213	\$ 94.067	\$ 162.487	\$ 234.671	\$ 310.825	\$ 391.167	\$ 475.928	\$ 565.351	\$ 659.692	\$ 759.222	\$ 864.227
+ Depreciación	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683	\$ 1.419.683
FNE	\$ 1.448.896	\$ 1.513.750	\$ 1.582.171	\$ 1.654.354	\$ 1.730.508	\$ 1.810.850	\$ 1.895.612	\$ 1.985.034	\$ 2.079.376	\$ 2.178.906	\$ 2.283.910

Fuente: Autores del proyecto

- Incremento de producción anual: 5,5%

8.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Es una herramienta financiera que se usa para definir el número de productos o servicios que debe realizar y vender una compañía para poder cubrir el costo total. Retomando el cálculo que se efectuó en la sección 7.3, sabemos que recuperara la inversión del equipo en unos 11 años aproximadamente. A continuación, calcularemos los kilos que debe realizar para tener este retorno. [29]

El deshidratador produce $1,25625 \frac{Kg}{dia}$ y se estimó que por la tasa de producción el equipo trabajara 60 días al año, dando una producción anual de hoja seca de 75,375 kg y en los 11 años se tendría que obtener 829,125 kg hoja seca de citronela.

8.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este análisis se realiza con el de obtener los siguientes escenarios: pesimista, probable y optimista. Para determinar esto se basará en tiempo de retorno de la

inversión, simulando los escenarios con los días trabajados. Los resultados se evidencian en la Tabla 23. [29]

Escenario pesimista: Este ocurrirá si llega haber una sequía en la zona y se baja la producción de citronela. Escenario probable: Sucederá si se mantiene la tendencia de producción de hoja. Escenario Optimista: Ocurrirá si se aumenta la producción de hoja de citronela, dando la cantidad de materia prima, para que el equipo opere los 30 días.

Tabla 23: Análisis de sensibilidad

Escenario	Días trabajados	Ganancias anuales	Tiempo de retorno de la inversión
Pesimista	8 días	\$ 776.400.0	20 años
Probable	15 días	\$ 1'455.750.0	11 años
Optimista	30 días	\$ 2'911.500.0	5 años

Fuente: Autores del proyecto

8.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA O SOCIAL DEL PROYECTO

La evaluación económica y social se ocupa del impacto de un proyecto sobre el bienestar a la sociedad teniendo en cuenta su rentabilidad económica. El primer aspecto para tener en cuenta es que el proyecto está enfocado a incrementar la productividad. Este aumento en la productividad traerá consigo el aumento en la mano de obra para la fase operativa del proyecto, lo que se traduce en la generación de empleo y una mejora en la economía del sector. Igualmente se genera tributación, la cual fue tenida en cuenta en el estado de resultados, aportando al estado recursos con los que puede cubrir obligaciones propias. [29]

Así mismo esta evaluación busca identificar impactos positivos y negativos generados por el proyecto a la sociedad en general, de esta forma se puede cuantificar los impactos y compararlos entre sí, para relacionarlos con los costos del proyecto y determinar su eficiencia. Se obtienen los siguientes impactos.

Impactos directos: Incremento en la producción y oferta de citronela deshidratada en el municipio de Las Palmas del Socorro.

Impactos Indirectos: Disminución en el consumo de energía eléctrica utilizada para el deshidratado de citronela, Disminución en la huella de carbono de la finca Zuansinca.

CONCLUSIONES

Por medio del estudio meteorológico se logró determinar que en el sector de aplicación se tienen 8 horas de irradiación aprovechable, con un valor promedio de 856,77 w/m²

La citronela, por hoja, tiene un diámetro de 3 cm y una longitud estándar de 90 cm con un peso de 67 gr y una humedad inicial del 80%, para el proceso de deshidratado se debe tener una temperatura de operación no mayor a los 40° C para lograr un porcentaje de humedad final del 10%

El deshidratador solar consta con un área de panel $A_c = 2,5 m^2$ y un consumo energético de $E = 36,763 MJ$ obtenido de la radiación solar para la deshidratación de 10 kg de producto, logrando procesar 150 unidades de citronela diarias.

Al realizar el cálculo de transferencia de calor dentro de la cabina por el método de flujo a través de banco de tubos se pudo comprobar teóricamente que el sistema mantiene una temperatura dentro del rango de 30 °C y 40 °C, puesto que se obtuvo una temperatura a la salida de la cabina de 36 °C, la cual asegura la extracción de la humedad del producto.

Las dimensiones de la cabina del deshidratador se determinan de acuerdo con la densidad volumétrica del producto la cual está relacionada con el peso y el área ocupada por este. En este caso el volumen de cada hoja es de 30 cm x 13 cm x 2 cm, presentando la necesidad de una cabina de secado de 1.25 m³ para estar acorde con las necesidades solicitadas.

Al ser un equipo que utiliza energía solar, permite un ahorro de 10,21 kWh, evitando la emisión de 3,67 kg de CO₂ al día calculado por medio del factor marginal de emisión de gases de efecto invernadero del sistema interconectado nacional.

El deshidratador solar trabajando 60 días al año genera un margen de ganancias anuales de \$1.455.749, lo que permite que el retorno de la inversión sea en aproximadamente en 11 años, con un valor del VPN mayor a 0, lo que indica que es una inversión confiable.

A pesar de que el retorno de la inversión se hace en 11 años, se debe tener en cuenta que este tipo de deshidratadores tiene una vida útil de 20 años sin necesidad de mantenimiento, lo que da un margen de ganancia neta por los 9 años restantes.
[16]

RECOMENDACIONES

Para minimizar el retorno de la inversión se recomienda aumentar los días trabajados por el equipo, para lograr esto se debe hacer un estudio de aplicabilidad de otros productos en el deshidratador solar sin modificar sus dimensiones, por ejemplo. Café, Cascara de naranja, cascara de mandarina y otras plantas aromáticas.

Hacer un estudio de optimización estructural sobre el deshidratador solar para disminuir los costos variables relacionados con la materia prima necesaria para la fabricación de este.

Realizar un estudio de mercado para comercializar el producto en diferentes regiones del país, teniendo en cuenta que se deben tener condiciones de operación similares a las de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

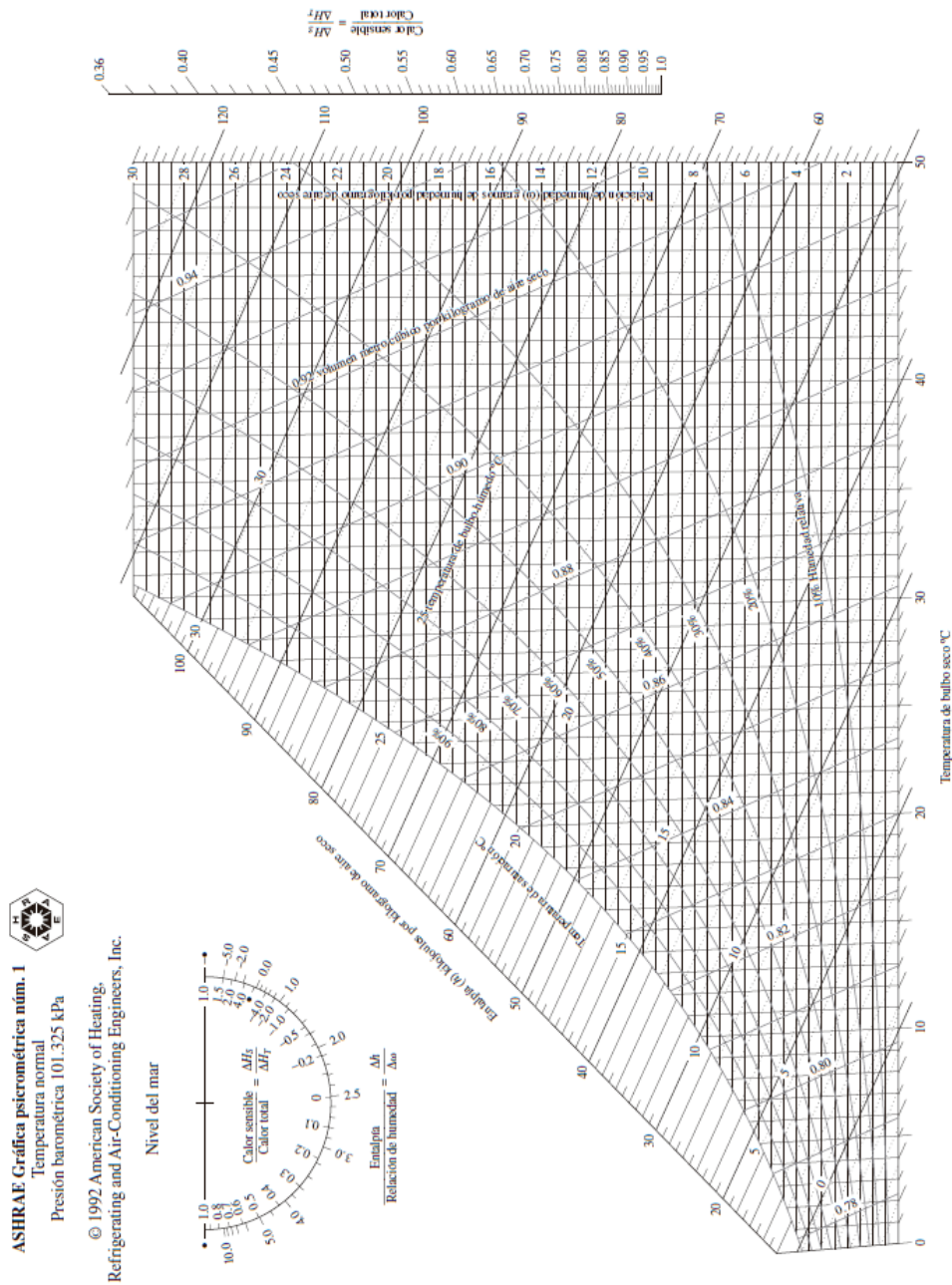
- [1]. ABHAY, Lingayat; CHANDRAMOHAN, V ; RAJU, V. . (2016). *Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer*. India.
- [2]. AKOY, Elamin; et al. (2015). *Design and Construction of A Solar Dryer for Mango Slices*. Sudan.
- [3]. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2003). *Methods of testing to determine the thermal performance of flat-plate solar collectors*.
- [4]. BACA URBINA, Gabriel . (2013). *Evaluación de proyectos* . Mexico: MC Graw Hill.
- [5]. BANCHERO, Luján; CARBALLO, Sergio; TELESCA, Juan. (2008). *Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares*. Montevideo.
- [6]. BENHAMOU, Amina; FAZOUANE, Fatiha; BENYOUCEF, Boumediene. . (2014). *Simulation of solar dryer performances with forced convection experimentally proved*.
- [7]. BHARDWAJ, A ; et al. . (2016). *Experimental investigation of an indirect solar dryer integrated with phase change material for drying valeriana jatamansi (medicinal herb)*.
- [8]. CENGEL, Y. (2007). *Transferencia de calor y de masa*. México: McGraw-Hill.
- [9]. CENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.;. (2006). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. McGraw-Hill.
- [10]. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael;. (2014). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.
- [11]. CHAN, Yefri; NINING, T; KAMARUDDIN, A. (2014). *Solar Dryer with Pneumatic Conveyor*. Indonsesia.
- [12]. Congreso de la republica . (2001). *Ley 697*.
- [13]. Congreso de la republica . (2014). *Ley 1715*.
- [14]. FINCK, Adolfo. (2014). *Nopal (Opuntia Lasiacantha) drying using an indirect solar dryer*. Mexico.

- [15]. Fundación Celestina Pérez de Almada. (2005). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Asunción.
- [16]. GARCIA VALLADARES, Octavio; PILATOWSKY FIGUEROA, Isaac. (2017). *Aplicaciones termicas de la energia solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. Mexico: Instituto de energías renovables de la UNAM.
- [17]. GARCIA, Luis E.; et al. (2012). *Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales*. Bogotá.
- [18]. GARNICA, Javier. (2012). *Colector de placa plana con absorbedor de perfiles de aluminio: Diseño, construcción, ensayos y aplicaciones prácticas*. .
- [19]. HAJAR,E; RACHID,T; NAJIB,M. . (2017). *Conception of a solar air collector for an indirect solar dryer pear drying test*. . Rabat.
- [20]. HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA,Pilar. . (2014). *Metodología de la investigación* . Mexico: MC GRAW HILL.
- [21]. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, N. -5. (2011). *Colectores Solares*.
- [22]. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC - 2774. (1990). *Evaluación de materiales aislantes termicos empleados en colectores solares* .
- [23]. Instituto de hidrologia metereologia y estudios ambientales (IDEAM); Unidad de planeación minero energetica (UPME). (2017). *Atlas de radiación solar de colombia*.
- [24]. IRAGORRI VALENCIA, Aurelio. (2014). *Cadena productiva plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines*. Bogotá.
- [25]. K. V. Peter. (2001). *Handbook of herbs and spices*. Abington: Woodhead Publishing.
- [26]. MEHTA, Pranav ; et al. . (2018). *Design and performance analysis of a mixed mode tent-type solar dryer for fish-drying in coastal areas*.
- [27]. MÉNDEZ MUÑIZ, José M.; CUERVO GARCÍA, Rafael. (2007). *Energía Solar Térmica*. España: Gráficas marcas S.A.
- [28]. Ministerio de minas y energía . (2016). *Resolución 41286* .
- [29]. MIRANDA, Juan . (2005). *Gestión de proyectos sexta edición*. MM Editores.
- [30]. MUSEMBI,M; KIPTOO,K ; YUICHI, N. (2016). *Design and Analysis of Solar Dryer for Mid-Latitude Region*. Japan.

- [31]. OGHENERUONA, D., & YUSUF, M. (2011). *Design and Fabrication of a Direct Natural Convection Solar Dryer for Tapioca*. Choba: University of port harcourt.
- [32]. RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto;. (2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. Bogotá.
- [33]. SHAHRBANOU,S; et al. . (2018). *Drying behaviour of lemon balm leaves in an indirect double-pass packed bed forced convection solar dryer system*. Iran .
- [34]. Unidad de planeación minero energética, (UPME). (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en colombia* . Bogota.
- [35]. VIVEROS FOLLECO, A., & MAYORGA CASTELLANOS, E. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de deshidratador híbrido (solar-eléctrico) e implementación de su sistema de control*. Bogota: Universidad distrital francisco jose de caldas .
- [36]. WORANUCH, J. (2017). *Meat Products Drying with a Compact Solar Cabinet Dryer*. BANGKOK.
- [37]. YAHYA, M ; et al. . (2016). *Comparison of solar dryer and solar-assisted heat pump dryer for cassava*.

ANEXOS

Anexo A: Carta Psicrométrica



Preparado por el Centro de Estudios Aplicados de Termodinámica, Universidad de Idaho.

FIGURA A-31
 Carta psicrométrica a 1 atm de presión total.
 Reproducida con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia; usada con permiso.

Fuente: CENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.; (2006). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. McGraw-Hill.

Anexo B. Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión

894 TABLAS Y GRÁFICAS							
TABLA A-9 Propiedades del aire a 1 atm de presión							
Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Densidad $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico c_p $\text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Viscosidad dinámica $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para gases ideales, c_p , k , μ , y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P distinta a 1 atm se determinan cuando se multiplican los valores de ρ a la temperatura dada por P (en atm) y cuando se dividen ν y α entre P (en atm).

Fuente: Datos generados a partir del Software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

Fuente: CENGEL, Yunus; BOLES, Michael;. (2014). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.

Anexo C: Correlaciones del número Nusselt

TABLA 7-2

Correlaciones del número de Nusselt para flujo cruzado sobre bancos de tubos, para $N > 16$ y $0.7 < Pr < 500$ (tomado de Zukauskas, 1987)*

Disposición	Rango de Re_D	Correlación
Alineados	0-100	$Nu_D = 0.9 Re_D^{0.4} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	100-1 000	$Nu_D = 0.52 Re_D^{0.5} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	1 000- 2×10^5	$Nu_D = 0.27 Re_D^{0.63} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	2×10^5 - 2×10^6	$Nu_D = 0.033 Re_D^{0.8} Pr^{0.4} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
Escalonados	0-500	$Nu_D = 1.04 Re_D^{0.4} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	500-1 000	$Nu_D = 0.71 Re_D^{0.5} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	1 000- 2×10^5	$Nu_D = 0.35 (S_T/S_L)^{0.2} Re_D^{0.6} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
	2×10^5 - 2×10^6	$Nu_D = 0.031 (S_T/S_L)^{0.2} Re_D^{0.8} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$

*Todas las propiedades, excepto Pr_s , se deben evaluar en la media aritmética de las temperaturas de admisión y de salida del fluido (Pr_s se debe evaluar en T_s).

Fuente: CENGEL, Y. (2007). *Transferencia de calor y de masa*. México: McGraw-Hill.

Anexo D: Factor de corrección para $N_L < 16$

TABLA 7-3

Factor de corrección F que debe usarse en $Nu_{D, N_L} = F Nu_D$ para $N_L < 16$ y $Re_D > 1 000$ (tomado de Zukauskas, 1987)

N_L	1	2	3	4	5	7	10	13
Alineados	0.70	0.80	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99
Escalonados	0.64	0.76	0.84	0.89	0.93	0.96	0.98	0.99

Fuente: CENGEL, Y. (2007). *Transferencia de calor y de masa*. México: McGraw-Hill.

Anexo E. Cotizaciones

COTIZACION

INDUSTRIAS TECNOLUM LTDA
 N. I. T. : 800130244
 Direccion: CALLE 17 # 25-71 CRA 25 # 13-93
 Telefono : 2010210 Fax: 2014784

Numero : 050315
 Fecha : 2018-NOV-07

Cliente : FABIAN RANGEL
 Contacto :
 Nit : * Codigos: 999
 Direccion:
 Ciudad :
 Telefono :

Vendedor : 10 ESPERANZA MATEUS
 Forma Pago: CONTADO
 Dcto Financiero: 0.00%

Item Parte	Descripcion	Unidad Medida	Cantidad	Precio Unitario	Dcto Linea	Valor Total	Iva
1 LL20130	LAMINA LISA 2000X1000X3.0 MM	UNIDAD	1.00	267,570.00	30.00	267,570.00	19
2 LL24412230	LAMINA LISA 2440X1220X3.0 MM	UNIDAD	1.00	398,292.00	30.00	398,292.00	19
3 B001	BISAGRA PUERTA EN ALUMI 4X2 NATURAL	UNIDAD	1.00	4,498.00	12.00	4,498.00	19

TOTAL BRUTO	DISCTO x LINEA	DISCTO GLOBAL	SUB-TOTAL	VALOR IVA	SOBREPRECIO	TOTAL
670,360.00	200,299.00	%	470,061.00	89,312.00		559,373.00

Observacion:

Elaborado _____ Aprobado _____

ABASTECEDOR COLOMBIANO DE TEJAS Y DRYWALL SAS
 900189945
 Pintacasa Cra 25 # 18 - 24
 4071111
 SANTA FE DE BOGOTA D.C.
 IVA Regimen Comun, Somos Autoretenedores de Renta, Tarifa ICA 6.9
 GRANDES CONTRIBUYENTES DE ICA RESOLUCION DDI-042065

COTIZACION	
Numero:	458
Fecha:	11/07/2018
Página:	1 de 1

cliente: RANGEL FABIAN ARTURO	Forma de pago: C10 CONTADO	Fecha voto: 11/07/2018
Nit o C.C.: 1031142577	Vendedor:	
Dirección: CRA. 72B # 11B - 10	CASTILLO MATEUS CLAUDIA MILENA	
Ciudad: SANTA FE DE BOGOTA D.C.	CTA AHORROS DAVIVIENDA 473900093260	
Teléfono: 3115197626		

Item	Cantidad	Precio unit	Sub total
10335124 ESMALTE PINTULUX 3 EN UNO BLANCO GALON	1.00	\$54,491	\$54,491
!!!Precios Sujetos A Cambio Sin Previo Aviso!!!		Total bruto	Total
		\$54,491	\$64,844
		Vlr impuestos	
		\$10,353	

* → 10012946 Pintura alta temperatura Negra 901 - 75607
 I/ Includo

COTIZACIONES

FERRETERIA PUNTALAMBRES SAS
 N. I. T. : 900006623-0
 Direccion: CALLE 17 25 78
 Telefono : 2479030 Fax:

Numero : 006-CT-001610
 Fecha : 2018-NOV-07

Cliente : RANGEL FABIAN Nit: 1031142577 Vendedor : 1075295274 NIÑO VAÑEGAS INGRITH JOHAN
 Contacto : Forma de Pago: CONTADO
 Direccion: CONTADO Moneda : PESOS
 Ciudad : BOGOTA D.C. Valida Hasta : 2018/NOV/07
 Telefono : Fax:

Item	Descripcion	Local. U.M	Cant.Cot	Precio.Unit.	IVA %	Descuentos	Valor Total
004866	TELA ASHESH INOX 6X6	006-01 MTS	1.000	76,500.00	19.00		64,286.00

TOTAL BRUTO	DISCTO x LINEA	DISCTO GLOBAL	0.00%	SUB-TOTAL	VALOR IVA	IMPONCONSUMOS	TOTAL
64,286.00	0.00	0.00		64,286.00	12,214.00	0.00	76,500.00

Observacion:


 ELABORADO

 APROBADO

 RECIBIDO



NIT. 800.006.411 - 3
 Calle 8 No. 27 - 76 Bogotá - Colombia
 Tel: 57 1 2470134 - 57 1 2471773
 IVA REGIMEN COMUN ACTIVIDAD ECONOMICA ICA 2610 TARIFA 8 x 1000
 NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES

COTIZACION No.	C20181106-163
Cite este número en la Correspondencia: Empaques, Remisiones y Facturas	

FV02-01

Cliente:	FABIAN RANGEL	Nit:	
Dirección:		Contacto:	
Teléfono:	3115197626	Ciudad:	Bogotá
E-mail:	FA.RANGEL.P@GMAIL.COM	Proyecto:	

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Suministro de vidrio templado en 4mm de 180x140 cm inc plano PYB	\$ 260.504	260.504
SUBTOTAL			260.504
IVA			49.496
TOTAL			310.000

Contacto: Mónica Martínez
 Cuenta: Bancolombia 103306542-20 Corriente.
 E-mail: asistente@vitemplex.com
 Validez de la Oferta: 30 días
 Tiempo de Entrega: 5 - 6 días hábiles
 Forma de Pago: 60 % de anticipo 40% contraentrega

 NIT 805.012.368-7	LAMINA-ALFAJOR-ROLLO TUBERIA-ACCESORIOS-ALAMBRE-MALLA BARRA REDONDA, CUADRADA Y HEXAGONAL ANGULO-PLATINA- SOLDADURA, SERV. CORTE LASER, PLASMA, CIZALLA, PLEGADORA Y ROLADORA	CALI: Carrera 3 N° 24-28 PBX: 4877000 BOGOTA: Calle 8 N° 27-47 PBX: 7420007 BUCARAMANGA: Calle 23 N° 10-24 PBX: 8960115 MEDELLIN: 3182064764	CODIGO: FC - 05 EMISION: 06 - 11 - 2018 VERSION: 1 REVISION:
	FORMATO		

COTIZACION 010

FECHA: BOGOTA - NOVIEMBRE 06 DE 2018

CLIENTE	Empresa:	FABIAN RANGEL	NIT:	
	Señor(a):		Telefono:	
	Dirección:		Celular:	
	Email:		Departamento:	
	Ciudad:	BOGOTA		

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN PROCESO							CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
	Servicio	Largo	Ancho	<input checked="" type="checkbox"/> Ext	<input checked="" type="checkbox"/> Int.	Acabado	Espesor			
LAM.304 04.50 1219 X 2438-N1								1	\$ 832.300	\$ 832.300
MALLA 10 MESH 304 DIAM 0.60 (1.80) POR METRO								1	\$ 28.522	\$ 28.522
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
										\$ -
Observaciones:									Subtotal:	\$ 860.822
*Si tiene alguna duda sobre este presupuesto, no dude en comunicarse con nosotros									IVA:	\$ 163.556
*Nuestras cuentas: Corriente BBVA N° 502-005481 Corriente BANCO OCCIDENTE 016-06128-5									Rte Fuente:	\$ 0
BANCOLOMBIA N° 064-059823-50 Corriente BANCO BOGOTA 391060373									Total:	\$ 1.024.378

*Venta sujeta a existencias. *Flete a cargo del cliente. *Tolerancia en Espesor: +/- ASTM. *Todo anticipo realizado en cheque, solo sera despachado



SOLEDAD ITAGUI MEDELLIN DOSSUFRIBADAS OCCIDENTE PBX: 332.23.44 CALLE 19 # 8 16 - 20 PBX: 332.26.42 - 339.77.42 PEREIRA CALI BOGOTA E-MAIL: secretaria@acerosmapa.com.co

ACEROS MAPA S.A N.I.T. 890504459-6 - 23/12/2004
 Grandes contribuyentes - Resolución 11944
 Autorretenedores - Resolución 9253 - 30/10/2013
 www.acerosmapa.com.co

COTIZACION 00011725

Fecha: BOGOTÁ D.C. 07/11/2018 Valida por: 1 Día
 Condiciones: **CONTADO** Entrega en: 1 Día
 Sucursal: **FONTIBON**

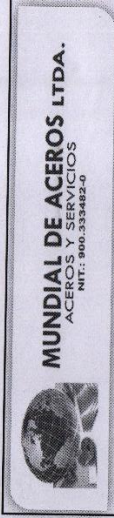
Cliente: RANGEL PINEDA FABIAN ARTURO
 NIT/Cédula: 1031142577
 Dirección: CR 72 B 11 B 10 BOGOTÁ D.C.
 Dirección envío: CR 72 B 11 B 10 BOGOTÁ D.C.
 Teléfonos: 3115197626
 Vendedor: HERNANDEZ VILLESAS CESAR JULIAN

DESCRIPCION	LIND	CANTIDAD	KILOS	PRECIO UNITARIO	VALOR PARCIAL
ANGULO HR L/8x26m PESO 14.71	1	1	14.71	\$38.246	\$38.246
TOTALES	1,00		14.71		
Observaciones: CLIENTE RETIRA					
					SUBTOTAL IVA
					\$38.246
					\$7.267
					TOTAL A PAGAR
					\$45.513

Son: CUARENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS TRECE PESOS M/CTE* *****
 Todos los productos deben llegar con factura. La factura debe relacionar el numero de la orden de compra

ORIGINAL

Página: 1 de 1

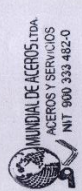


Bogotá Noviembre 07 de 2018
 SEÑORES
FABIAN RANGEL
 TELF 3115197626
 Ciudad

COTIZACION 989			
CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	LAMINA 4 X 8 EN 118 ACERO INOX 2B	684,874	684,874
1	METRO ANGULO 2 X 118 ACERO INOX	21,849	21,849
1	LAMINA 4 X 8 EN 118 ALUMINIO LISO	336,134	336,134
		SUBTOTAL	1,042,857
		IVA 19%	198,143
		TOTAL	1,241,000

NO INCLUYE TRANSPORTE, NI INSTALACION, VALIDEZ DE LA OFERTA 15 DIAS
 FORMA DE PAGO: CONTADO CONSIGNACION TRANSFERENCIA EFECTIVO
BANCOLOMBIA AHORROS 23181093181
 Banco de Occidente 20204440-0

CORDIALMENTE
ANDRES ALDANA
MUNDIAL DE ACEROS LTDA
 Cra 29 No. 8 - 64 Tel: 2377230 Fax: 2376434 E-mail: mundialdeaceros@hotmail.com - Bogotá D.C.



MUNDIAL DE ACEROS LTDA.
 ACEROS Y SERVICIOS
 NIT 900 333 482-0



**HIERROS
EL DORADO**

NIT: 800153677-4

Dir.: Cr 29 8 34 Tel.: 2019715

IVA REGIMEN COMÚN

Autorretenedores RES. 000979 del 13/02/2015

NO EFECTUAR RETE ICA SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES

SHD RES. DDI-042065 DEL 13/10/2017

BOGOTA, miércoles, 7 de noviembre de 2018

CTC-18112396

Señor
FABIAN ARTURO RANGEL PINEDA
CR 72 B 11 B 10
BOGOTA

Asunto : Cotización al cliente 07-11-2018

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNIT.	DCTO.	VALOR TOTAL
01010105	ANGULO HR 1/8 X 2"	6 MT	\$ 6.163		\$ 36.975
08021104	LAMINA GALV.DE 3MM EN 4X8	1 UND	\$ 247.899		\$ 247.899
					PARCIAL : \$ 284.874
					DESCUENTO :
					IVA : \$ 54.126
					TOTAL : \$ 339.000
----- VIGENCIA DE LA COTIZACION -----					
Validez de la oferta : 2 días		Forma de envío : Entregada en nuestro punto de venta			
Fecha en que caduca : 09/11/2018		Forma de pago : CONTADO			

Atentamente,

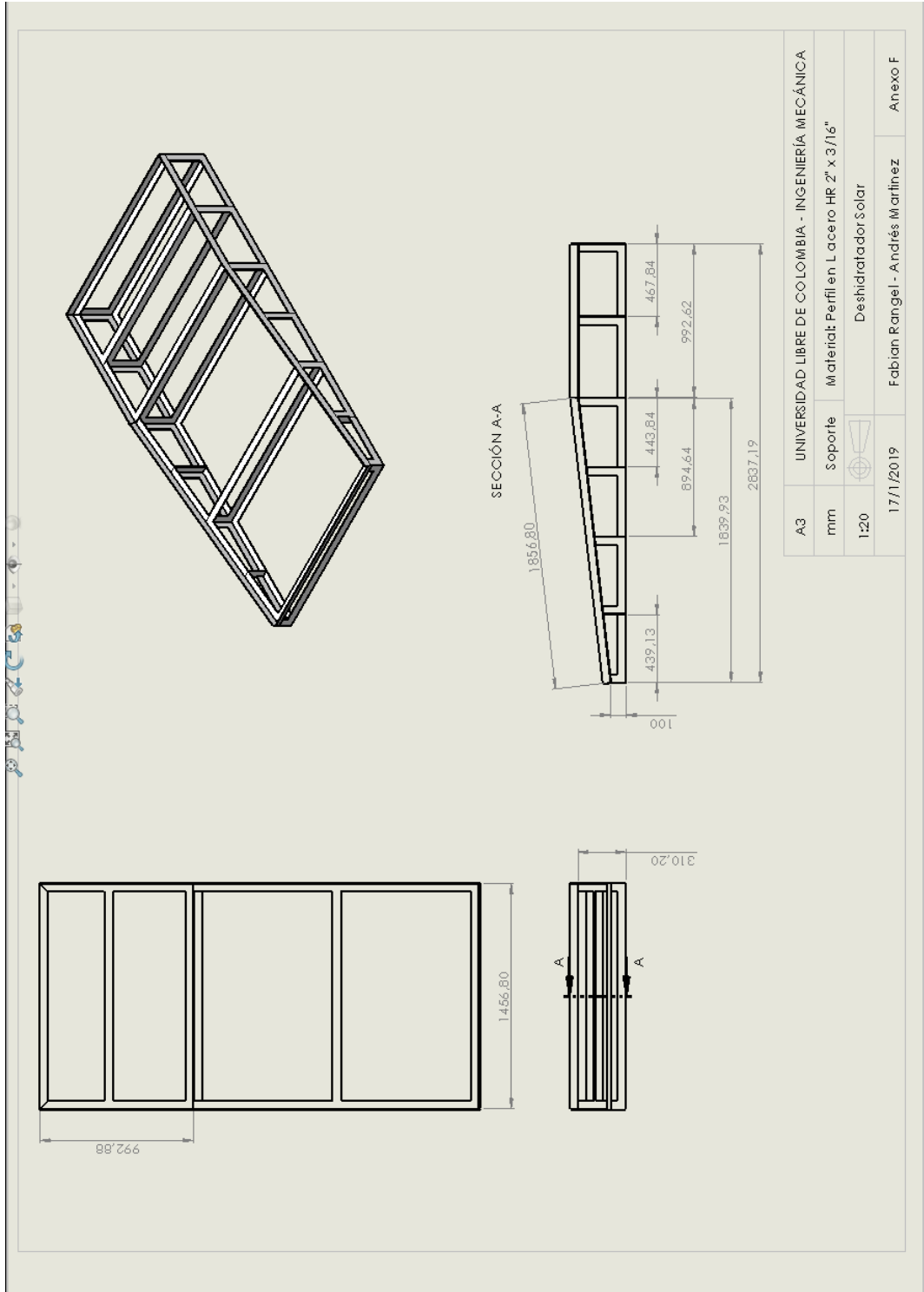
LUIS FELIPE ROJAS MOLINA

Teléfono :

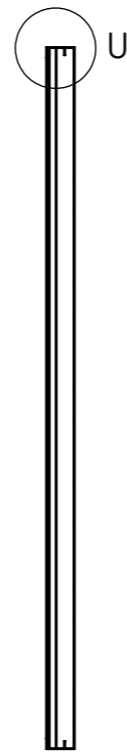
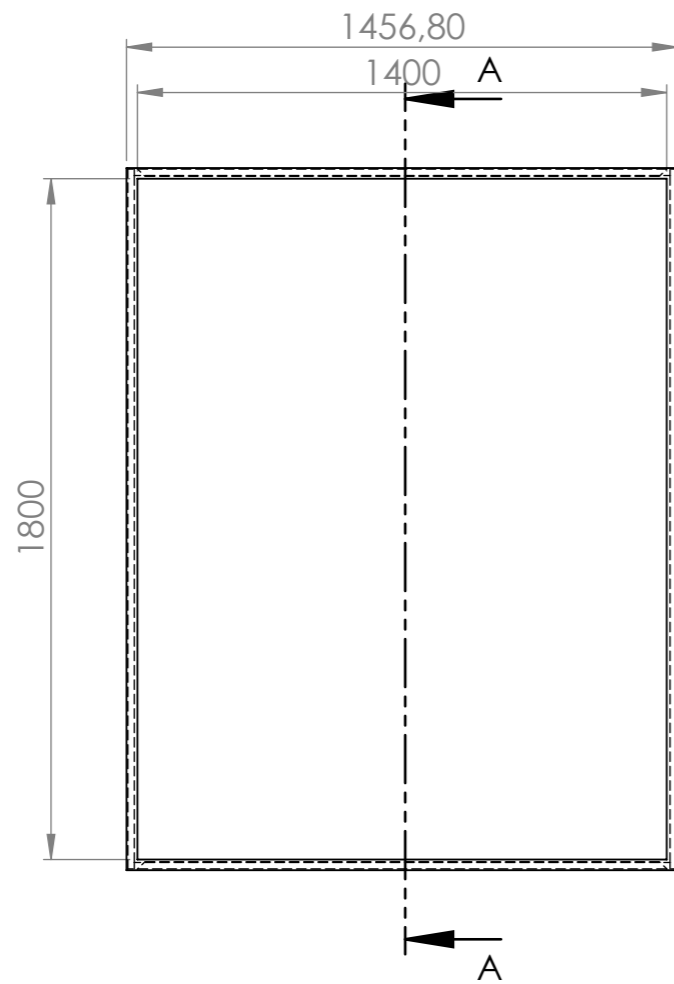
Cel./Móvil : 3103231525

Email : ASESOR.FELIPE@HIERROSELDORADO.COM

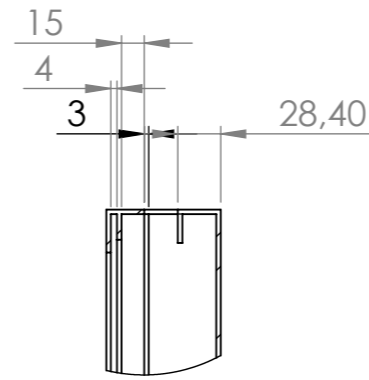
Anexo F: Planos



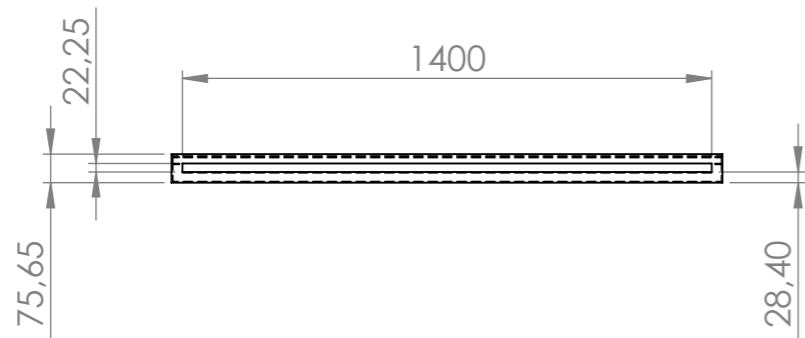
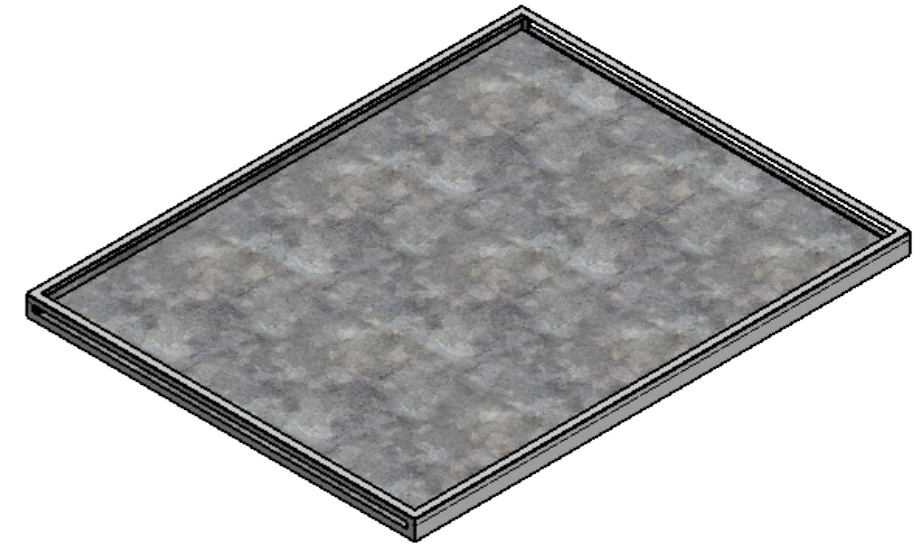
Fuente: Autores del Proyecto



SECCIÓN A-A

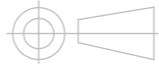


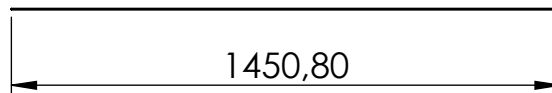
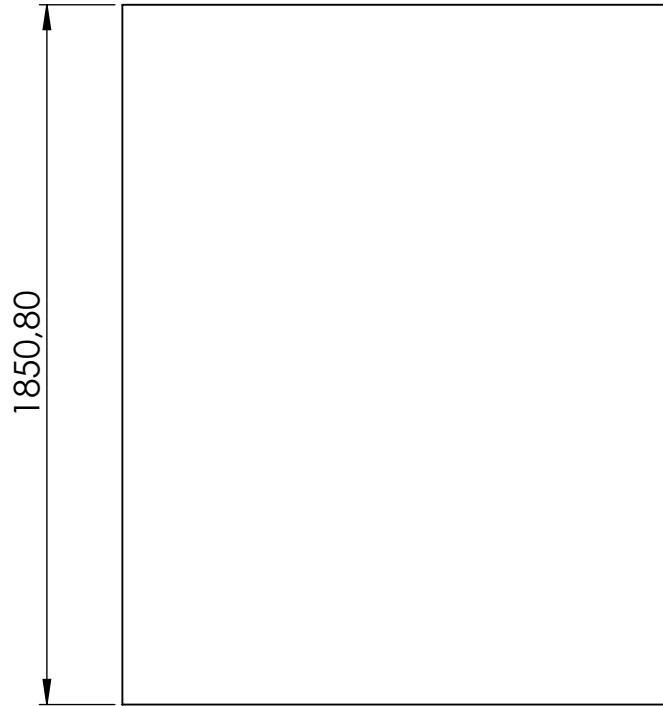
DETALLE U
ESCALA 1 : 5

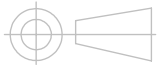


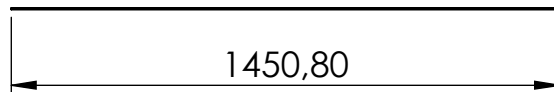
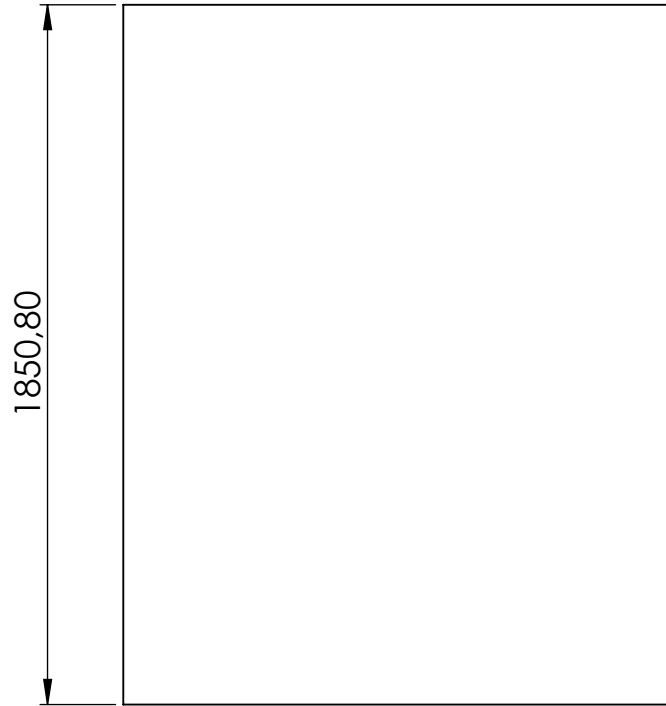
Lamina de Acero Galvanizado Espesor 3mm




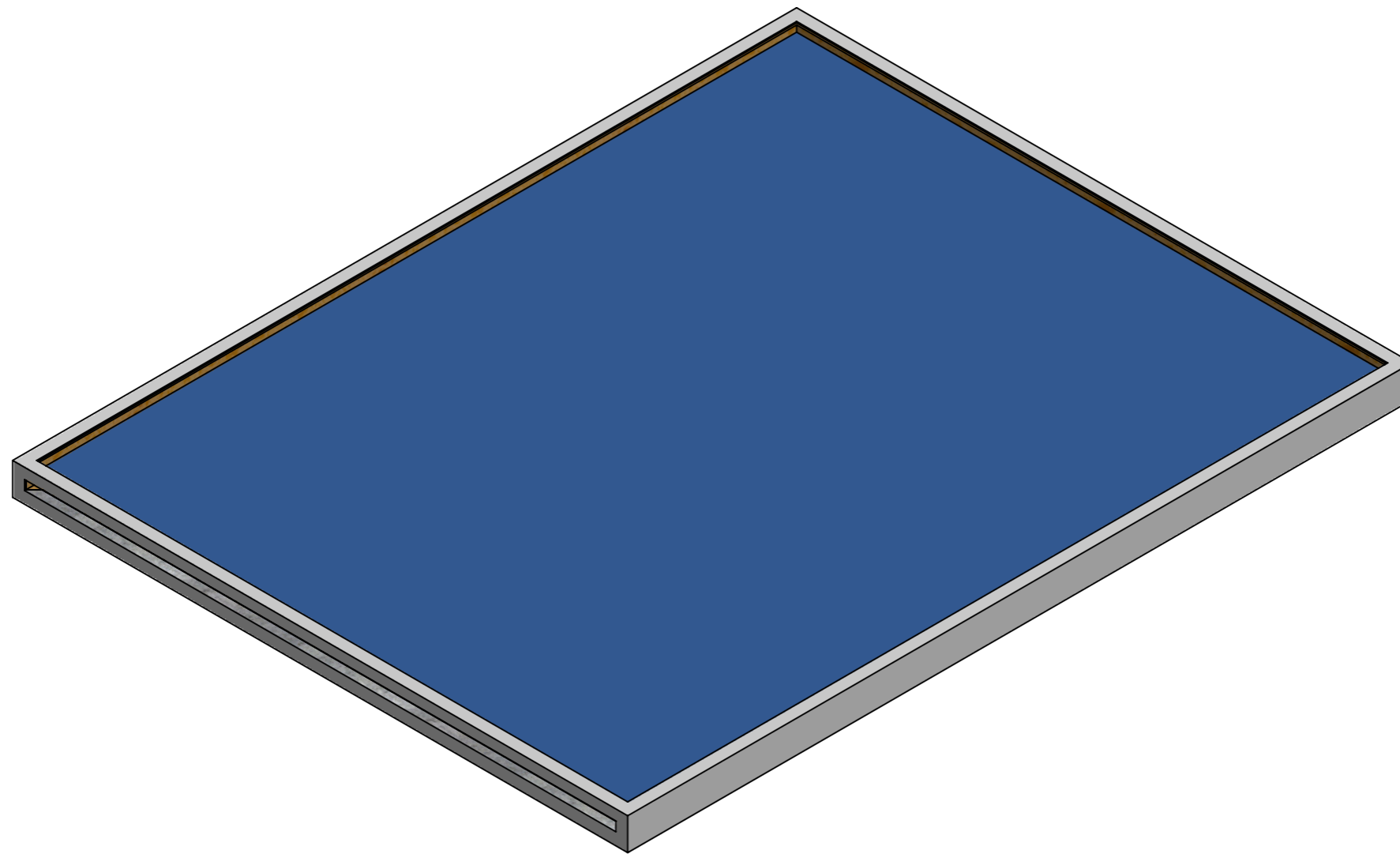
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA	
mm	Carcasa Colector	Material: Lámina Acero Galvanizado 3 mm
1:20		Deshidratador Solar
17/1/2019	Andrés Martínez - Fabian Rangel	Anexo F




A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Captador	Material: Lámina de aluminio espesor 3 mm	
1:20		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez		ANEXO F

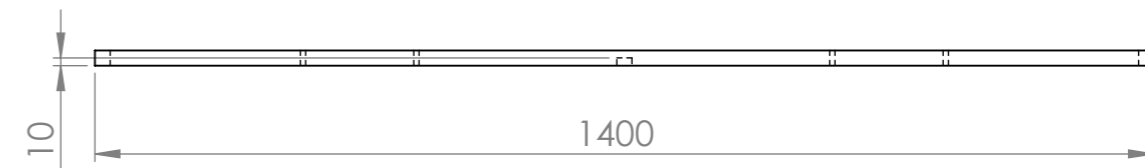
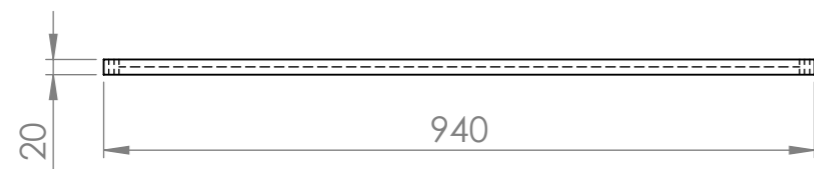
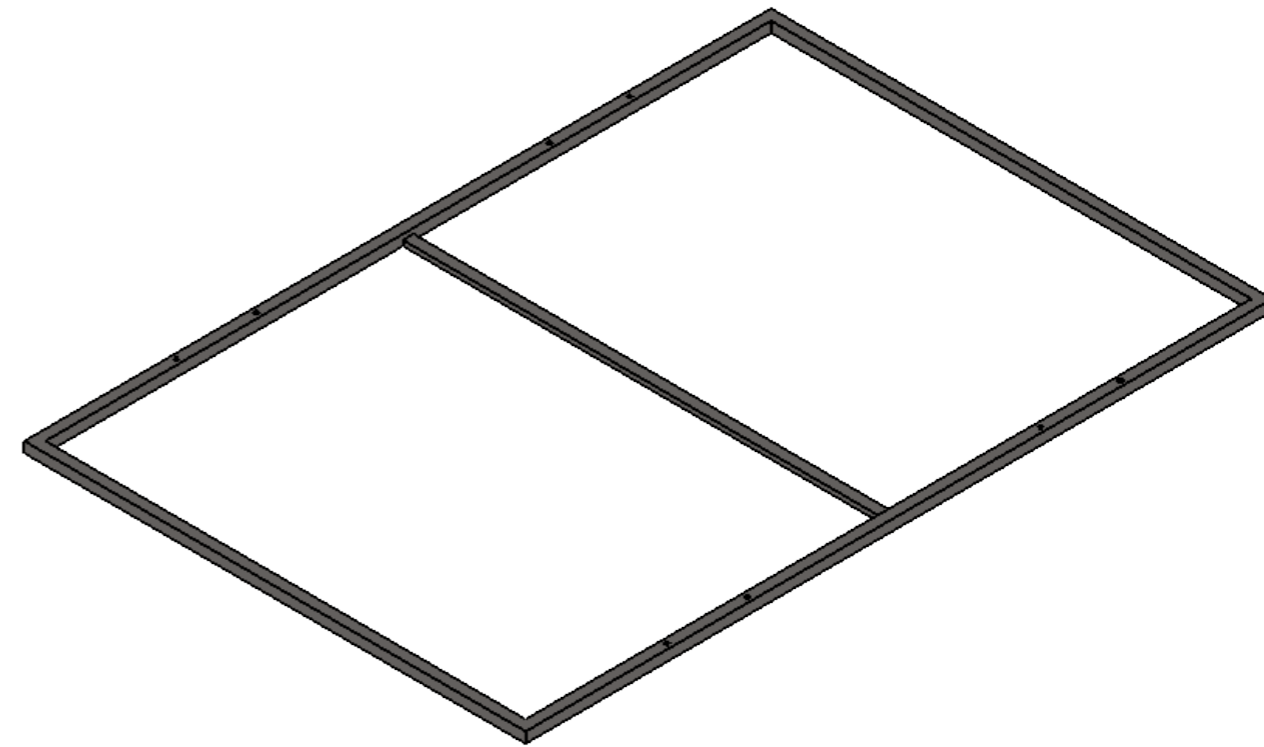
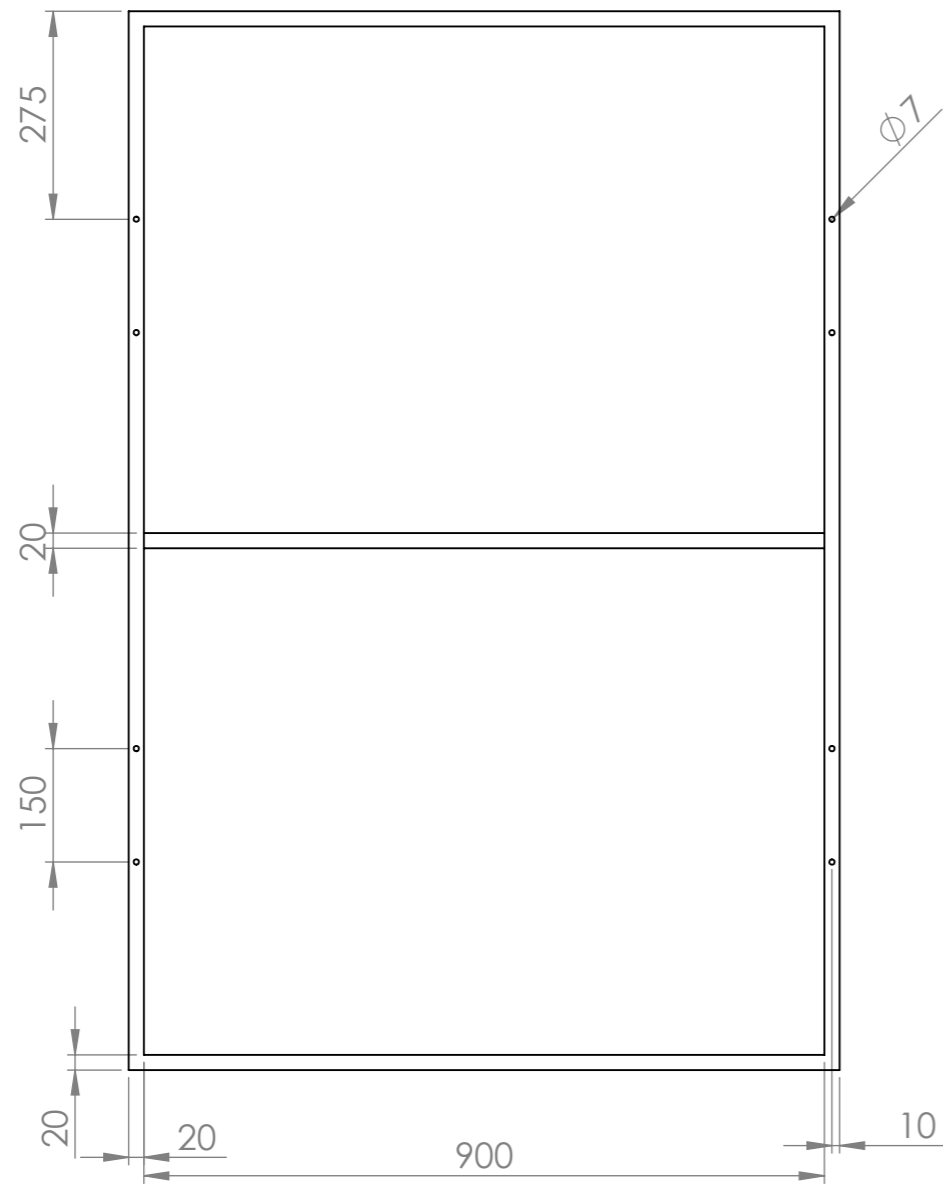



A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Cubierta	Material: Vidrio templado espesor 4 mm	
1:20		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez		ANEXO F

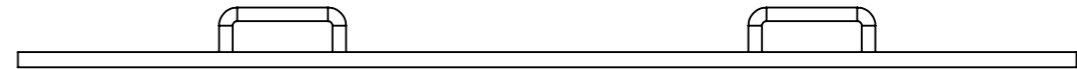
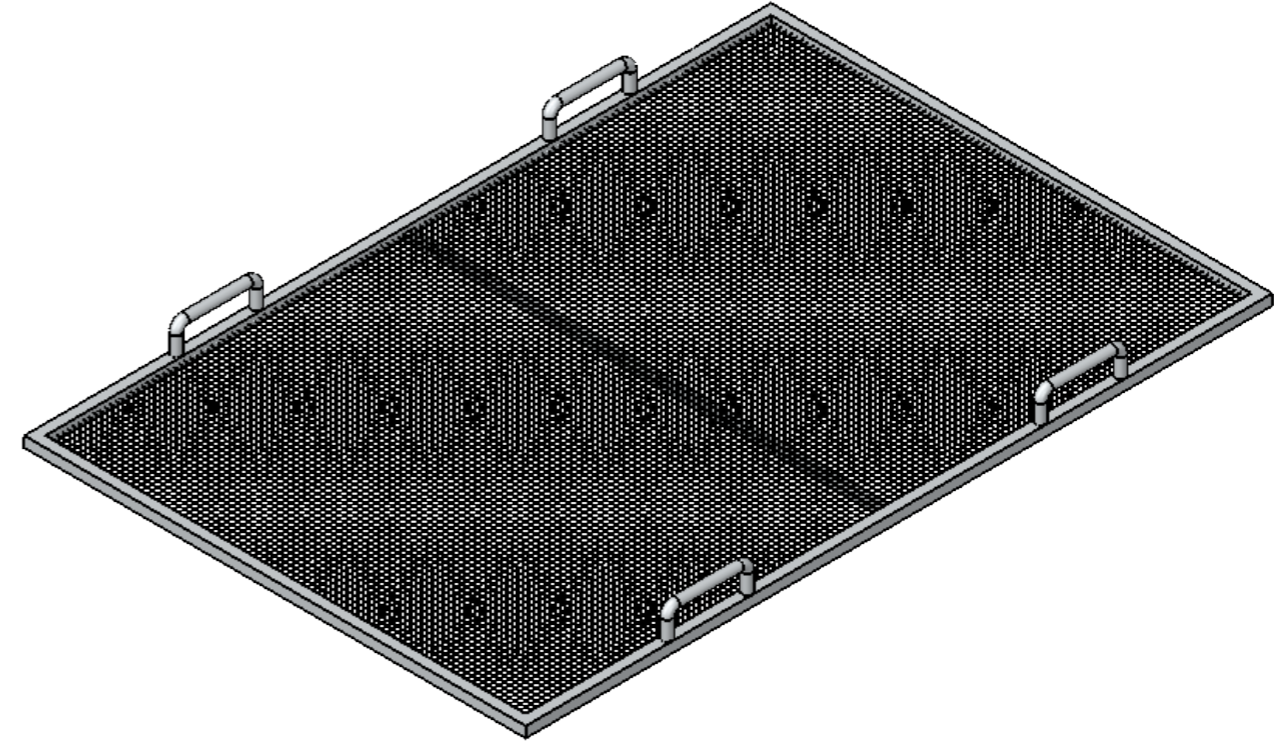
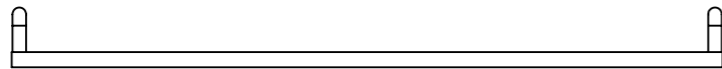
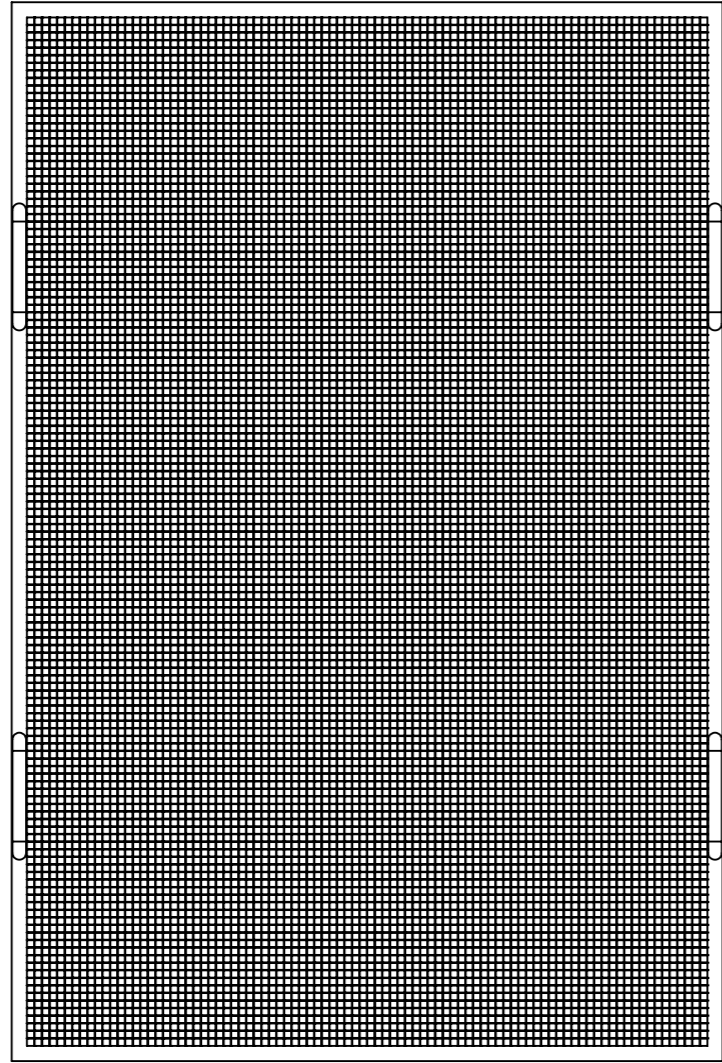


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Colector	1
2	Vidrio	1
3	Carcasa Colector	1

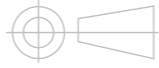
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
mm	Ensamble Colector		
1:20		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Andrés Martínez - Fabian Rangel		Anexo F

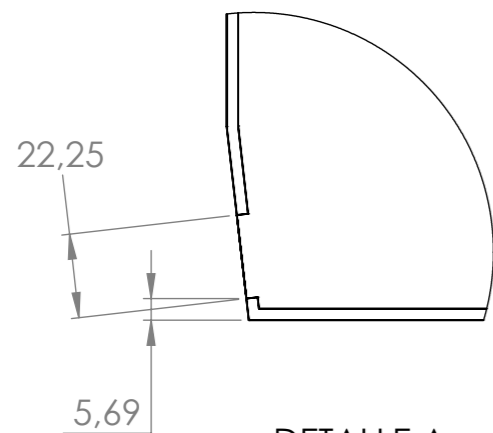


A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA	
mm	Marco Bandejas	Material: Barra aluminio 20 mm x 20 mm
1:10		Deshidratador Solar
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F

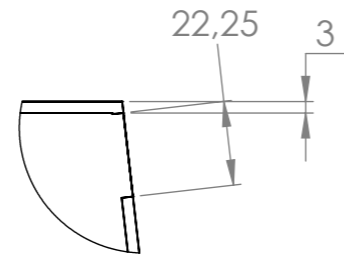


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Marco Bandeja	1
2	Asa Bandeja	4
3	Malla	1

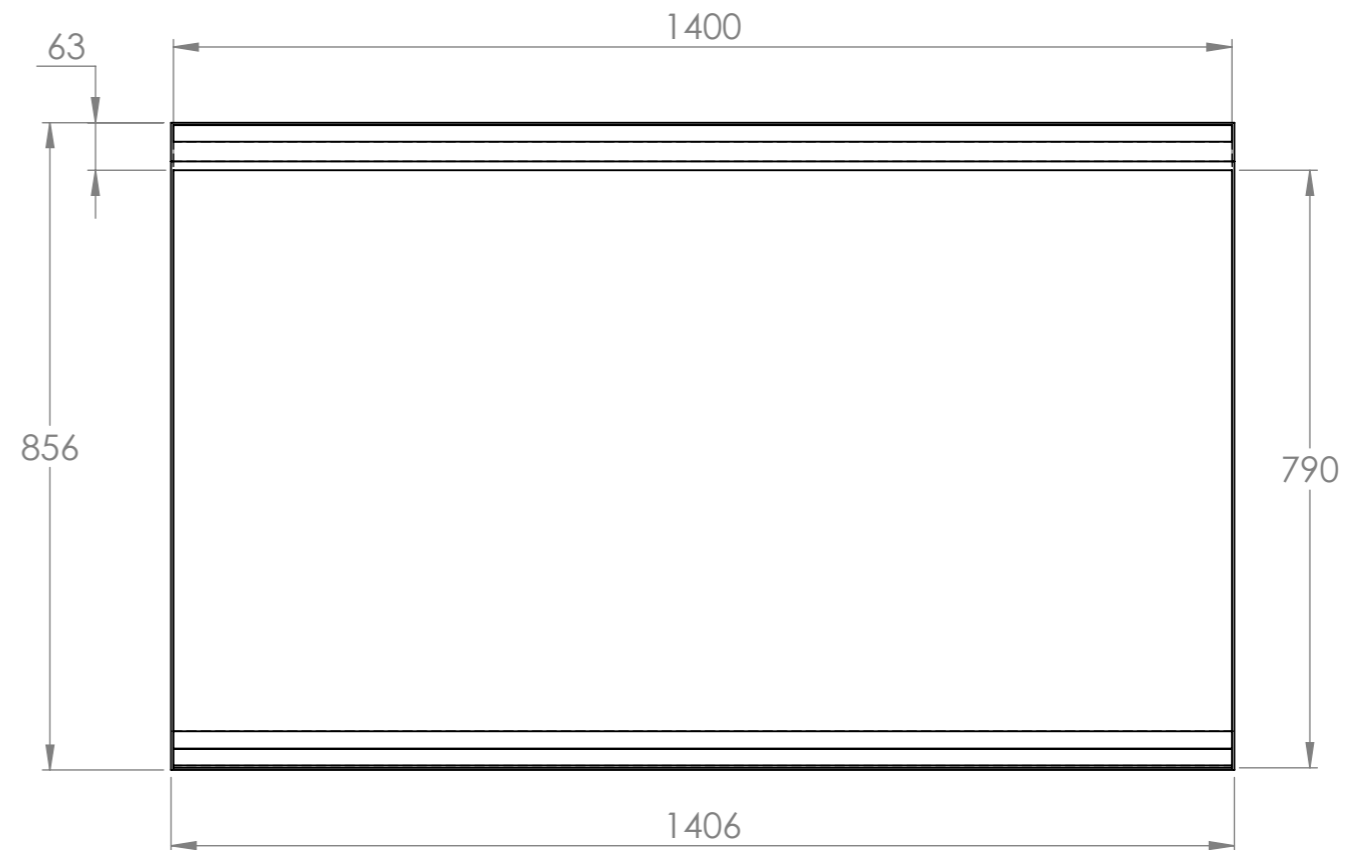
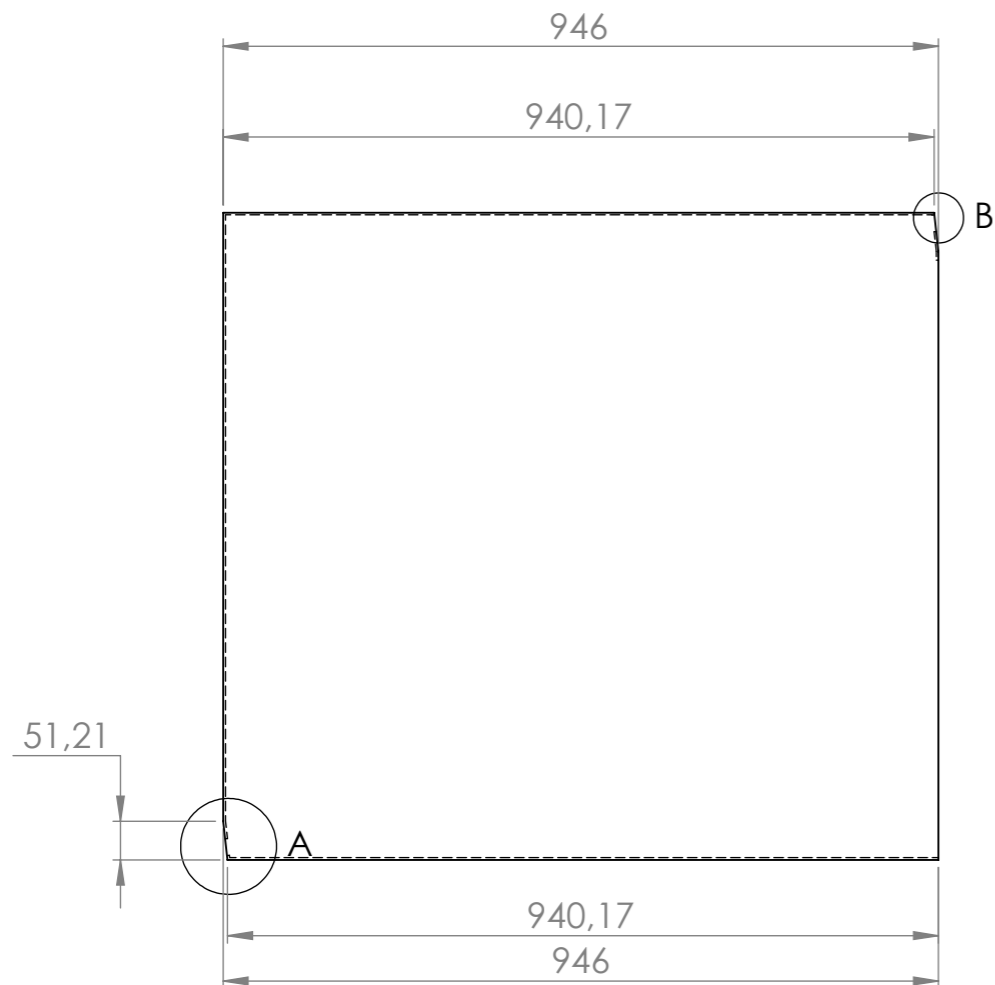
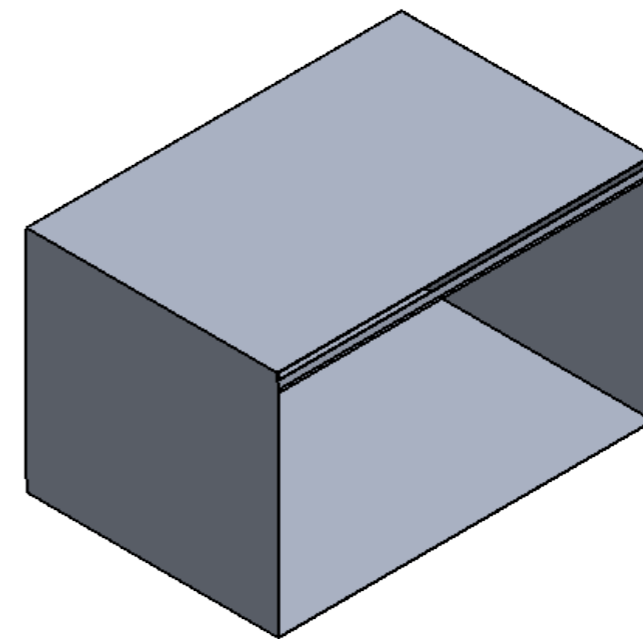
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA	
mm	Ensamblaje Bandejas	Malla acero inoxidable 6x6 cal. .75
1:10		Deshidratador Solar
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F




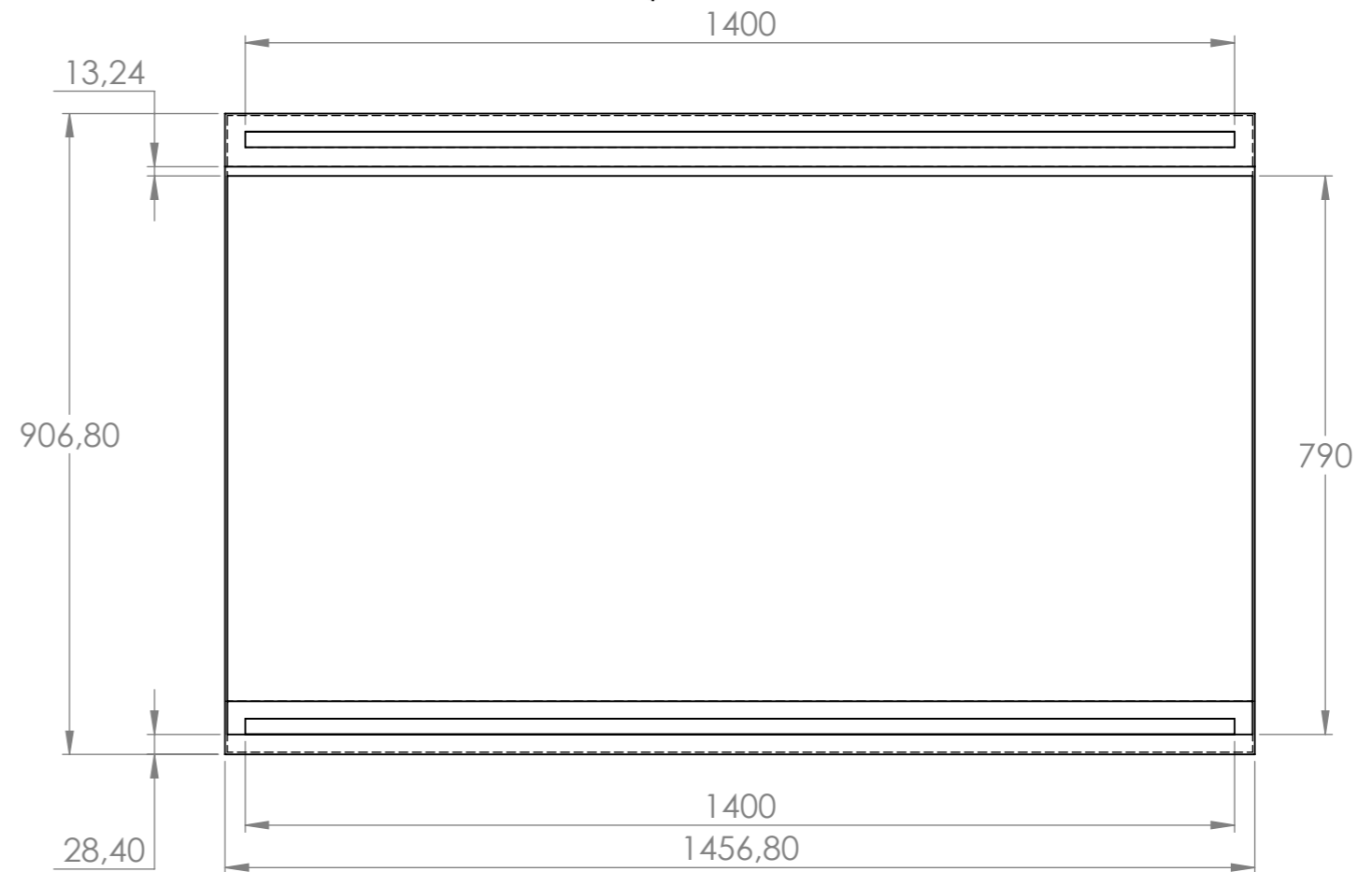
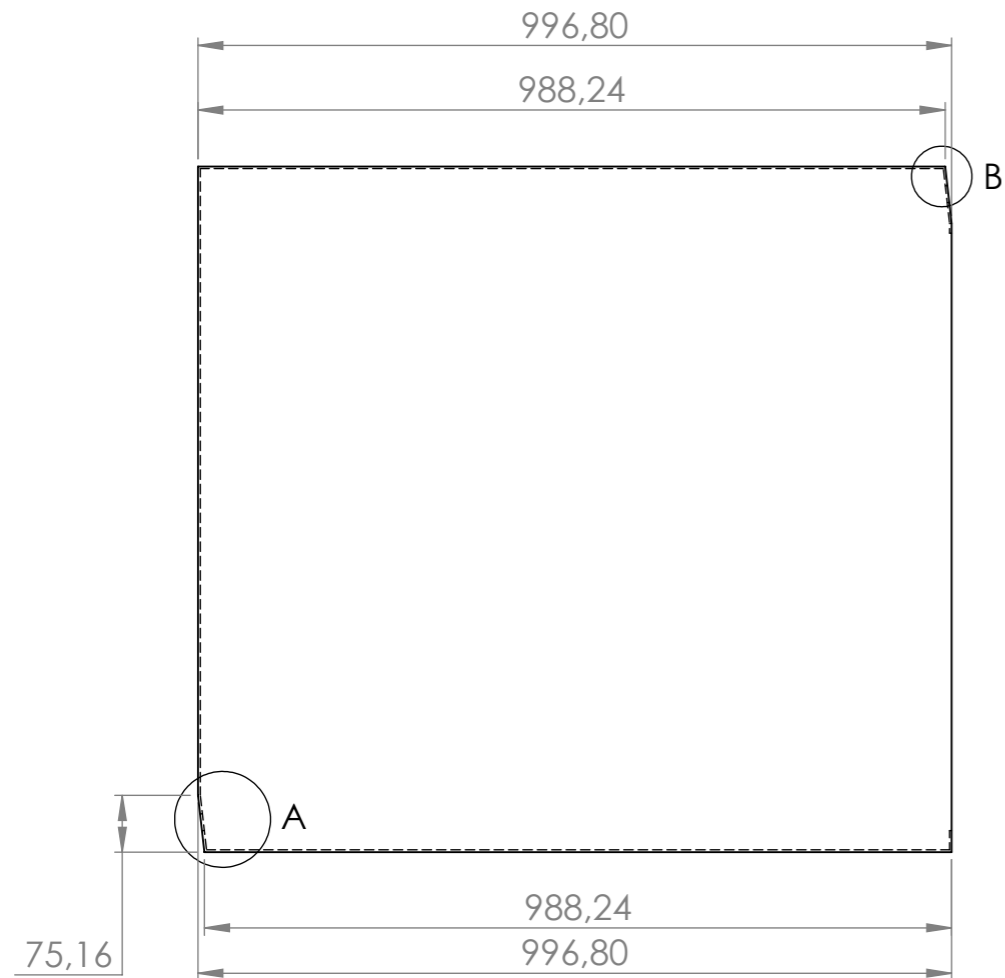
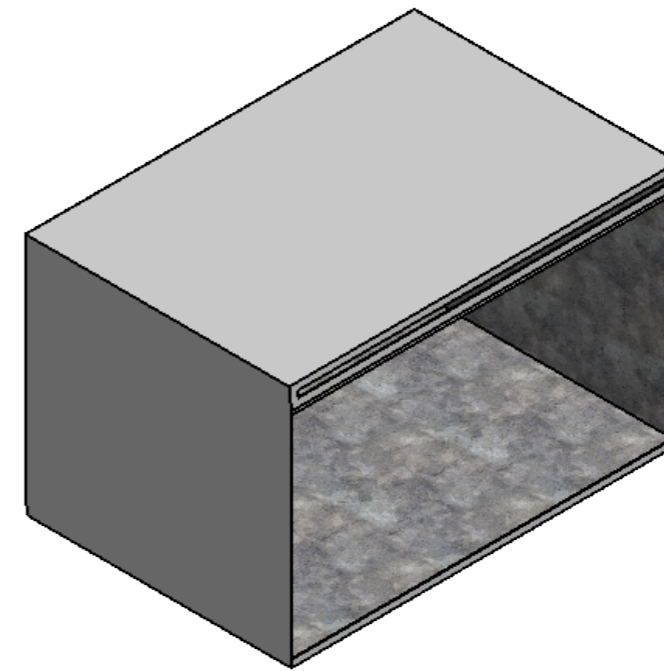
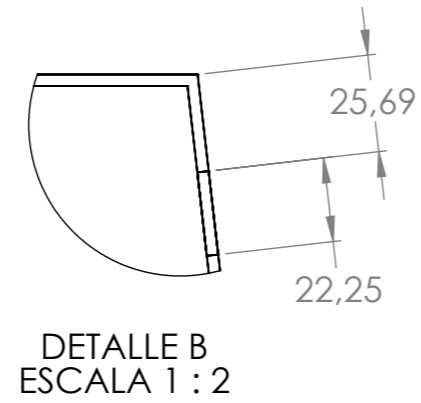
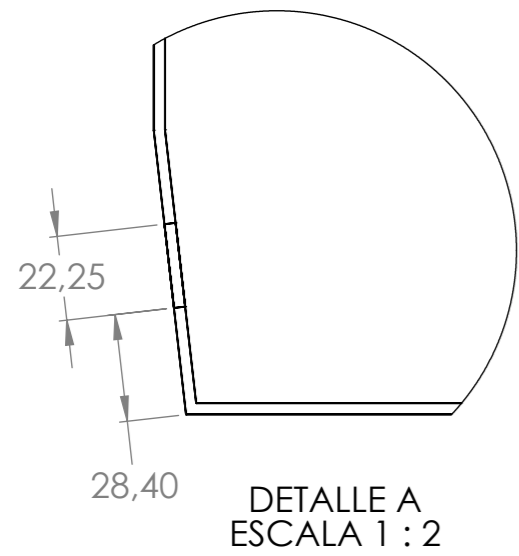
DETALLE A
ESCALA 1 : 2

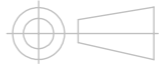


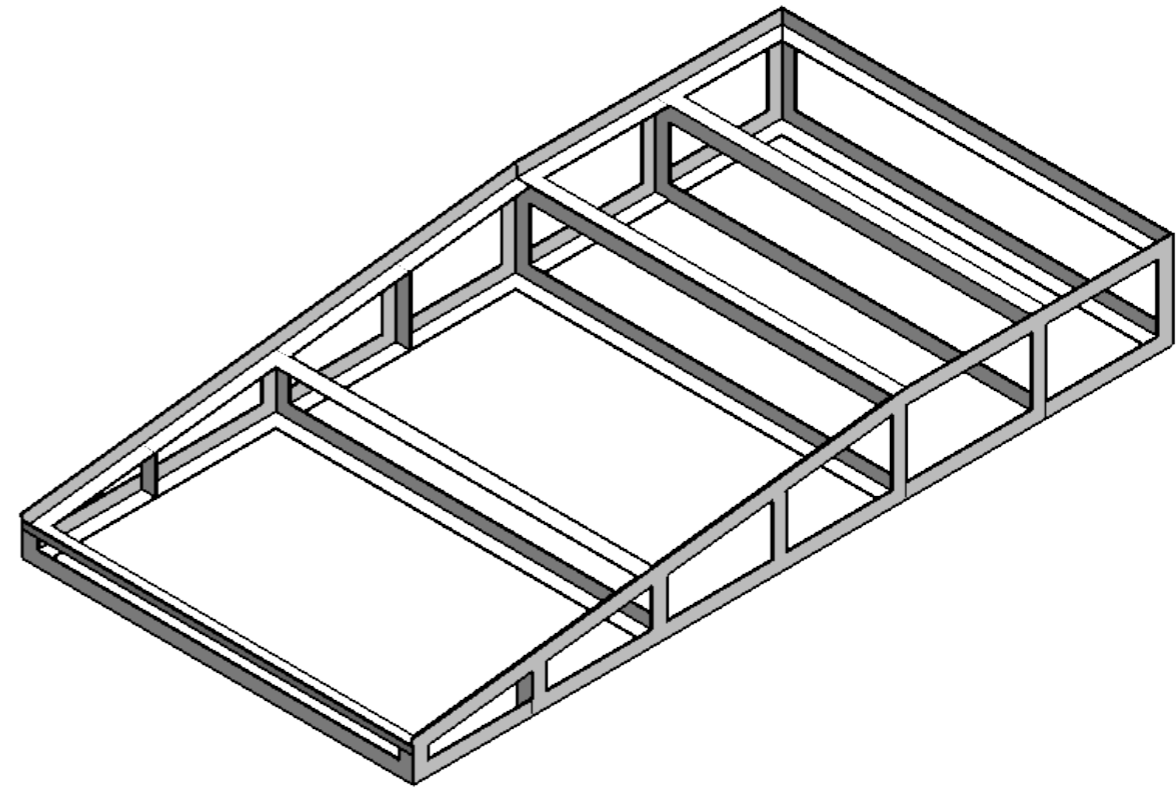
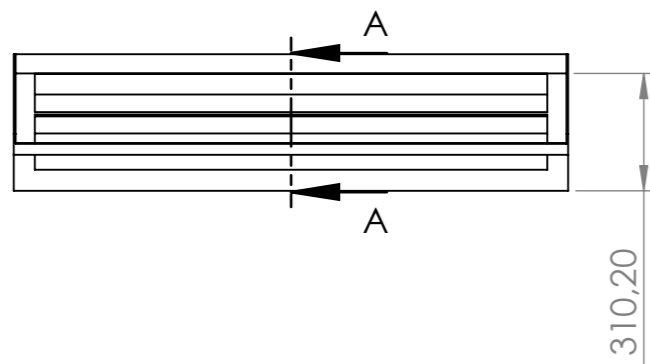
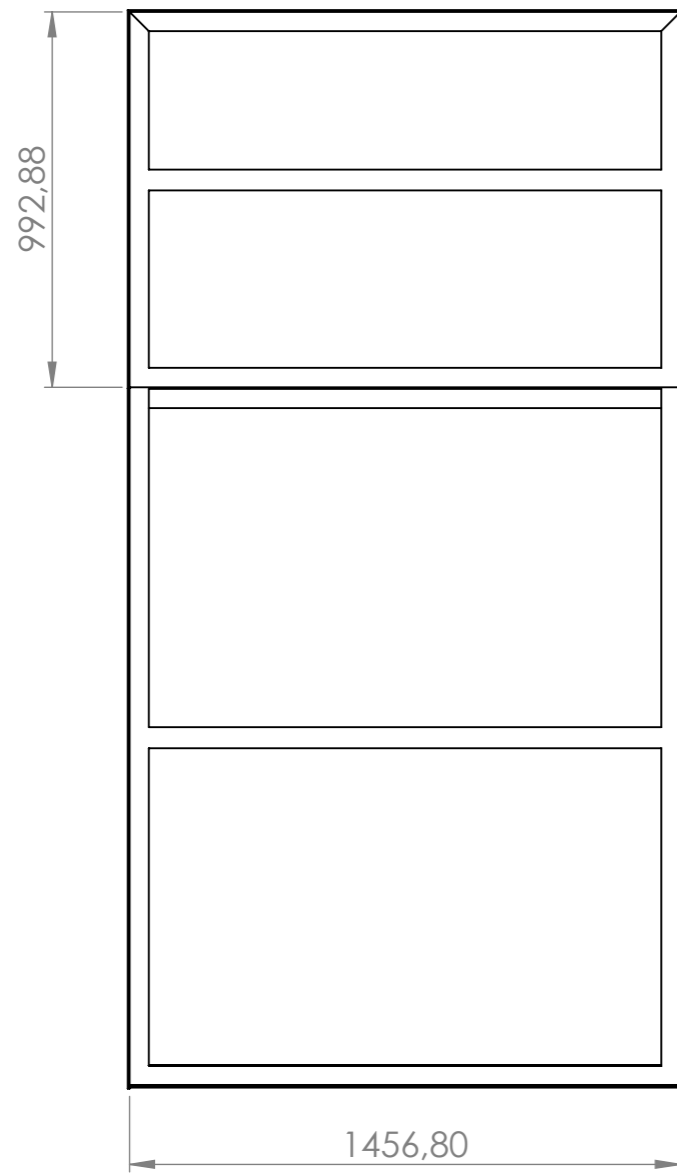
DETALLE B
ESCALA 1 : 2



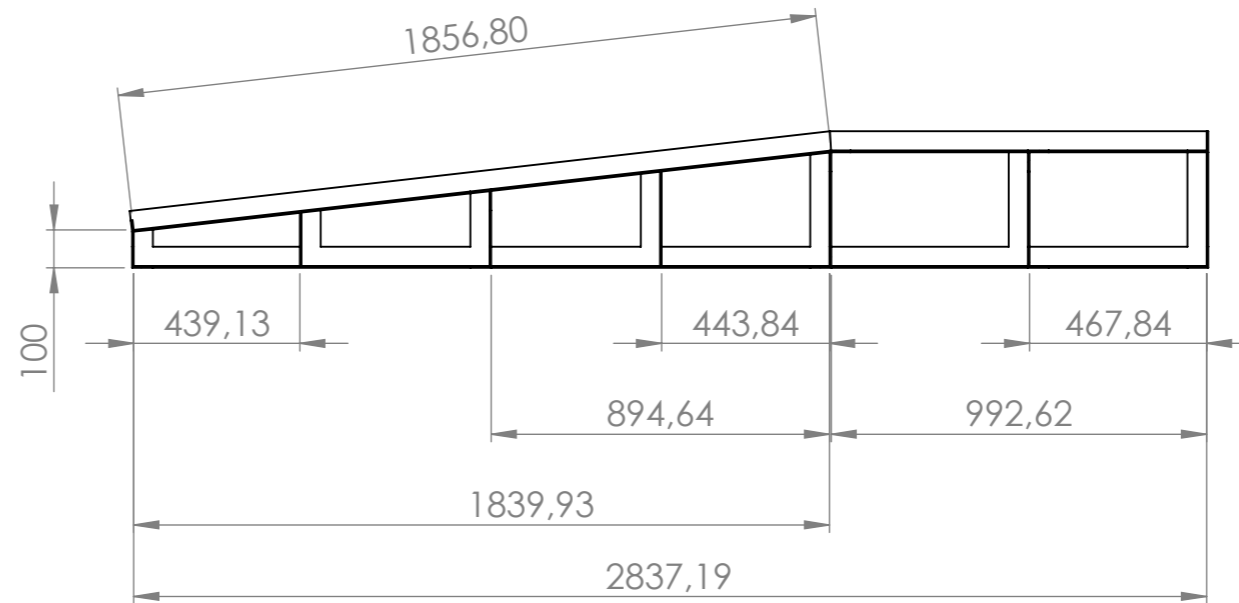
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
mm	Cabina Interna	Material: Lámina de aluminio 3mm espesor	
1:10		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F	




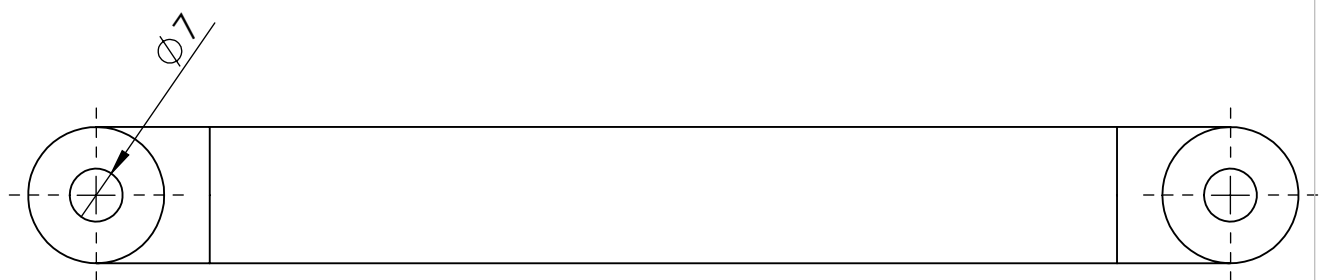
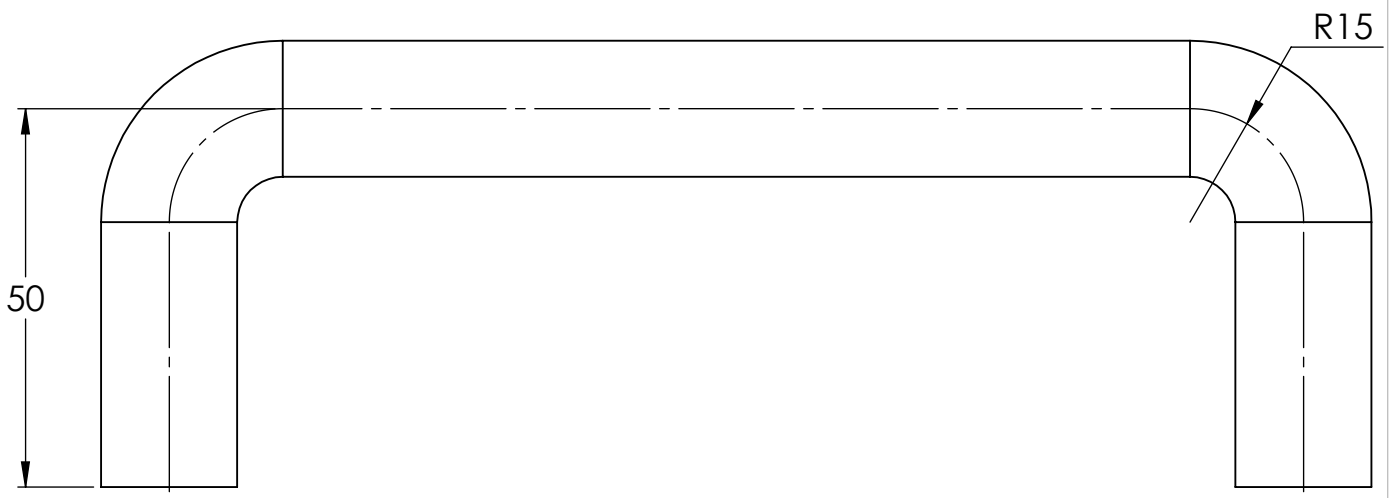
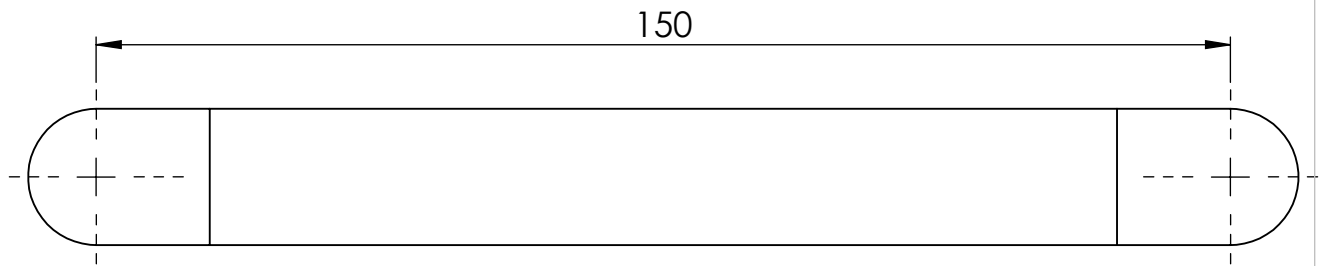
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
mm	Carcasa Cabina	Material: Lámina Acero Galvanizado espesor 3mm	
1:10		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F	




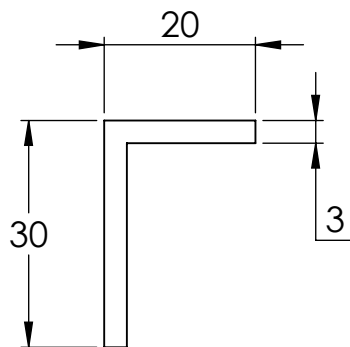
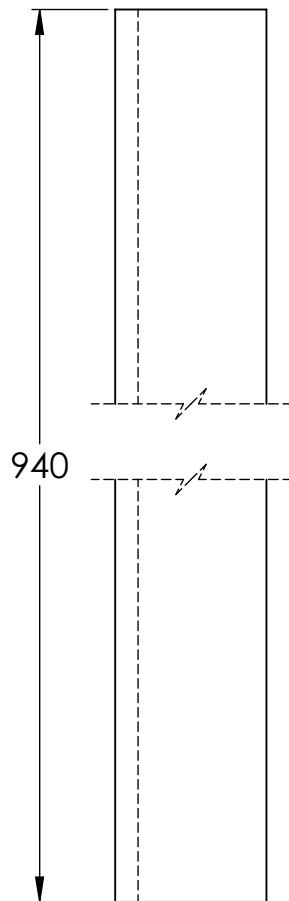
SECCIÓN A-A

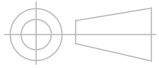


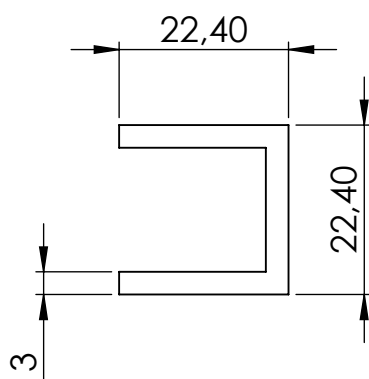
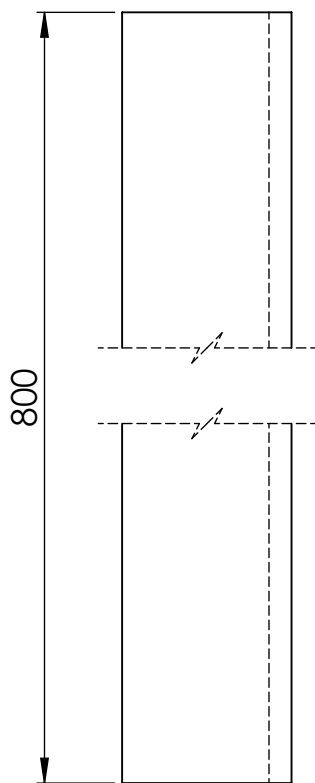
A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA	
mm	Soporte	Material: Perfil en L acero A36 de 2" x 3/16"
1:20		Deshidratador Solar
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F

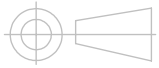


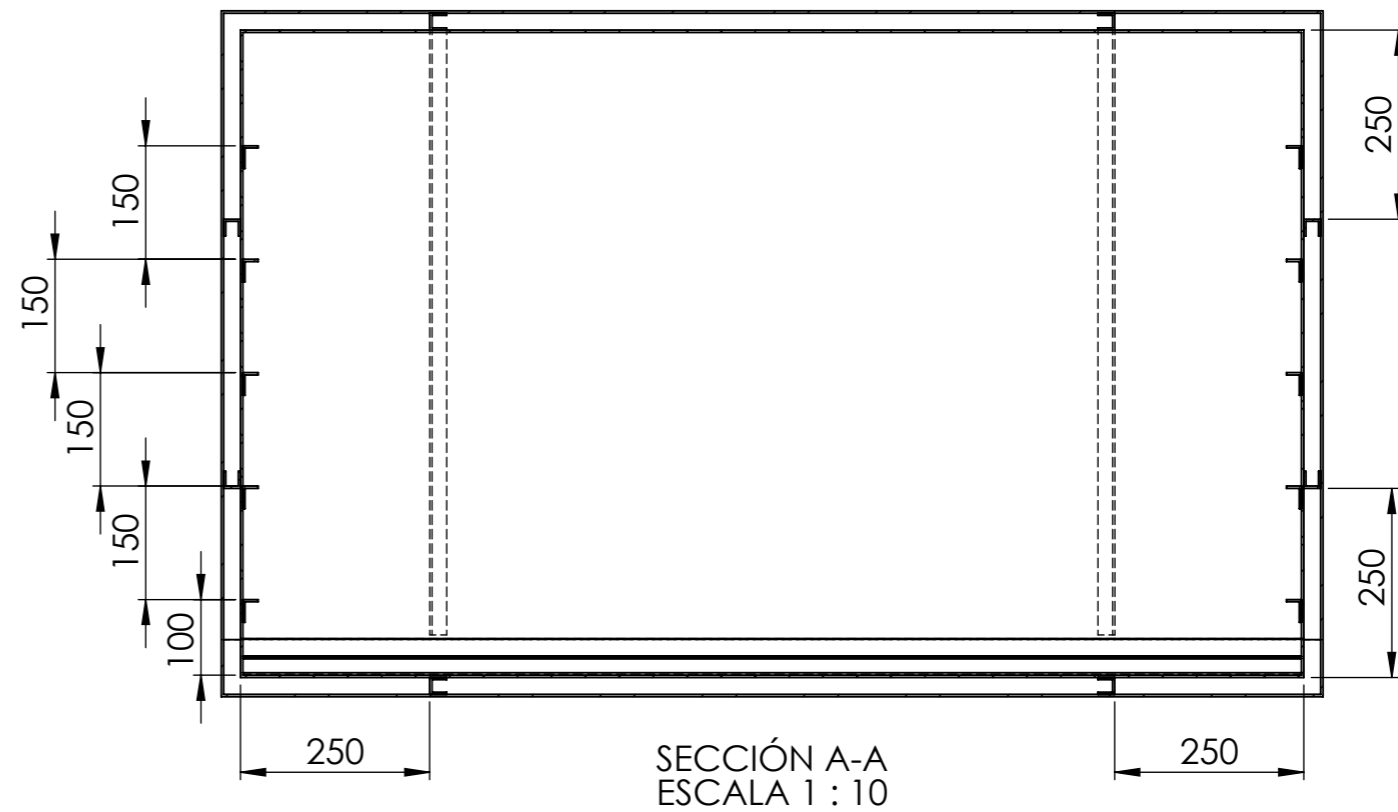
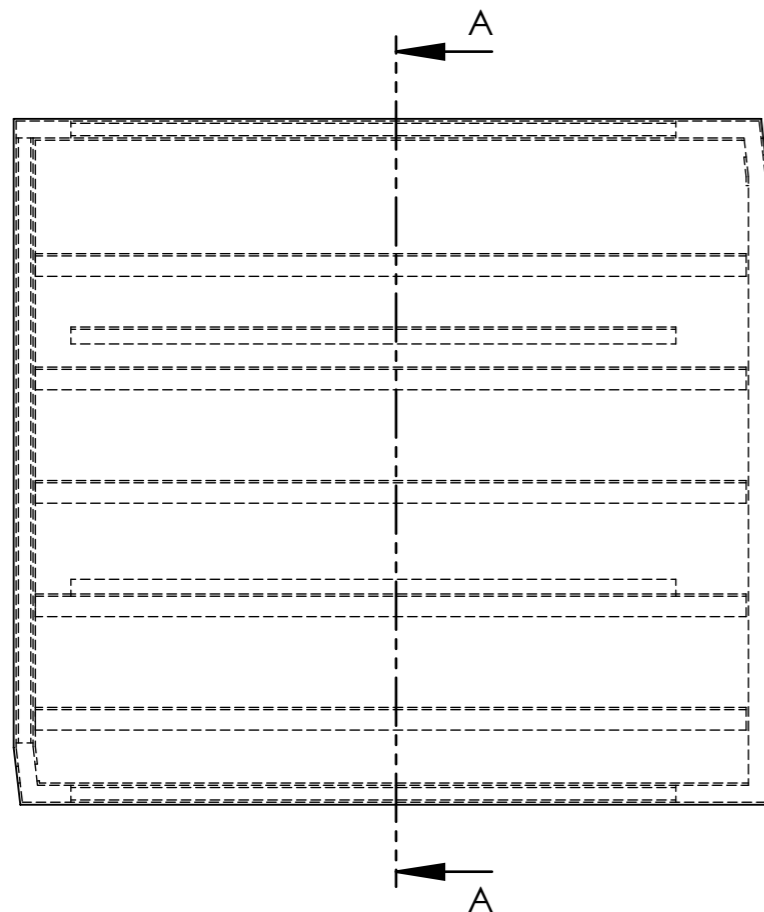
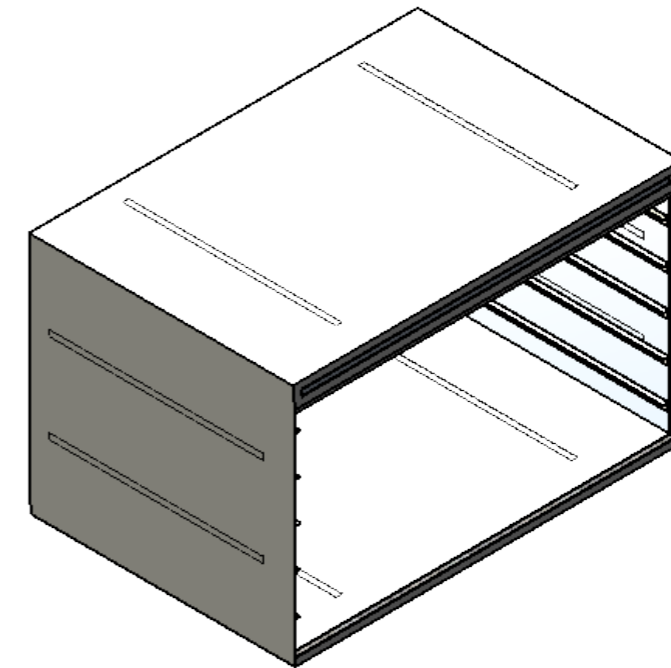
A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Asa	Material: Barra de aluminio diámetro 18 mm	
1:1		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez		ANEXO F




A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Soporte Bandejas	Material: Alumino	
1:1		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	ANEXO F	

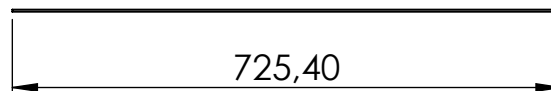
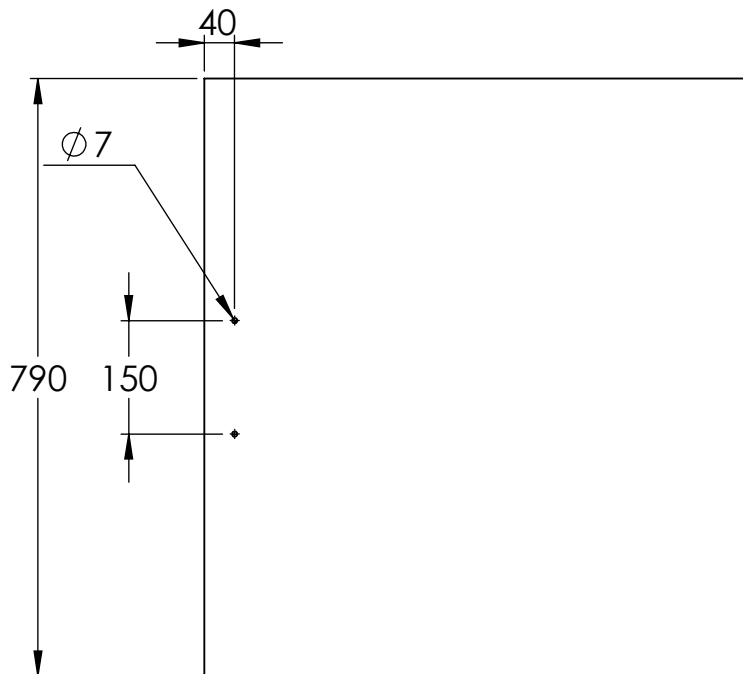


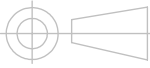
A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Separador Cabinas	Material: Acero Galvanizado	
1:1		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	ANEXO F	

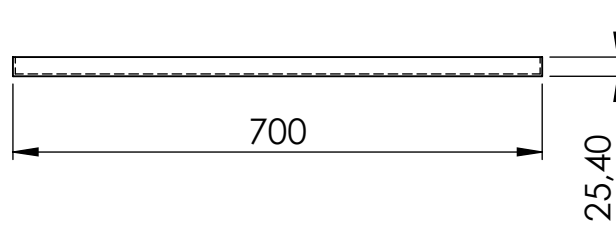
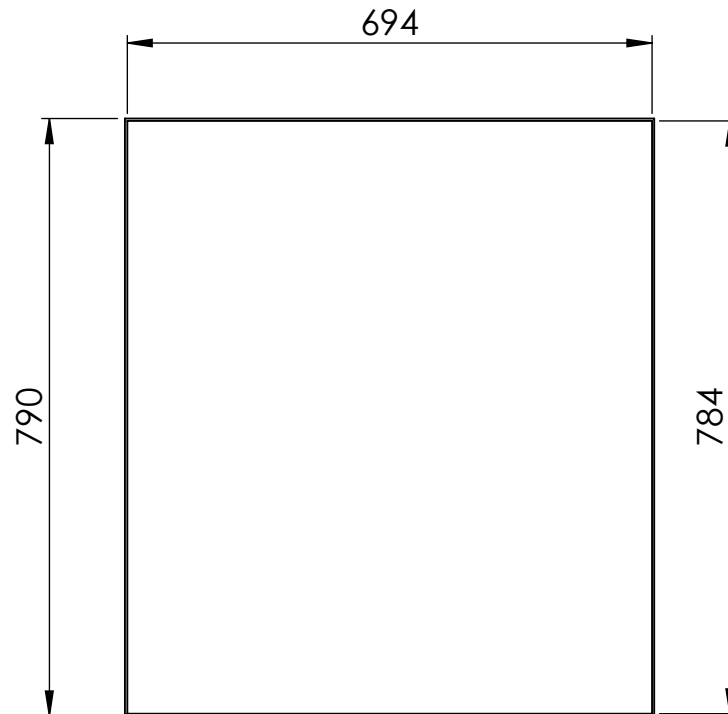



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Cabina Interior	1
2	Cabina Exterior	1
3	Soporte Bandejas	10
4	SEPARADOR CABINAS	10

A3	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA	
mm	Ensamblaje Cabina	
1:10		Deshidratador Solar
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	Anexo F

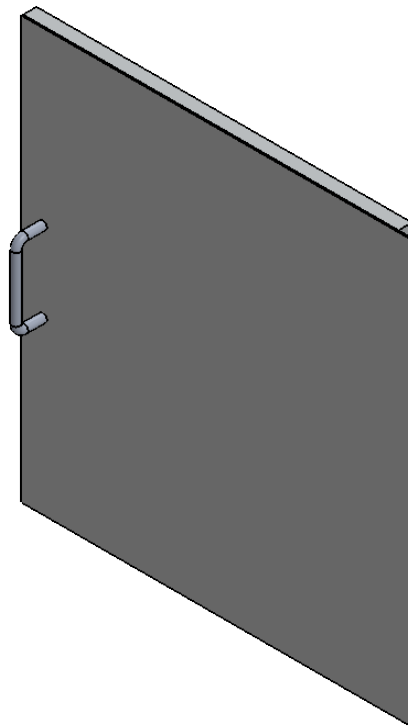



A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Puerta Exterior	Material: Lámina Acero Galvanizado espesor 3mm	
1:10		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez		ANEXO F



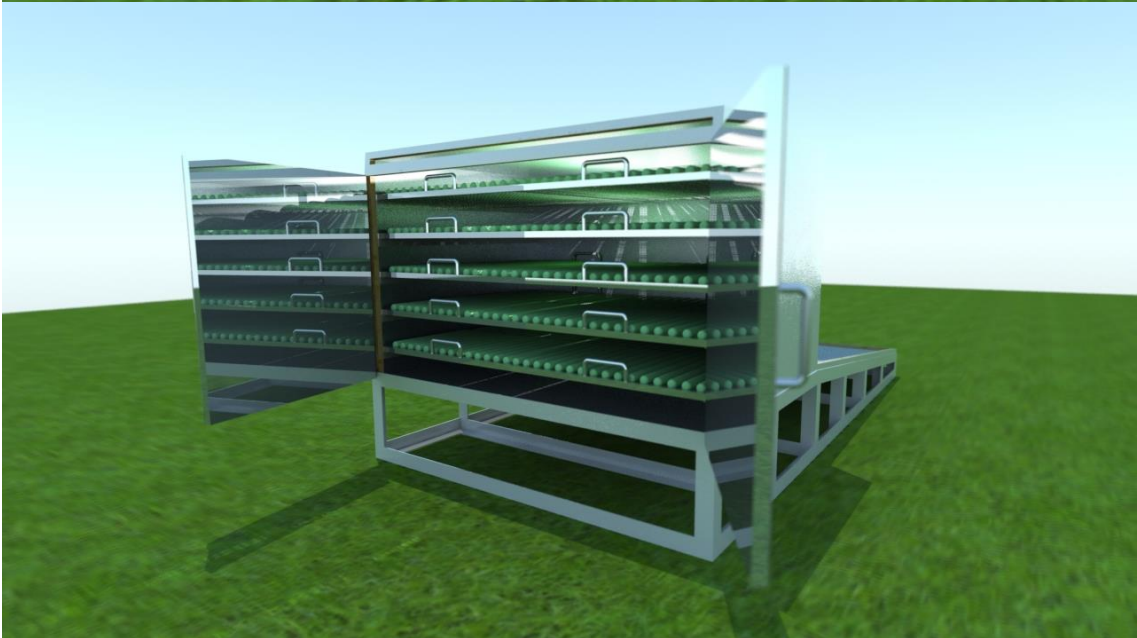
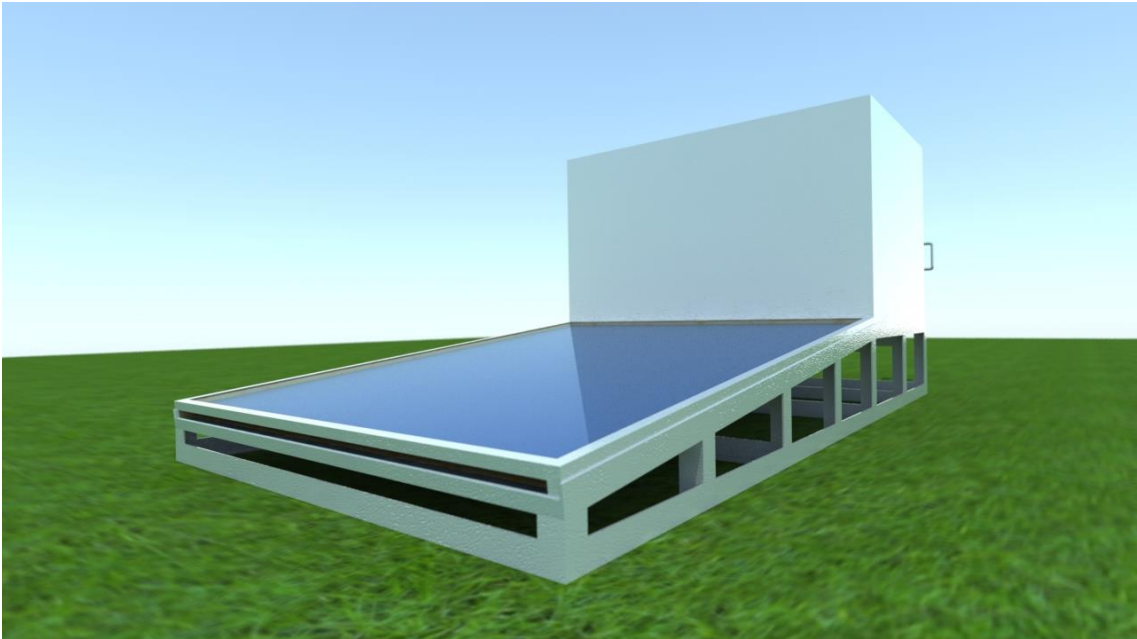
A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Puerta Interior	Material: Lámina Aluminio espesor 3mm	
1:10		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez		ANEXO F

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	PUERTA CARCASA INTERIOR	1
3	Puerta Carcasa Exterior	1
4	Asa Puerta	1



A4	UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA - INGENIERÍA MECÁNICA		
	Ensamble Puerta		
1:10		Deshidratador Solar	
17/1/2019	Fabian Rangel - Andrés Martínez	ANEXO F	

Anexo G. Renderizados Deshidratador



Fuente: Autores del proyecto

Anexo H: Certificado de aprobación Diplomado internacional en Energías Renovables. Andrés Martínez



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Universidad Libre de Colombia
PRESENTE

Por medio de la presente se hace

CONSTAR

Que el **Andrés Ferney Martínez Sepúlveda** acreditó satisfactoriamente el Diplomado Internacional en Energías Renovables.

El Diplomado se impartió en una modalidad mixta, cuyas actividades fueron realizadas del 06 de agosto al 05 de octubre de 2018.

Asimismo, el Diplomado tuvo una duración de 150 horas, de las cuales 50 horas se acreditaron en modalidad presencial en las instalaciones del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara y 100 horas en línea a través de una plataforma virtual de aprendizaje.

La calificación final obtenida por el alumno fue: **98**, la cual es **aprobatoria**.

Se extiende la presente a petición del interésalo, para los fines lícitos a los que haya lugar.

ATENTAMENTE
“Piensa y Trabaja”

Tonalá, Jalisco a 08 de noviembre de 2018


Dr. Carlos Alberto Franco Reboreda
Director de la División



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Av. Nuevo Periférico No. 555 Ejido San José Tatepozco, C.P. 45425
Tonalá, Jalisco. Tel. +52 (33) 20 00 23 00 ext. 64018

Fuente: Autores del proyecto.

Anexo I: Certificado de Aprobación Diplomado Internacional en Energías Renovables. Fabian Rangel



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE TONALÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Universidad Libre de Colombia
PRESENTE

Por medio de la presente se hace

CONSTAR

Que el **Fabián Arturo Rangel Pineda** acreditó satisfactoriamente el Diplomado Internacional en Energías Renovables.

El Diplomado se impartió en una modalidad mixta, cuyas actividades fueron realizadas del 06 de agosto al 05 de octubre de 2018.

Asimismo, el Diplomado tuvo una duración de 150 horas, de las cuales 50 horas se acreditaron en modalidad presencial en las instalaciones del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara y 100 horas en línea a través de una plataforma virtual de aprendizaje.


La calificación final obtenida por el alumno fue: **99**, la cual es **aprobatória**.

Se extiende la presente a petición del interésalo, para los fines lícitos a los que haya lugar.

ATENTAMENTE

"Piensa y Trabaja"

Tonalá, Jalisco a 08 de noviembre de 2018


Dr. Carlos Alberto Franco Reboreda
Director de la División



Av. Nuevo Periférico No. 555 Ejido San José Tatepozco, C.P. 45425
Tonalá, Jalisco. Tel. +52 (33) 20 00 23 00 ext. 64018

Fuente: Autores del Proyecto