

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE COCINA SOLAR DE USO DOMÉSTICO, EMPLEANDO MATERIALES SOSTENIBLES COMPONENTE A: CÁMARA DE COCCIÓN Y SISTEMA DE ORIENTACIÓN ROTACIONAL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

FRANK MATHEO GUERRERO PAREDES

frank.guerrero@epn.edu.ec

DIRECTOR: FIS. YÁNEZ SALCEDO MARCO VINICIO M.Sc.

marco.yanez@epn.edu.ec

DMQ, julio 2022

CERTIFICACIONES

Yo, FRANK MATHEO GUERRERO PAREDES declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



FRANK GUERRERO

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por FRANK MATHEO GUERRERO PAREDES, bajo mi supervisión.



FIS. MARCO YÁNEZ M. Sc
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

FRANK GUERRERO

FIS. MARCO YÁNEZ M. Sc

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y sabiduría para cumplir esta meta. A mi padre Franklin y madre Rebeca, por su incondicional sacrificio, enseñanza y apoyo. Finalmente, a mi hermano Christopher, para servir como su guía.

FRANK

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ser el motor de mi vida, y brindarme siempre todo su apoyo para cumplir cada una de mis metas.

A mis profesores de la Escuela Politécnica Nacional, por transmitirme su conocimiento y exigir lo mejor de mí académicamente para lograr convertirme en profesional.

Al profesor Fis. Marco Yáñez, por haber aceptado dirigir el presente trabajo.

FRANK

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
Energía Solar	2
Energía Solar Térmica.....	3
Clasificación de los Sistemas Solares Térmicos	3
Mecanismos de Transferencia de Calor.....	4
Conducción	4
Convección	4
Radiación	4
Clasificación de la Radiación Solar	4
Influencia de la radiación sobre los materiales	5
Cocina Solar.....	5
Partes de Cocina Solar.....	6
Ventajas de las Cocinas Solares.....	6
Tipos de Cocinas Solares.....	7
Cocinas Solares Concentradoras o de Enfoque Directo	7
Cocinas Solares Tipo Caja	7
Cocinas Solares de Panel	8

Requerimientos de temperatura para cocción de alimentos	9
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1 Definición del prototipo.....	10
Parámetros operacionales y Variables externas	10
Ubicación Geográfica	10
2.2 Diseño conceptual.....	11
Requerimientos del usuario	11
Requerimientos del ingeniero	11
Requerimientos Técnicos	12
Criterio para seleccionar el tipo de cocina solar	12
Diagrama flujo del proceso.....	13
Alternativas para solución.....	14
Soluciones para el módulo cocción de alimento.....	14
Soluciones para el módulo orientar rotacionalmente el concentrador	15
Evaluación y selección de alternativas.....	16
Diseño de detalle de la cámara de cocción	16
Diseño térmico de la cámara de cocción	16
Balance de energía cámara de cocción	17
Variación de energía térmica de la cámara de cocción.....	18
Calor perdido en la cámara de cocción.....	19
Cálculo del coeficiente de convección interna hi	23
Cálculo del coeficiente de convección externa ho	26
Calor de entrada por radiación concentrada.....	27
Eficiencia termodinámica del sistema	28
Diseño de materialización de la cámara de cocción.....	28
Diseño de detalle del sistema de orientación rotacional del concentrador	31
Esfuerzo cortante directo en el pasador.....	31
Esfuerzo por aplastamiento en la placa	32
Esfuerzo por tracción en la placa	32
Esfuerzo cortante en la placa	32
Indicador para orientación acimutal y cenital	33
Orientación acimutal	33
Orientación cenital	34
Diseño de materialización del sistema de orientación rotacional del concentrador y del indicador para orientación acimutal y cenital	34

3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
3.1	Resultados	35
	Resultados cámara de cocción	35
	Comparación con la literatura.....	37
	Resultados sistema orientación rotacional.....	37
	Modelo desarrollado en programa de diseño asistido por computadora	38
	Análisis de costos	38
	Costo de materia prima	38
	Costo mano de obra	39
	Costo proceso de manufactura	39
	Costos varios	39
	Costo final del prototipo de cocina solar	40
3.2	Conclusiones	40
3.3	Recomendaciones	41
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
5.	ANEXOS.....	45
	ANEXO I. CASA DE LA CALIDAD DEL PROTOTIPO.....	45
	ANEXO II. EVALUACIÓN DE CRITERIOS.....	47
	ANEXO III. RECIPIENTE DE LA CÁMARA DE COCCIÓN.....	50
	ANEXO IV. COSTOS DE MATERIALES	51
	ANEXO V. PLANOS DEL PROTOTIPO	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Horno Solar de Odeillo Francia	3
Figura 1.2 Colector Solar Plano	3
Figura 1.3 Central Termo-Solar.....	3
Figura 1.4 Torre Solar.....	3
Figura 1.5 Comportamientos de la radiación en materiales	5
Figura 1.6 Cocina solar tipo caja.....	6
Figura 1.7 Cocina parabólica.....	7
Figura 1.8 Cocina cilíndrica.....	7
Figura 1.9 Cocina posicionamiento	7
Figura 1.10 Caja cerrada.....	8
Figura 1.11 Caja solar	8
Figura 1.12 Cocina abanico.....	9
Figura 1.13 Cocina embudo	9
Figura 2.1 Metodología del trabajo.....	10
Figura 2.2 Cocina solar combinada.....	13
Figura 2.3 Diagrama funcional.	14
Figura 2.4 Caja Cilíndrica	15
Figura 2.5 Caja Trapezoidal	15
Figura 2.6 Caja Pavarti.....	15
Figura 2.7 Sistema Manivela-Engranaje	16
Figura 2.8 Sistema con Pasador	16
Figura 2.9 Esquema del flujo de calor de la cámara de cocción.....	17
Figura 2.10 Circuito de flujo de calor	20
Figura 2.11 Placas inclinadas caja interna	25
Figura 2.12 Geometría placa del sistema de orientación rotacional	31
Figura 2.13 Trayectoria del sol.....	33
Figura 2.14 Orientación acimutal	34
Figura 2.15 Orientación cenital	34
Figura 3.1 Distribución de temperatura en la cámara de cocción.....	35
Figura 3.2 Prototipo desarrollado en programa CAD	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación Sistemas Térmicos.....	3
Tabla 1.2 Cocinas Concentradoras	7
Tabla 1.3 Cocinas Tipo Caja.....	8
Tabla 1.4 Cocinas de Panel.....	9
Tabla 1.5 Temperatura recomendada para cocción de alimentos	9
Tabla 2.1 Datos geográficos ubicación proyecto	11
Tabla 2.2 Especificaciones Técnicas del Prototipo.....	12
Tabla 2.3 Alternativas de solución para cocción de alimento	15
Tabla 2.4 Alternativas de solución para orientar concentrador.....	16
Tabla 2.5 Propiedades del fluido, recipiente y papa.	19
Tabla 2.6 Variables y Propiedades Térmicas de Materiales.....	29
Tabla 2.7 Propiedades térmicas para cálculo de $h_i - vidrio$ y h_i	29
Tabla 2.8 Propiedades térmicas para cálculo de h_o	30
Tabla 3.1 Distribución de temperatura y variables térmicas de la cámara de cocción	35
Tabla 3.2 Pérdidas de calor y eficiencia termodinámica.....	36
Tabla 3.3 Comparación cocina solar con la literatura	37
Tabla 3.4 Dimensiones sistema de pasador	37
Tabla 3.5 Costos de materia prima.....	38
Tabla 3.6 Costo mano de obra	39
Tabla 3.7 Costo proceso de manufactura	39
Tabla 3.8 Costo varios	39
Tabla 3.9 Costo total cocina solar	40

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo diseñar un prototipo de cocina solar para uso doméstico empleando materiales sostenibles y de bajo costo, como una alternativa energética para la cocción de alimentos a partir de energía solar, enfocándose en las condiciones climáticas de Quito-Ecuador. Se realizó una revisión bibliográfica previa sobre la optimización de cocinas solares utilizando reflectores para la concentración de radiación solar, se indican sus elementos, desventajas y ventajas.

Se desarrolló el diseño conceptual, materialización y detalle (térmico y mecánico) de dos elementos de la cocina solar: cámara de cocción y sistema de orientación rotacional; con el propósito de generar un prototipo eficiente con capacidad de cocción para 2.5 litros.

A partir de los resultados del diseño, se realizó configuraciones dimensionales del prototipo en programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD), se elaboraron planos de conjunto y de taller para la cocina solar, finalmente, se presentó un análisis de costos para la construcción del prototipo.

PALABRAS CLAVE: cocina solar, materiales sostenibles, optimización, concentración, radiación.

ABSTRACT

The main goal of this project is to design a prototype of a solar cooker for domestic use using sustainable and low-cost materials, as an energy alternative for cooking food using solar energy, focusing on the climatic conditions of Quito-Ecuador. An earlier bibliographic review was realized on the optimization of solar cookers using reflectors for the concentration of solar radiation, its elements, disadvantages, and advantages are shown.

The conceptual design, materialization, and detail (thermal and mechanical) of two elements of the solar cooker were developed: cooking chamber and rotational orientation system; with the purpose of generating an efficient prototype with a cooking capacity of 2.5 liters.

From the results of the design, dimensional configurations of the prototype were made in a Computer Aided Design (CAD) program, assembly and working drawings of the solar cooker were developed, finally, a cost analysis for the construction was presented.

KEYWORDS: solar cooker, sustainable materials, optimization, concentration, radiation.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Debido a las crisis energéticas en el planeta, desde los inicios del siglo XX se ha impulsado al desarrollo de sistemas de energía aprovechando la radiación solar, sin embargo, países como Ecuador emplean únicamente 5% de energía alternativa en su matriz [1]. El país mantiene casi en su totalidad el uso de combustibles fósiles GLP, energía eléctrica y leña para la cocción de alimentos, generando procesos contaminantes nocivos para el planeta y efecto invernadero.

El desarrollo de un prototipo de cocina solar en el país es idóneo, especialmente en la región sierra por su favorable ubicación geográfica; en la ciudad de Quito la radiación solar global proporciona 4.25 kWh/día [2].

La economía circular procura la reutilización de materiales y productos desechados, permitiendo optimizar los recursos de manufactura en las empresas, generando así un bienestar en las generaciones actuales y futuras [3].

El proyecto desarrollado en el presente trabajo busca generar un diseño eficiente para la construcción de un prototipo de cocina solar, impulsando una economía circular al utilizar materiales de construcción con bajos índices de contaminación para el planeta.

El trabajo se encabeza con la definición del prototipo a diseñar, para lo cual se precisan los parámetros operacionales y requerimientos técnicos de la cocina solar, con una capacidad de cocción para 2.5 litros, lugar de operación en Quito-Ecuador y deseable empleo de materiales sostenibles.

Para empezar el diseño conceptual del prototipo se realiza un flujo del proceso para identificar las funciones de la cocina solar, el presente trabajo desarrollará dos de las cinco funciones, cocción de alimento y orientación del concentrador. Una vez identificado el alcance del trabajo se presentan posibles alternativas de solución para los dos módulos, eligiendo la mejor alternativa a través de criterios ponderados.

A partir de esto, se ejecuta un exhaustivo diseño térmico y de materialización para el módulo de cámara de cocción, utilizando principios de termodinámica y transferencia de calor, así mismo, para el módulo de orientación del concentrador, se desarrolla un análisis mecánico y diseño de materialización para un correcto funcionamiento. Posteriormente, se desarrolla el modelo y planos de construcción del prototipo, para ser construida en trabajos futuros. Finalmente se presentan costos de construcción para evaluar su viabilidad en comparación a otros aparatos del mercado para la cocción de alimentos.

1.1 Objetivo general

Diseñar un prototipo de cocina solar de uso doméstico, empleando materiales sostenibles.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar parámetros operacionales del concentrador solar acorde a investigación bibliográfica.
2. Analizar alternativas y seleccionar la mejor opción.
3. Realizar el diseño del prototipo de cocina solar.
4. Desarrollar configuraciones dimensionales del sistema de concentrador solar en programa de diseño asistido por computadora.
5. Elaborar planos de construcción del concentrador solar.
6. Elaborar un análisis de costos para determinar la viabilidad de la cocina solar.

1.3 Alcance

El presente proyecto tiene el propósito de impulsar la implementación de sistemas energéticos renovables, para reducir el uso de combustibles fósiles y energía eléctrica, los cuales son contaminantes para el medio ambiente. Se diseña una cocina solar doméstica empleando un concentrador, esta operará en la ciudad de Quito-Ecuador, para lo cual, se utilizarán parámetros de operación para la locación geográfica. Se analizarán alternativas de diseño para elegir la idónea y crear un modelo 3D, posteriormente se elabora un análisis de costos y planos de construcción al implementar esta cocina solar.

1.4 Marco teórico

A diferencia del uso del petróleo, carbón, gas natural o madera, al implementar energías renovables para la producción de energía se reducen notablemente los procesos contaminantes por combustión y liberación de gases de efecto invernadero [4]. La energía solar es una alternativa idónea por su aprovechamiento energético.

Energía Solar

Energía que proviene del sol, la cual para su aprovechamiento directo de la radiación se utilizan elementos tecnológicos [5]. Las aplicaciones más comunes de energía solar son: calentamiento de agua sanitaria, climatización de piscinas, cocción de alimentos y calefacción a nivel doméstico [6].

Energía Solar Térmica

Es la mayor fuente de energía inagotable de la Tierra, aproximadamente la energía captada en un año por el planeta es de 5.4×10^{24} [J], lo cual es 4500 veces la energía que se consume en un año en la Tierra [7]. Los Sistemas Solares Térmicos para aprovechar la radiación del sol y su calor, utilizan elementos y/o estructuras mecánicas para transferir la energía hacia un fluido caloportador de trabajo el cual puede ser agua, aceite o aire [5]. Entre las principales estructuras metálicas tenemos los concentradores, colectores y hornos solares como se presenta en la Figura 1.1.






Figura 1.1 Horno Solar de Odeillo Francia
(Fuente: [8])

Clasificación de los Sistemas Solares Térmicos

Su clasificación viene dada por su temperatura de operación, la Tabla 1.1 muestra la categorización.

Tabla 1.1 Clasificación Sistemas Térmicos

De baja Temperatura ($T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$):	De media Temperatura ($100\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 350\text{ }^{\circ}\text{C}$):	De alta temperatura ($T > 350\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Procesos que no alcanzan el punto de ebullición del agua.	Se encuentra en los sistemas industriales.	Utilizados en procesos industriales.
Aplicación principal en los colectores solares para calentamiento de agua sanitaria y preparación de alimentos.	Aplicación en concentradores solares para calentamiento de piscinas, preparación de alimentos y generación de vapor.	Aplicación en hornos y concentradores solares para fundir metal y generación eléctrica mediante vapor.
 <p>Figura 1.2 Colector Solar Plano (Fuente: [9])</p>	 <p>Figura 1.3 Central Termo-Solar (Fuente:[10])</p>	 <p>Figura 1.4 Torre Solar (Fuente:[11])</p>

(Fuente: Propia)

Mecanismos de Transferencia de Calor

La energía se puede representar de varias formas, una de ellas es el calor, el cual puede transferirse por tres modos: la conducción, convección y radiación [8]. Es importante estudiar la interacción del gradiente de temperatura en procesos de transferencia de calor hasta llegar a un punto de equilibrio [12]. Los modos de transferencia de calor se definen a continuación.

Conducción

Transferencia de calor por la interacción en contacto de partículas en estado sólido, líquido o gases, se genera un gradiente de temperatura desde las partículas con más energía a aquellas partículas adyacentes con menor energía.

Convección

Transferencia de calor entre una superficie sólida y un fluido en movimiento con diferente temperatura. La convección puede ser natural, producida por fuerzas de empuje como el gradiente de las densidades de los fluidos o forzada en la cual se genera mecánicamente una diferencia de presiones.

Radiación

Transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz, no es necesario de un medio para la transferencia de calor, un ejemplo claro es la obtención de energía solar en la Tierra [13].

Clasificación de la Radiación Solar

La radiación solar incide en el planeta de diferentes formas, dependiendo de la trayectoria recorrida.

Radiación directa: no posee dispersión alguna al atravesar la atmósfera y su dirección es directa hacia la superficie u objeto.

Radiación difusa: radiación dispersa en todas las direcciones provocada por la presencia de partículas en la atmósfera como las nubes.

Radiación global: sumatoria de la radiación difusa y directa, representa la radiación que incide en la superficie terrestre, en días despejados la radiación directa puede representar el 85% de la radiación global, por otro lado, en días nublados la radiación difusa puede llegar a ser el 100% de la radiación global [14].

Influencia de la radiación sobre los materiales

La radiación solar al llegar a un material semitransparente se generan tres comportamientos, como se observa en la Figura 1.5.

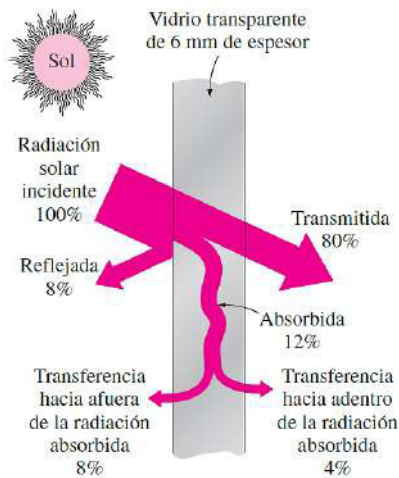


Figura 1.5 Comportamientos de la radiación en materiales
(Fuente: [8])

La primera es la transmisividad (τ) posee una relación de la radiación transmitida con respecto a la radiación incidente, la segunda es la absorptividad (α) la cual relaciona la radiación absorbida e incidente, finalmente, la reflectividad (ρ) relaciona la radiación reflejada e incidente. Cada una de ellas tiene un rango entre 0 y 1, la sumatoria de las tres forma un coeficiente igual a 1 [8].

Cocina Solar

Una aplicación sencilla de la energía solar es la cocción de alimentos a través de una cocina solar, dispositivo en el cual se hierve y calienta comida mediante la focalización y/o acumulación de energía solar [15]. El proceso de cocción al emplear una cocina solar contempla tres etapas.

La primera es la captación de los rayos solares a través de reflectores para direccionarlos hacia una cubierta transparente distribuyendo la radiación solar, en la segunda etapa de almacenamiento la energía se acumula en el interior de una caja y finalmente en la tercera etapa se da una transferencia de energía térmica hacia la olla que contiene los alimentos [16]. Un ejemplo de cocina solar tipo caja se muestra en la Figura 1.6.

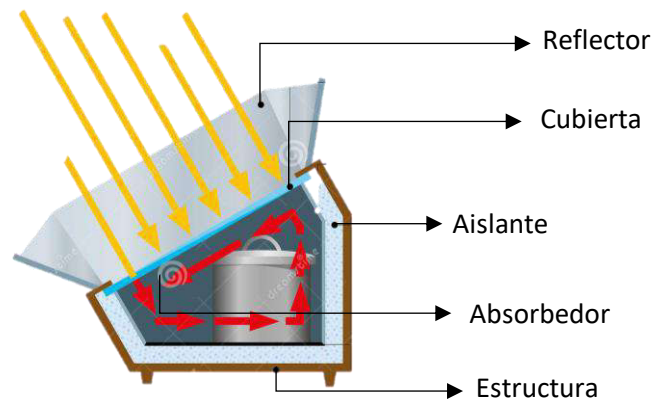


Figura 1.6 Cocina solar tipo caja
(Fuente: [17])

Partes de Cocina Solar

Los componentes de una cocina solar generalmente son cinco:

Estructura: componente el cual sostiene y soporta la cocina, debe brindar rigidez y estabilidad.

Absorbedor: componente principal de la cocina que tiene como objetivo encerrar energía térmica y transferirla hacia la olla.

Reflector: elemento o conjunto de elementos los cuales direccionan la energía solar hacia el absorbedor.

Aislante: elemento que sirve para mantener la energía térmica en el absorbedor y reducir las pérdidas.

Cubierta: componente para producir efecto invernadero, permitiendo ingresar energía solar para contenerla dentro del absorbedor [18].

Ventajas de las Cocinas Solares

Las principales ventajas de una cocina solar son:

- Construcción y operación sencilla.
- Su utilización tiene un costo económico bajo.
- Abastece la necesidad alimentaria de una familia de hasta 5 personas.
- Reduce el uso de combustibles fósiles y energía eléctrica.
- Son seguras y favorecen a la conservación del medio ambiente.




Tipos de Cocinas Solares

En la actualidad existen diversos diseños de cocinas solares, las cuales de forma general pueden ser fabricadas con materiales reciclables y de bajo costo. Además, poseen otras cualidades como mínimo mantenimiento requerido, fácil instalación y gran versatilidad para la preparación de alimentos [18]. Su clasificación puede variar por la geometría de las partes mecánicas: como el soporte estructural, su sistema de seguidor solar, tamaño del reflector, entre otros. En el siguiente apartado se pueden observar diferentes tipos de cocinas solares.

Cocinas Solares Concentradoras o de Enfoque Directo

Emplean un reflector con determinada geometría, para redirigir los rayos solares hacia una superficie de menor área o a un punto focal del equipo donde se encontrará el contenedor de comida [19]. El reflector normalmente se fabrica de materiales reflexivos como plásticos metalizados, metales pulidos o espejos. En la Tabla 1.2 se pueden observar diferentes modelos.

Tabla 1.2 Cocinas Concentradoras

Cocina parabólica	Cocina cilíndrica	Cocina de doble posicionamiento
 <p>Figura 1.7 Cocina parabólica (Fuente:[18])</p>	 <p>Figura 1.8 Cocina cilíndrica (Fuente:[20])</p>	 <p>Figura 1.9 Cocina posicionamiento (Fuente:[21])</p>
<p>En este tipo de cocinas se logran temperaturas altas de operación en tiempos cortos, se requieren reorientaciones cada 15-30 minutos y logran temperaturas de operación mayores a 150 °C [22]. Entre sus principales desventajas se tiene la pérdida de calor por convección con la intemperie y el viento, asimismo, existe el peligro de accidentes por quemadura y deslumbramiento [23].</p>		

(Fuente: Propia)

Cocinas Solares Tipo Caja

En este tipo de cocinas se emplea una cámara aislada térmicamente formando una caja, también posee una cubierta superior normalmente de vidrio para generar un efecto

invernadero dentro de la misma, es decir, permite el ingreso de radiación solar y la retiene para provocar un aumento de temperatura [14]. El interior de la cámara debe ser recubierta con pintura negra, para asimilar un cuerpo negro generando así una mayor absorción de radiación [24]. En las cocinas solares tipo caja, al igual que las cocinas concentradoras se pueden adaptar reflectores para incrementar su eficiencia. En la Tabla 1.3 se pueden observar diferentes modelos.

Tabla 1.3 Cocinas Tipo Caja



Caja Solar Cerrada	
 <p>Figura 1.10 Caja cerrada (Fuente:[17])</p>	 <p>Figura 1.11 Caja solar (Fuente:[23])</p>
<p>Cocinas que requieren bajo presupuesto para su construcción y solo necesitan ser reorientadas cada 2-3 horas, su rango de temperatura se encuentra en el rango de 90-120 °C [22]. Sin embargo, cuando no se emplean reflectores su cocción es más lenta en comparación a las cocinas concentradoras, por otro lado, debido a su diseño se genera condensación en la cámara disminuyendo su eficiencia y genera corrosión en sus paredes [25].</p>	

(Fuente: Propia)

Cocinas Solares de Panel

Como su nombre lo indica, estas cocinas emplean paneles para concentrar la luz solar hacia el contenedor de alimentos. La fabricación para estos modelos es la más sencilla y barata, se utilizan normalmente materiales de bajo costo y reciclados como el cartón o similares, haciendo que su transportación sea fácil [24]. En la Tabla 1.4 se pueden observar diferentes modelos.

Tabla 1.4 Cocinas de Panel

Cocina de panel tipo abanico	Cocina tipo embudo
 <p>Figura 1.12 Cocina abanico (Fuente:[20])</p>	 <p>Figura 1.13 Cocina embudo (Fuente:[26])</p>
<p>Su temperatura de operación puede superar los 180 °C y pueden trabajar incluso con la presencia de nubosidad, además, su reorientación al sol no es de mucha importancia. Una de sus dificultades viene dado por sus materiales débiles de construcción, provocando inestabilidad en la estructura por vientos moderados y reduciendo la vida útil del prototipo [25].</p>	

(Fuente: Propia)

Requerimientos de temperatura para cocción de alimentos

Según el Departamento de Salud R.I los alimentos necesitan una temperatura interna mínima de cocción para eliminar completamente sus gérmenes [27]. En la Tabla 1.5 se presenta la temperatura mínima de cocción de varios tipos de elementos.

Tabla 1.5 Temperatura recomendada para cocción de alimentos

Tipo de alimento	Temperatura de cocción mínima
Frutas y vegetales cocidos	63 °C
Carne de animales de corral Pescado. Huevos cocidos o fritos. Tubérculos	75 °C

(Fuente: [27])

2. METODOLOGÍA

La metodología del trabajo posee un enfoque en el procedimiento de diseño concurrente [28], el cual tiene posee pasos a seguir como se indica esquemáticamente en la Figura 2.1.

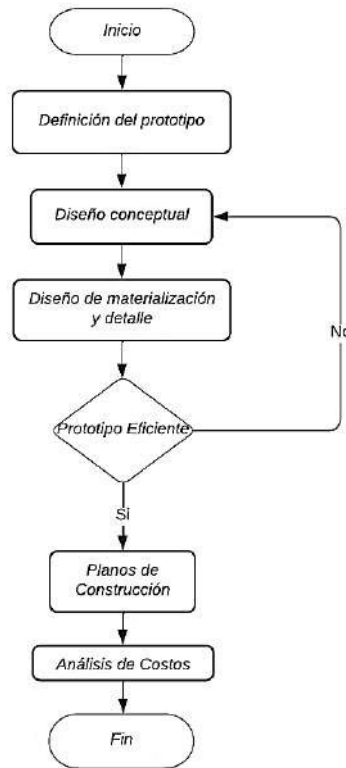


Figura 2.1 Metodología del trabajo
(Fuente: propia)

2.1 Definición del prototipo

Para el diseño de la cocina solar se deben establecer los parámetros, requerimientos y limitaciones del prototipo para cumplir con los objetivos planteados durante su desarrollo. El modelo será enfocado para uso doméstico en la ciudad de Quito-Ecuador, asimismo, en su diseño se considerarán el uso de materiales de bajo costo.

Parámetros operacionales y Variables externas

A continuación, se detallarán las condiciones iniciales para la realización del proyecto.

Ubicación Geográfica

La locación geográfica donde se encontrará la cocina solar influirá directamente en su rendimiento debido a la radiación solar presente. El prototipo será diseñado para funcionar

en el centro norte de Quito, provincia de Pichincha. En la Tabla 2.1 se encuentran los datos geográficos para su ubicación.

Tabla 2.1 Datos geográficos ubicación proyecto

Cantón	Quito
Región	Sierra
Longitud	78°29'50.1"O
Latitud	0°11'31.4"S
Altitud	2818 [m.s.n.m]

(Fuente: propia)

Las especificaciones y características del prototipo se detallan de manera más basta en el siguiente capítulo.

2.2 Diseño conceptual

El diseño para la cocina solar tiene como objetivos principales el uso de energía sustentable y emplear materiales sostenibles para su construcción, para ello se establecerán requerimientos del usuario para planificar la calidad del prototipo durante su ciclo de vida.

Requerimientos del usuario

- Cocina fácil de transportar.
- Liviana.
- Fácil de ensamblar.
- Cocción de alimentos en tiempo adecuado.
- Segura para las personas.
- Prototipo amigable al medio ambiente.
- Precio asequible.
- Funcione con energía solar.

Una vez conocidos los requerimientos del cliente se debe traducirlos a carácter técnico a través de los requerimientos del ingeniero.

Requerimientos del ingeniero

- Uso en exteriores.
- Peso adecuado del prototipo.
- Diseño modular.
- Funcionalidad.

- Ergonomía.
- Materiales Sostenibles.
- Precio.
- Regulable angularmente.

Posteriormente se emplea la casa de la calidad, la cual es una herramienta para analizar y comparar posibles soluciones de la cocina solar, esta es útil para establecer los requerimientos técnicos del prototipo [28]. La casa de la calidad se puede observar en el ANEXO I.

Requerimientos Técnicos

Al concluir la casa de la calidad, las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Especificaciones Técnicas del Prototipo

Empresa cliente: Laboratorio de Energías Alternativas EPN		Producto: Diseño de cocina solar para uso como cocina doméstica		Fecha inicial: 26/04/2022
Diseñadores: Guerrero Frank Morales Edison				Ultima revisión: 14/07/2022
Página: 1/1				
ESPECIFICACIONES				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	14/07/22	C	R	Cocción y calentamiento de alimentos con rango de temperatura 70-150 °C
Capacidad	14/07/22	I	D	Capacidad de cocción para 2.5 litros
Energía	14/07/22	C+I	R	Energía Solar
Tiempo	14/07/22	C+I	D	Tiempo de cocción, máximo en 60 minutos
Materiales	14/07/22	C+I	R	Materiales de bajo costo y seguros
Mantenimiento	14/07/22	I	R	Fácil montaje y desmontaje para su transporte
Peso	14/07/22	I	D	Peso menor a 50 kg
Regulable	14/07/22	I	R	Sistema rotacional cenital de 0-180°

Propone: C=Cliente, I=Ingeniería **R/D:** R=Requerimiento, D=Deseo
(Fuente: Propia)

Criterio para seleccionar el tipo de cocina solar

Previamente a definir el proceso del prototipo, se debe elegir el tipo de cocina solar a diseñar. Como se puede evidenciar en el capítulo anterior, existen tres tipos: concentradoras, tipo caja y panel. Estos prototipos pueden funcionar adecuadamente para para el objetivo del trabajo, debido que alcanzan temperaturas mayores a 75 °C

(temperatura adecuada para cocción de alimentos en general) y cumplen con las especificaciones técnicas antes planteadas. Sin embargo, cada diseño tiene sus ventajas y desventajas. Las cocinas concentradoras alcanzan altas temperaturas en poco tiempo, no obstante, pueden ser peligrosas provocando quemaduras, poseen un mayor costo de fabricación y no son eficientes al existir nubosidad [18], por otro lado, las cocinas tipo caja son seguras y fáciles de construir, pero, tienen un proceso lento de cocción. Por lo tanto, la cocina solar a elegir será tipo panel por su cómoda manufactura y buena eficiencia energética.

Existe un diseño con variación de la cocina tipo panel, denominada “panel-concentradora” como se observa en la Figura 2.2. Este prototipo combinado con caja y reflectores alcanza rápidamente temperaturas mayores a 180 °C [29], permitiendo una segura y adecuada cocción de alimentos, aprovecha energéticamente la concentración de rayos solares y el efecto invernadero dentro de su cámara de cocción. Por ende, se elige la cocina solar combinada tipo panel-concentradora para ser diseñada, además se trata de un prototipo innovador.



Figura 2.2 Cocina solar combinada
(Fuente:[30])

Diagrama flujo del proceso

Los flujos de proceso indican el procedimiento del producto a diseñar, mostrando y explicando las funciones principales y secundarias del proceso desde su principio hasta su fin. Una vez identificado sus funciones se plantean soluciones posibles para elegir la más viable. En la Figura 2.3 se encuentra el diagrama de flujo para el diseño de cocina solar.

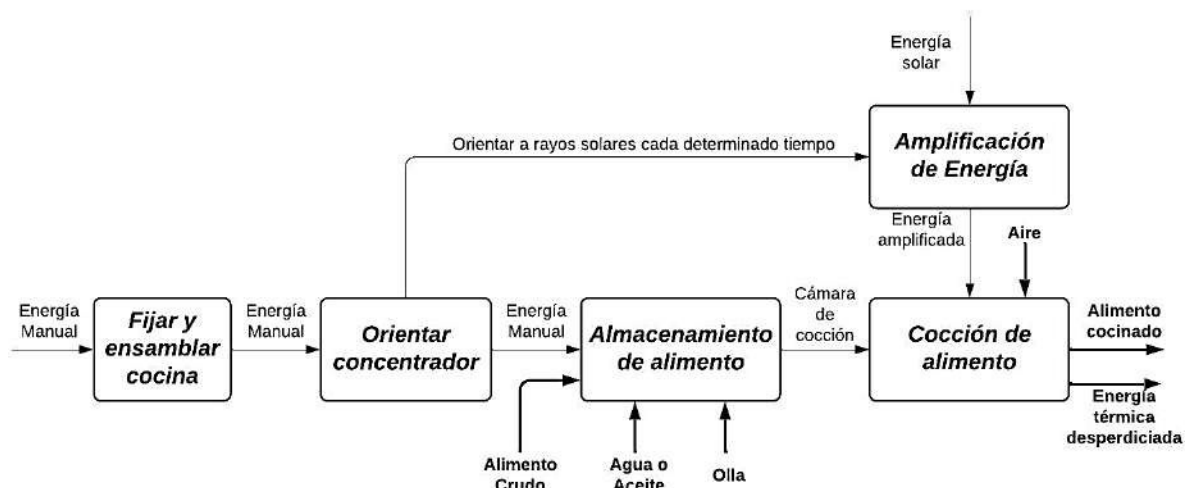


Figura 2.3 Diagrama funcional.
(Fuente: Propia)

Alternativas para solución

El módulo 1: Amplificación de energía. Módulo 2: Fijar y ensamblar cocina. Y el módulo 3: Almacenamiento de alimento. Se desarrollan en el componente B del proyecto.

Por ende, en el presente trabajo se desarrollan los siguientes módulos:

Módulo 4: Cocción de alimento.

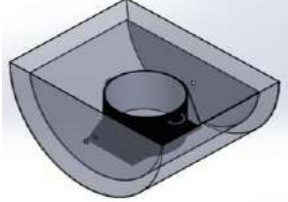
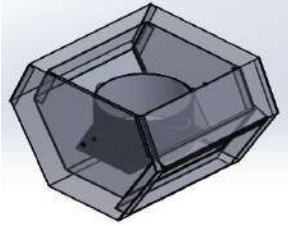
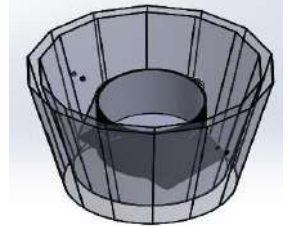
Módulo 5: Orientar concentrador.

Soluciones para el módulo cocción de alimento

Como se indicó en el capítulo anterior en la Figura 1.6, el absorbedor es una parte fundamental de la cocina solar. Para el caso de una cocina tipo panel-concentradora el absorbedor contempla una cámara de cocción (caja), aislante y cubierta, además, dentro de la misma se encontrará la olla portadora de alimentos.

La cámara de cocción debe permitir encerrar la energía térmica y transferirla a la olla, sus dimensiones deben ser accesibles para el ingreso fácil y manipulación de una olla, su forma de igual manera debe ser estable y permitir la rotación del sistema para ser redirigida a los rayos solares cada cierto intervalo de tiempo. La Tabla 2.3 muestra diferentes alternativas de geometría para el diseño de este componente.

Tabla 2.3 Alternativas de solución para cocción de alimento

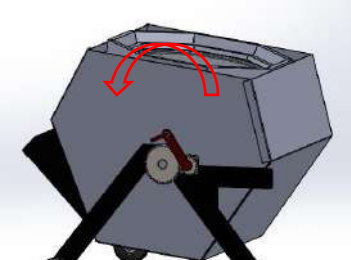
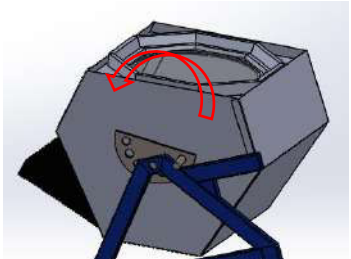
Tipo	Características	Esquema
<p>Caja Cilíndrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil construcción y mantenimiento. - Mayor tamaño y pérdida energética por convección en sus paredes en comparación a los otros modelos. - Dificultad para realizar compuerta de cómodo acceso a la olla. 	 <p>Figura 2.4 Caja Cilíndrica (Fuente: Propia)</p>
<p>Caja Trapezoidal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil construcción y mantenimiento. - Su geometría reduce las pérdidas por convección y el uso excesivo de aislante. - Es más sencillo realizar una compuerta de fácil acceso en comparación a los otros modelos. 	 <p>Figura 2.5 Caja Trapezoidal (Fuente: Propia)</p>
<p>Caja Pavarti</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compleja construcción y mantenimiento. - Su geometría con múltiples paneles permite la reflexión de rayos solares para incrementar la temperatura dentro de la cámara [24]. - Dificultad para realizar compuerta de cómodo acceso a la olla. 	 <p>Figura 2.6 Caja Pavarti (Fuente: Propia)</p>

(Fuente: Propia)

Soluciones para el módulo orientar rotacionalmente el concentrador

Esta función permite rotar en su propio eje a la cámara de cocción y reflectores, de tal manera que quede fija y los rayos solares se dirijan perpendicularmente hacia el absorbedor, cabe recalcar que el sistema debe ser reorientado cada cierto intervalo de tiempo para seguir el movimiento del sol durante su operación. En la Tabla 2.4 se han considerado dos posibles soluciones para esta función.

Tabla 2.4 Alternativas de solución para orientar concentrador

Tipo	Características	Esquema
<p>Manivela-Engranaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Rotación manual para transmitir movimiento circular a través de ruedas dentadas. – Capacidad de transmisión de gran potencia. – Bajo mantenimiento. – Sistema costoso y difícil de fabricar [31]. 	 <p>Figura 2.7 Sistema Manivela-Engranaje (Fuente: Propia)</p>
<p>Pasador</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Necesita de rotación manual y se lo asegura a través de un pasador. – Fácil construcción y mantenimiento. – El costo de fabricación es bajo. – Sistema desmontable. – Gran resistencia a esfuerzos cortantes. 	 <p>Figura 2.8 Sistema con Pasador (Fuente: Propia)</p>

(Fuente: Propia)

Evaluación y selección de alternativas

Para poder elegir la solución más conveniente, se empleará el método de criterios ponderados [28]. Los criterios de valoración a analizar para el almacenamiento y cocción de alimento son: dificultad de fabricación, mantenimiento, rendimiento, costo y peso. Por otro lado, el componente para orientar concentrador tiene los siguientes criterios: dificultad de fabricación, mantenimiento, costo, mecanismo sencillo y cómodo.

La evaluación de los criterios se detalla en el ANEXO II.

Diseño de detalle de la cámara de cocción

Este apartado tiene como objetivo obtener diseños funcionales del sistema cumpliendo con los requerimientos del producto.

Diseño térmico de la cámara de cocción

Durante el desarrollo del diseño térmico, se realizará un estudio de transferencia de calor para obtener información con respecto a la interacción entre la cámara de cocción y el

medio ambiente. Las consideraciones y parámetros de diseño para realizar el balance de energía son los siguientes:

- Sistema estable con masa fija.
- Flujo estacionario.
- Fluido de trabajo incomprensible con propiedades constantes (agua líquida en recipiente para cocción de alimentos).

Balance de energía cámara de cocción

El flujo de calor desde del recipiente contenedor de fluido y alimento, hacia la cámara de cocción se muestra en la Figura 2.9, se considera transferencia de calor por medios de convección, conducción y radiación.

La cámara de cocción posee 5 elementos principales: recipiente contenedor de alimentos, caja interna, material aislante, caja externa y una cubierta de vidrio.

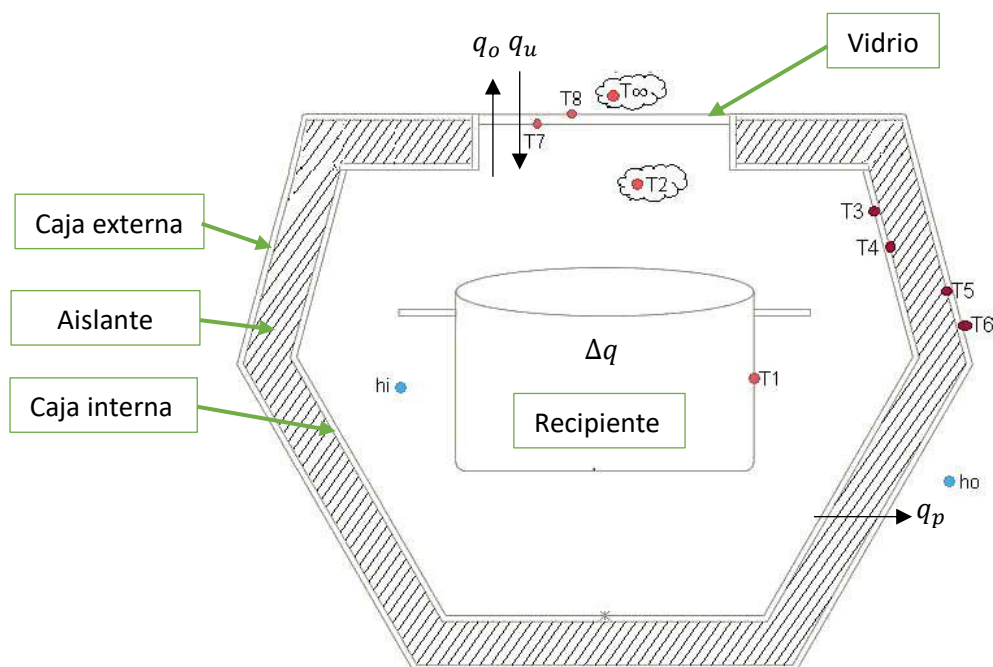


Figura 2.9 Esquema del flujo de calor de la cámara de cocción.
(Fuente: Propia)

Donde:

T_1 : Temperatura del recipiente. [K]

T_2 : Temperatura del aire en el interior de la cámara. [K]

T_3 : Temperatura de pared interior de la caja interna. [K]

T_4 : Temperatura de pared exterior en la caja interna. [K]

T_5 : Temperatura de pared interior en la caja externa. [K]
 T_6 : Temperatura de pared exterior en la caja externa. [K]
 T_7 : Temperatura en el interior del vidrio. [K]
 T_8 : Temperatura en el exterior del vidrio. [K]
 T_∞ : Temperatura ambiente. [K]
 h_i : Coeficiente de convección en el interior de la cámara. [W/m²K]
 h_o : Coeficiente de convección en el exterior de la cámara. [W/m²K]
 q_u : Calor de entrada por la radiación solar concentrada. [W]
 q_o : Calor perdido en la parte superior por el vidrio. [W]
 q_p : Calor perdido por los lados de la caja. [W]
 Δq : Variación de calor en el sistema. [W]

La ecuación (2.1) muestra el principio de conservación de energía para un sistema:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad (2.1)$$

Donde:

E_{entra} : Energía que ingresa al sistema [J]
 E_{sale} : Energía que sale del sistema [J]
 $\Delta E_{sistema}$: Cambio de energía térmica del sistema [J]

Variación de energía térmica de la cámara de cocción

El cambio de energía térmica en el sistema busca calentar el fluido de trabajo para la cocción, en este caso de estudio se trata de agua líquida a temperatura ambiente, por otro lado, el recipiente para contener este fluido es una olla de aluminio por sus buenas propiedades térmicas, bajo peso y costo. El proyecto se diseña para un alimento con alto contenido de humedad, para ello se elige una porción de papas equivalente para tres personas [18]. Por ende, el cambio de energía térmica viene dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta E_{sistema} = \Delta U_{H2O} + \Delta U_{Aluminio} + \Delta U_{Papa} \quad (2.2)$$

$$\Delta E_{sistema} = (m * C_p * \Delta T)_{H2O} + (m * C_p * \Delta T)_{Al} + (m * C_p * \Delta T)_{Papa}$$

Donde:

m : Masa. [kg]
 c_p : Calor específico. [$\frac{kJ}{kg K}$]
 ΔT : Variación de temperatura. [K]

Consideraciones: el fluido de trabajo es agua con una temperatura ambiente igual a 16 °C, y su temperatura final para ebullición es igual a 91 °C en la ciudad de Quito [32]. Además, para el recipiente, el cual trabaja a presión atmosférica, se utilizó una aleación de aluminio

ennegrecido (negro mate) que cumpla con los estándares para utensilio de cocina según norma INEN NTE 2361:2005 [31]. El aluminio recubierto de color negro puede alcanzar una absorptividad cercana a 0.92 [33]. El recipiente se lo detalla en el ANEXO III.

Las características del fluido y del recipiente se muestran en la Tabla 2.5 .

Tabla 2.5 Propiedades del fluido, recipiente y papa.

Características del fluido		Características del recipiente Aluminio	
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Volumen	2.5 [l]	Masa	0.6 [kg]
Densidad	998.65 [kg/m ³]	Calor específico	0.883 [kJ/kg K]
Calor específico	4.205 [kJ/kg K]		
Características del alimento			
Parámetro	Valor		
Masa	0.5 [kg]		
Calor específico	3.4 [kJ/kg K]		

(Fuente: [34], [35])

Se establece un intervalo de tiempo Δt para que el agua alcance su punto de ebullición, el alimento llegue a la misma temperatura (91 °C) durante su cocción y el recipiente alcance una temperatura T_1 definida posteriormente. A partir de la ecuación (2.1) de conservación de energía para la cámara de cocción, se emplea un balance de transferencia de calor en el sistema, el cual se establece de la siguiente manera:

$$q_u - (q_o + q_p) = \frac{\Delta E_{sistema}}{\Delta t} \quad (2.3)$$

Donde:

Δt : Variación de tiempo. [s]

Calor perdido en la cámara de cocción

Para realizar el diseño térmico del sistema, se establece un circuito con resistencias térmicas como se muestra esquemáticamente en la Figura 2.10. La transferencia de calor total perdida por las paredes y vidrio ($q_o + q_p$) en la cámara de cocción, se la puede determinar con el circuito.

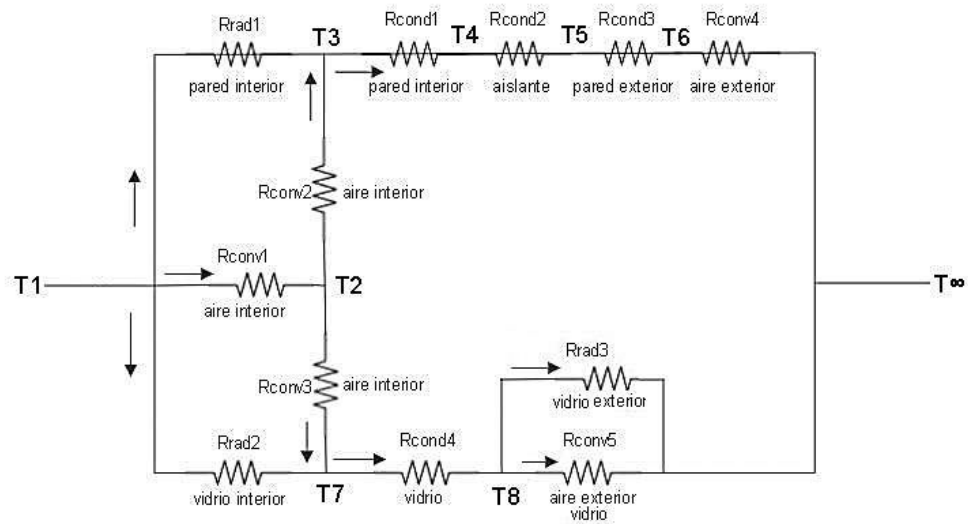


Figura 2.10 Circuito de flujo de calor
(Fuente: Propia)

Para resolver el circuito, es necesario aplicar ecuaciones de transferencia de calor con resistencias térmicas:

Transferencia de calor por conducción:

$$q_{cond} = \frac{\Delta T}{R_{cond}} \quad (2.4)$$

$$R_{cond} = \frac{l}{k * A}$$

Donde:

q_{cond} : Calor por conducción. [W]

ΔT : Variación de temperatura. [K]

l : Espesor del material. [m]

k : Conductividad térmica del material. [$\frac{W}{m \cdot K}$]

A : Área transversal al flujo del calor. [m^2]

Transferencia de calor por convección:

$$q_{conv} = \frac{\Delta T}{R_{conv}} \quad (2.5)$$

$$R_{conv} = \frac{1}{h * A_s}$$

Donde:

q_{conv} : Calor por convección. [W]

ΔT : Variación de temperatura. [K]

h : Coeficiente de convección. $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$

A_s : Área superficial. $[m^2]$

Transferencia de calor por radiación:

$$q_{rad} = \frac{(T_s - T_{alr})}{R_{rad}}$$
$$R_{rad} = \frac{1}{h_{rad} A_s} \quad (2.6)$$
$$h_{rad} = \varepsilon * \sigma * (T_s^2 + T_{alr}^2) * (T_s + T_{alr})$$

Donde:

q_{rad} : Calor por radiación. $[W]$

T_s : Temperatura superficial. $[K]$

T_{alr} : Temperatura alrededores. $[K]$

ε : Emisividad de la superficie.

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Constante de Stefan-Boltzmann. $[\frac{W}{m^2} \cdot K^4]$

A_s : Área superficial. $[m^2]$

Para determinar cada una de las temperaturas y transferencia de calor total, en la cámara de cocción, se realiza un análisis térmico en los siguientes nodos:

Nodo T3 a T4 y T4 a T5.

$$q_{3-4} = q_{4-5}$$
$$\frac{(T_3 - T_4)}{R_{cond1}} = \frac{(T_4 - T_5)}{R_{cond2}} \quad (2.7)$$
$$\frac{k_{caja_in} * A_{caja_in} * (T_3 - T_4)}{l_{caja_in}} = \frac{k_{ais} * A_{ais} * (T_4 - T_5)}{l_{ais}}$$

Donde:

k_{caja_in} : Conductividad térmica de la caja interna. $[\frac{W}{m \cdot K}]$

A_{caja_in} : Área transversal de la caja interna. $[m^2]$

l_{caja_in} : Espesor de la caja interna. $[m]$

k_{ais} : Conductividad térmica del aislante. $[\frac{W}{m \cdot K}]$

A_{ais} : Área transversal del aislante. $[m^2]$

l_{ais} : Espesor del aislante. $[m]$

Nodo T5 a T6 y T6 a T_∞ .

$$q_{5-6} = q_{6-\infty} \quad (2.8)$$

$$\frac{(T_5 - T_6)}{R_{cond3}} = \frac{(T_6 - T_\infty)}{R_{conv4}}$$

$$\frac{k_{caja_ex} * A_{caja_ex} (T_5 - T_6)}{l_{caja_ex}} = h_o * A_{caja_ex} * (T_6 - T_\infty)$$

Donde:

k_{caja_ex} : Conductividad térmica de la caja externa. [$\frac{W}{m \cdot K}$]

A_{caja_ex} : Área transversal de la caja externa. [m^2]

l_{caja_ex} : Espesor de la caja externa. [m]

Nodo T7 a T8 y T8 a T_∞ .

El calor perdido por convección y radiación en el exterior del vidrio $q_{8-\infty} = 64.07 [W]$ y su temperatura exterior del vidrio $T_8 = 353 [K]$, son otorgados por el componente B del presente trabajo.

$$q_{7-8} = q_{8-\infty}$$

$$\frac{(T_7 - T_8)}{R_{cond4}} = q_{8-\infty} \quad (2.9)$$

$$\frac{k_{vidrio} * A_{vidrio} (T_7 - T_8)}{l_{vidrio}} = q_{8-\infty}$$

Donde:

k_{vidrio} : Conductividad térmica del vidrio. [$\frac{W}{m \cdot K}$]

A_{vidrio} : Área transversal del vidrio. [m^2]

l_{vidrio} : Espesor del vidrio. [m]

Nodo T1 a T2, T2 a T3 y T2 a T7.

$$q_{1-2} = q_{2-3} + q_{2-7}$$

$$\frac{(T_1 - T_2)}{R_{conv1}} = \frac{(T_2 - T_3)}{R_{conv2}} + \frac{(T_2 - T_7)}{R_{conv3}} \quad (2.10)$$

$$h_i * A_{olla} * (T_1 - T_2) = h_i * A_{caja_in} * (T_2 - T_3) + h_{i-vidrio} * A_{vidrio} * (T_2 - T_7)$$

Donde:

A_{olla} : Área superficial de la olla. [m^2]

Nodo T3 a T4, T1 a T3 y T2 a T3.

$$q_{3-4} = q_{1-3} + q_{2-3}$$

$$\frac{(T_3 - T_4)}{R_{cond1}} = \frac{(T_1 - T_3)}{R_{rad1}} + \frac{(T_2 - T_3)}{R_{conv2}} \quad (2.11)$$

$$\frac{k_{caja_in} * A_{caja_in} * (T_3 - T_4)}{l_{caja_in}} = \varepsilon_{caja_in} * A_{caja_in} * \sigma * (T_1^4 - T_3^4) + h_i * A_{caja_in} * (T_2 - T_3)$$

Donde:

ε_{caja_in} : Emisividad de la caja interna. [0 – 1]

Nodo T7 a T8, T1 a T7 y T2 a T7.

$$q_{7-8} = q_{1-7} + q_{2-7}$$

$$\frac{(T_7 - T_8)}{R_{cond4}} = \frac{(T_1 - T_7)}{R_{rad2}} + \frac{(T_2 - T_7)}{R_{conv3}} \quad (2.12)$$

$$\frac{k_{vidrio} * A_{vidrio} * (T_7 - T_8)}{l_{vidrio}} = \varepsilon_{vidrio} * A_{vidrio} * \sigma * (T_1^4 - T_7^4) + h_{i-vidrio} * A_{vidrio} * (T_2 - T_7)$$

Donde:

ε_{vidrio} : Emisividad del vidrio. [0 – 1]

Nodo T4 a T5 y T5 a T6.

$$q_{5-6} = q_{4-5}$$

$$\frac{(T_5 - T_6)}{R_{cond3}} = \frac{(T_4 - T_5)}{R_{cond2}}$$

$$\frac{k_{caja_ex} * A_{caja_ex} * (T_5 - T_6)}{l_{caja_ex}} = \frac{k_{ais} * A_{ais} * (T_4 - T_5)}{l_{ais}} \quad (2.13)$$

Los valores de coeficiente de convección dentro y fuera de la cámara de cocción, h_i y h_o , respectivamente, se calculan a continuación mediante correlaciones empíricas.

Cálculo del coeficiente de convección interna h_i .

En el cálculo del coeficiente h_i , es necesario aplicar correlaciones empíricas considerando convección natural [13], para calcular el número de Nusselt tanto del vidrio como las paredes internas de la caja.

Coeficiente interior del vidrio:

Se considera al vidrio como una placa horizontal caliente en la parte superior, debido a que su temperatura superficial es mayor que la del aire dentro de la cámara de cocción. Las ecuaciones para estos fenómenos vienen dadas por números adimensionales, el primero de ellos Nusselt (relación entre la convección y conducción de un fluido), número de Reynolds (relación entre fuerzas inerciales y viscosas), número de Prandtl (relación entre difusividad de momento y térmica), número de Grashof (relación fuerzas de flotabilidad y viscosas) y número de Rayleigh (producto del número de Reynolds y Grashof) [8].

$$Nu_L = 0.52 * Ra_L^{\frac{1}{5}} \text{ para } (10^4 \leq Ra_L \leq 10^9) \text{ y } Pr \geq 0.7 \quad (2.14)$$

$$Ra_L = \frac{g * \beta * (\Delta T) * L^3}{\nu * \alpha} \quad (2.15)$$

$$L = \frac{A_S}{P} \quad (2.16)$$

$$h_{i-vidrio} = \frac{Nu_L * k_{aire}}{L} \quad (2.17)$$

Donde:

Nu_L : Número de Nusselt.

Ra_L : Número de Rayleigh.

Pr : Número de Prandtl.

g : Gravedad. [m/s^2]

β : Coeficiente térmico de expansión volumétrica. [$1/K$]

ν : Viscosidad cinemática. [m^2/s]

α : Difusividad Térmica. [m^2/s]

L : Longitud de la placa. [m]

A_S : Área superficial de la placa. [m^2]

P : Perímetro de la placa. [m]

k_{aire} : Conductividad térmica del aire. [$\frac{W}{m K}$]

ΔT : Variación de temperatura. [K]

Consideraciones: para determinar el coeficiente $h_{i-vidrio}$ se requiere asumir el valor de T_2 , posteriormente, esta temperatura asumida debe ser lo más cercana a la temperatura determinada por las ecuaciones de resistencias térmicas. Asimismo, las propiedades térmicas del aire dentro de la cámara de cocción serán determinadas con el valor promedio de T_2 y T_7 .

Por otra parte, para determinar el valor de h_i de las paredes internas de la caja, se realizará un análisis tanto de las paredes inclinadas, verticales y las paredes horizontales, para así determinar un valor promedio.

Coeficiente interno de las paredes inclinadas:

La Figura 2.11 muestra una numeración en las paredes de la caja interna, las paredes inclinadas (1 y 2) poseen un ángulo θ de inclinación con respecto a la vertical. Se aplican las siguientes correlaciones para placa fría, una variación de temperatura asumida entre T_2 y T_3 , además, al tratarse de una placa inclinada se aplica una modificación en la variable de gravedad g .

$$Nu_L = 0.54 * Ra_L^{\frac{1}{4}} \text{ para } (10^4 \leq Ra_L \leq 10^7) \text{ y } Pr \geq 0.7 \quad (2.18)$$

$$Ra_L = \frac{g_{inclinada} * \beta * (T_2 - T_3) * L^3}{\nu * \alpha} \quad (2.19)$$

$$L = \frac{A_S}{P} \quad (2.20)$$

$$h_{i-vidrio} = \frac{Nu_L * k_{aire}}{L} \quad (2.21)$$

$$g_{inclinada} = g * \cos\theta \text{ para } (0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ) \quad (2.22)$$

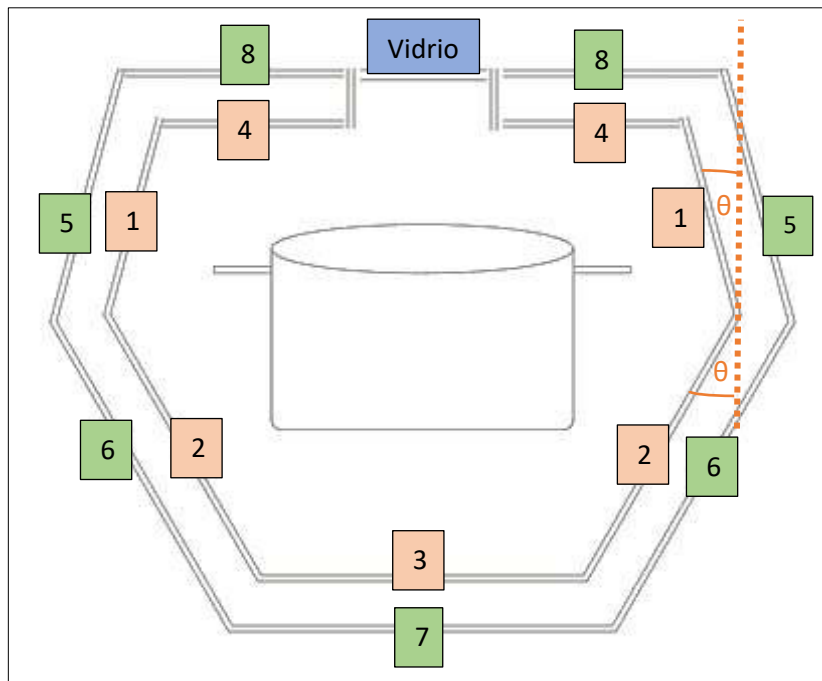


Figura 2.11 Placas inclinadas caja interna y externa
(Fuente: Propia)

Donde:

(1): Paredes inclinadas superiores de la caja interna.

(2): Paredes inclinadas inferiores de la caja interna.

(3): Pared horizontal base de la caja interna.

(4): Pared horizontal superior de la caja interna.

(5): Paredes inclinadas superiores de la caja externa.

(6): Paredes inclinadas inferiores de la caja externa.

(7): Pared horizontal base de la caja externa.

(8): Pared horizontal superior de la caja externa.

Las dos paredes verticales de la caja interna y externa se encuentran en un plano normal a la Figura 2.11.

Coefficiente interno de la pared horizontal superior:

En el caso de la pared horizontal superior de la caja interna (4), se aplican correlaciones empíricas para placa fría. Se emplean las ecuaciones (2.18) a (2.21), sin modificar la variable de gravedad y una variación de temperatura asumida entre T_2 y T_3 .

Coefficiente interno de la pared horizontal de la base:

Para el caso de la pared (3), se aplican correlaciones para placa fría, se emplean las ecuaciones (2.14) a (2.17) y una variación de temperatura entre T_2 y T_3 .

Coefficiente interno de las paredes verticales:

La caja interna posee dos paredes verticales paralelas, se aplica el mismo procedimiento de la ecuación ((2.15) a ((2.17), variación de temperatura entre T_2 y T_3 y su número de Nusselt viene dado a continuación.

$$Nu_L = 0.68 + \frac{0.670 * Ra_L^{\frac{1}{4}}}{(1 + (\frac{0.492}{Pr})^{\frac{1}{6}})^{4/9}} \text{ para } (Ra_L \leq 10^9) \quad (2.23)$$

Cálculo del coeficiente de convección externa h_o .

El procedimiento para determinar el coeficiente h_o es similar al apartado anterior, se analiza las paredes de la caja externa con el aire exterior, cabe recalcar que el cálculo del coeficiente de convección en el exterior del vidrio es analizado por el componente B del presente trabajo.

Coeficiente exterior de las paredes inclinadas, verticales y paredes horizontales:

Al igual que en la caja interna, la caja externa posee cuatro paredes con un ángulo θ de inclinación con respecto a la vertical, dos paredes verticales y horizontales. Para este caso, la caja externa está en contacto directo con el ambiente, se aplican ecuaciones para flujo externo sobre cada una de las paredes, se asume una velocidad media del viento anual de 1.7 [m/s] para la ciudad de Quito [36]. Se aplica una variación de temperatura entre T_6 y T_∞ .

$$Nu_L = 0.664 * Re_L^{\frac{1}{2}} * Pr^{\frac{1}{3}} \text{ para } (Re_L \leq 5 * 10^5) \text{ y } Pr \geq 0.6 \quad (2.24)$$

$$Re_L = \frac{u_\infty * L}{\nu} \quad (2.25)$$

$$L = \frac{A_S}{P} \quad (2.26)$$

$$h_o = \frac{Nu_L * k_{aire}}{L} \quad (2.27)$$

Donde:

Re_L : Número de Reynolds

u_∞ : Velocidad del fluido (viento) [m/s]

Finalmente, para calcular el calor perdido total por las paredes y la cubierta en la cámara cocción ($q_o + q_p$), se aplica la siguiente ecuación.

$$(q_o + q_p) = q_{8-\infty} + q_{3-4} \quad (2.28)$$

El calor perdido por convección y radiación en el exterior del vidrio ($q_{8-\infty}$) es considerado y determinado en el análisis térmico del componente B del presente trabajo.

Calor de entrada por radiación concentrada

Una vez expuesto el procedimiento para determinar la variación de energía térmica y las pérdidas de calor en la cámara de cocción, resta conocer el calor de entrada del sistema q_u . Esta energía incidente, que proviene del sistema de captación (reflectores), debe traspasar la cubierta de vidrio para generar el efecto invernadero dentro de la cámara de cocción y elevar la temperatura del recipiente. El calor de entrada es proporcionado por el componente B del presente trabajo.

Eficiencia termodinámica del sistema

La eficiencia térmica de la cocina solar viene dada por la siguiente ecuación [37].

$$\eta = \frac{(m * C_p * \Delta T)_{H_2O} + (m * C_p * \Delta T)_{Papa}}{I * A_a * \Delta t} \quad (2.29)$$

Donde:

I : Irradiación solar perpendicular al absorbedor. [W/m^2]

A_a : Área de apertura del absorbedor. [m^2]

Las variables I y A_a son proporcionadas por el componente B del trabajo.

Diseño de materialización de la cámara de cocción

El proyecto pretende aprovechar la utilización de materiales reciclables y sostenibles en la mayoría de su construcción, por ende, para la cámara de cocción se han elegido los siguientes materiales.

Caja Interna: para las paredes internas de la cámara de cocción que están en contacto directo con el recipiente se escoge a la madera Plywood o contrachapado como material para su construcción. Este tablero de madera posee grandes beneficios de resistencia, ligereza, estabilidad, durabilidad y primordialmente permanencia de dimensiones frente a cambios de temperatura y humedad [38], [39]. En la actualidad, al Plywood se lo considera como un material sostenible por su trato respetuoso al medio ambiente, una explotación controlada de la madera y sus derivados, para usarlos como materiales de construcción puede reducir hasta en un 70% las emisiones de CO₂ en comparación a la construcción con materiales convencionales [40]. Así mismo, estos tableros son de fácil adquisición para ser utilizados como muebles de cocinas, puertas, closet, estanterías, entre otros usos. Por ende, cuando el material haya cumplido su ciclo de uso para las aplicaciones antes mencionados, el material puede ser reutilizado y empleado para otros usos, aplicando así una economía circular.

Las paredes internas de la caja, al tener contacto directo con el recipiente contenedor y los alimentos, debe poseer una protección impermeable para evitar la humedad y resguardar a la madera, para ello se utiliza papel aluminio para recubrir las paredes, además de proteger sus paredes con laca, generándose así una superficie reflectora dentro de la cámara de cocción.

Material Aislante: para el aislante ubicado entre la caja interior y exterior, el material elegido es un panel aislante térmico desarrollado en Ecuador, se realiza a base de cartón y tapones

de corcho reciclados a un bajo costo, entre sus propiedades se tiene: excelente resistencia a la humedad, fuego y bajo peso [41].

Caja Externa: para la caja externa de igual manera se ocupa un tablero de madera contrachapada por sus idóneas propiedades mencionadas anteriormente. Las paredes externas de esta caja al estar en contacto directo con el exterior deben poseer un acabado lacado para su protección.

Cubierta o Vidrio: el material de la cubierta es vidrio, para permitir el ingreso adecuado de los rayos solares y generar el efecto invernadero. Además, la cubierta posee un orificio pequeño para que el vapor dentro de la cámara salga y evitar condensación dentro de la misma.

Todas las uniones entre los materiales de la cámara de cocción se recubren con un sellador térmico, para evitar pérdidas de calor.

Las variables y propiedades térmicas de los materiales empleados en la cámara de cocción se muestran en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Variables y Propiedades Térmicas de Materiales

Temperatura	T_8	353.2 [K]	Vidrio	k_{vidrio}	$1.4 \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
	T_∞	289.15 [K]		A_{vidrio}	$0.071 [m^2]$
Madera Plywood	k_{caja_in}	$0.12 \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	Panel Cartón y Corcho reciclado	l_{vidrio}	$0.004 [m]$
	A_{caja_in}	$0.745 [m^2]$		ϵ_{vidrio}	0.9
	l_{caja_in}	$0.015 [m]$		k_{ais}	$0.043 \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
	k_{caja_ex}	$0.12 \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$		A_{ais}	$0.830 [m^2]$
	A_{caja_ex}	$1.009 [m^2]$	l_{ais}	$0.02 [m]$	
	l_{caja_ex}	$0.015 [m]$	Olla Aluminio	A_{olla}	$0.121 [m^2]$
	ϵ_{caja_in}	0.07		α	0.92
Calor perdido por el vidrio	$q_{8-\infty}$	$64.07 [W]$			

(Fuente: [13],[41])

Las propiedades térmicas empleadas para determinar el coeficiente de convección interno $h_{i-vidrio}$ y h_i se muestran en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Propiedades térmicas para cálculo de $h_{i-vidrio}$ y h_i .

T_2 (asumida)	367[K]	$T_{promedio\ 2-3}$	362.5 [K]
T_3	358 [K]	$T_{promedio\ 2-7}$	361.4 [K]

(asumida)			
Propiedades del aire			
	@362.5 [K]	@361.4 [K]	
ν	$22.323 \cdot 10^{-6} [m^2/s]$	$22.203 \cdot 10^{-6} [m^2/s]$	
α	$316.071 \cdot 10^{-7} [m^2/s]$	$314.364 \cdot 10^{-7} [m^2/s]$	
k_{aire}	$30.653 \cdot 10^{-3} [\frac{W}{m \cdot K}]$	$30.577 \cdot 10^{-3} [\frac{W}{m \cdot K}]$	
Pr	0.708	0.708	
β	$3 \cdot 10^{-3} [\frac{1}{K}]$	$3 \cdot 10^{-3} [\frac{1}{K}]$	
g	$9.8 [m/s^2]$	$9.8 [m/s^2]$	
Áreas y Perímetros (Caja Interna)			
	Vidrio	Pared horizontal (3)	Paredes verticales
A_s	$0.0707 [m^2]$	$0.0914 [m^2]$	$0.1257 [m^2]$
P	$0.9425 [m]$	$1.257 [m]$	$1.362 [m]$
	Paredes inclinadas Superiores (1)	Paredes inclinadas Inferiores (2)	Pared horizontal superior (4)
A_s	$0.044 [m^2]$	$0.1 [m^2]$	$0.1139 [m^2]$
P	$1.02 [m]$	$1.3 [m]$	$2.666 [m]$
θ	25°	25°	-

(Fuente: [13])

Las propiedades térmicas empleadas para determinar el coeficiente de convección externo h_o se muestran en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Propiedades térmicas para cálculo de h_o

T_6 (asumida)	293[K]	$T_{promedio\ 6-\infty}$	291.1 [K]
T_∞	289.15 [K]		
Propiedades del aire			
	@291.1 [K]		
ν	$15.132 \cdot 10^{-6} [m^2/s]$		
α	$212.138 \cdot 10^{-7} [m^2/s]$		
k_{aire}	$25.530 \cdot 10^{-3} [\frac{W}{m \cdot K}]$		
Pr	0.715		
β	$3 \cdot 10^{-3} [\frac{1}{K}]$		
g	$9.8 [m/s^2]$		
Áreas y Perímetros (Caja Externa)			
	Pared horizontal (7)	Paredes verticales	Pared horizontal superior (8)
A_s	$0.1283 [m^2]$	$0.1777 [m^2]$	$0.11385 [m^2]$
P	$1.486 [m]$	$1.605 [m]$	$2.666 [m]$

	Paredes inclinadas Superiores (5)	Paredes inclinadas Inferiores (6)
A_s	0.0698 [m ²]	0.1356 [m ²]
P	1.044 [m]	1.517 [m]
θ	25°	25°

(Fuente: [13])

Diseño de detalle del sistema de orientación rotacional del concentrador

El sistema de pasador, el cual permite rotar angularmente la cámara de cocción y mantenerla fija en un ángulo deseado, consta de una placa perforada adherida a la cámara.

Al ingresar el pasador en los agujeros de la placa limitan la rotación de la cocina fijándola con la estructura, la cual es realizada por el componente B del trabajo. Por otro lado, la geometría de la placa se detalla en la Figura 2.12.



Figura 2.12 Geometría placa del sistema de orientación rotacional
(Fuente: Propia)

El sol en su movimiento cenital recorre aproximadamente 15° cada hora durante su trayectoria [42], para el prototipo se desea realizar una reorientación en dicho intervalo de tiempo, es por ello que las perforaciones se distribuyen cada 15°.

El sistema de pasador en este caso de estudio no soporta grandes cargas en la placa y pasador, sin embargo, para diseño de pasadores es necesario realizar un estudio de fallas por esfuerzo cortante en el pasador, asimismo, esfuerzo por aplastamiento, tracción y cortante en la placa [31].

Esfuerzo cortante directo en el pasador

Se genera al aplicar una fuerza cortante paralela al área que se resiste a ser cortada. El diámetro mínimo del pasador para evitar que falle viene dado de la siguiente manera.

$$d = 2 * \left(\frac{P * n}{\pi * S_{syp}} \right)^{1/2} \quad (2.30)$$

$$S_{syp} = 0.5 * S_{yp} \quad (2.31)$$

Donde:

d : diámetro mínimo del pasador. [m]

P : fuerza paralela aplicada. [N]

n : factor de seguridad.

S_{syp} : resistencia a la fluencia en cortante del pasador. [Pa]

S_{yp} : resistencia a la fluencia del pasador. [Pa]

Esfuerzo por aplastamiento en la placa

Esfuerzo desarrollado entre dos cuerpos cuando son sometidos a compresión entre sí. El espesor mínimo de la placa para evitar su falla viene dado a continuación.

$$t = \frac{P * n}{d * S_{ypl}} \quad (2.32)$$

Donde:

t : espesor mínimo de la placa. [m]

S_{ypl} : resistencia a la fluencia de la placa. [Pa]

Esfuerzo por tracción en la placa

Esfuerzo generado en la placa al aplicarse dos fuerzas en sentido opuesto. La distancia mínima entre perforaciones para evitar falla en la placa viene dada a continuación.

$$a = \frac{P * n}{2 * t * S_{ypl}} \quad (2.33)$$

Donde:

a : distancia mínima entre perforaciones de la placa. [m]

Esfuerzo cortante en la placa

La distancia mínima entre la perforación y el borde de la placa viene dada de la siguiente manera.

$$b = \frac{P * n}{2 * t * S_{sypl}} \quad (2.34)$$

$$S_{sypl} = 0.5 * S_{ypl} \quad (2.35)$$

Donde:

b : distancia mínima de la perforación al borde de la placa. [m]
 S_{sypl} : resistencia a la fluencia en cortante de la placa. [Pa]

Para todos los análisis de falla se utiliza como fuerza al peso de la cámara de cocción y el absorbedor, y un factor de seguridad igual a 2,5.

Indicador para orientación acimutal y cenital

Como se mencionó anteriormente, la cocina debe ser reorientada cada hora para seguir el movimiento del sol. La trayectoria de este posee dos ángulos fundamentales en su recorrido, el primero de ellos el ángulo acimutal formado en el plano horizontal a partir del eje Norte-Sur, y el segundo, el ángulo cenital formado por el horizonte y una vertical local, como se le observa en la Figura 2.13.

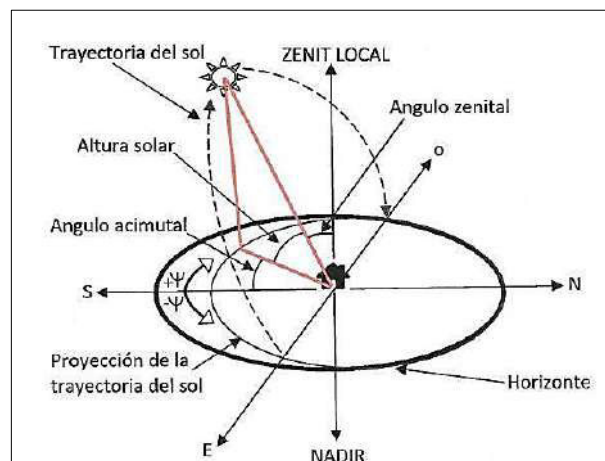


Figura 2.13 Trayectoria del sol
(Fuente: [43])

Una manera rápida y eficaz para realizar una reorientación acimutal y cenital es a través de la sombra generada por un cuerpo al ser expuesta a los rayos solares, para ello el indicador se conforma por una pequeña placa y un perno.

Orientación acimutal

Para orientar la cocina con el ángulo acimutal, se debe girar la cocina con la ayuda de sus ruedas sobre el piso, de tal manera que los rayos solares generen una sombra del perno sobre la placa, y se ubique en la abertura realizada, como se observa en la Figura 2.14.

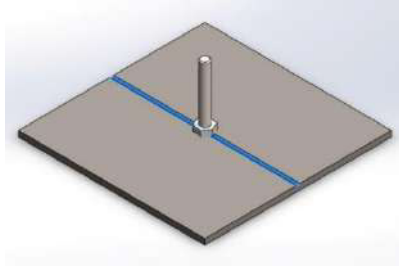


Figura 2.14 Orientación acimutal
(Fuente: Propia)

Cuando el prototipo se ha orientado acimutalmente al sol, se procede a voltear la cámara de cocción con el sistema de orientación rotacional para situarla adecuadamente con el ángulo cenital.

Orientación cenital

Para asegurarse que los rayos solares caigan perpendicularmente al absorbedor, se debe rotar la cámara de cocción hasta que la sombra generada por el perno en la placa desaparezca por completo, como se indica en la Figura 2.15.

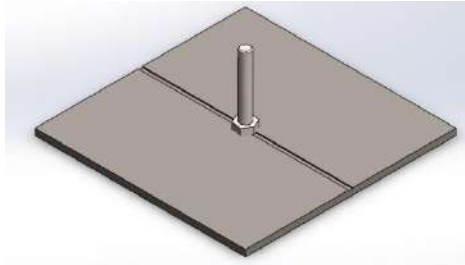


Figura 2.15 Orientación cenital
(Fuente: Propia)

El procedimiento de orientación acimutal y cenital se debe repetir cada hora.

Diseño de materialización del sistema de orientación rotacional del concentrador y del indicador para orientación acimutal y cenital

El material para la placa perforada y pasador es acero de bajo contenido en carbono o ASTM-A36. Este material es de fácil adquisición y reciclaje, además posee buenas propiedades mecánicas. La resistencia a la fluencia S_y del acero es 250 *Mpa* [31]. Por otro lado, el material para el indicador será madera contrachapada.

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Resultados cámara de cocción

Se presenta en la Tabla 3.1 y Figura 3.1 las variables térmicas y distribución de temperaturas determinadas en la cámara de cocción, a partir de la resolución del sistema de ecuaciones en el circuito de resistencias térmicas y al aplicar las distintas correlaciones empíricas para el cálculo de los coeficientes de convección.

Tabla 3.1 Distribución de temperatura y variables térmicas de la cámara de cocción

Variables térmicas			
h_i	4.19 [W/m ² K]	$h_{i-vidrio}$	2.39 [W/m ² K]
h_o	19.3 [W/m ² K]	$\Delta E_{sistema}$	986.09 [kJ]
Distribución de Temperaturas			
	Asumida [K]	Calculada [K]	Variación ΔT [K]
T_∞	-	289.15	-
T_1	-	427.0	-
T_2	367.0	367.0	0.0
T_3	358.0	357.8	0.2
T_4	-	344.6	-
T_5	-	300.6	-
T_6	293.0	293.1	0.1
T_7	-	355.8	-
T_8	-	353.2	-

(Fuente: Propia)

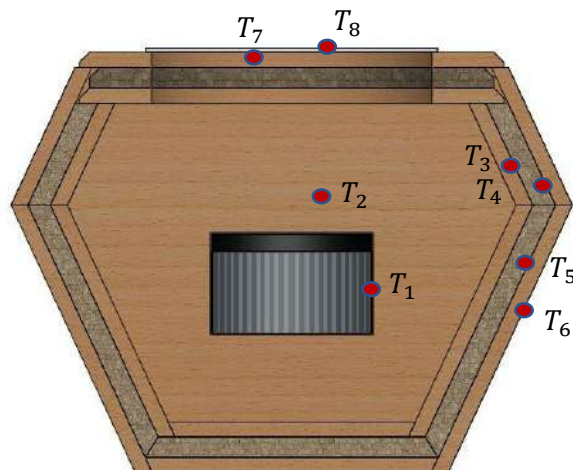


Figura 3.1 Distribución de temperatura en la cámara de cocción
(Fuente: Propia)

Los coeficientes de convección interna $h_{i-vidrio}$ y h_i se encuentran dentro de los valores típicos de convección natural del aire, a diferencia del coeficiente de convección externa h_o , el cual se encuentra en el rango de convección forzada del aire [13]. Las temperaturas T_2 , T_3 y T_6 , correspondientes a la temperatura del aire dentro de la cámara, pared interna y pared externa, respectivamente, fueron asumidas correctamente en el cálculo de los coeficientes de convección. Su variación de temperatura es menor a 0.2 K en comparación a las temperaturas calculadas por las resistencias térmicas.

Dentro de la cámara de cocción existen diversas temperaturas significativas, siendo T_1 del recipiente la de mayor temperatura (154°C), lo cual asegura una transferencia de calor hacia el fluido de trabajo (agua con temperatura de ebullición igual a 91°C) para la cocción de alimentos. Por otro lado, la menor temperatura (20°C) se encuentra en la pared exterior de la caja externa T_6 , siendo segura la manipulación exterior de la cámara de cocción evitando quemaduras en los usuarios. Se observa una notable diferencia de temperatura entre T_4 y T_5 evidenciando el uso adecuado del material aislante, para reducir las pérdidas de calor.

A partir de conocer la distribución temperaturas y la variación de energía $\Delta E_{sistema}$ para cocinar 0.5 kilogramos de papas en 2.5 litros de agua, se presentan en la Tabla 3.2 las pérdidas por calor en las paredes de la cámara q_p , pérdidas por convección y radiación en el vidrio q_o , calor de entrada q_u , el tiempo necesario para realizar la cocción Δt y su eficiencia termodinámica η .

Tabla 3.2 Pérdidas de calor y eficiencia termodinámica

q_p	78.55 [W]	q_o	64.07 [W]	q_u	396.85 [W]
Δt	51.6 [minutos]	I	815 [W/m ²]	A_a	0.91 [m ²]
η	0.4				

(Fuente: Propia)

A pesar del contacto directo entre la corriente de viento y las paredes de la cámara de cocción, los materiales empleados: madera contrachapada y aislante, reducen notablemente las pérdidas por calor en las paredes, haciendo que estas pérdidas posean un valor cercano al calor perdido por el vidrio.

La gran apertura de los reflectores otorga un valor de calor de entrada notablemente mayor a las pérdidas, lo cual permite realizar la cocción de alimentos en un tiempo igual a 51.6 minutos, muy aceptable en cocinas solares. Además, su eficiencia termodinámica igual a

0.4, es cercana a valores de eficiencia idóneas (0.5) para cocinas solares tipo caja con reflectores [44].

Comparación con la literatura

Es complejo realizar una comparación entre los prototipos de cocinas solares disponibles en la literatura, debido a la falta de un estándar de referencia en el diseño. Para lo cual se toma en cuenta cocinas solares tipo caja con reflectores que emplean agua líquida como fluido de prueba y además usan un recipiente de color negro. Se comparará tiempos de cocción y la eficiencia térmica promedio.

Tabla 3.3 Comparación cocina solar con la literatura

Variables	Prototipo diseñado	[29] (2017)	[24] (2014)	[37] (1985)	[45] (2005)
Líquido de prueba [L]	2.5	3.84	1	0.45	1
Tiempo de cocción [min]	51.6	53.5	90	-	-
Eficiencia termodinámica	0.4	0.24	0.15	0.23	0.27

(Fuente: Propia)

El tiempo para la cocción de alimentos en el prototipo diseñado es adecuado, esto se corrobora con su alta eficiencia térmica con relación a la literatura.

El valor de eficiencia del prototipo se obtiene gracias al empleo de un área óptima de apertura en el absorbedor y el uso de aislamiento en la cámara de cocción. El factor fundamental para obtener una diferencia considerable en la eficiencia del prototipo en comparación a la literatura se debe a la consideración de una eficiencia teórica en el prototipo en contraste a eficiencias experimentales de la literatura.

Resultados sistema orientación rotacional

Una vez analizados los tipos de fallas en el sistema de pasador, las consideraciones y dimensiones de la placa y pasador para evitar que fallen son las siguientes.

Tabla 3.4 Dimensiones sistema de pasador

<i>P</i>		<i>n</i>	
490.5 [N]		2.5	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>
7.7 [mm]	8.6 [mm]	12 [mm]	1.5 [mm]

(Fuente: Propia)

Modelo desarrollado en programa de diseño asistido por computadora

A partir de las dimensiones y materiales adecuados para un funcionamiento correcto de la cocina solar, se presenta en la Figura 3.2 el modelo isométrico del prototipo con todos sus módulos.

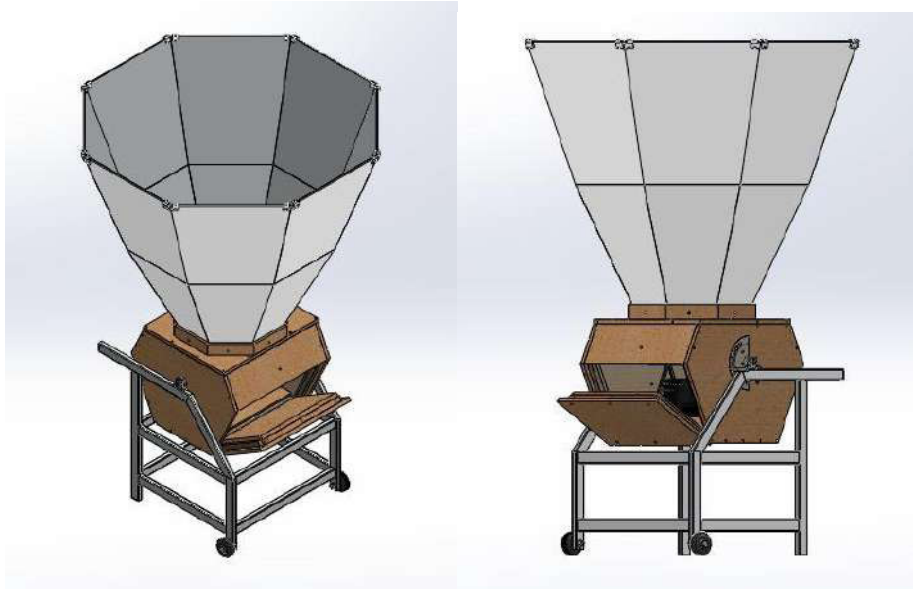


Figura 3.2 Prototipo desarrollado en programa CAD
(Fuente: Propia)

Posteriormente, se desarrollan los planos del prototipo, estos se detallan en el ANEXO V.

Análisis de costos

Una vez realizado el proceso de definición del prototipo, diseño conceptual, de materialización y detalle; resta determinar el costo de fabricación del componente A y total de la cocina solar. Se considera de la siguiente manera un proceso de fabricación para un prototipo único:

Costo de materia prima

Toda la materia prima para la construcción de los módulos de cámara de cocción y sistema de orientación rotacional se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3.5 Costos de materia prima

Ítem	Descripción	Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Madera Contrachapada	1 u	1.22x2.44 mx15 mm	48	48

2	Acero Negro (reciclado)	0.2 kg	A-36	0.85\$/kg	0.17\$
3	Tornillo Autoperforante	69 unid.	No.8x1 1/4"	0.06\$	4.14\$
5	Aglomerado Cartón-Corcho (reciclado)	0.83 m ²	Espesor: 20 mm	16.98\$/m ²	14.1\$
				Total	66.41\$

(Fuente: Propia,[46],[47])

Costo mano de obra

El costo se basa en el tiempo que emplea un técnico para efectuar manufactura en la materia prima.

Tabla 3.6 Costo mano de obra

Descripción	Costo (USD)
Mano de Obra (Carpintería)	30 \$

(Fuente: Propia)

Costo proceso de manufactura

Tabla 3.7 Costo proceso de manufactura

Maquinado	Costo/hora (USD)	Tiempo empleado (horas)	Costo (USD)
Cortadora/Desbaste de disco	1.02 \$/h	2	2.04 \$
Taladrado manual	1.28 \$/h	1	1.28 \$
		Total	3.32 \$

(Fuente: Propia)

Costos varios

Se detallan los costos adicionales y materiales consumibles para la construcción del prototipo.

Tabla 3.8 Costo varios

ítem	Descripción	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Disco corte	1	5.57 \$	5.57 \$
2	Broca	1	1.31 \$	1.31 \$
3	Sellador Permatex	1	2.65 \$	2.65 \$
4	Bisagra	3	1 \$	3 \$
5	Cerrojo	2	2 \$	4 \$
6	Laca	1	6.35 \$	6.35 \$
7	Pegamento Cola	1	2.07 \$	2.07 \$
8	Lija	4	0.44 \$	1.76 \$
			Total	26.41 \$

(Fuente: Propia)

Costo final del prototipo de cocina solar

Tabla 3.9 Costo total cocina solar

Descripción	Valor (USD)
Costo materia prima	66.41 \$
Costo mano de obra	30 \$
Costo de manufactura	3.32 \$
Costos varios	26.41 \$
Costo componente B	168.5 \$
Costo de Diseño	800 \$
Costo final	1094.64 \$

(Fuente: Propia)

El costo final del prototipo sin considerar su diseño (294.64 \$) es relativamente alto en comparación a diferentes artefactos para la cocción de alimentos. Por otro lado, la fabricación de cocinas solares de concentración con características similares de cocción al prototipo diseñado, poseen valores en el país entre 185 a 255 USD [16].

3.2 Conclusiones

Existe el potencial para utilizar materiales sostenibles y reciclados los cuales posean características ópticas y térmicas ventajosos para el diseño de cocinas solares domésticas, brindando un funcionamiento y rendimiento similar a prototipos que emplean materiales convencionales en su construcción.

El nivel de irradiancia es un parámetro primordial para un adecuado funcionamiento de un sistema solar, la beneficiosa ubicación geográfica de Quito-Ecuador, además de una apropiada selección de materiales en su diseño, permite alcanzar un gran rendimiento térmico en el prototipo para la cocción de 2.5 litros agua y 0.5 kg de papa en un tiempo menor a 60 minutos, cuando se alcanzan valores promedios de $900 W/m^2$ de irradiancia.

La selección de un prototipo innovador en cocinas solares, como lo es un modelo híbrido panel-concentradora, aprovecha tanto la energía concentrada y efecto invernadero, permitiendo realizar nuevos desafíos en diseños térmicos para obtener iguales o superiores rendimientos para este tipo de sistemas.

La mejor alternativa de los módulos del prototipo se eligió a través de un análisis de ponderados, donde se busca primordialmente elegir sistemas con menores costes de construcción y el uso de materiales sostenibles.

En el diseño térmico de la cámara de cocción se obtuvo un prototipo con las menores pérdidas de calor posibles gracias al uso de un material aislante, se consideraron

fenómenos de transferencia de calor a través de radiación, conducción y convección, además se emplearon correlaciones empíricas para flujo externo e interno para modelar un sistema térmico vasto.

El modelo desarrollado en programa CAD permitió obtener las dimensiones de cada uno de los componentes del prototipo y evaluar su funcionamiento, se realizó detalladamente planos de conjunto y taller los cuales servirán para su construcción en trabajos futuros. El análisis de costos fue realizado una vez estimada la cantidad de materiales necesarios.

El costo para la construcción del prototipo se encuentra en un rango poco competitivo dentro del mercado de cocinas solares, sin embargo, en comparación con otros aparatos de cocción como lo son cocinas a gas o eléctricas, este precio es considerablemente alto, por lo tanto, para lograr competir con estos, es necesario fabricar masivamente el prototipo para reducir costes de fabricación.

3.3 Recomendaciones

Realizar el estudio para diseñar un sistema móvil de seguimiento continuo del sol, para reducir pérdidas en el ángulo de incidencia del recurso solar hacia los reflectores receptores del prototipo.

Analizar el posible uso de materiales sostenibles más livianos y económicos, no obstante, con similares beneficios térmicos, durante la fase de construcción, para reducir el peso del prototipo y facilitar su transporte.

Emplear el uso de una cubierta de vidrio amplificadora o lente de Fresnel para aumentar notablemente el rendimiento térmico de la cocina solar.

Considerar un análisis en el posible uso de recipientes contenedores de alimentos a presión, para reducir el tiempo de cocción.

Realizar de manera intensiva investigaciones e implementaciones de sistemas energéticos alternativos para aprovechar el gran recurso solar en las regiones del país, e impulsar la aplicación de economía circular en futuras tecnologías.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Camargo, “Diseño y construcción de un colector solar con botellas reciclables pet y análisis comparativo con otros colectores.”, *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, núm. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [2] C. H. Whitlock *et al.*, “Release 3 nasa surface meteorology and solar energy data set for renewable energy industry use”, *proc. Rise shine*, vol. 1, núm. 11, pp. 1829–1841, 2000.
- [3] A. Mata, “La economía circular como modelo para la mejora económico-productiva en el sector manufacturero de la zona 2 y 9 del ecuador, priorizando procesos ecológicos y uso eficiente de recursos”, *univ. Cent. Del ecuador*, p. 203, 2019.
- [4] S. A. Kalogirou, “Solar energy engineering: processes and systems”, *ámsterdam:elsevier*, p. 841, 2014.
- [5] Y. Goswami, *Principles of solar engineering*, third edit. Boca ratón fl: crc press, 2015.
- [6] E. Castro y M. Messina, “Diseño de una planta solar térmica con concentrador tipo fresnel para la generación de energía eléctrica”, Arica: Universidad de Tarapacá., 2010.
- [7] J. Martinez, G. Abal, y P. Franco, *Manual técnico de energía solar térmica*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la república, 2013.
- [8] Y. Cengel y A. Ghajar, “Transferencia de calor y masa”, *fundam. Y apl.*, p. 945, 2011.
- [9] E. P. N. Epn, “Archivo de laboratorio de energías alternativas y eficiencia energética, Leae, de facultad de ingeniería mecánica”, 2019.
- [10] “1.inicio - Central termosolar de media temperatura”, *sites google*. [en línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/centraltermosolar2/home/1-inicio>. [consultado: 17-mar-2022].
- [11] “Energía solar térmica de alta temperatura y captadores”, *energía solar*, 2015. [en línea]. Disponible en: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/alta-temperatura>. [consultado: 17-mar-2022].
- [12] A. Macía, D. Estrada, F. Chejne, H. Velázquez, y R. Rengifo, “Metodología para el diseño conceptual de cocinas solares”, *dyna*, vol. 72, núm. 146, pp. 65–88, 2005.
- [13] T. L. Bergman, F. P. Incropera, A. S. Lavine, y D. P. Dewitt, *introduction to heat transfer, sixth edition*. 2009.
- [14] C. Augusto picoita camacho angel fabian pacheco zumba, ““Experimentación y valoración matemática de cocinas solares tipo caja’ universidad nacional de loja área de la energía, las industrias y los recursos naturales no renovables ingeniería electromecánica ”experimentación y valoración matemática de cocinas so”, 2010.
- [15] H. Fabio y P. Rengifo, “Diseño y construcción de un horno y cocina solar”, Corporacion universitaria autonoma de occidente division de Ingenieria programa de ingenieria mecanica Cali, 1986.
- [16] E. B. G. Paredes, “Diseño y construcción de una cocina solar con proyección a un sistema auxiliar de inducción”, *tesis*, vol. 1, p. 17, 2016.
- [17] J. Layton, “Cooking with light - how solar cooking works”, *how stuff works*. [en línea]. Disponible en: <https://science.howstuffworks.com/environmental/green->

- science/solar-cooking1.htm. [consultado: 14-abr-2022].
- [18] I. C. Monsalvo I. y O. H. Zamora., “Diseño de una cocina solar para actividades de camping o afines”, *univ. Eafit*, 2009.
- [19] J. Cusa, “energía solar para viviendas”, 1988.
- [20] Ecoinventos, “Cocina solar, la forma ecológica de cocinar con el sol”, 2021. [en línea]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/cocina-solar-elige-la-tuya-entre-diferentes-modelos/>. [consultado: 15-ene-2022].
- [21] T. Tan, “La cocina solar de doble posicionamiento (dpsc)”, *solar cookers international network*. [en línea]. Disponible en: <http://www.solarcooking.org/espanol/dpsc-cooker-span.htm>. [consultado: 19-abr-2022].
- [22] M. Ouannene, B. Chaouachi, y S. Gabsi, “Design and realisation of a parabolic solar cooker”, pp. 1–9, mar. 2011.
- [23] “La cocina solar se consolida en el norte del país”, 2016. [en línea]. Disponible en: https://www.clarin.com/disenio/cocina-solar_0_rjmg4nopme.html. [consultado: 16-ene-2022].
- [24] C. Uyaguari, “Diseño, construcción y análisis funcional-experimental de una cocina solar combinada (parvati – tipo caja) para el laboratorio de energías renovables de la ciem – UNL”, 2014.
- [25] A. Menayo, “Caracterización de la cocina solar primrose”, Madrid, 2010.
- [26] “Hacer un horno solar de embudo - solar brother”. [en línea]. Disponible en: <https://www.solarbrother.com/es/creacion/hacer-un-horno-solar/como-hacer-un-horno-solar-de-embudo/>. [consultado: 21-abr-2022].
- [27] R.I. Department of health, “Temperaturas seguras de cocción ficha descriptiva”, *off. Food prot.*, p. 165, 2015.
- [28] C. Riba, *Diseño concurrente*, etseib-upc. Barcelona, 2002.
- [29] G. Coccia, G. Di nicola, M. Pierantozzi, S. Tomassetti, y A. Aquilanti, “Design, manufacturing, and test of a high concentration ratio solar box cooker with multiple reflectors”, *sol. Energy*, vol. 155, pp. 781–792, 2017.
- [30] “Cocinar con el sol - ecología práctica”, 24-ene-2010. [en línea]. Disponible en: <https://www.terra.org/categorias/articulos/cocinar-con-el-sol>. [consultado: 27-abr-2022].
- [31] G. R. y j. K. N. Budynas, “Diseño en ingeniería mecánica de shigley”, *Mcgraw-hill interam.*, p. 1092, 2008.
- [32] M. A. B. Revelo, “Diseño y simulación de un colector solar lineal de fresnel para la producción de vapor en base a las condiciones climáticas de la ciudad de quito”, p. 158, 2015.
- [33] C. E. Kennedy, “review of mid- to high-temperature solar selective absorber materials”, 2002.
- [34] INEN, “artículos de uso doméstico nte 2361:2005”, 2005.
- [35] Y. Cengel y M. Boles, *Termodinámica. Fundamentos y aplicaciones*, 2007.
- [36] S. Karen y B. Zamora, *Análisis climático y de cambio climático en el distrito metropolitano de Quito*. 2021.

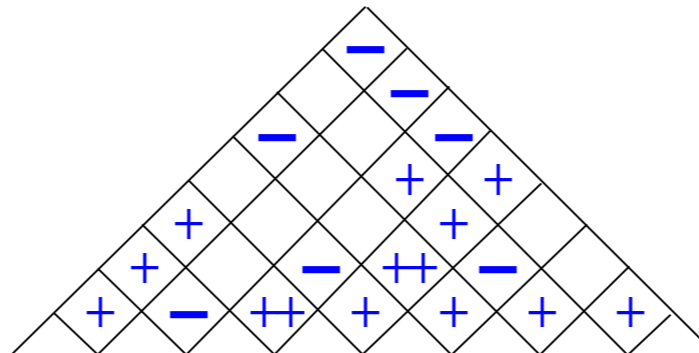
- [37] A. M. A. Khalifa, M. A. Taha, y M. Akyurt, “Solar cookers for outdoors and indoors”, *energy*, vol. 10, núm. 7, pp. 819–829, jul. 1985.
- [38] “Plywood pelikano: novocentro sur | construex”. [en línea]. Disponible en: https://construex.com.ec/exhibidores/novocentro_sur/producto/plywood_pelikano. [consultado: 24-may-2022].
- [39] “Plywood: principales usos y beneficios”. [en línea]. Disponible en: <https://edimca.com.ec/blogs/usos-beneficios-plywood.html>. [consultado: 24-may-2022].
- [40] M. Tholstrup, “El aumento de la concienciación y las regulaciones relacionadas con el clima crean oportunidades para la construcción con...”, *wisaplywood*, 13-jul-2021. [en línea]. Disponible en: <https://www.wisaplywood.com/es/articles/plywood/21/aumento-de-concienciacion-y-regulaciones-relacionadas-con-clima-oportunidades-para-construccion-con-madera/>. [consultado: 24-may-2022].
- [41] K. Borja y N. Castillo, “Elaboración de un panel aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social”, Universidad laica vicente rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, 2019.
- [42] D. Juárez, “Proyecto fin de carrera caracterización de cocina solar hotpot”, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2015.
- [43] Á. Inguil y H. Espinosa, “Análisis, modelado y validación de un sistema fotovoltaico para el alumbrado vial de la avenida de las américas”, Universidad politécnica salesiana sede Cuenca, Cuenca, 2014.
- [44] H. Terres-peña, J. R. Morales-Gómez, A. Lizardi-Ramos, R. López-Callejas, y R. D. J. Portillo-vélez, “Estudio numérico de eficiencias en estufas solares tipo caja con reflectores internos”, *rev. Int. Metod. Numer. Para calc. Y disen. En ing.*, vol. 29, núm. 2, pp. 122–128, 2013.
- [45] A. A. El-sebaili y A. Ibrahim, “Experimental testing of a box-type solar cooker using the standard procedure of cooking power”, *renew. Energy*, vol. 30, núm. 12, pp. 1861–1871, oct. 2005.
- [46] Ministerio del ambiente, “Precios de mercado referenciales para materiales reciclables”. [en línea]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/precios-de-mercado-referenciales-para-materiales-reciclables/>. [consultado: 12-jul-2022].
- [47] “Precios referenciales chatarra 2021-ministerio de producción”, may-2021. [en línea]. Disponible en: https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/precios_referenciales_chatarra_mayo_2021.pdf. [consultado: 12-jul-2022].

5. ANEXOS

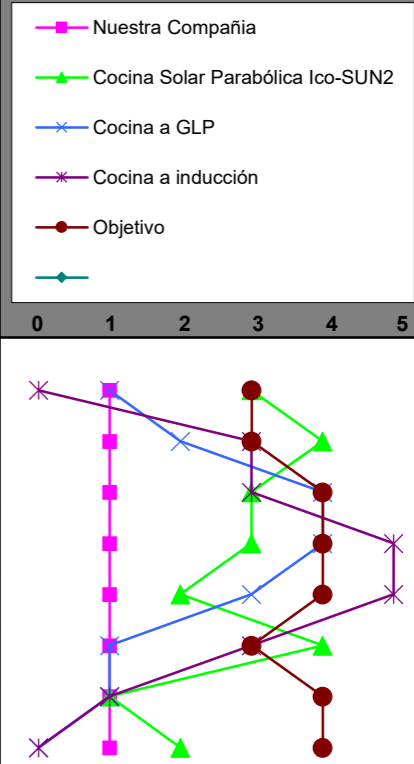
ANEXO I. CASA DE LA CALIDAD DEL PROTOTIPO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
ANEXO I: Casa de la Calidad
Cocina solar de uso doméstico
Diseñado por: Guerrero Frank, Morales Edison

Leyenda		
⊖	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
▲	Relación pobre	1
<hr/>		
+++	Correlación Fuerte Positiva	
+	Correlación Positiva	
-	Correlación Negativa	
▼	Correlación Fuerte Negativa	
<hr/>		
▼	Objetivo es Minimizar	
▲	Objetivo es Maximizar	
X	Objetivo target	
<hr/>		
●	Fuerte	1.5
•	Posible	1.2
X	Ningún	1



Row #	Factor de venta	Índice de mejora	Opinión de requerimiento	Importancia	Ponderación	% de ponderación	Características de calidad (Voz del Ingeniero)	Calidad buscada (Voz del Usuario)	Columna #								Análisis de Competitividad (0=Worst, 5=Best)					
									Dirección de Mejora Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)								Nuestra Compañía	Cocina Solar Parabólica Ico-SUN2	Cocina a GLP	Cocina a inducción	Objetivo	
									1	2	3	4	5	6	7	8						
1	●	3	17.0	4.0	14.4	7.6	Fácil de transportar	●	●	○		▲		▲	▲	1	3	1	0	3		
2	●	3	16.0	4.0	18.0	9.5	Prototipo liviano	○	○	○		○	▲	○		1	4	2	3	3		
3	●	4	18.0	4.0	19.2	10.1	Fácil de ensamblar	○	○	○	○	○		○	▲	1	3	4	3	4		
4	●	4	20.0	5.0	30.0	15.8	Tiempo adecuado para cocción de alimentos				○	▲	○	○	○	1	3	4	5	4		
5	●	4	18.0	4.0	19.2	10.1	Prototipo seguro	○			▲	○	▲	○		1	2	3	5	4		
6	●	3	15.0	3.0	10.8	5.7	Cocina amigable con el medio ambiente				○	▲	○	○		1	4	1	3	3		
7	●	4	19.0	4.0	19.2	10.1	Costo asequible de fabricación	▲	○	▲	○	○	○	○	▲	1	1	1	1	4		
8	●	4	19.0	4.0	24.0	12.6	Funcione con energía solar				○	▲	○	○	○	1	2	0	0	4		
Σ								190.0	100.0	Dificultad (0=Fácil de conseguir, 10=Dificultad Extrema)		2	5	7	8	8	6	6	6			
								Nuestra Compañía		4	3	3	5	4	5	5	3					
								Incidencia	449.2	406.8	356.4	823.2	552.4	670.8	1227.6	759.6	5246.0					
								Incidencia en porcentaje	8.6	7.8	6.8	15.7	10.5	12.8	23.4	14.5	100.0					
								Valor de referencia	Práctico de llevar e instalar	50 kilos	Armado en piezas	Tiempo de cocción: 1 hora	dimensiones: 1 x 1 x 1.7m	Componentes sostenibles	Valor dentro del mercado	Rango cenital: 0° a 180°						



ANEXO II. EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Los criterios son los siguientes: 0=si el criterio de la fila es inferior a la columna. 0.5=si el criterio de la fila es equivalente a la columna. 1=si el criterio de la fila es superior a la columna.

Criterios de valoración para almacenamiento y cocción de alimento

Criterio	Fabricación	Mantenimiento	Costo	Rendimiento	Peso	$\Sigma+1$	Ponderación
Fabricación		1	0	0	1	3	0.20
Mantenimiento	0		0	0	0.5	1.5	0.10
Costo	1	1		0.5	1	4.5	0.30
Rendimiento	1	1	0.5		1	4.5	0.30
Peso	0	0.5	0	0		1.5	0.10
Suma						15	1

Costo=Rendimiento>Dificultad de Fabricación>Peso=Mantenimiento

Se evalúa las soluciones con relación a los criterios.

Fabricación	Caja Cilíndrica	Caja Trapezoidal	Caja Lavarte	$\Sigma+1$	Ponderación
Caja Cilíndrica		0.5	1	1.5	0.50
Caja Trapezoidal	0.5		1	1.5	0.50
Caja Pavarotti	0	0		0	0.00
Suma				3	1.00

Mantenimiento	Caja Cilíndrica	Caja Trapezoidal	Caja Pavarotti	$\Sigma+1$	Ponderación
Caja Cilíndrica		0.5	1	1.5	0.50
Caja Trapezoidal	0.5		1	1.5	0.50
Caja Pavarti	0	0		0	0.00
Suma				3	1.00

Costo	Caja Cilíndrica	Caja Trapezoidal	Caja Pavarti	$\Sigma+1$	Ponderación
Caja Cilíndrica		1	1	2	0.67
Caja Trapezoidal	0		1	1	0.33
Caja Pavarti	0	0		0	0.00
Suma				3	1.00

Rendimiento	Caja Cilíndrica	Caja Trapezoidal	Caja Pavarti	$\Sigma+1$	Ponderación
Caja Cilíndrica		0	0	0	0.00
Caja Trapezoidal	0		1	1	0.33
Caja Pavarti	1	1		2	0.67
Suma				3	1.00

Peso	Caja Cilíndrica	Caja Trapezoidal	Caja Pavarti	$\Sigma+1$	Ponderación
Caja Cilíndrica		0	0.5	0.5	0.17
Caja Trapezoidal	1		1	2	0.67
Caja Pavarti	0.5	0		0.5	0.17
Suma				3	1.00

Finalmente se presentan las conclusiones.

Conclusiones	Fabricación	Mantenimiento	Costo	Rendimiento	Peso	Σ	Prioridad
Caja Cilíndrica	0.2x0.5	0.1x0.5	0.3x0.67	0.3x0.0	0.1x0.17	0.37	2
Caja Trapezoidal	0.2x0.5	0.1x0.5	0.3x0.33	0.3x0.33	0.1x0.67	0.42	1
Caja Pavarti	0.2x0.0	0.1x0.0	0.3x0.0	0.3x0.67	0.1x0.17	0.22	3
					Suma	1	

Criterios de valoración para orientación rotacional del concentrador

Criterio	Fabricación	Mantenimiento	Costo	Mecanismo sencillo	Cómodo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fabricación		1	0	0	1	3	0.19
Mantenimiento	0		0.5	0.5	0.5	2.5	0.16
Costo	1	1		0.5	1	4.5	0.29
Mecanismo sencillo	0.5	1	0		0.5	3	0.19
Cómodo	0.5	0.5	0	0.5		2.5	0.16
					Suma	16	1
Costo>Mecanismo sencillo=Dificultad de Fabricación>Mantenimiento=Cómodo							

Se evalúa las soluciones con relación a los criterios.

Fabricación	Manivela-Engranaje	Pasador	$\Sigma+1$	Ponderación
Manivela-Engranaje		0	0	0.00
Pasador	1		1	1.00
			1	1.00

Mantenimiento	Manivela-Engranaje	Pasador	$\Sigma+1$	Ponderación
Manivela-Engranaje		0.5	0.5	0.50
Pasador	0.5		0.5	0.50
			1	1.00

Costo	Manivela-Engranaje	Pasador	$\Sigma+1$	Ponderación
Manivela-Engranaje		0	0	0.00
Pasador	1	0	1	1.00
			1	1.00


Mecanismo Sencillo	Manivela-Engranaje	Pasador	$\Sigma+1$	Ponderación
Manivela-Engranaje		0	0	0.00
Pasador	1		1	1.00
			1	1.00

Cómodo	Manivela-Engranaje	Pasador	$\Sigma+1$	Ponderación
Manivela-Engranaje		1	1	1.00
Pasador	0		0	0.00
			1	1.00

Finalmente se presentan las conclusiones.

Conclusiones	Fabricación	Mantenimiento	Costo	Mecanismo Sencillo	Cómodo	Σ	Prioridad
Manivela-Engranaje	0.19x0.0	0.16x0.5	0.29x0.0	0.19x0.0	0.16x1.0	0.24	2
Pasador	0.19x1.0	0.16x0.5	0.29x1.0	0.19x1.0	0.16x0.0	0.76	1
					Suma	1.0	

ANEXO III. RECIPIENTE DE LA CÁMARA DE COCCIÓN

Marca: UMCO	
Modelo: Caldero Milano 7230	
Precio: \$22,13	
Descripción:	
Material: Aluminio resistente con pintura exterior negra mate. Capacidad: 3 litros Diámetro: 20 cm. Altura: 10 cm. Apto para cocina: eléctrica, inducción y gas. Para uso doméstico. Mangos y asas de baquelita. Tapa de aluminio con orificio para salida de vapor.	

ANEXO IV. COSTOS DE MATERIALES



Dir.: Quito, García Moreno y Pedro Montero
Telf.: 2012142 / 0992788096
E-mail: ventas.dismainpe@gmail.com
Quito - Ecuador

DISTRIBUIDORA DE MATERIALES INDUSTRIALES & PETROLEROS

Cliente: PARTICULAR

JOSE LUIS OÑA PIEDRA

Dirección: QUITO

R.U.C. 1713380309001

C.I./R.U.C.:

PROFORMA No:

Fecha: 16 DE JULIO DE 2022

000001028

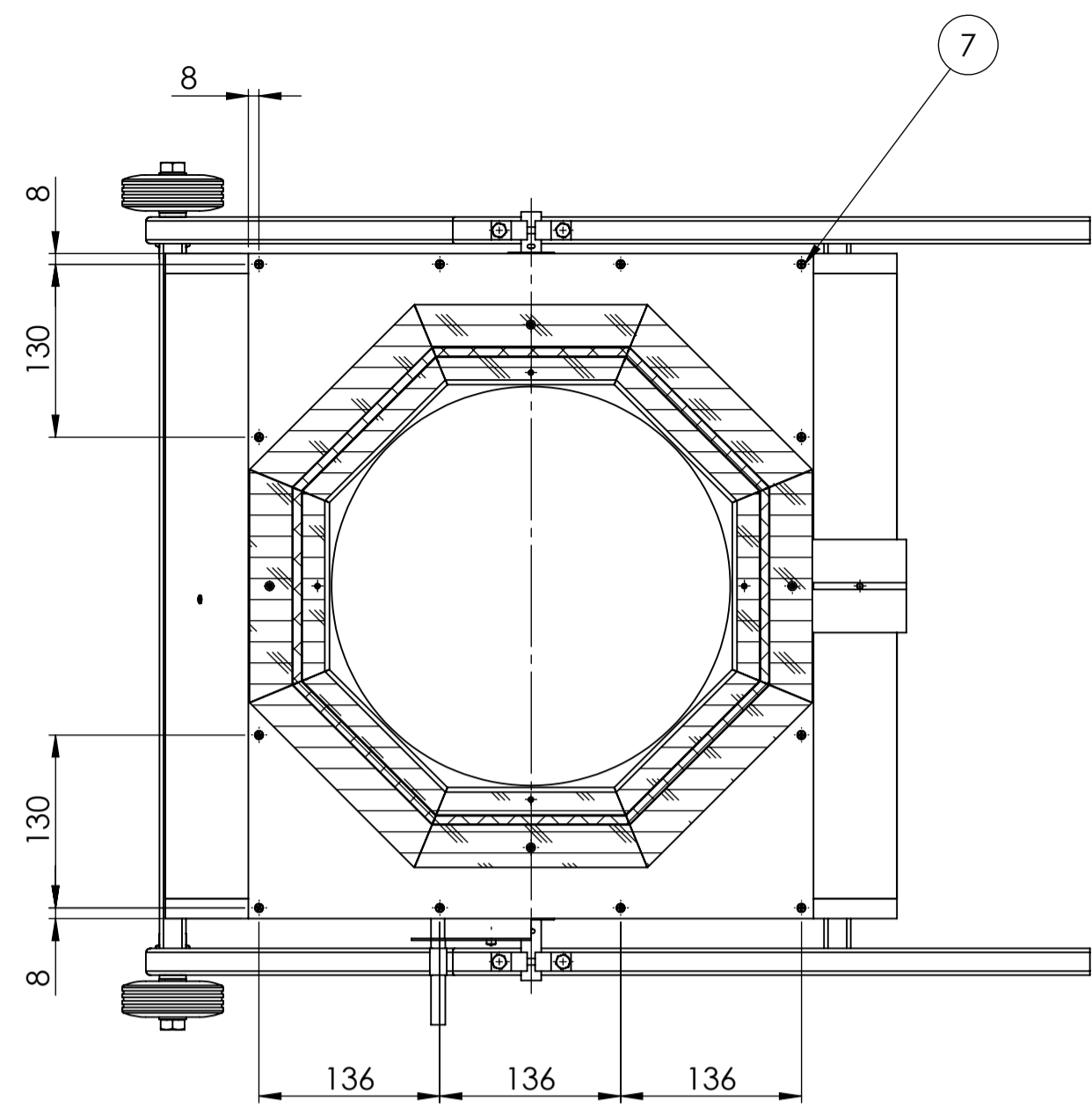
Contacto: FRANK GUERRERO

CANT	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE ENTREGA	P. UNIT.	TOTAL
66	TORNILLO AUTOPERFORANTE CAB. AVELLANADA A/INOX NO. 8 X 1 1/4"	INMEDIATO	\$ 0.06	\$ 3.96
3	TORNILLO AUTOPERFORANTE CABEZA PLANA. ACERO INOXIDABLE NO. 8 X 1	INMEDIATO	\$ 0.06	\$ 0.18
1	DISCO DE CORTE MADERA 7 1/4**16D TRUPPER	INMEDIATO	\$ 5.57	\$ 5.57
1	BROCA COBALTO 1/2" MIBRO	INMEDIATO	\$ 3.70	\$ 3.70
4	LIJA DE AGUA N.180 TRUPPER	INMEDIATO	\$ 0.44	\$ 1.76
1	LACA THINNER TECNI 1/4 GL	INMEDIATO	\$ 6.35	\$ 6.35
1	SILICÓN RTV TRANSPARENTE SELLADOR PERMATEX 85 G	INMEDIATO	\$ 2.65	\$ 2.65
1	COLA PLÁSTICA 1 L	INMEDIATO	\$ 2.07	\$ 2.07
2	PICAPORTE ACERO NEGRO 2" HERMEX	INMEDIATO	\$ 2.00	\$ 4.00
1	BISAGRA DE RETORNO CON TORNILLOS	INMEDIATO	\$ 3.00	\$ 3.00
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
				-

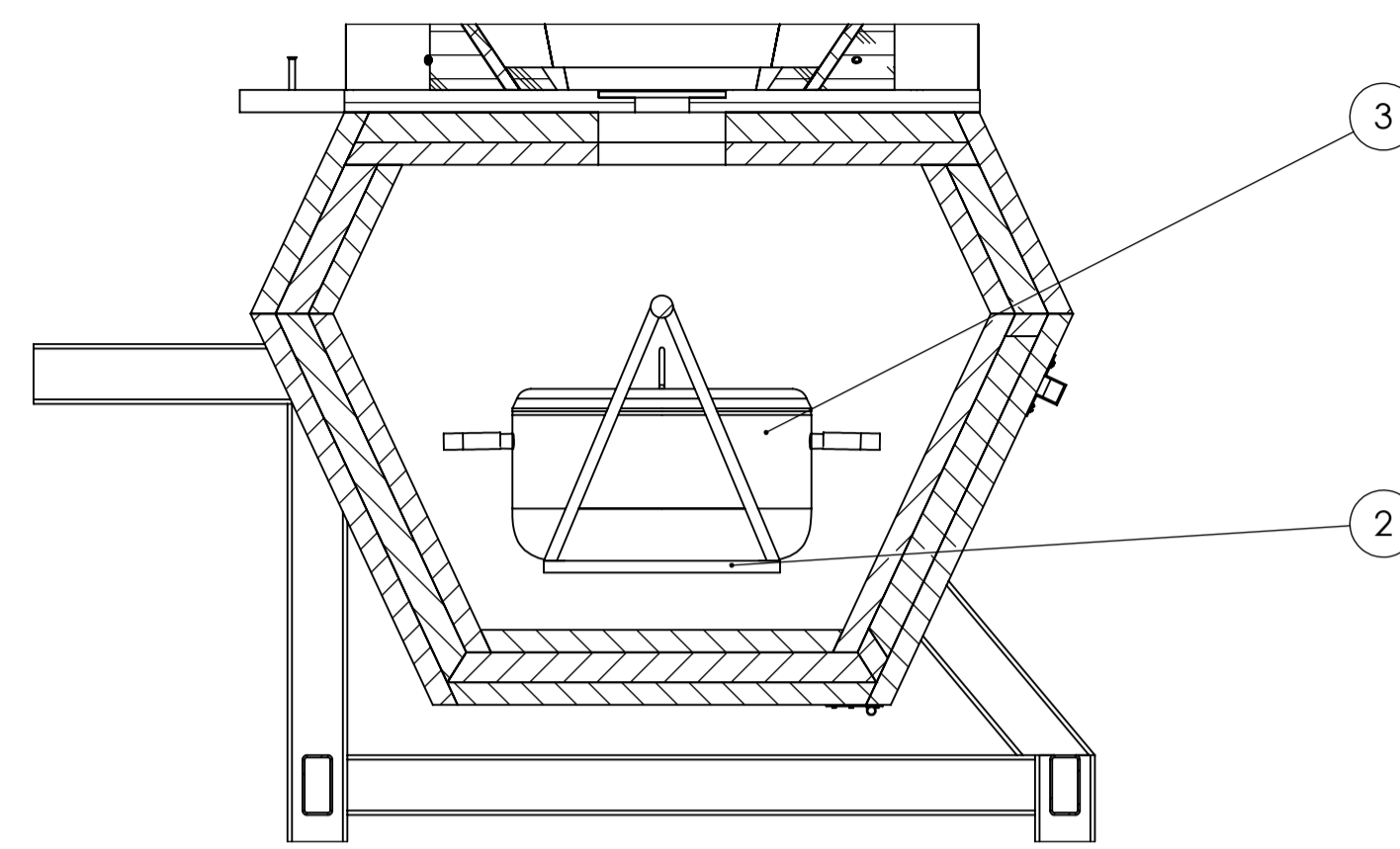
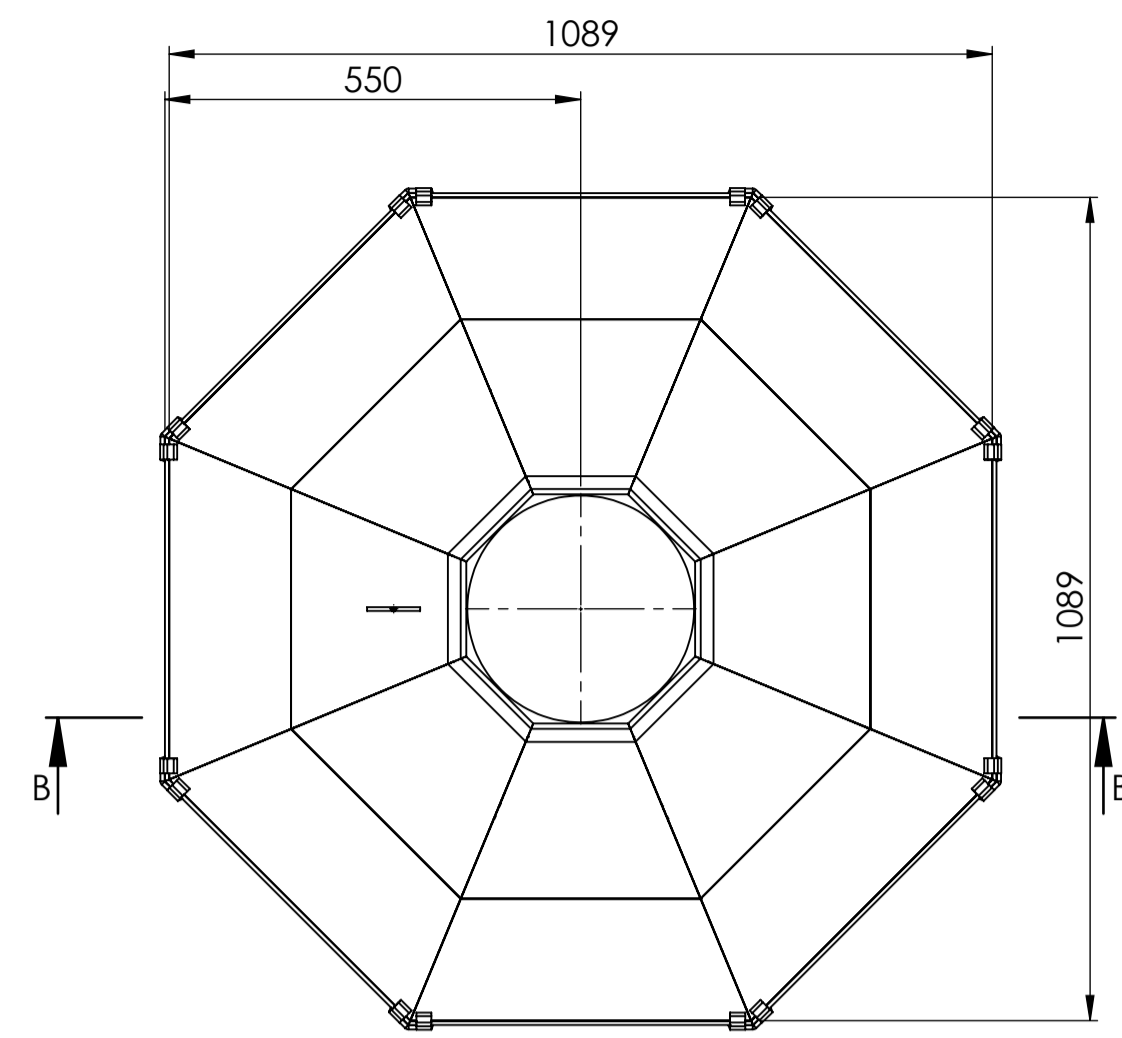
VALIDEZ DE LA OFERTA : 72 HORAS
MATERIAL SUJETO A PREVIA VENTA Y VERIFICACION DE STOCK
FORMA DE PAGO : A CONVENIR
CORDIALMENTE,
DISMAINPE
ventas.dismainpe@gmail.com

SUBTOTAL		\$ 33.24
DESCUENTO 0%		\$ -
SUBTOTAL		\$ 33.24
I.V.A. 12%		\$ 3.99
V. TOTAL		\$ 37.23

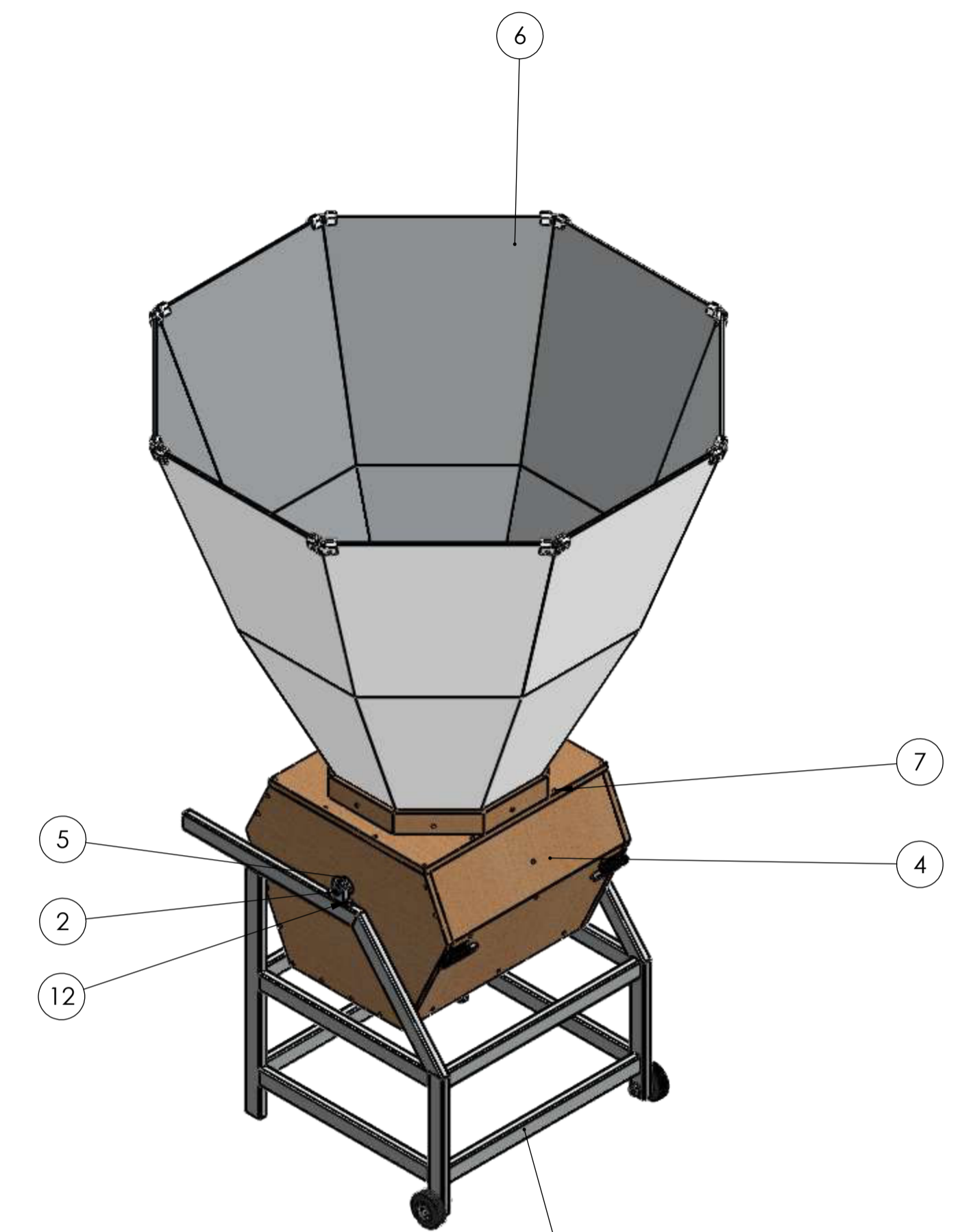
ANEXO V. PLANOS DEL PROTOTIPO



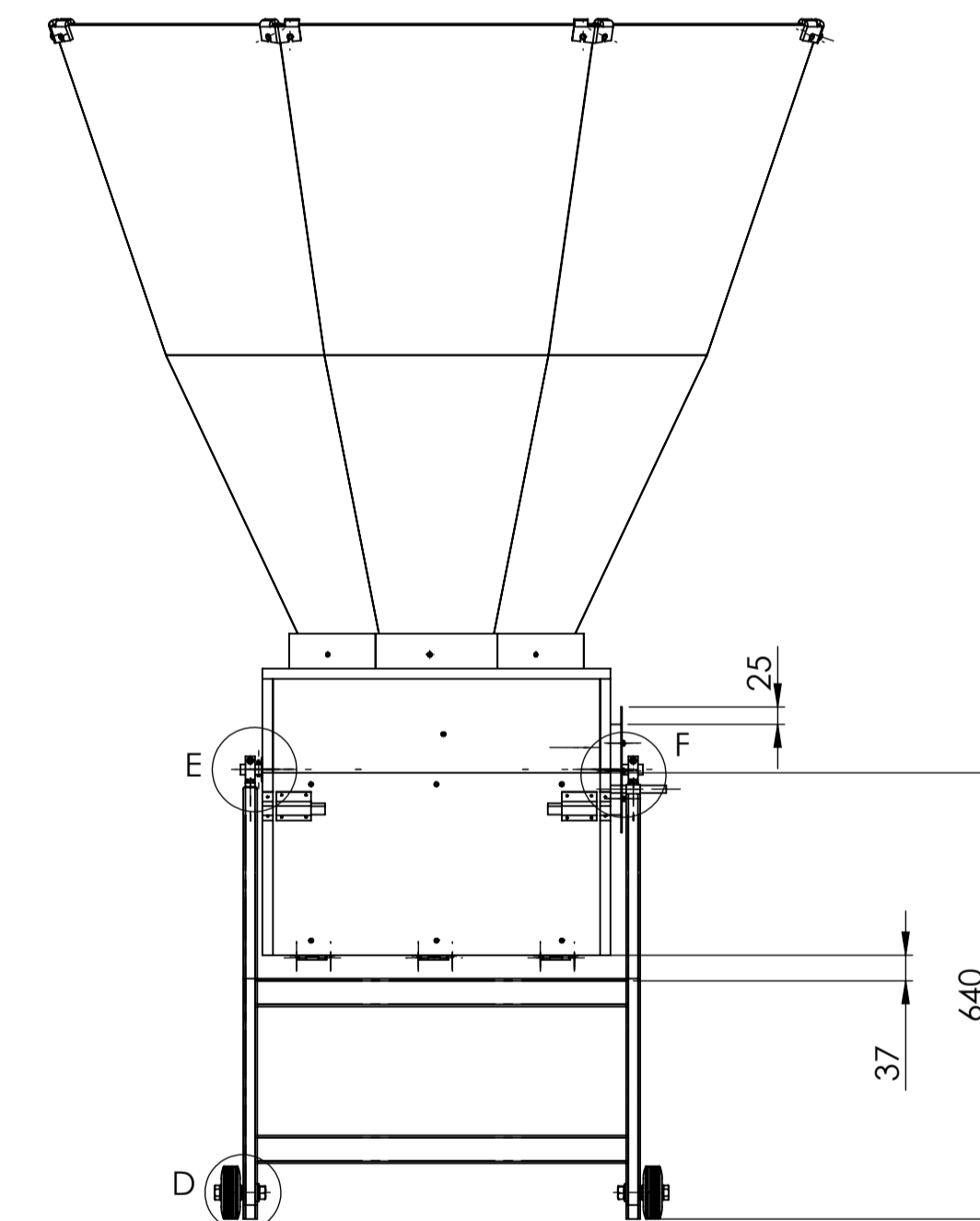
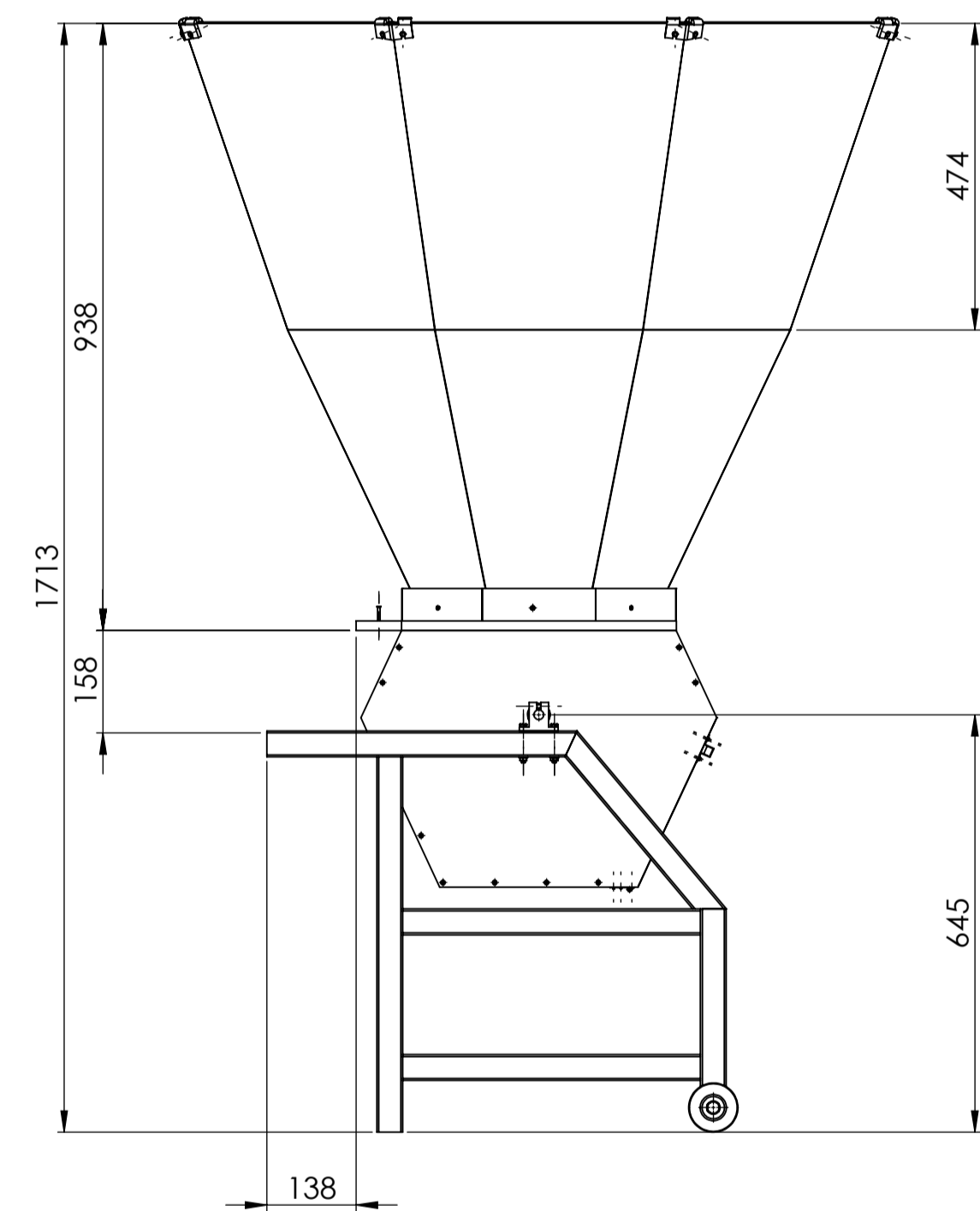
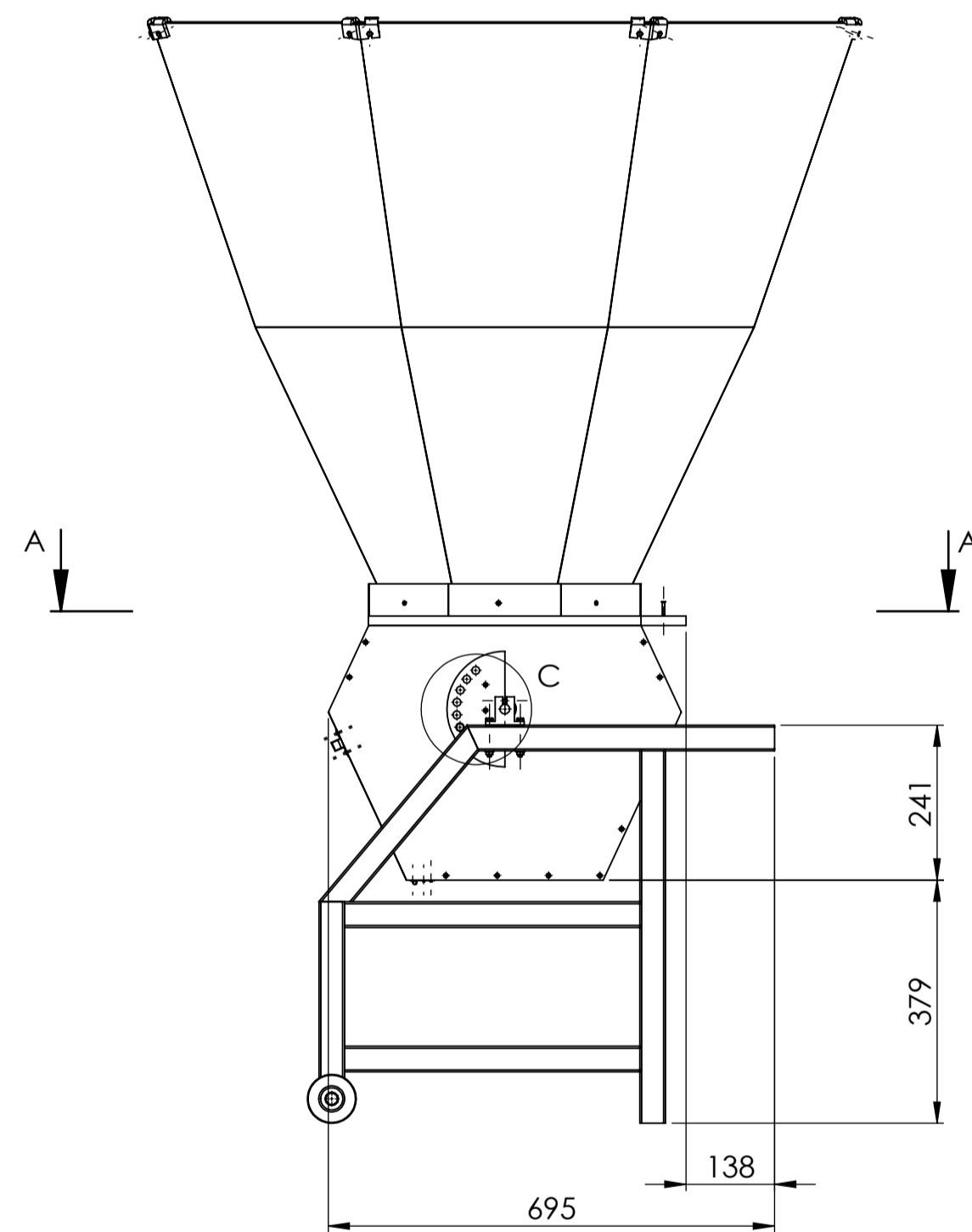
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 5



VISTA ISOMÉTRICA

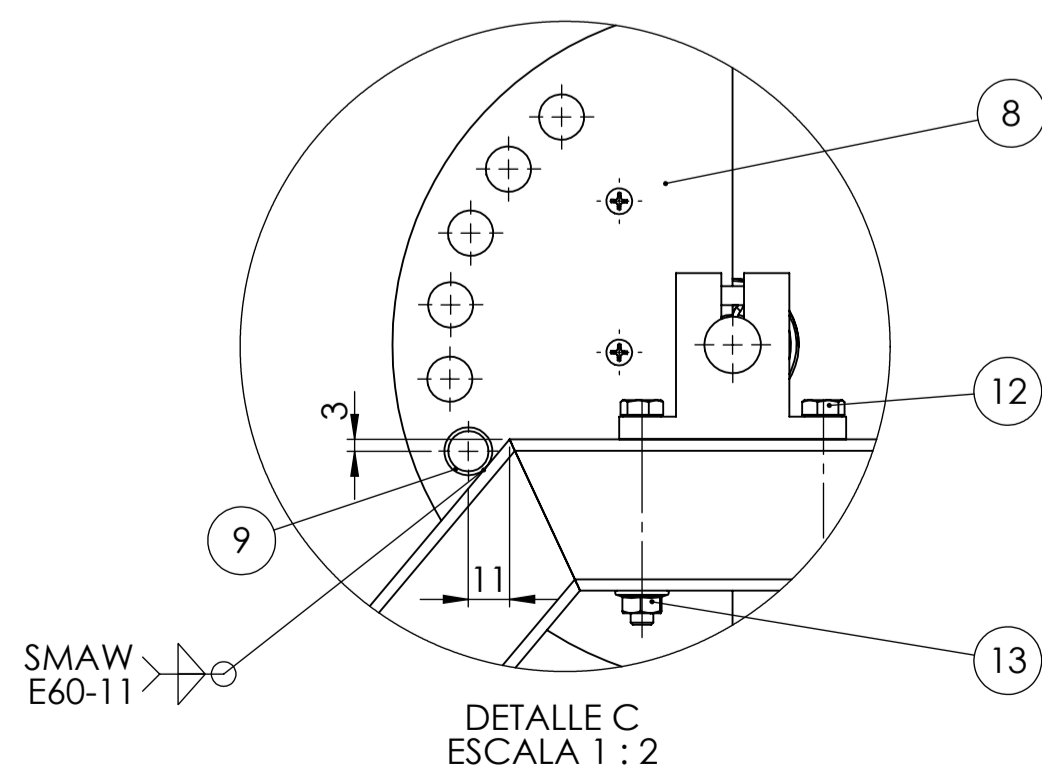


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

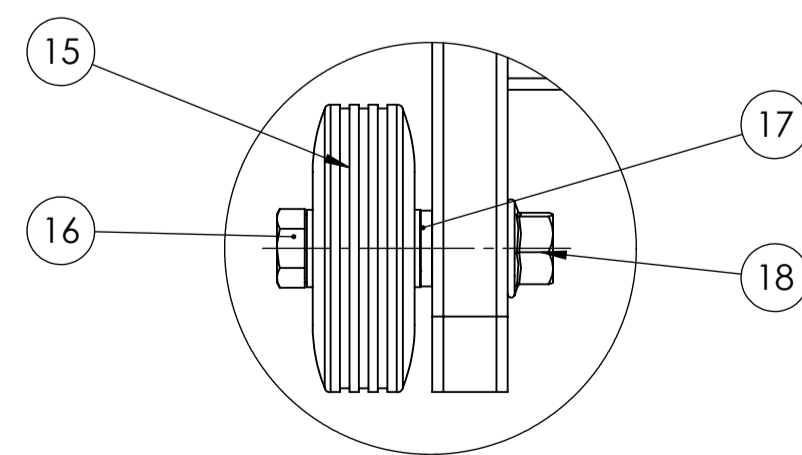
PRÓTOTIPO COCINA SOLAR
Masa: 55 kg
Capacidad de cocción: 2.5 L

NOTA:
EL ÍTEM 7 CORRESPONDE A PERNOS AGLOMERADOS COLOCADOS
SEGÚN MEDIDAS DE LA SECCIÓN A-A.

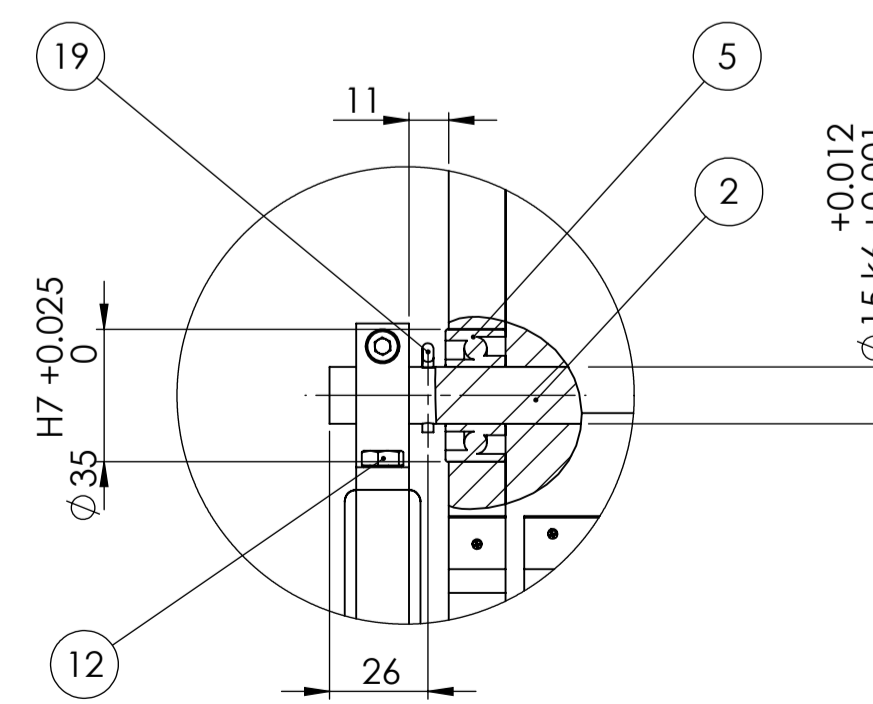
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN/No.	MATERIAL	CANT.
19	PIN PASADOR	PASADOR DIVIDIDO 3.2X25MM	AISI 304	2
18	TUERCA DE RUEDA	TUERCA HERXAGONAL M12	ACERO NEGRO	2
17	ARANDELA DE RUEDA	ARANDELA DE PRESIÓN 1/2"	ACERO NEGRO	2
16	PERNO DE RUEDA	PERNO HERXAGONAL M12 X 3"	ACERO NEGRO	2
15	RUEDA	RUEDA MACIZA DE 80 MM	ACERO Y CAUCHO	2
14	PASADOR SISTEMA DE ROTACION	PCS-01-02	ACERO NEGRO	1
13	TUERCA SOPORTE	TUERCA HERXAGONAL 1/4"	GALVANIZADO	4
12	PERNO SOPORTE	PERNO HERXAGONAL 1/4" X 2-1/2"	GALVANIZADO	4
11	TORNILLO AGLOMERADO 1-1/4"	CABEZA PLANA N8 X 1-1/4"	ACERO NEGRO	3
10	MADERA SISTEMA DE ROTACION	PCS-01-02	MADERA CONTRACHAPADA	1
9	TUBO	PCS-01-02	ACERO NEGRO	1
8	PLACA SISTEMA DE ROTACION	PCS-01-02	ACERO NEGRO	1
7	TORNILLO AGLOMERADO 1-1/4"	CABEZA AVELLANADA No.8x1-1/4"	ACERO NEGRO	12
6	ARREGLO DE REFLECTORES	PCS-01-03	VARIOS	1
5	RODAMIENTO DE BOLAS	AUTOALINEABLES 15-35-14	ACERO INOXIDABLE	2
4	CAMARA DE COCCION	PCS-01-01	VARIOS	1
3	RECIPIENTE-OLLA	CALDERO MILANO 7230 UMCO	ALUMINIO NEGRO MATE	1
2	SOPORTE DE RECIPIENTE	PCS-01-05	ACERO ASTM A36	1
1	ESTRUCTURA	PCS-01-04	ACERO ASTM A36	1
	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN/No.	MATERIAL	CANT.



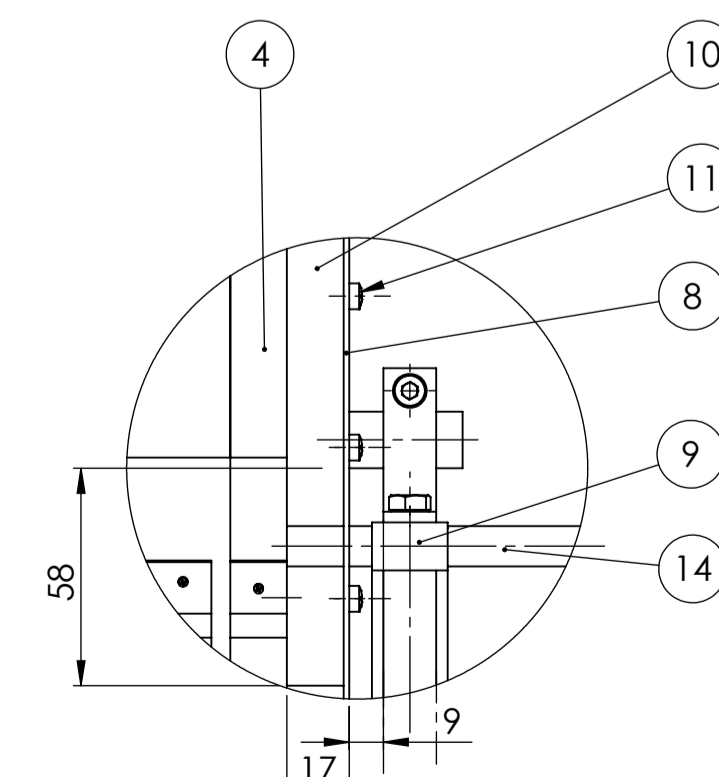
DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE D
ESCALA 1 : 2

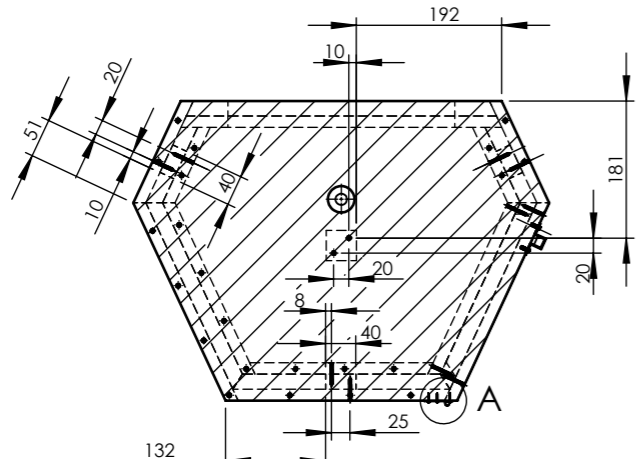


DETALLE E
ESCALA 1 : 2

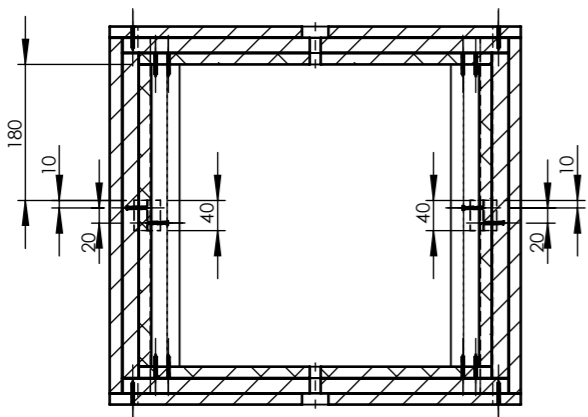
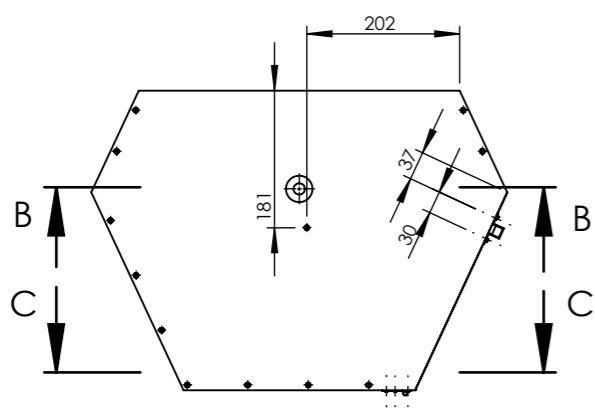
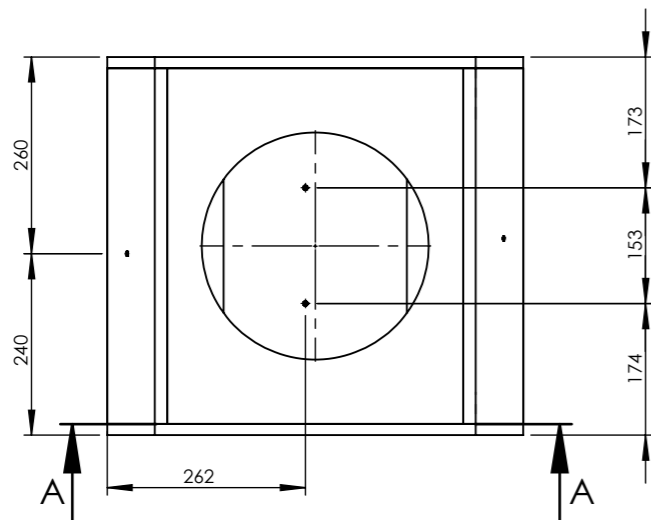


DETALLE F
ESCALA 1 : 2

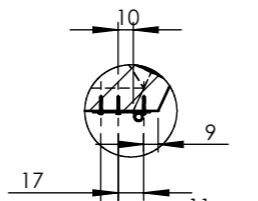
Trat. térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Escala:	Dib. F.Guerrero-E.Morales
Material:	VARIOS	Tol.Gral. N/A	Dis. F.Guerrero-E.Morales	Rev. Marco Yñez
PROTOTIPO COCINA SOLAR			PCS-01	Fecha: 20/07/22



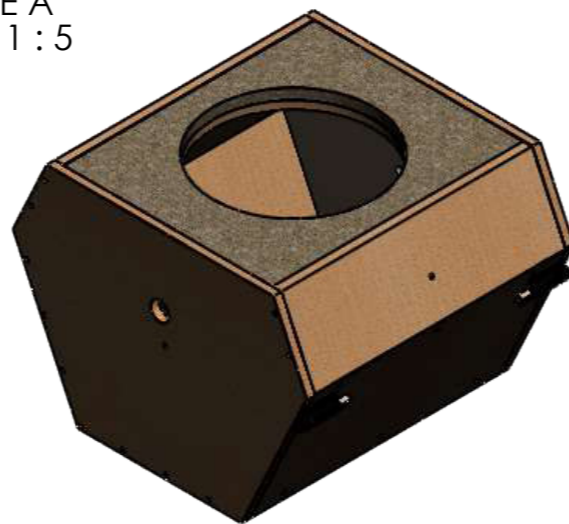
CORTE A-A



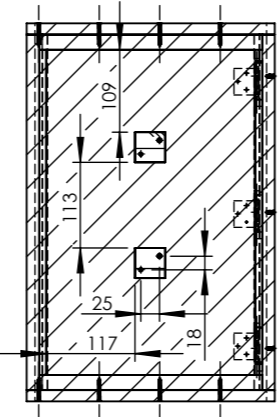
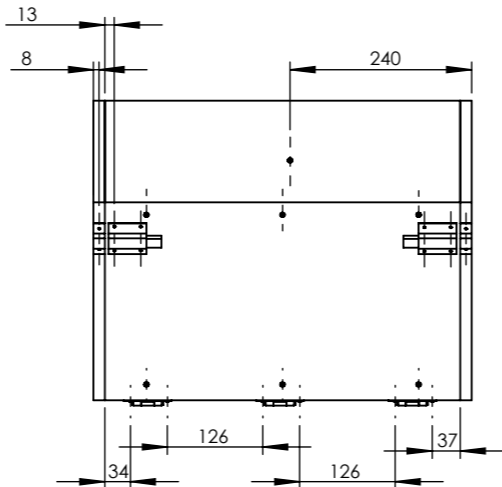
SECCIÓN B-B



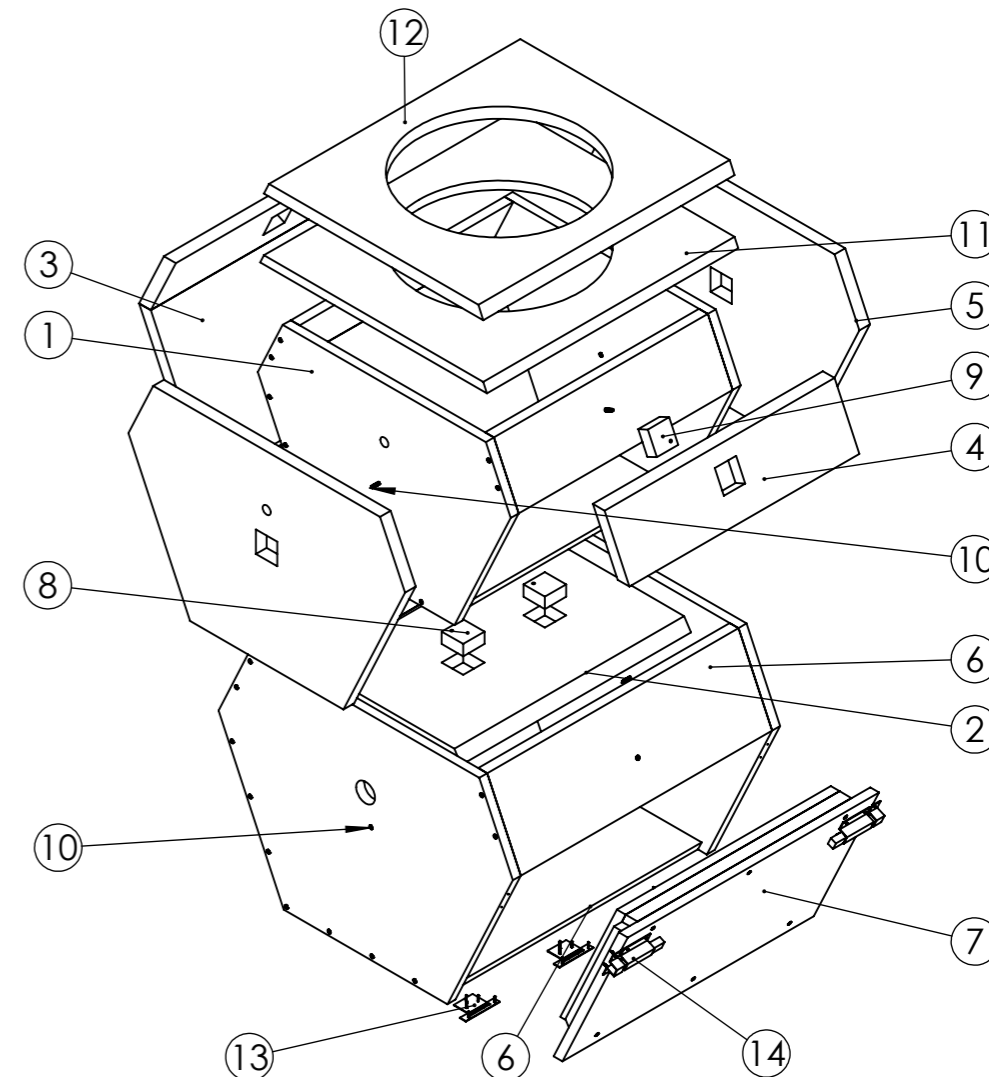
DETALLE A
ESCALA 1:5



VISTA ISOMÉTRICA



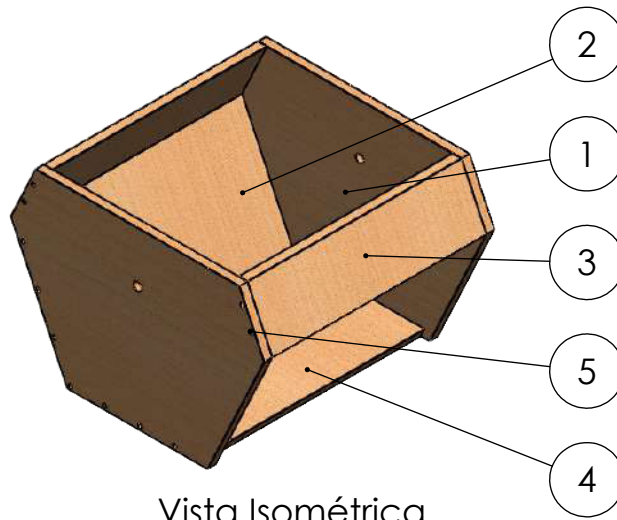
CORTE C-C



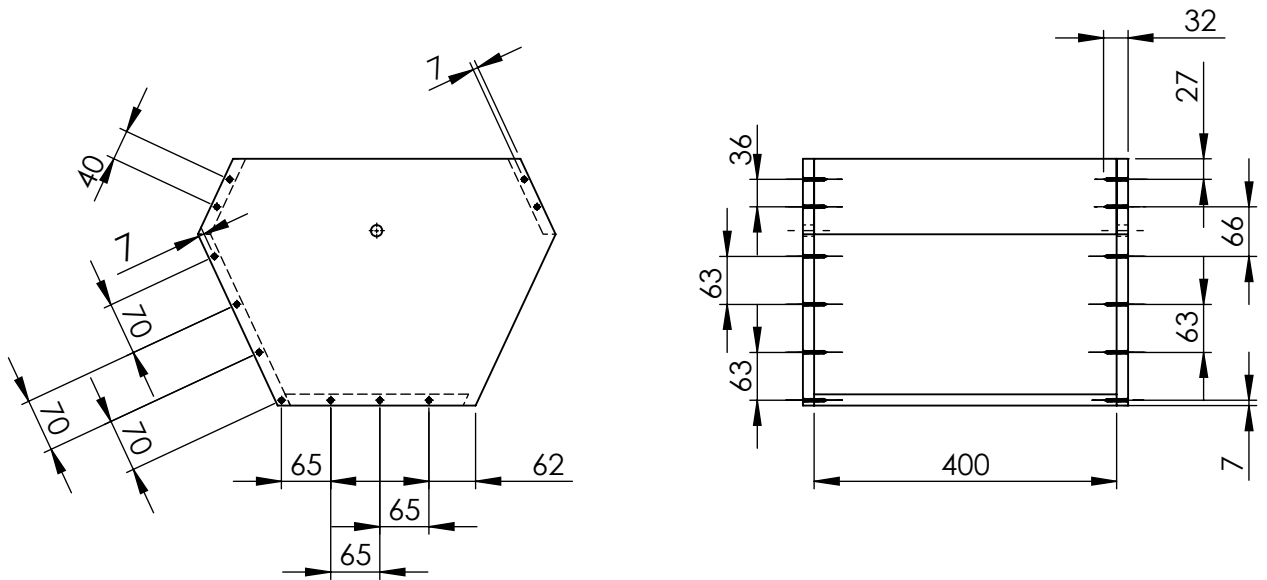
VISTA EXPLOSIONADA

14	CERROJO	PICAPORTE NEGRO 2" HERMEX	ACERO	2
13	BISAGRA	BISAGRA DE RETORNO 2"x2"x2.5 mm	COBRE	3
12	AISLANTE PARED HORIZONTAL SUPERIOR	PCS-01-01-03-02	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	1
11	PARED HORIZONTAL SUPERIOR INTERNA	PCS-01-01-05	MADERA CONTRACHAPADA	1
10	TORNILLO AUTOPERFORANTE	CABEZA AVELLANADA No.8 x 1-1/4"	ACERO GALVANIZADO	12
9	SOPORTE INCLINADO	PCS-01-01-05	MADERA CONTRACHAPADA	2
8	SOPORTE BASE	PCS-01-01-05	MADERA CONTRACHAPADA	4
7	PUERTA CAMARA DE COCCION	PCS-01-01-04	MADERA CONTRACHAPADA	1
6	CAJA EXTERNA	PCS-01-01-02	MADERA CONTRACHAPADA	1
5	PARED VERTICAL	PCS-01-01-03-01	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	2
4	PARED INCLINADA SUPERIOR	PCS-01-01-03-02	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	2
3	PARED INCLINADA INFERIOR	PCS-01-01-03-01	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	1
2	PARED HORIZONTAL	PCS-01-01-03-01	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	1
1	CAJA INTERNA	PCS-01-01-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN/No. PLANO	MATERIAL	CANT.

Trat. térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: VARIOS	Tol. Gral. N/A	Escala: 1:10	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
CÁMARA DE COCCIÓN		PCS-01-01	Fecha: 25/07/22	

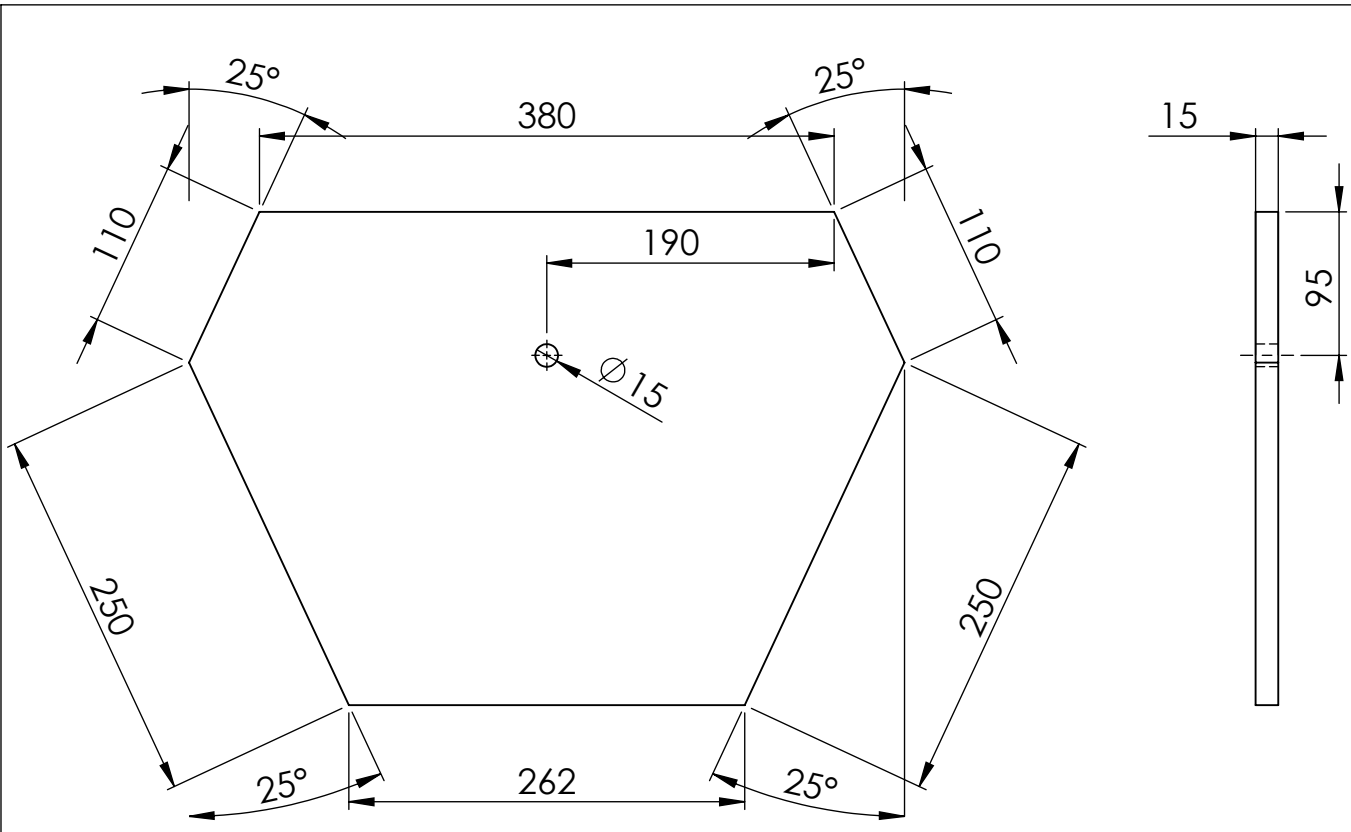


Vista Isométrica



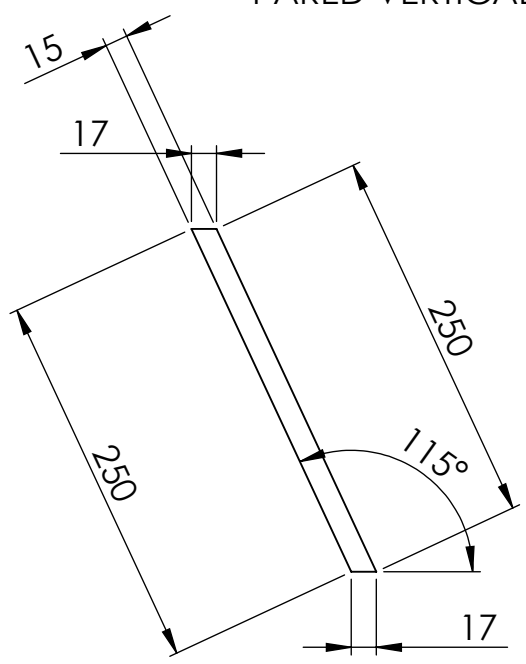
5	TORNILLO AUTOPERFORANTE	CABEZA AVELLANADA No.8 x 1-1/4"	ACERO GALVANIZADO	22
4	PARED HORIZONTAL INTERNA	PCS-01-01-01-02	MADERA CONTRACHAPADA	1
3	PARED INCLINADA SUPERIOR INTERNA	PCS-01-01-01-02	MADERA CONTRACHAPADA	2
2	PARED INCLINADA INFERIOR INTERNA	PCS-01-01-01-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
1	PARED VERTICAL INTERNA	PCS-01-01-01-01	MADERA CONTRACHAPADA	2
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN/No. PLANO	MATERIAL	CANT.

Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno			
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:10	Dib. Frank Guerrero	
			Dis. Frank Guerrero	
			Rev. Marco Yáñez	
CAJA INTERNA		PCS-01-01-01		Fecha: 25/07/22



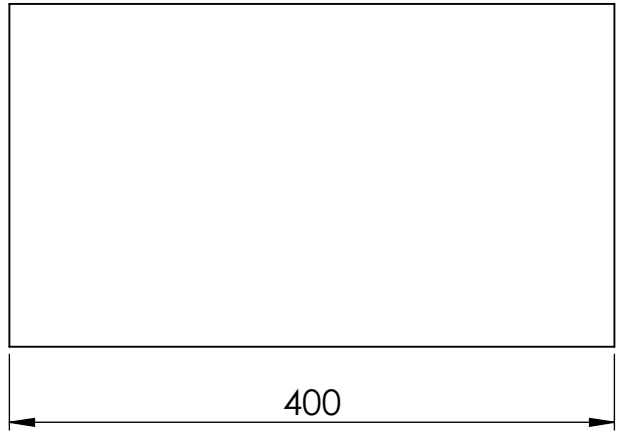
PARED VERTICAL INTERNA

ESPESOR: 15 mm

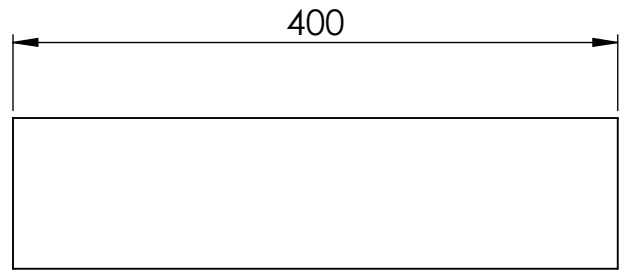
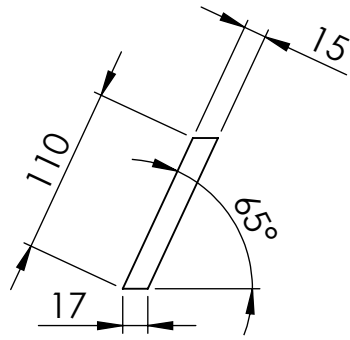


PARED INCLINADA INFERIOR INTERNA

ESPESOR: 15 mm

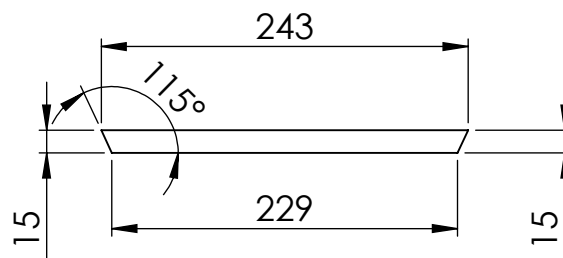
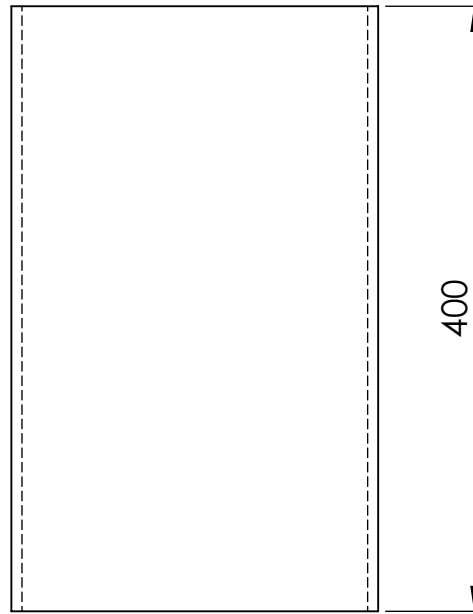


Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:5	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
PAREDES INTERNAS 1		PCS-01-01-01-01		Fecha: 25/07/22



PARED INCLINADA SUPERIOR INTERNA

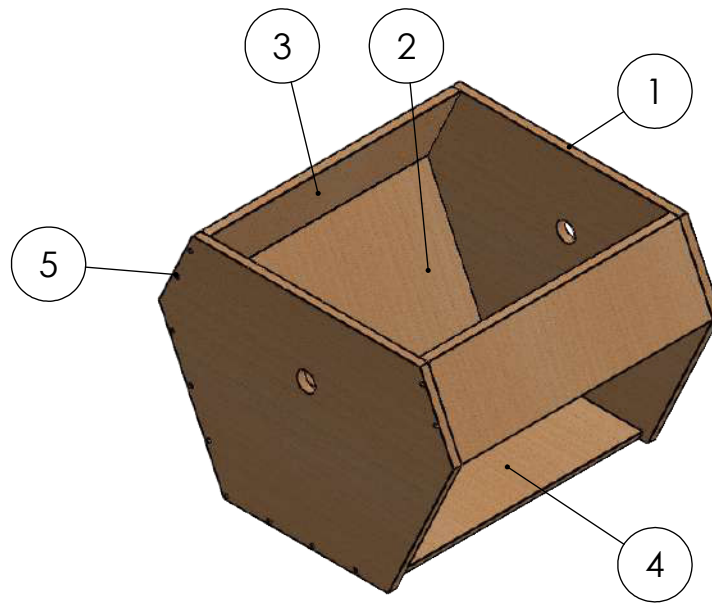
ESPESOR: 15 mm



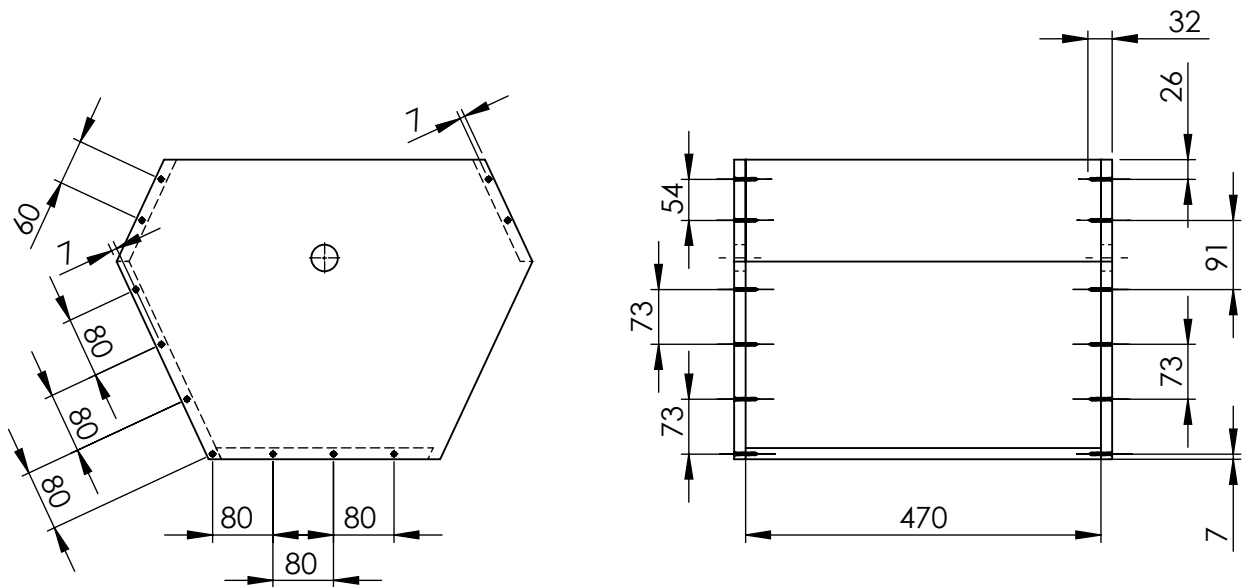
PARED HORIZONTAL INTERNA

ESPESOR: 15 mm

Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero	
Material:	Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala:	Dis.	Frank Guerrero
			1:5	Rev.	Marco Yáñez
PAREDES INTERNAS 2		PCS-01-01-01-02			Fecha: 25/07/22

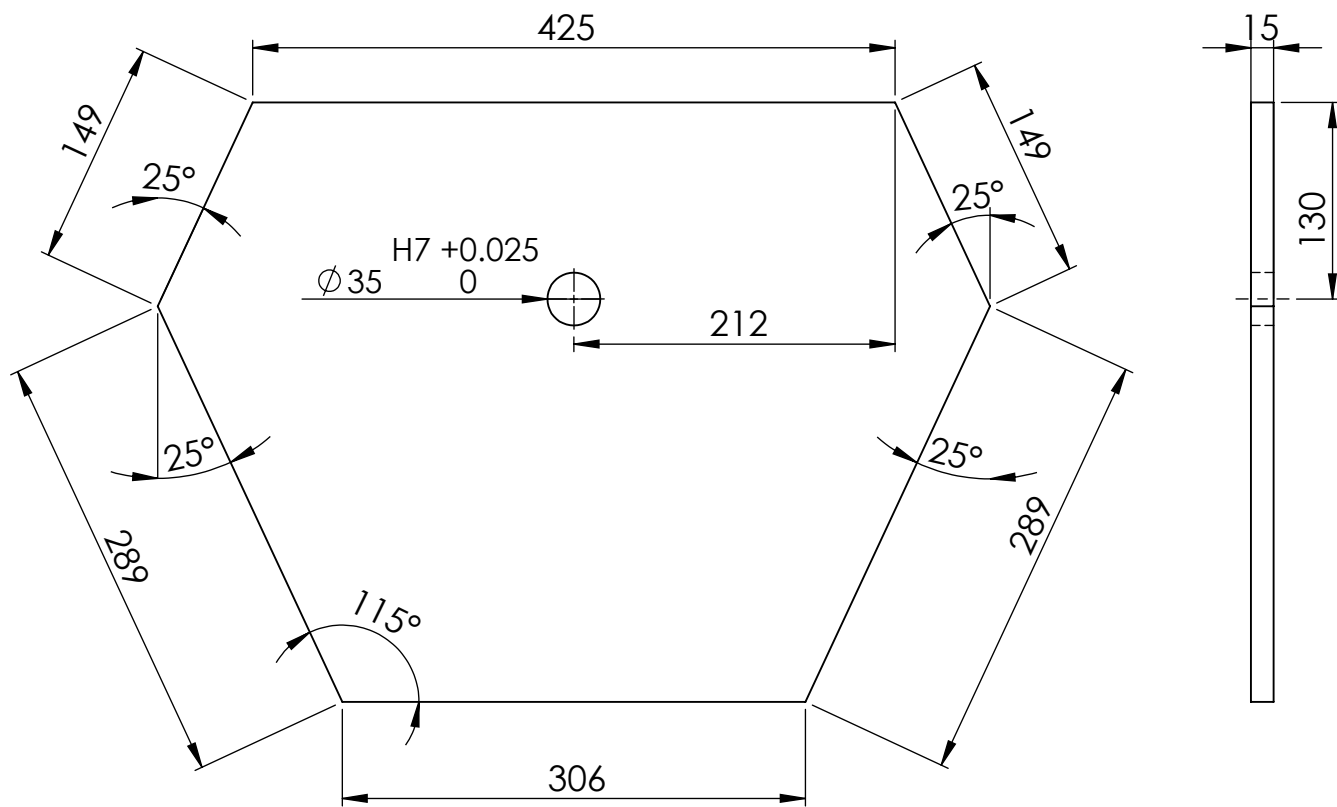


Vista Isométrica



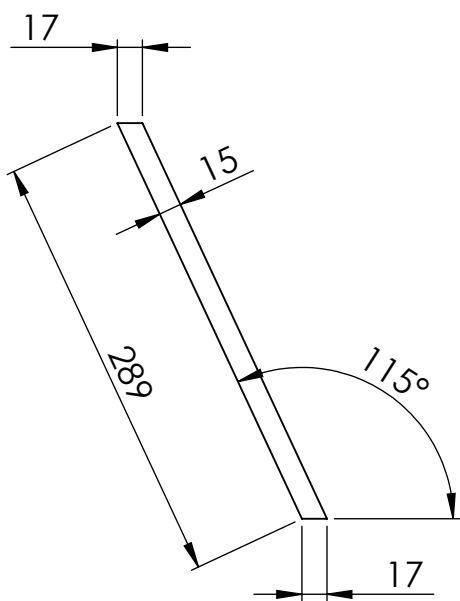
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN/No. PLANO	MATERIAL	CANT.
5	TORNILLO AUTOPERFORANTE	CABEZA AVELLANADA No.8 x 1-1/4"	ACERO GALVANIZADO	22
4	PARED HORIZONTAL EXTERNA	PCS-01-01-02-02	MADERA CONTRACHAPADA	1
3	PARED INCLINADA SUPERIOR EXTERNA	PCS-01-01-02-02	MADERA CONTRACHAPADA	2
2	PARED INCLINADA INFERIOR EXTERNA	PCS-01-01-02-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
1	PARED VERTICAL EXTERNA	PCS-01-01-02-01	MADERA CONTRACHAPADA	2

Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno			
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:10	Dib. Frank Guerrero	
			Dis. Frank Guerrero	
			Rev. Marco Yáñez	
CAJA EXTERNA		PCS-01-01-02		Fecha: 25/07/22



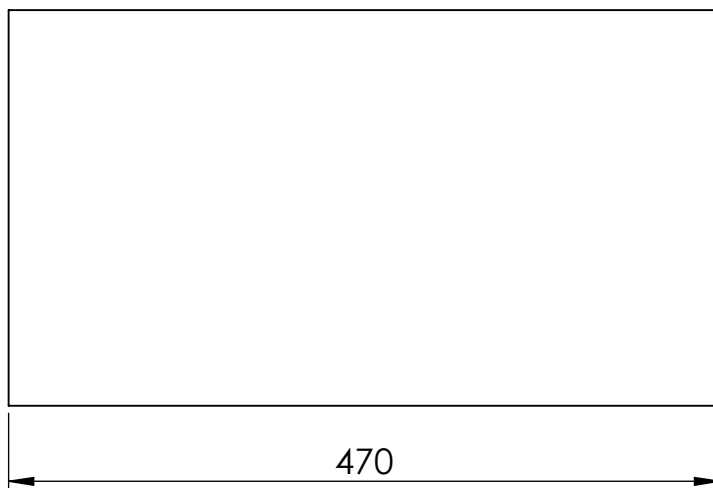
PARED VERTICAL EXTERNA

ESPESOR: 15 mm

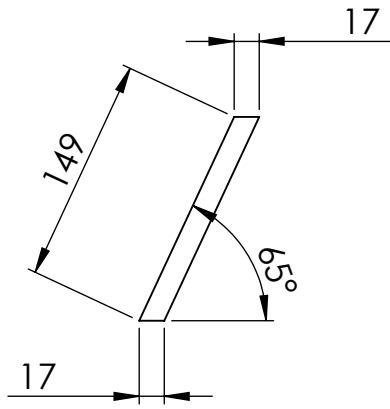


PARED INCLINADA INFERIOR EXTERNA

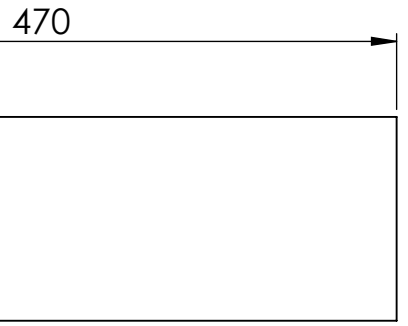
ESPESOR: 15 mm



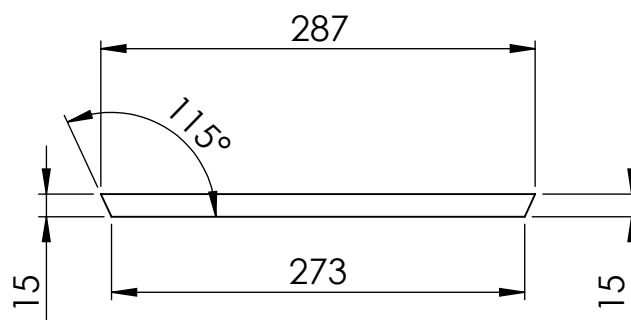
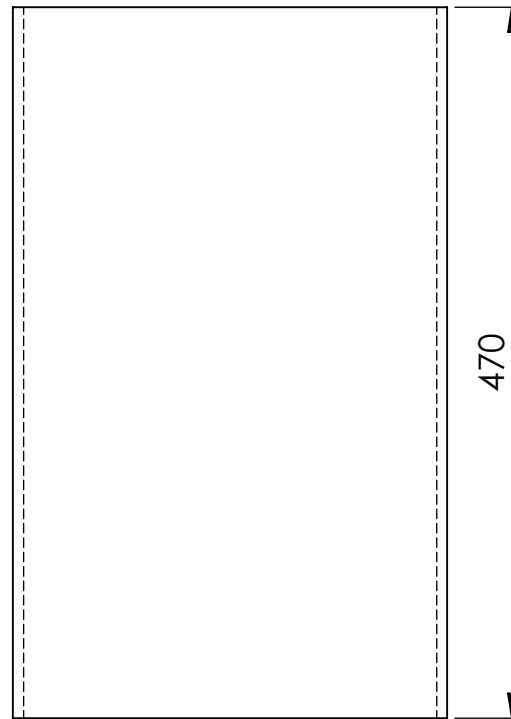
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero	
Material:	Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala:	Dis.	Frank Guerrero
			1:5	Rev.	Marco Yáñez
PAREDES EXTERNAS 1		PCS-01-01-02-01		Fecha: 25/07/22	



PARED INCLINADA SUPERIOR EXTERNA



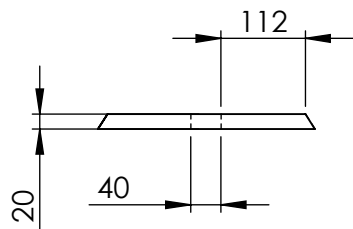
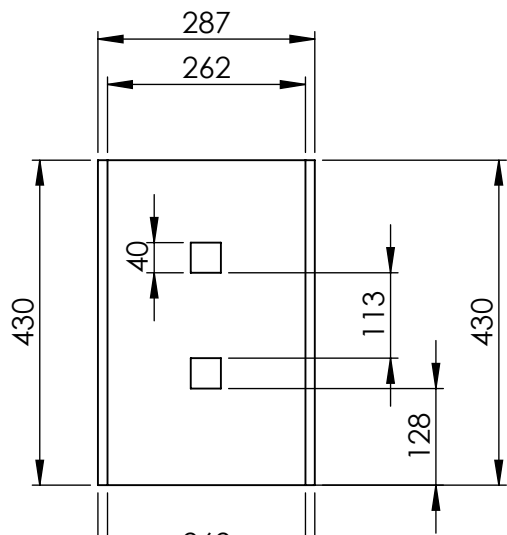
ESPESOR: 15 mm



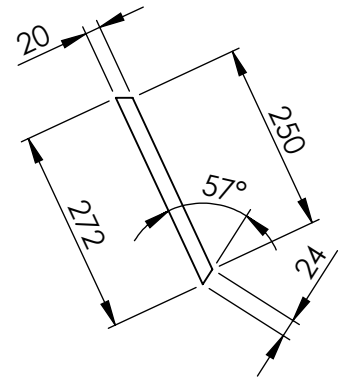
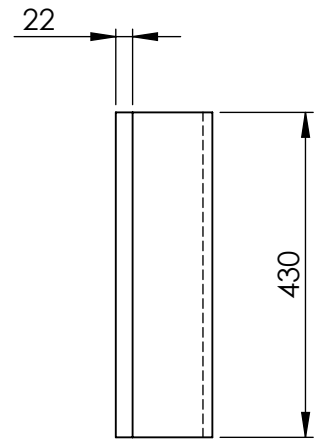
PARED HORIZONTAL EXTERNA

ESPESOR: 15 mm

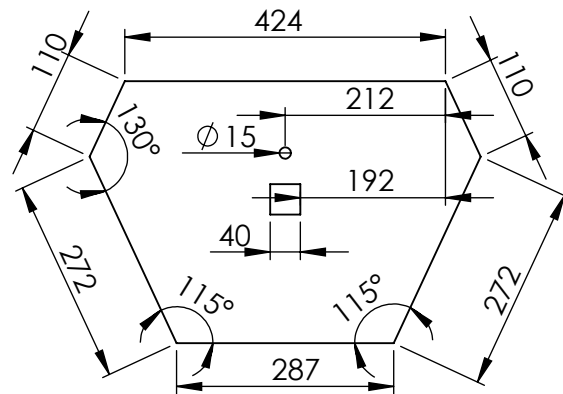
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:5	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
PAREDES EXTERNAS 2		PCS-01-01-02-02		Fecha: 25/07/22



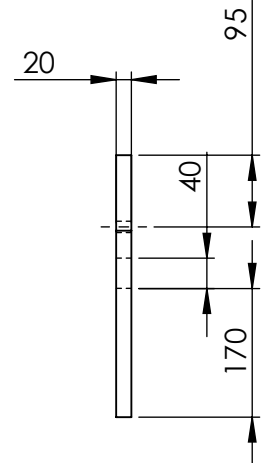
PARED HORIZONTAL ESPESOR: 20 mm



PARED INCLINADA INFERIOR
ESPESOR: 20 mm

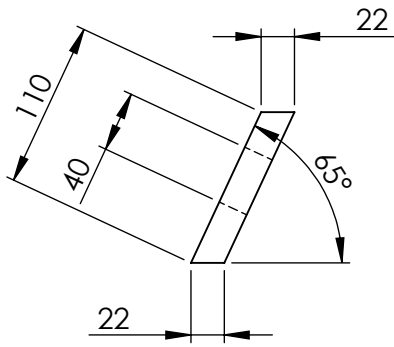


PARED VERTICAL

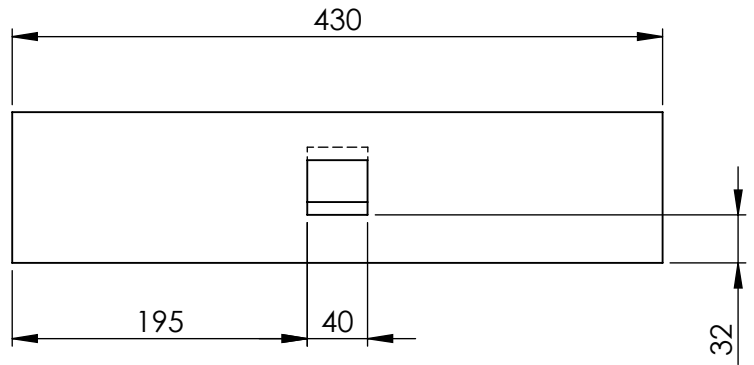


ESPESOR: 20 mm

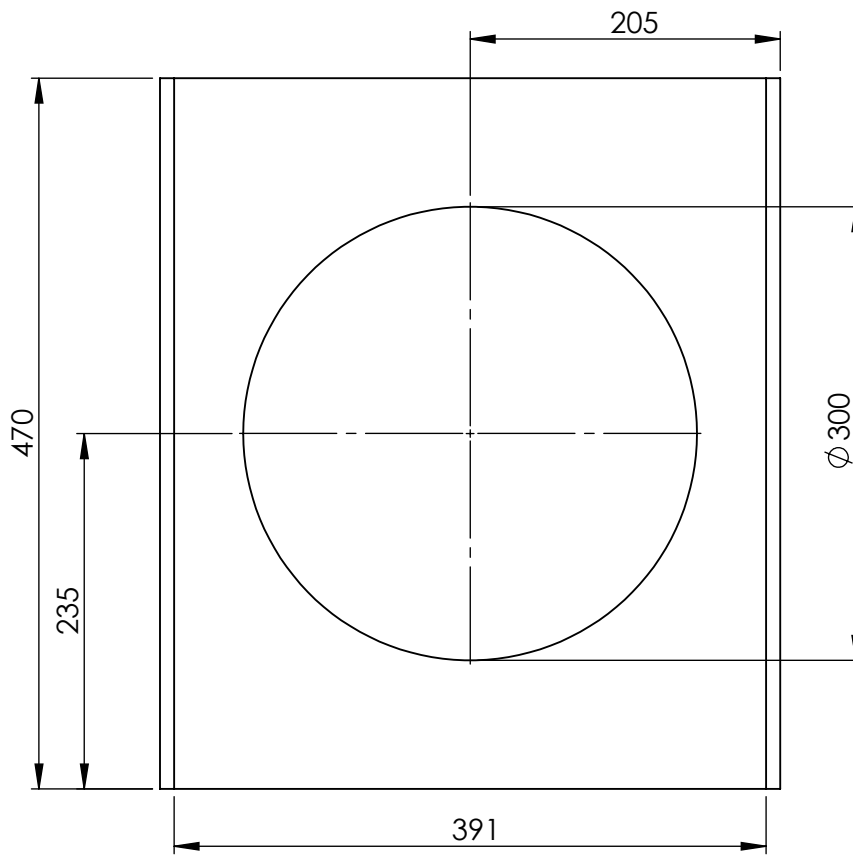
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:10	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
AISLANTE 1		PCS-01-01-03-01		Fecha: 25/07/22



PARED INCLINADA SUPERIOR

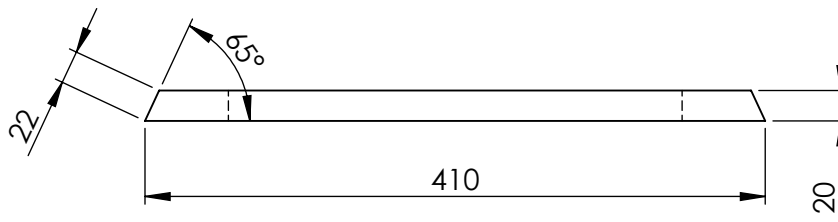


ESPELOR: 20 mm

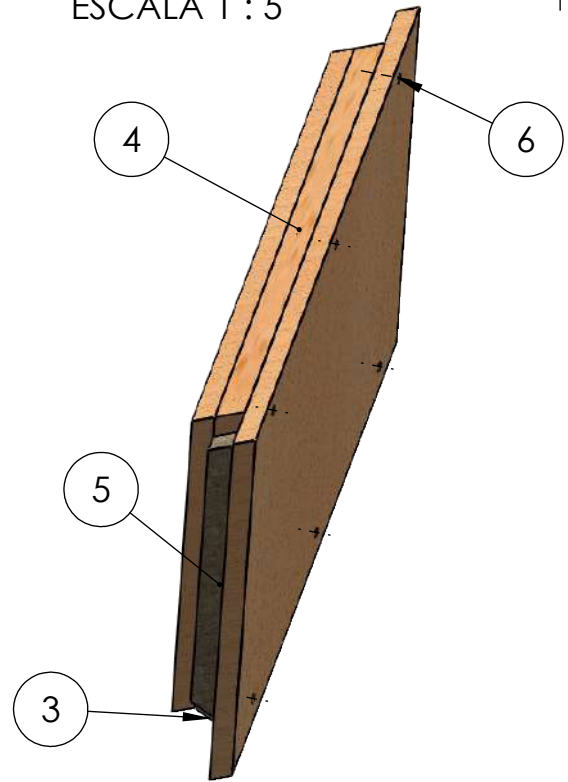
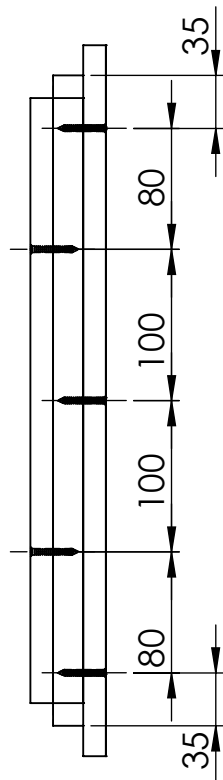
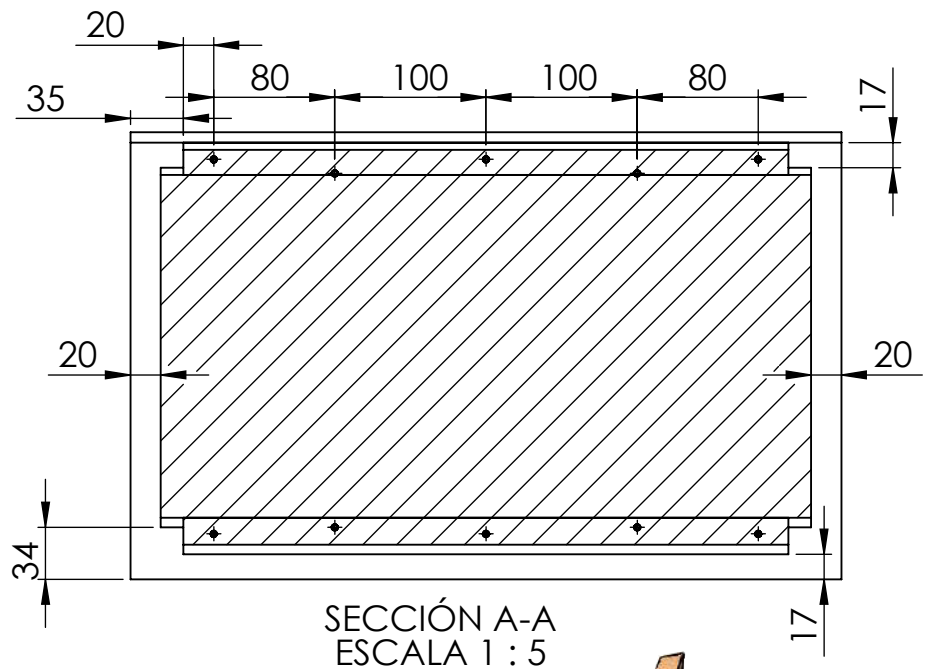
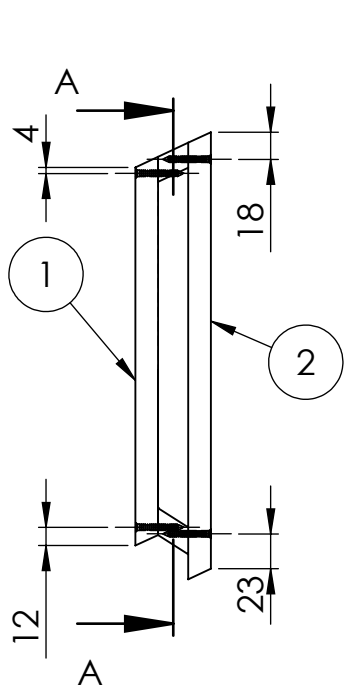


AISLANTE PARED HORIZONTAL SUPERIOR

ESPELOR: 20 mm



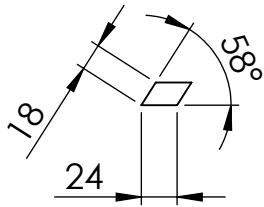
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero	
Material:	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	Tol.Gral. N/A	Escala:	Dis.	Frank Guerrero
			1:5	Rev.	Marco Yáñez
AISLANTE 2		PCS-01-01-03-02		Fecha: 25/07/22	



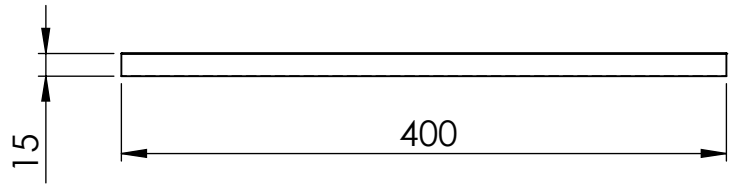
VISTA ISOMÉTRICA

6	TORNILLO AUTOPERFORANTE	CABEZA AVELLANADA No.8 x 1-1/4"	ACERO GALVANIZADO	10
5	PARED INCLINADA INFERIOR COMPUERTA	PCS-01-01-02-01	AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO	1
4	SOPORTE MADERA 2	PCS-01-01-02-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
3	SOPORTE MADERA 1	PCS-01-01-04-01	MADERA CONTRACHAPA	1
2	PARED INCLINADA INFERIOR EXTERNA	PCS-01-01-02-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
1	PARED INCLINADA INFERIOR INTERNA	PCS-01-01-01-01	MADERA CONTRACHAPADA	1
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.

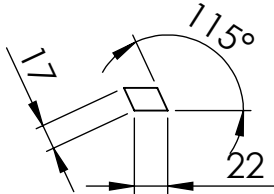
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero	
Material:	Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala:	Dis.	Frank Guerrero
			1:5	Rev.	Marco Yáñez
COMPUERTA		PCS-01-01-04		Fecha:	25/07/22



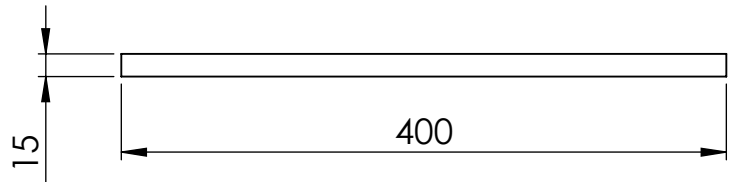
SOPORTE MADERA 1



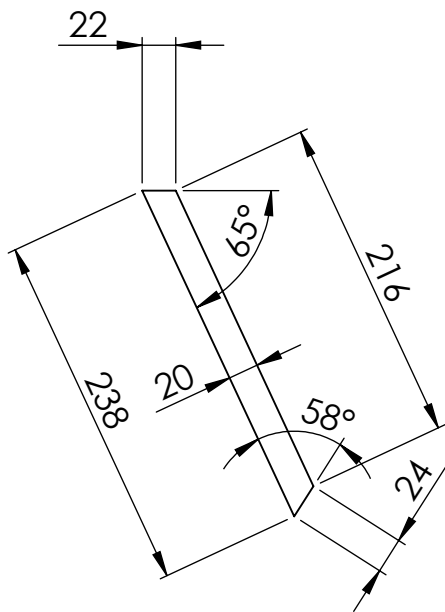
ESPESOR: 15 mm



SOPORTE MADERA 2



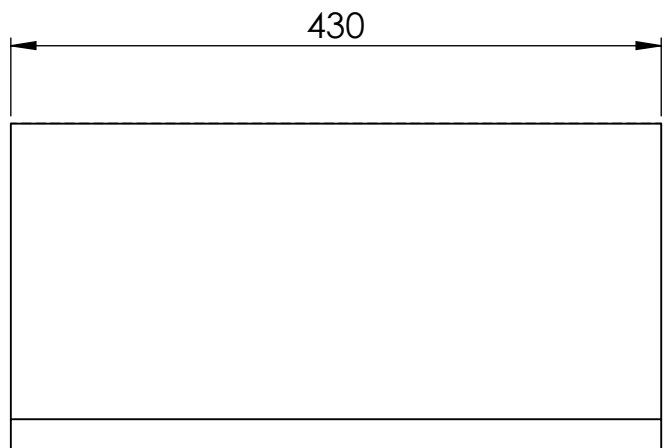
ESPESOR: 15 mm



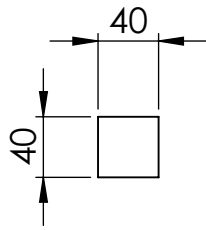
PARED INCLINADA INFERIOR COMPUERTA

MATERIAL: AGLOMERADO CARTÓN-CORCHO

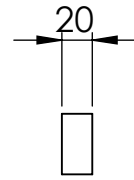
ESPESOR: 20 mm



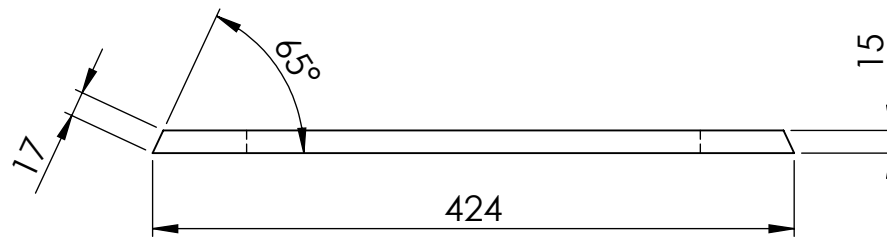
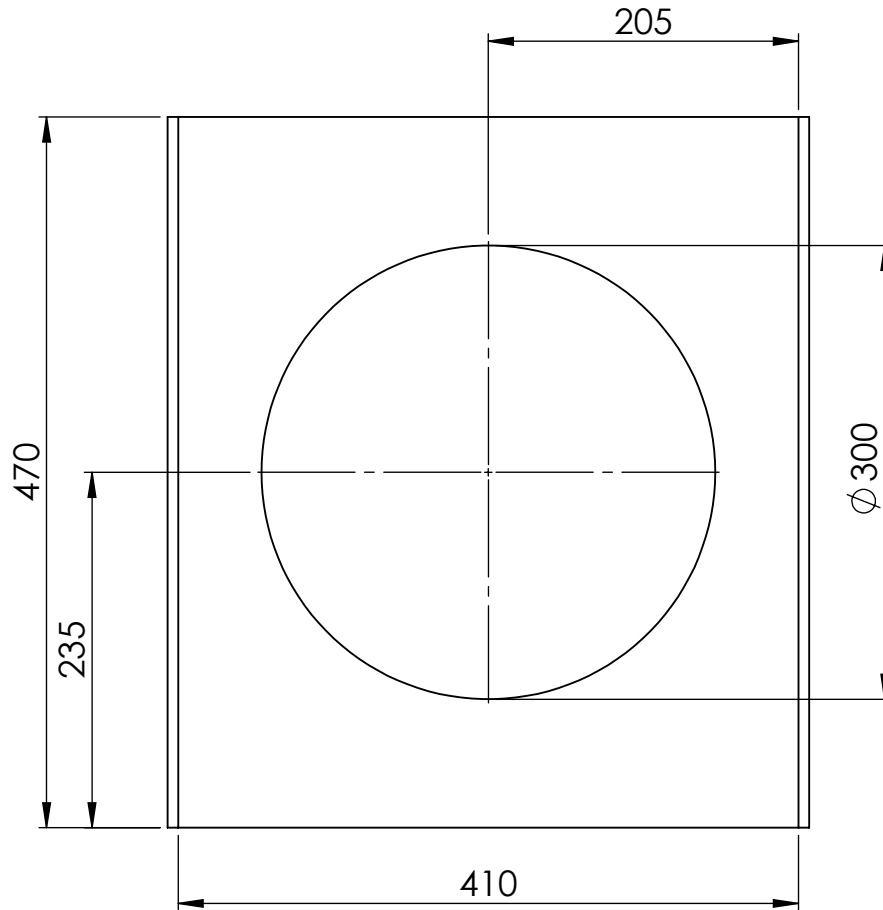
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:5	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
SOPORTES Y AISLANTE COMPUERTA		PCS-01-01-04-01		Fecha: 25/07/22



SOPORTE BASE E INCLINADO



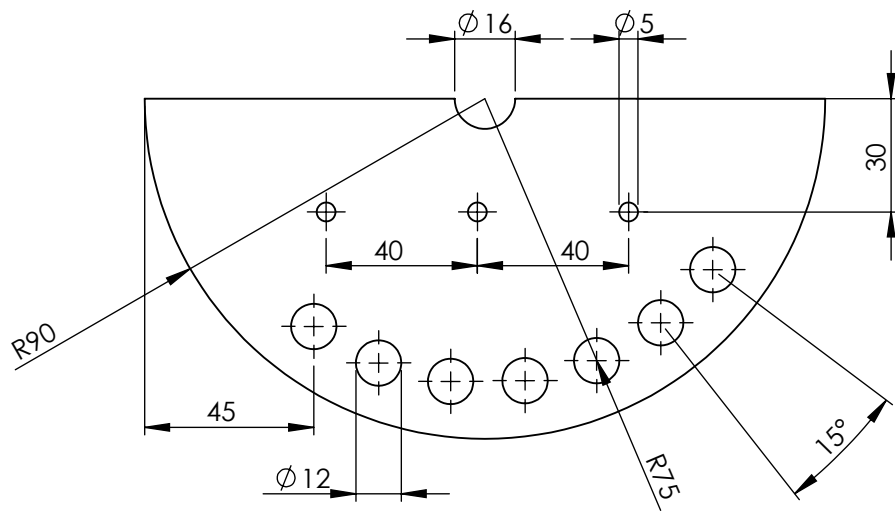
ESPESOR: 20 mm



PARED HORIZONTAL SUPERIOR INTERNA

ESPESOR: 15 mm

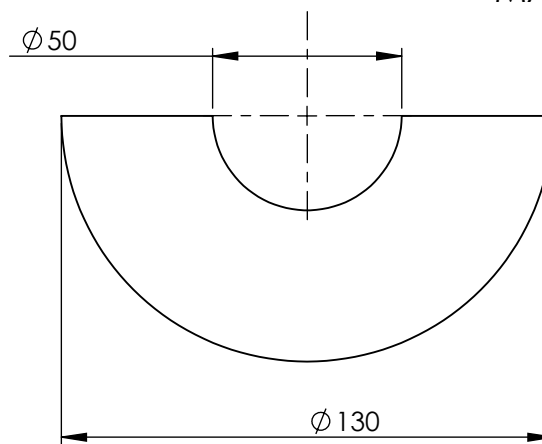
Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material: Madera Contrachapada	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:5	Dis.	Frank Guerrero
			Rev.	Marco Yáñez
SOPORTES Y TAPA		PCS-01-01-05		Fecha: 25/07/22



PLACA SISTEMA ROTACIONAL

ESPESOR: 1.5mm

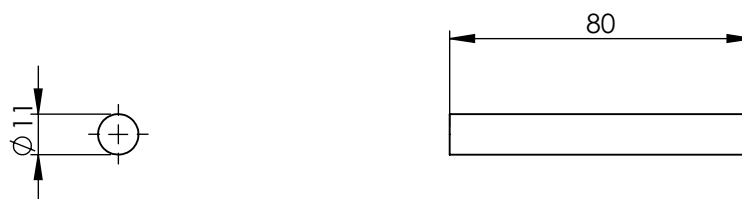
MATERIAL: ACERO NEGRO



MADERA SISTEMA ROTACIONAL

ESPESOR: 15 mm

MATERIAL: MADERA CONTRACHAPADA



PASADOR SISTEMA ROTACIONAL

MATERIAL: ACERO NEGRO

Trat.térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Frank Guerrero
Material:	Tol.Gral. N/A	Escala: 1:2	Dis.	Frank Guerrero
Varios			Rev.	Marco Yáñez
SISTEMA ORIENTACION ROTACIONAL			PCS-01-02	
				Fecha: 25/07/22