



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MAÍZ
MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR PARA LOS PRODUCTORES DEL
CANTÓN CEVALLOS”**

AUTOR: Juan Daniel Coquinche Alvarado

TUTOR: Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

AMBATO- ECUADOR

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MAÍZ MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR PARA LOS PRODUCTORES DEL CANTÓN CEVALLOS”** elaborado por la Sr. Juan Daniel Coquinche Alvarado, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1723945687, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Daniel Coquinche Alvarado, con C.I. 1723945687 declaró que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MAÍZ MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR PARA LOS PRODUCTORES DEL CANTÓN CEVALLOS”**, así como también las fichas de máquinas, tablas, criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



Juan Daniel Coquinche Alvarado

C.I. 1723945687

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



Juan Daniel Coquinche Alvarado

C.I. 1723945687

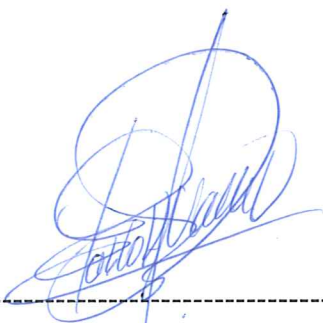
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Juan Daniel Coquinche Alvarado, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MAÍZ MEDIANTE RADIACIÓN SOLAR PARA LOS PRODUCTORES DEL CANTÓN CEVALLOS”**

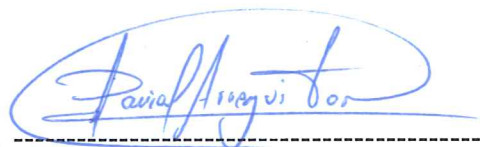
Ambato, febrero 2024

Para constancia firman:



Ing. Pablo Raúl Valle Velasco, PhD.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. César Daniel Arregui Toro, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia de forma especial por brindarme su apoyo y confianza incondicional durante el desarrollo de mis metas. Por impulsarme a culminar mi carrera profesional a través de la paciencia en los momentos difíciles, los consejos por mi bienestar e incentivarne a ser un profesional humilde, responsable y respetuoso.

También a mis compañeros y amigos con quienes he compartido agradables experiencias y he aprendido mucho.

Juan Daniel

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa tutor del presente trabajo, por la disposición, los consejos y la orientación para la realización la presente tesis.

A mi familia por confiar y apoyarme de manera incondicional en el cumplimiento de los propósitos y metas que quiero alcanzar.

Agradezco a los docentes por su enseñanza y colaboración que sirvieron de guía para mi formación personal y profesional a base de dedicación, esfuerzo y honestidad.

Agradezco a mis compañeros y amigos, quienes me brindaron su ayuda en la carrera y el presente trabajo.

Agradezco finalmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por ser el ente de formación académica la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | iii |
| DERECHOS DE AUTOR..... | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO..... | vii |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS..... | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiv |
| RESUMEN EJECUTIVO | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes investigativos | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 3 |
| 1.3 Marco teórico..... | 4 |
| 1.3.1 Deshidratador | 4 |
| 1.3.2 Proceso de deshidratado..... | 6 |
| 1.3.3 Energías Renovables | 7 |
| 1.3.4 Deshidratador Solar..... | 11 |
| 1.3.5 Maíz (Zea mays) | 13 |
| 1.4 Objetivos..... | 16 |
| 1.4.1 Objetivo General | 16 |

| | | |
|-----------------------------|--|----|
| 1.4.2 | Objetivos Específicos..... | 16 |
| CAPÍTULO II | | 17 |
| MARCO METODOLÓGICO | | 17 |
| 2.1 | Métodos | 17 |
| 2.1.1 | De campo | 17 |
| 2.1.2 | Bibliográfica..... | 18 |
| 2.2 | Nivel o tipo de investigación..... | 18 |
| 2.2.1 | Exploratoria..... | 18 |
| 2.2.2 | Descriptiva | 18 |
| 2.3 | Técnicas de investigación..... | 18 |
| 2.3.1 | Documental | 18 |
| 2.4 | Materiales | 18 |
| 2.4.1 | Lista de materiales..... | 19 |
| 2.4.2 | Recursos institucionales | 21 |
| 2.5 | Flujograma del proyecto..... | 22 |
| CAPÍTULO III | | 23 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 23 |
| 3.1 | Consideraciones de diseño | 23 |
| 3.2 | Selección de alternativas | 24 |
| 3.3 | Parámetros de diseño..... | 27 |
| 3.3.1 | Irradiación global Horizontal (Nasa Power) | 27 |
| 3.3.2 | Irradiación global Horizontal (Meteonorm)..... | 27 |
| 3.3.3 | Irradiación global Horizontal (PVGIS)..... | 28 |
| 3.3.4 | Irradiación global Horizontal (Scinergy-EPN) | 28 |
| 3.3.5 | Irradiación global Horizontal (RESTcreen)..... | 29 |
| 3.3.6 | Determinación de la hora solar pico (HSP)..... | 31 |

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| 3.4 | La radiación solar incidente o radiación total (HT)..... | 32 |
| 3.5 | Diseño térmico..... | 34 |
| | Cantidad de calor necesario para evaporar un porcentaje de humedad del grano | 34 |
| | Coeficiente de convección en el exterior del colector solar..... | 36 |
| | Coeficiente de radiación en el vidrio | 37 |
| | Coeficiente de conducción en el vidrio..... | 38 |
| | Coeficiente de convección del canal de aire | 38 |
| | Coeficiente de radiación entre vidrio y el tol..... | 40 |
| | Coeficientes de conducción desde el tol hacia la chapa metálica | 41 |
| | Coeficiente total de transferencia de calor en el colector | 41 |
| | Cantidad de calor perdido en el colector solar..... | 42 |
| 3.6 | Diseño del colector solar | 42 |
| 3.7 | Simulación del proceso..... | 44 |
| 3.7.1 | Análisis de temperatura..... | 44 |
| 3.8 | Diseño mecánico | 46 |
| 3.8.1 | Geometría..... | 46 |
| 3.9 | Presupuesto..... | 48 |
| 3.10 | Pruebas de funcionamiento..... | 49 |
| 3.10.1 | Preparación del producto..... | 49 |
| 3.10.2 | Pesaje de muestras..... | 51 |
| 3.10.3 | Verificación de temperatura de secado | 52 |
| 3.11 | Manual de funcionamiento | 54 |
| 3.11.1 | Contenido..... | 54 |
| CAPÍTULO IV..... | | 57 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 57 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Conclusiones..... | 57 |
| 4.2 | Recomendaciones..... | 59 |
| | REFERENCIAS..... | 60 |
| | ANEXOS..... | 65 |
| | Anexo 1: Tabla de propiedades..... | 65 |
| | Anexo 1: Tabla de propiedades (Continuación)..... | 66 |
| | Anexo 1: Tabla de propiedades (Continuación)..... | 67 |
| | Anexo 2: Porcentaje de humedad inicial (Proceso acelerado)..... | 68 |
| | Anexo 2: Curva de secado (Continuación)..... | 69 |
| | Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema)..... | 70 |
| | Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)..... | 71 |
| | Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)..... | 72 |
| | Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)..... | 73 |
| | Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)..... | 74 |
| | Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz)..... | 75 |
| | Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz) (Continuación)..... | 76 |
| | Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz) (Continuación)..... | 77 |
| | Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento)..... | 78 |
| | Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento) (Continuación)..... | 79 |
| | Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento) (Continuación)..... | 81 |
| | Anexo 6: Selección del soporte para bandejas..... | 82 |
| | Anexo 7: Propiedades mecánicas acero inoxidable..... | 82 |

| | |
|---|----|
| Anexo 8: Selección de tubo cuadrado para el soporte | 83 |
| Anexo 9: Rango de temperatura para la manipulación del maíz | 83 |
| Anexo 10: Propiedades de los aceros ASTM A36 y AISI 304 | 84 |
| Anexo 11: Propiedades térmicas del maíz | 84 |
| Anexo 12: Propiedades térmicas del vidrio | 85 |
| Anexo 13: Propiedades térmicas del aislante | 85 |
| Anexo 14: Emisividad del vidrio | 86 |
| Anexo 15: Propiedades del aire a temperatura promedio en el colector..... | 86 |
| Anexo 14: Correlaciones para convección natural en superficies inclinadas | 87 |
| Anexo 14 Planos | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.- Componentes estructurales del grano de maíz..... | 14 |
| Tabla 2.- Composición química general de distintos tipos de maíz (%)..... | 14 |
| Tabla 3.- Listado de materiales empleados en la construcción | 19 |
| Tabla 4.- Atributos de jerarquía | 25 |
| Tabla 5.- Valor de los atributos de jerarquía..... | 25 |
| Tabla 6.- Análisis de los atributos vs alternativas..... | 25 |
| Tabla 7.- Aplicación de las ecuaciones y selección de alternativa | 26 |
| Tabla 8.- Base de datos de irradiancia con base en un año de exposición..... | 30 |
| Tabla 9.- Determinación de la HSP..... | 31 |
| Tabla 10.- Distribución de calores en el colector solar | 36 |
| Tabla 11.- Presupuesto de materiales y mano de obra | 48 |
| Tabla 12.- Pesaje de muestras | 51 |
| Tabla 13.- Verificación de la temperatura de exposición | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.- Deshidratador de alimentos | 5 |
| Figura 2.- Energías renovables | 7 |
| Figura 3.- Deshidratador de alimentos solares | 11 |
| Figura 4.- Deshidratador de caja | 12 |
| Figura 5.- Deshidratador de túnel | 13 |
| Figura 6.- Composición del grano de maíz | 13 |
| Figura 7.- Bosquejo del deshidratador | 19 |
| Figura 8.- Diagrama del proyecto | 22 |
| Figura 9.- Prototipo de secador de maíz de bandejas | 23 |
| Figura 10.-Porcentajes generales de la selección de alternativas..... | 26 |
| Figura 11.-Ponderación final de la selección de alternativas..... | 26 |
| Figura 12.-Datos Irradiación global Horizontal – Nasa Power..... | 27 |
| Figura 13.-Datos Irradiación global Horizontal – Meteonorm | 28 |
| Figura 14.-Irradiación global horizontal - PVGIS | 28 |
| Figura 15.-Datos irradiación global Horizontal – Scinergy-EPN..... | 29 |
| Figura 16.-Datos irradiación global Horizontal – RESTcrreen | 29 |
| Figura 17.- Comparación en promedio de datos irradiación global Horizontal..... | 30 |
| Figura 18.- Comportamiento del modelo | 44 |
| Figura 19.- Mallado del modelo..... | 45 |
| Figura 20.- Detalle de las temperaturas..... | 45 |
| Figura 21.- Geometría del colector | 46 |
| Figura 22.- Análisis de la bandeja..... | 47 |
| Figura 23.- Prototipo de secador de maíz..... | 49 |
| Figura 24.- Conservante del maíz | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 25.- Mezcla del producto | 50 |
| Figura 26.- Lavado del maíz | 50 |
| Figura 27.- Reducción de peso por bandeja | 52 |
| Figura 28.- Reducción de peso por bandeja | 52 |
| Figura 29.- Esquema de temperaturas en el sistema | 53 |
| Figura 30.- Distribución de temperaturas en el sistema..... | 53 |

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto surge de la problemática que existe para los productores en el cantón Cevallos durante el proceso de deshidratación del maíz, proceso en el cual manipulan el maíz a la intemperie exponiéndolo al crecimiento de bacterias o una posible germinación; por lo que ellos requieren del proceso de deshidratación para conservación, consumo y semilla.

En la provincia de Tungurahua existe un promedio global de insolación solar que fue aprovechado como recurso energético, se diseñó y construyó un deshidratador de maíz, se tomó información que permitió determinar los parámetros para el diseño, utilizando la norma INEN 2050:95; el mapa solar del CONELEC y la estación meteorológica INHAMI dieron a conocer la cantidad de irradiación global y la hora solar pico; se realizó la selección de los materiales en función de la eficiencia, presupuesto y condiciones de operación presentando el deshidratador tipo túnel. Mediante un software de simulación y diseño se presentó el comportamiento de los componentes que forman parte de la transferencia de calor. A partir de las dimensiones obtenidas se procedió a construir el deshidratador, con una capacidad de 10 kg considerando que debe reducirse la humedad al 14 por ciento durante 3.45 días.

Como resultado se realizó un manual de funcionamiento y mantenimiento brindando un valor agregado a la cadena de producción, almacenaje y transporte del maíz de acuerdo con el nivel de impurezas y humedad que rigen en la calidad y el precio del producto en su futura comercialización.

Palabras claves: Diseño y construcción, deshidratador de maíz, radiación solar, cantón Cevallos, la norma INEN 2050:95.

ABSTRACT

This project arises from the problems that exist for producers in the Cevallos canton during the corn dehydration process, a process in which they manipulate the corn outdoors, exposing it to the growth of bacteria or possible germination; Therefore, they require the dehydration process for conservation, consumption and seed.

In the province of Tungurahua there is a global average of solar insolation that was used as an energy resource, a corn dehydrator was designed and built, information was taken that allowed determining the parameters for the design, using the INEN 2050:95 standard; The CONELEC solar map and the INHAMI meteorological station revealed the amount of global irradiation and the peak solar time; The selection of materials was carried out based on efficiency, budget and operating conditions, presenting the tunnel-type dehydrator. Using simulation and design software, the behavior of the components that are part of the heat transfer was presented. From the dimensions obtained, the dehydrator was built, with a capacity of 10 kg considering that the humidity must be reduced to 14 percent for 3.45 days.

As a result, an operation and maintenance manual was created, providing added value to the production, storage and transportation chain of corn according to the level of impurities and humidity that govern the quality and price of the product in its future commercialization.

Keywords: Design and construction, corn dehydrator, solar radiation, Cevallos canton, INEN 2050:95 standard

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Con el propósito de abordar la temática de estudio es fundamental absorber una enorme cantidad de información referente a trabajos anteriores y asimilar las propuestas que pueden ser empleadas de base en el desarrollo del presente proyecto. Algunas de ellas se enlistan a continuación.

Mejía [1], en su trabajo de investigación utilizó energía solar para producir energía térmica y diseñó un horno solar para la deshidratación de productos agrícolas, tomando en cuenta las características de la radiación solar en El Salvador; así como las características de transferencia de calor de los diferentes materiales elegidos para el diseño. El diseño se basó en un prototipo de horno de bandejas, y se realizaron pruebas con maíz y frijol. El área de captación de energía solar del prototipo fue de 1,06 m² y el maíz pesó un quintal. Los resultados de la implementación mostraron que la temperatura promedio en la cámara de secado es de 55°C, la radiación global promedio diaria es de 537.22 W/m², la temperatura ambiente promedio y la velocidad del viento fueron de 33.3°C y 0.43 m/s. Por otro lado, la humedad diaria es de 6,47 %, lo que permite llevar el producto a un contenido de humedad adecuado para su almacenamiento durante 5 días. Las pruebas de un prototipo de horno solar permitieron al investigador determinar las características y escala, teniendo en cuenta la geometría de la estructura, de un horno-deshidratador solar para deshidratar 50 quintales de maíz con un área de captación de energía de 13,21 m².

Gómez [2], asevera que el desarrollo y fabricación de deshidratadores de alimentos está relacionado con las áreas de la industria alimentaria, el uso de fuentes de energía renovables proporciona equipos deshidratadores de alimentos que utilizan la radiación solar como fuente de energía. El proceso de deshidratación de alimentos es uno de los principales métodos de conservación de los alimentos y se realiza mediante secado con aire caliente, operación que requiere una gran cantidad de energía térmica. Dado que los combustibles fósiles son la fuente de energía más común para los deshidratadores, el

proceso tiene importantes impactos ambientales. En los países desarrollados, se estima que entre el 10% y el 25% del consumo de energía industrial proviene del secado de alimentos. Además, la eficiencia energética de los equipos deshidratadores es baja, oscilando entre el 30% y el 70%.

El objetivo del trabajo de investigación abordado por Mercado [3], se planteó desarrollar un deshidratador solar de convección natural para el secado de frutas en el Departamento de Antioquia. El resultado fue un diseño de gabinete que cumplió con los requisitos básicos, brindando un ambiente controlado para la deshidratación de la fruta, temperaturas de operación de 30 a 60 °C, capacidad de almacenamiento para 5 kg de fruta cortada, sistema 100% solar, bajo costo de producción y mantenimiento, etc. en. Los cálculos arrojaron que el área del colector destinada al deshidratador es un 36% mayor que el área óptima, dado que la radiación solar es muy variable y los cálculos se basaron en el valor promedio, sin tener en cuenta cambios de dimensiones. Además, el investigador pudo establecer que la velocidad mínima requerida para el proceso de secado en el tamaño del deshidratador es de 0.132 m/s y la capacidad mínima de energía solar requerida para operar el colector es de 346.392 W. El cual es menor a la cantidad que se puede obtener de la radiación solar en la ciudad de Medellín, siempre que la eficiencia del captador sea del 50%.

Por último, Paucar y De la Vega [4], se plantearon la posibilidad de construir un deshidratador de plátanos utilizando energía solar pasiva por medio de una investigación basada en diferentes tipos de deshidratadores solares, teniendo en cuenta parámetros como la temperatura del aire, el caudal de aire, la tasa de extracción de humedad: directa, indirecta y mixta; teniendo siempre en cuenta la calidad del producto final. El sistema mixto resultó ser la mejor opción; luego se diseñó el modelo para lograr las medidas requeridas para su construcción. Sin embargo, antes de iniciar la construcción del deshidratador solar, se realizó un modelado para obtener algunos parámetros que ayudarían en la construcción. Finalmente, se construyó un deshidratador solar de sistema mixto y se recogieron datos en una semana (5 días) sin el extractor de aire, y bajo esta perspectiva fue posible deshidratar la muestra de plátano hasta un contenido de humedad del 12,7%, mientras que con el extractor de aire esto se logró en sólo dos días.

1.2 Justificación

Es necesario resaltar que el presente trabajo técnico tiene como propósito adquirir conocimientos en diseño mecánico, recursos energéticos no convencionales y resistencia de materiales para sistemas de deshidratación de productos.

Una forma adecuada y antigua de procesar alimentos es el secado o la también conocida deshidratación que, en la cadena de almacenamiento y transporte de maíz evita el crecimiento de bacterias debido al contenido de humedad, conservación de sus propiedades nutritivas y alarga su vida útil. La problemática que existe en los sistemas de deshidratación de maíz es que, para incrementar la capacidad de secado se requiere incrementar la temperatura de secado, considerando que, este incremento de temperatura puede provocar la formación de fisuras que afectan la calidad del producto [5].

La calidad del producto en el proceso de almacenamiento se controla por medio del contenido de humedad del maíz, esto con la finalidad de evitar el desarrollo de microorganismos. En este proceso el maíz suave debe tener un contenido de humedad entre el 18 y 25% para su cosecha. Sin embargo, el maíz en su etapa de madurez puede alcanzar un contenido de humedad que se aproxima al 37%. En cambio, para un almacenaje seguro el contenido de humedad aproximado del maíz estará entre un 13 y 15%, lo que permite reducir el peso del producto y el costo de transporte [6].

En los países en desarrollo, los métodos para el proceso de deshidratación de maíz son limitados y en su mayoría optan por el método de secado natural que utiliza la radiación solar y el aire en movimiento. Esta técnica sigue empleándose por los agricultores por su bajo costo, a pesar de las pérdidas que existen al exponer el maíz a la intemperie y utilizar grandes superficies de terreno [7].

Existen métodos artificiales para que ocurra la deshidratación del maíz donde, se emplea el consumo de combustibles fósiles o la energía eléctrica, sin embargo, estos procesos se enfrentan a una capacidad de secado limitada, a un consumo energético de costo elevado y generan un impacto ambiental [6]. En la actualidad, se encuentra a los procesos de deshidratación donde se emplean recursos energéticos no convencionales, que evitan que se produzca la contaminación del medio ambiente y reducen el costo de producción en cuanto al consumo energético [7]

El sistema será construido en acero con los siguientes elementos: un colector solar, una cámara de deshidratación y una estructura que soportará al sistema. El colector solar se

encarga de captar los rayos del sol y calienta el aire en circulación que ingresa por la parte inferior del mismo. Este aire que se calienta por convección natural llega a la cámara de deshidratación que contiene dos o más niveles superpuestos donde se ubican las bandejas para la carga o descarga del producto, a través de una puerta en la parte posterior. Finalmente, este aire en circulación sale por una chimenea en la parte superior de la cámara de deshidratación [8]. En sistema se debe tomar en cuenta el rol que cumple el aislante térmico para establecer el calor y el tiempo necesario durante la deshidratación del maíz suave, aprovechando de forma correcta sus propiedades nutritivas y reduciendo los desperdicios en el almacenaje y transporte debido a su degradación o germinación en condiciones húmedas [9].

Según el atlas solar del Ecuador en la provincia de Tungurahua existe un promedio global de insolación que puede ser aprovechado como recurso energético para realizar el diseño y construcción de un deshidratador de maíz suave mediante radiación solar para los productores del cantón Cevallos [10]. Con este sistema de deshidratación se pretende brindar un valor agregado a la cadena de producción, almacenaje y transporte del maíz de acuerdo con el nivel de impurezas y humedad que rigen la calidad y el precio del producto en su futura comercialización.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Deshidratador

Es acertado acotar que la conservación de alimentos mediante deshidratación es uno de los métodos más antiguos; pues su origen nace en las granjas cuando se permitía que los cultivos, el heno y otros se deshidrataran naturalmente antes de ser cosechados o mientras estaban cerca del campo en crecimiento [11]. Su uso se extiende a una amplia gama de productos: pescado, carne, frutas, verduras, té, café, azúcar, almidón, sopas, especias, hierbas, etc. Este método se basa en el hecho de que los microorganismos que contaminan los alimentos no pueden crecer en los alimentos secos. El éxito de este proceso radica en que, además de proporcionar estabilidad microbiológica por reducción de la actividad del agua y estabilidad físico-química, también proporciona otros beneficios asociados a la reducción de peso durante el transporte, manipulación y almacenamiento. Sin embargo, para que este proceso se efectúe es fundamental que la transferencia de calor debe ser tal que se capture el calor latente de vaporización y el agua o vapor de agua atraviese el producto [12].



Figura 1.- Deshidratador de alimentos [12]

Por otro lado, es menester acotar que, a diferencia de la conservación, proceso que calienta y/o eleva la temperatura de los alimentos y destruye sus propiedades, o de la congelación, que también expone los alimentos a temperaturas extremas y altera sus propiedades energéticas, la deshidratación es benigna y favorable [13]. Este se caracteriza por ser un proceso similar en el que se elimina total o parcialmente el agua del alimento. Debido a que el secado es un proceso que implica la transferencia simultánea de materia (agua) y energía (calor), la transferencia de calor proporciona el calor latente de vaporización necesario para eliminar el agua y transportarla desde allí hasta el alimento. Ambos procesos ocurren simultáneamente y se influyen mutuamente. La velocidad de secado y el tiempo necesario para el secado dependen de estas transferencias acopladas [14].

Por ello, es sumamente importante elegir el método de deshidratación más adecuado para cada tipo de alimento. Los más comunes son: deshidratación al aire libre, deshidratación por aspersion, deshidratación por aire, deshidratación por vacío, congelación y deshidrocongelación [15]. Es por este aspecto que conocer la velocidad a la que se produce el proceso, ya que eliminar la humedad de las capas exteriores demasiado rápido puede provocar que la superficie se endurezca, lo que impide que el producto se deshidrate correctamente. A continuación, se enlistan varias ventajas y desventajas de la deshidratación de productos.

1.3.1.1. Ventajas

- Los frutos secos y/o deshidratados tienen una larga vida útil puesto que cuanto menor sea el contenido de agua, mayor será su vida útil.

- Si el proceso de secado se realiza a baja temperatura y durante mucho tiempo, no hay muchos cambios en el sabor a la par de mantener los nutrientes.
- La cantidad de frutos secos es mucho menor que la cantidad de frutos sin procesar, por lo que se pueden guardar fácilmente en mochilas, bolsos de oficina y maletas.
- Este proceso ayuda a preservar la cosecha [13].

1.3.1.2.Detrimentos

A la par presenta las siguientes desventajas:

- Los cambios organolépticos se producen debido a la deshidratación, principalmente por la pérdida de componentes volátiles durante el proceso.
- La pérdida de nutrientes en la fruta deshidratada ocurre durante la preparación previa a la deshidratación (pelado, lavado y corte); en consecuencia, es importante el proceso que concierne a la deshidratación [9].

1.3.2 Proceso de deshidratado

Los aspectos denotados a continuación tienen como propósito exponer el proceso para el desarrollo de la deshidratación.

1.3.2.1.Selección

Se selecciona las frutas frescas en buen estado y con características similares en tamaño con la finalidad de obtener rodajas uniformes para el secado.

1.3.2.2.Lavado

La superficie del producto debe ser lavada con agua limpia, para retirar las impurezas que se encuentran.

1.3.2.3.Cortado

Una vez que se ha lavado y secado; a continuación, se procede a retirar la cáscara (caso de poseer).

1.3.2.4.Pesado y colocación en el prototipo

Es necesario pesar el producto antes y después de la deshidratación para dar por iniciada la deshidratación.

1.3.2.5. Actividades después de la deshidratación

1.3.2.6. Proceso de enfriamiento

Una vez que haya transcurrido el tiempo calculado para la deshidratación se retiran las bandejas y se las deja a una temperatura ambiente hasta que se las pueda manipular.

1.3.2.7. Clasificación y envasado

Una vez finalizado el proceso de enfriada se clasifica a la par de colocarlo en el lugar acertado para distribución [14].

1.3.3 Energías Renovables

La energía renovable se caracteriza por ser extraída desde recursos que se renuevan de forma natural en un determinado periodo de tiempo. Los recursos renovables incluyen la luz solar, el viento, la circulación del agua y la energía geotérmica [16]. Si bien es cierto que la mayoría de las fuentes de energía renovables son sostenibles, algunas no lo son; algunas fuentes de biomasa se consideran insostenibles en los niveles de uso actuales. La energía renovable se utiliza a menudo para generar electricidad, calor y refrigeración. Los proyectos de energía renovable suelen ser a gran escala, pero también son adecuados para zonas rurales y remotas y países en desarrollo, donde la energía suele ser vital para el desarrollo humano [17].



Figura 2.- Energías renovables [17]

1.3.3.1. Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía limpia y renovable; teniendo en cuenta los beneficios económicos, técnicos y medioambientales de la energía hidroeléctrica, la

mayoría de los países dan prioridad a su desarrollo. Un claro ejemplo de este tema es China, país que posee los recursos hidroeléctricos más ricos del planeta, con un potencial hidroeléctrico teórico total de 694GW [18]. El desarrollo de la energía hidroeléctrica es de gran importancia para eliminar la crisis energética y la contaminación ambiental resultantes del rápido crecimiento económico de China y otros países en el siglo XXI.

Es importante mencionar también que, la energía hidroeléctrica se genera utilizando la energía mecánica del agua que fluye forzándola a través de una tubería, que luego hace girar un generador para producir electricidad. La energía hidráulica también consiste en la energía undimotriz y mareomotriz, ambas en fase incipiente de investigación, ya que los científicos intentan descubrir cómo aprovechar la energía producida por el movimiento del océano [19].

La energía hidroeléctrica tiene varias ventajas sobre la mayoría de las demás fuentes de generación de energía eléctrica. Entre ellas se incluyen:

- Alto nivel de fiabilidad, tecnología probada, alta eficiencia
- Costes de funcionamiento y mantenimiento muy bajos
- Capacidad de ajustarse fácilmente a los cambios de carga.
- No produce residuos que provoquen lluvia ácida ni gases de efecto invernadero.

Las desventajas de la energía hidroeléctrica incluyen:

- Altos costes iniciales de las instalaciones
- Dependencia de las precipitaciones (no hay control sobre la cantidad de agua disponible)
- Cambios en los regímenes de los arroyos (pueden afectar a los peces, las plantas y la vida silvestre al cambiar los niveles de los arroyos, los patrones de flujo y la temperatura) [18].

1.3.3.2.Energía eólica

La energía eólica es un proceso muy sencillo. Un aerogenerador convierte la energía cinética (movimiento) del viento en energía mecánica que se utiliza para generar electricidad. La energía pasa por un generador, se convierte una segunda vez en energía eléctrica y se introduce en la red para transmitirla a una central eléctrica [20]. Al igual que otras fuentes de energía renovables, la energía eólica tiene una serie de ventajas

- Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero gracias a las turbinas, que producen energía y electricidad al ser movidas por el viento, y puede reducir los costes de la electricidad.
- El viento significa una energía gratuita, abundante y sostenible que no se depreciará si la aprovechamos [20].

La energía eólica se aprovecha desde hace miles de años, pero sólo en la última década ha generado cantidades significativas de energía comercial. Muchas de las zonas más ventosas del mundo están alejadas de los centros de población -norte de Canadá y Rusia, donde los costes de transmisión y mantenimiento serían muy elevados. La naturaleza intermitente e impredecible de la energía eólica limitaría su aportación a cualquier región, a menos que se disponga de almacenamiento de energía a gran escala o de transmisión intercontinental. Las restricciones medioambientales, como la presencia de bosques y zonas protegidas, limitarían aún más la ubicación de los aerogeneradores, al igual que la simple aceptación pública. Los parques eólicos no son necesariamente atractivos y han generado quejas por el ruido, las interferencias con las señales de radio y televisión y la muerte de aves migratorias o la interferencia con ellas [21].

1.3.3.3.Energía geotérmica

Montesdeoca [22] asevera que el proceso geotérmico consiste en atrapar el calor en el subsuelo y acumular energía que sube a la superficie en forma de calor. Cuando este calor crea agua caliente o vapor de forma natural, se aprovecha y se utiliza para hacer girar una turbina de vapor y generar electricidad. Los italianos fueron los primeros en utilizar la energía geotérmica con fines comerciales a principios del siglo XX. La energía geotérmica es extremadamente respetuosa con el medio ambiente y ofrece un suministro constante y eficiente de energía limpia con un impacto mínimo en su entorno [23].

La energía geotérmica, o energía derivada del calor procedente del interior de la Tierra, tiene muchos usos diferentes. Estos usos pueden agruparse en tres categorías: para sistemas de calefacción (y uso directo), para generación de electricidad y para uso en bombas de calor geotérmicas. Además de estos usos prácticos de la energía geotérmica, hay muchas otras cosas que hacen de la energía geotérmica un recurso energético muy valioso [24]. Dado que el núcleo de la Tierra produce continuamente calor con la desintegración radiactiva de elementos como el potasio y el uranio, la energía geotérmica resulta ser una fuente de energía renovable, abundante y fiable. Las centrales geotérmicas

no utilizan combustible, por lo que son sostenibles y seguras para el medio ambiente. Las emisiones de las operaciones de energía geotérmica son bajas. Estas operaciones no contaminan el aire ni contribuyen al calentamiento global [25].

Las energías renovables también satisfacen las crecientes necesidades energéticas y permiten el desarrollo tecnológico sin dañar el futuro de nuestro planeta, la atmósfera y el medio ambiente.

1.3.3.4.Energía solar

La energía solar es el recurso renovable más abundante de nuestro planeta. A pesar de esta abundancia, sólo el 0,04% de la energía básica utilizada por los seres humanos procede directamente de fuentes solares porque utilizar un panel fotovoltaico (FV) cuesta más que quemar combustibles fósiles. Recientemente se han estudiado intensamente los materiales orgánicos para aplicaciones fotovoltaicas, no porque cosechen la energía del sol de forma más eficiente, sino porque la generación de energía a partir de materiales fotovoltaicos orgánicos (OPV) costará considerablemente menos que otras tecnologías fotovoltaicas [26].

La energía solar de concentración utiliza el calor del sol para producir vapor, que a su vez alimenta un generador que crea electricidad. También tiene bajos costes de funcionamiento y alta eficiencia, y puede producir un suministro fiable de energía utilizando almacenamiento térmico. El coste de la nueva energía fotovoltaica está disminuyendo rápidamente, y si la industria fotovoltaica sigue creciendo y mejorando tecnológicamente, en 2024 el coste será comparable al de la energía convencional, al igual que el coste de la energía solar térmica [27].

La energía solar es un verdadero recurso renovable. La mayor parte del planeta Tierra tiene capacidad para captar cierta cantidad de energía solar. La energía solar no contamina, no genera gases de efecto invernadero, como la energía derivada del petróleo, ni genera residuos que deban almacenarse, como la energía nuclear. Además, es mucho más silenciosa, lo que reduce drásticamente la contaminación acústica necesaria para convertir la energía en algo útil. A diferencia de otras fuentes de energía renovables, como la eólica o la hidráulica, los sistemas de energía solar para uso residencial tienen un impacto mínimo en el medio ambiente [28]. Los paneles solares no tienen piezas móviles y requieren muy poco mantenimiento, aparte de una limpieza periódica. Sin piezas móviles que romper y sustituir, tras los costes iniciales de instalación de los paneles, los

costes de mantenimiento y reparación son muy razonables. También hay que señalar que los paneles solares fotovoltaicos son la única fuente considerada con potencial para satisfacer la demanda existente [26].

1.3.4 Deshidratador Solar

Según Marulanda y Burbano [29] los sistemas de secado se pueden dividir en dos grupos principales según sus temperaturas de secado: deshidratadores de alta temperatura y deshidratadores de baja temperatura. Sin embargo, los deshidratadores se clasifican comúnmente según la fuente de calor utilizada, es decir; los deshidratadores que dependen de la combustión de fósiles para calentarse y los deshidratadores solares.

Los deshidratadores solares pueden ser clasificados de acuerdo con el sistema de calentamiento y la manera en que el calor es utilizado, en términos simples existen sistemas activos y sistemas pasivos. Los sistemas activos utilizan un flujo inducido por medio de un ventilador, mientras que los sistemas pasivos utilizan un flujo forzado, el cual ocurre por la diferencia de presión causada por la diferencia de densidades del aire en la entrada y salida del deshidratador. Los dos grupos se pueden subdividir en tres subclasificaciones, siendo estas directo, indirecto y mixto [27].

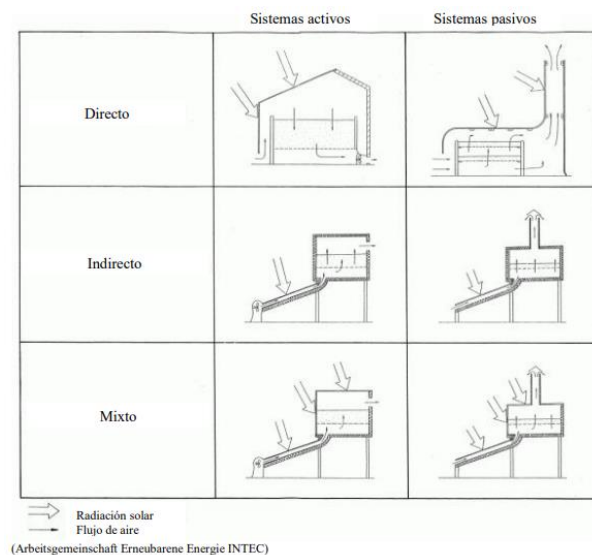


Figura 3.- Deshidratador de alimentos solares [27]

Con sistemas directos, el producto se expone a la luz solar directa. Para ello habrá que cubrir la construcción con material transparente. Con sistemas indirectos, el producto no se expone a la luz solar directa. La radiación solar incidente es absorbida por la segunda superficie, que transfiere calor a través del aire al producto. Por último, existen secadoras

que utilizan ambos sistemas al mismo tiempo. En estos secadores compuestos el producto se expone directamente a la radiación y a una corriente de aire precalentado [29]. Dentro de las divisiones comunes el mayormente empleado consiste en los deshidratadores de caja y túnel.

1.3.4.1. Deshidratadores de caja

Este tipo de deshidratador se suele utilizar para pequeñas cantidades de producción. Este deshidratador consta de una caja de madera con tapa transparente. Dado que el producto se seca por convección y luz solar directa, no es adecuado para productos que puedan dañarse con la luz solar directa [30].



Figura 4.- Deshidratador de caja [30]

1.3.4.2. Deshidratadores de túnel

Se recomienda el uso de secadores de túnel para medianos productores o pequeñas cooperativas. Este tipo de secadora permite menos tiempo de secado que los métodos tradicionales. Sin embargo, requieren un área relativamente mayor y funcionan de manera similar a las secadoras de armario, con la diferencia de que el flujo de aire y el diseño de la secadora son horizontales en lugar de verticales como las secadoras de armario [29].

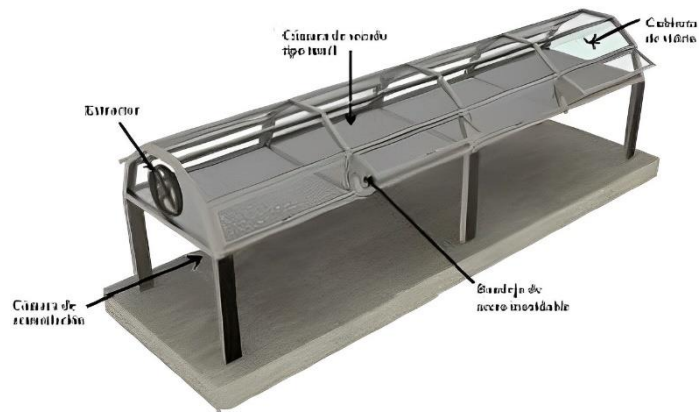


Figura 5.- Deshidratador de túnel [29]

1.3.5 Maíz (*Zea mays*)

La palabra maíz se deformó del nombre original "mahiz" en la lengua SarawakCaribe. El cultivo del maíz se originó a partir de unas gramíneas silvestres llamadas teosintes hace unos 10.000 años en la región de Mesoamérica (hoy conocida como México, Guatemala y Honduras). Debido a la baja tasa de flujo genético (entrecruzamiento), el maíz y el teosinte siguen coexistiendo como entidades separadas. El maíz también está relacionado con el sorgo en términos de ensamblaje del genoma. Se supone que ambos cultivos se separaron hace unos 12 millones de años [31].

El maíz fue domesticado como fuente de alimento hace unos 6000 años y su cultivo se introdujo por primera vez en las Américas tras el descubrimiento del continente por viajeros europeos durante el siglo XV; posteriormente, se extendió al África subsahariana y al resto del mundo [31].

Componentes o partes principales del maíz

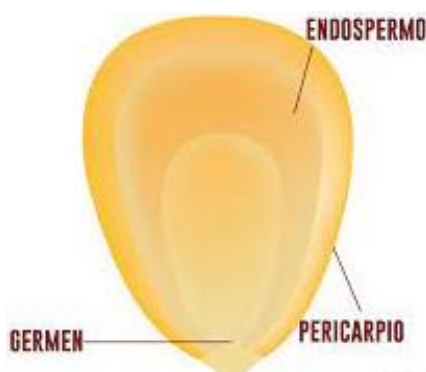


Figura 6.- Composición del grano de maíz [29]

Endospermo: Conformado por almidón y gluten.

Germen: Es el embrión del maíz, se encuentra en la parte inferior media del grano, contiene altos niveles de aceite.

Pericarpio: Conocido como cascarilla, recubre el grano.

En la Tabla 1 se detallan los componentes del grano de maíz duro, expresado en porcentaje.

Tabla 1.- Componentes estructurales del grano de maíz

| Parámetro | A | B |
|------------|------|----|
| Endospermo | 82.9 | 70 |
| Germen | 11.1 | 7 |
| Pericarpio | 5.3 | 23 |
| Punta | 0.8 | |

Como se muestra en la Tabla 2, las partes principales del grano de maíz difieren en su composición química.

Tabla 2.- Composición química general de distintos tipos de maíz (%)

| Tipo | Humedad | Cenizas | Proteínas | Fibra cruda | Extracto etéreo | Carbohidratos |
|------------|---------|---------|-----------|----------------|--------------------|---------------|
| Cristalino | 10.41 | 1.71 | 10.32 | 2.22 | 5.11 | 70.35 |
| Harinoso | 9.51 | 1.71 | 10.74 | 2.29 | 5.41 | 70.44 |
| Amiláceo | 11.21 | 2.91 | 9.11 | 1.83 | 2.22 | 72.81 |
| Dulce | 9.52 | 1.51 | 12.91 | 2.92 | 3.95 | 69.33 |
| Palomero | 10.41 | 1.71 | 13.71 | 2.51 | 5.75 | 66.12 |

Calidad del grano de maíz

La definición de la calidad del grano se establece durante las actividades de cultivo, siendo fuertemente influenciada por factores como el clima, las características del suelo y las prácticas de cosecha. Algunas de las cualidades más importantes son:

Humedad: El maíz recolectado presenta un nivel de humedad que oscila entre el 20% y el 30%, conocido como humedad inicial del grano.

Dureza: Un aspecto crucial en el procedimiento de molienda.

Inocuidad: Esta cualidad es esencial para prevenir la diseminación de microorganismos patógenos como los hongos, requiriendo el mantenimiento de condiciones apropiadas de limpieza, control, desinfección e inspección.

1.3.5.1. Características del secado de Maíz

El deshidratador solar directo por convección natural, diseñado para secar maíz, se compone de dos componentes fundamentales: el colector y las áreas de secado. El colector solar, con dimensiones de aproximadamente 3 metros de altura por 4 metros de longitud, cubren una superficie de alrededor de 12 metros cuadrados [32]. Esta área es crucial para capturar eficazmente la energía solar y debe estar construida por fuera con una lámina de vidrio transparente, para permitir la entrada de la luz solar y su transformación en calor.

Para las áreas de secado, se contemplan varios espacios, cada uno con un propósito específico. Las dimensiones de estas áreas son las siguientes: A3 con aproximadamente (4 m x 2 m), A4 con alrededor de (4 m x 2,5 m), A5 con aproximadamente (4 m x 0,1 m). Además, tanto A1 como A2 ocupan alrededor de (2.5 m x 2 m), cada una [32]. Estas áreas son destinadas al secado efectivo del maíz. En cuando al interior de la estructura se utiliza láminas de hierro de color negro, revestidas las superficies internas con papel de aluminio para maximizar la reflectividad del calor hacia el maíz en proceso de secado. Por último, el exterior del deshidratador puede estar compuesto por láminas para proporcionar aislamiento térmico como DURAPAX y revestido con láminas de madera. La elección de estos materiales asegura la durabilidad del deshidratador y contribuye a mantener una temperatura constante en su interior, lo que resulta esencial para el eficaz secado del maíz con energía solar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar y construir un deshidratador de maíz mediante radiación solar para los productores en el cantón Cevallos

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de diseño de un deshidratador de maíz mediante radiación solar.
- Seleccionar un modelo en función de los parámetros de análisis.
- Diseñar el modelo seleccionado.
- Construir el sistema a partir del diseño final.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema construido.
- Realizar un manual de funcionamiento y mantenimiento del sistema.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El presente proyecto técnico se basó en el secado de maíz por medio de un secador solar, mediante la recopilación de información proveniente de libros, artículos científicos e investigaciones previas. Una vez abordada la recopilación de información fue necesario definir los parámetros para el diseño para el sistema deshidratador a la par de identificar las características del maíz por medio de la norma INEN 2050:95 que acentúa las propiedades físicas y químicas del grano. Por otro lado, mediante el mapa solar global del Ecuador del CONELEC, estación meteorológica INHAMI y PVGIS se obtuvo el potencial solar que puede ser aprovechado por el sistema deshidratador del maíz para el cantón Cevallos (HSP). Es importante señalar que desde este punto tanto las características como propiedad fueron trasladados como parámetros de diseño; dando como resultado un deshidratador de bandejas.

A continuación, se seleccionó los materiales adecuados para el diseño y construcción del sistema deshidratador de maíz enfocado a la radiación solar considerando la eficiencia, el presupuesto y las condiciones de trabajo a la cual va a operar. En este punto se efectuaron proformas convenientes para solventar los gastos durante el desarrollo del proyecto, y enfocarse en mantener la eficiencia del deshidratador de maíz y una vez construido; evaluar las condiciones de trabajo y experimentación. Por otro, lado a la par es acertado establecer los métodos, nivel de investigación, técnicas y materiales empleados en el presente trabajo de investigación.

2.1 Métodos

2.1.1 De campo

Esta metodología se empleó para analizar cómo y de qué manera se puede secar el maíz de una manera eficiente y desde luego estimar parámetros de diseño como es el caso de la temperatura, humedad, peso y calor en el interior del secador.

2.1.2 Bibliográfica

Este enfoque de recopilación de datos se aplicó con el propósito de adquirir fuentes de referencia de normativas, libros, publicaciones científicas y diversas fuentes de información formales. Esto contribuyó a la construcción del marco teórico mediante la incorporación de investigaciones previas relacionadas con los materiales y tipos que han sido previamente empleados en otros estudios.

2.2 Nivel o tipo de investigación

2.2.1 Exploratoria

Se empleó este nivel de investigación al momento que el proyecto se enfocó en la fase inicial de la construcción, y se buscó formular hipótesis que impulsen la realización de un estudio más exhaustivo, en el cual se obtendrán resultados y conclusiones.

2.2.2 Descriptiva

El propósito del enfoque descriptivo fue ofrecer una exposición minuciosa de las diferencias existentes entre los materiales seleccionados para la construcción, el diseño utilizado en la fabricación y la elección de los componentes del sistema que permitió el desarrollo del deshidratador.

2.3 Técnicas de investigación

2.3.1 Documental

Se llevó a cabo una investigación que involucró la búsqueda de información en fuentes como artículos científicos, libros, regulaciones y hojas técnicas, entre otras. Esta investigación permitió adquirir un conocimiento detallado sobre las piezas mecánicas que componen las cajas compactadoras, así como obtener información técnica y normativa esencial para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.

2.4 Materiales

A continuación, se enlistan los materiales y elementos empleados en la fabricación del deshidratador de bandejas. Sin embargo, en primera instancia se presenta un bosquejo del elemento a diseñar.

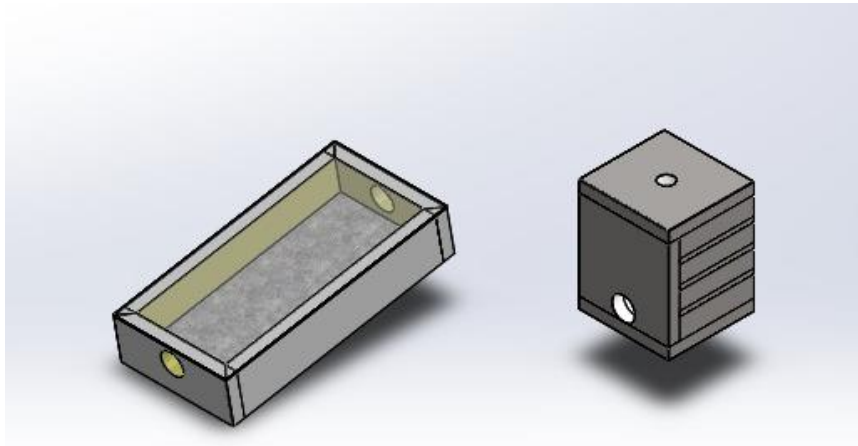
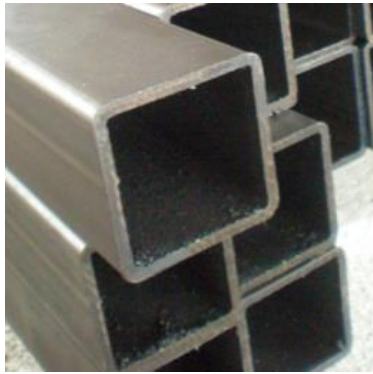




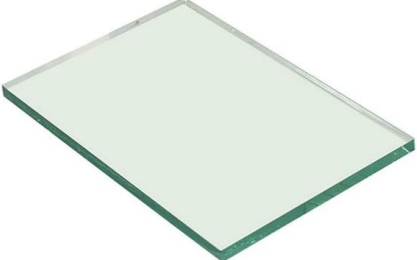


Figura 7.- Bosquejo del deshidratador



2.4.1 Lista de materiales

El deshidratador constó de ciertos elementos y/o componentes. Algunos de ellos se enlistan a continuación:

Tabla 3.- Listado de materiales empleados en la construcción

| Denominación | Descripción | Fotografía |
|------------------------|--|--|
| Tubo de acero cuadrado | Elemento estructural empleado para el desarrollo de la estructura. |  |
| Ángulo | Elemento estructural empleado para el desarrollo de la estructura. |  |

| Denominación | Descripción | Fotografía |
|---------------------------|--|--|
| Plancha de acero 2 mm | Elemento estructural empleado para el desarrollo de la cabina y colector |  |
| Vidrio 4 mm | Elemento empleado para reflejar los rayos solares |  |
| Unión 6 pulg | Unir el colector y la cabina |  |
| Bandejas de acero 1.21 mm | Alojar el maíz dentro de la cabina de secado |  |

| Denominación | Descripción | Fotografía |
|-------------------|---|---|
| Malla de acero #7 | Alojar el maíz para el secado del producto |  |
| Tecnopor | Hermetizar y eliminar la pérdida de calor en el colector a la par de la cabina. |  |

Nota: Se empleó como material predominante el tubo estructural de acero.

2.4.2 Recursos institucionales

Los recursos institucionales de la Universidad Técnica de Ambato empleados en la ejecución del proyecto técnico englobaron una gama diversa de herramientas que agilizaron la investigación y el desarrollo de actividades académicas. Entre los recursos institucionales a disposición, se incluyen:

Apoyo académico: La institución proporcionó respaldo a lo largo del proceso de elaboración del trabajo de titulación, ofreciendo la asistencia de personal capacitado para supervisar las actividades, revisar informes y brindar orientación en cuanto al aprovechamiento de los recursos institucionales.

Biblioteca: La universidad dispone de bibliotecas que suministraron una amplia gama de recursos bibliográficos, incluyendo libros, revistas, tesis y bases de datos electrónicas.

2.5 Flujograma del proyecto

Este proyecto tuvo la finalidad de diseñar e implementar un deshidratador solar para el secado de maíz en el cantón Cevallos; para cumplir este objetivo se realizó las actividades que se detallan en la figura expuesta a continuación:

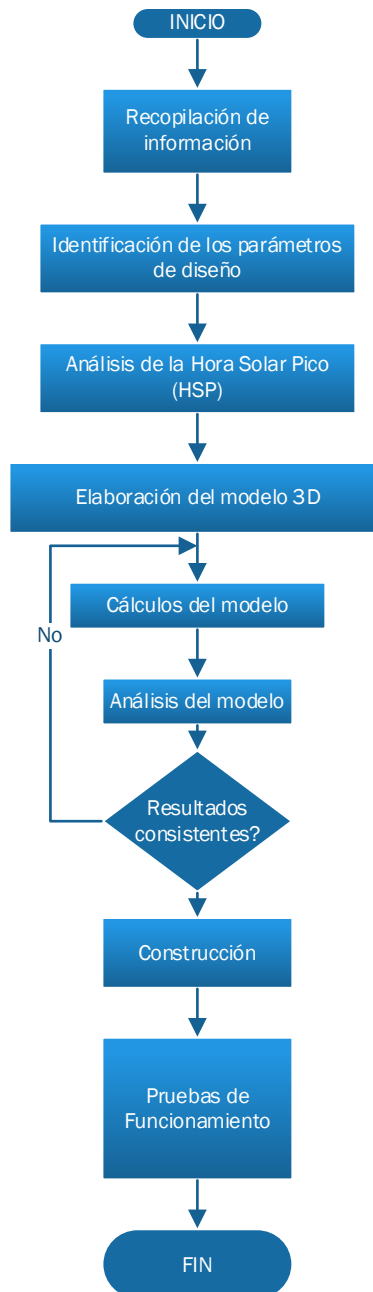


Figura 8.- Diagrama del proyecto

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Consideraciones de diseño

Para diseñar un prototipo de deshidratador solar que pueda deshidratar maíz en un período de 5 a 6 horas a temperatura ambiente, que oscila entre un mínimo de 20.1°C , un máximo de 32.7°C y un promedio de 27.8°C , es necesario crear un sistema eficiente que permita alcanzar una temperatura adecuada. En este caso, el rango de temperatura interna objetivo se encuentra entre un mínimo de 39.1°C , un máximo de 70.1°C y un promedio de 56.2°C [33].

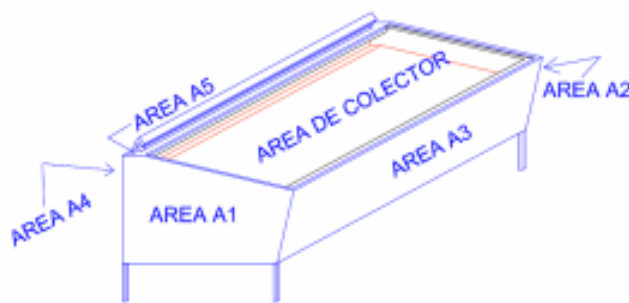


Figura 9.- Prototipo de secador de maíz de bandejas [32]

Para lograr esto, el prototipo debe estar equipado con un área suficiente de colector solar, diseñado para aprovechar la energía solar disponible durante el período de 5 a 6 horas al día. La eficiencia del sistema se basa en la utilización de colectores solares, reflectores y un aislamiento adecuado para mantener la temperatura constante en el interior del deshidratador.

El sistema de calentamiento es fundamental para elevar la temperatura en el interior del deshidratador hasta el rango deseado. Esto puede lograrse mediante la conversión de la energía solar en calor utilizable. Además, se debe contar con un mecanismo de control de temperatura que permita mantenerla dentro del rango objetivo. Esto podría implicar la utilización de aletas o solapas ajustables para regular el flujo de aire caliente y asegurar que la temperatura se mantenga en un rango óptimo.

El área del colector solar de 12 m² captura la energía solar disponible durante las 5.2 horas de luz solar al día, resultando en un total de 43.55 KWh de energía solar capturada. [32].

El tiempo necesario para el proceso de deshidratación se deriva de la relación entre la energía solar disponible y la cantidad de maíz que debe ser deshidratada. En este caso, el cálculo indica que se necesitarían aproximadamente 4.73 días [32], para completar el proceso, manteniendo una temperatura óptima en el horno de deshidratación y aprovechando eficientemente la energía solar capturada por el colector.

3.2 Selección de alternativas

Para el diseño es importante establecer la geometría a la par del tipo de deshidratador a construir; para este caso en particular únicamente se abordan los deshidratadores de caja y túnel pues la transmisión de flujo de aire ya se cataloga como normal y no forzada (no emplea ventilador). Para los dos sistemas acotados se empleará el método de atributos ponderados por medio de las siguientes expresiones.

$$R_i = \sum_{j=1}^n W_i V_{ij} \quad (1)$$

Donde:

R_i = Medida de Evaluación para cada alternativa j

W_i = Número del Peso de importancia de atributos

V_{ij} = Valor de atributo i para alternativa j

En el caso que los atributos tengan el mismo peso dentro del análisis de empleará la siguiente estimación.

$$W_i = \frac{\text{puntuación } i \text{ de importancia}}{\sum_{i=1}^m \text{puntuación } i \text{ de importancia}} \quad (2)$$

Por otro lado, la asignación de atributos tuvo las siguientes consideraciones.

Tabla 4.- Atributos de jerarquía

| Atributo | Jerarquía |
|-----------------|------------------|
| Muy bueno | 10-9 |
| Bueno | 8-6 |
| Pobre | 3-5 |
| Muy pobre | 0-2 |

Los parámetros empleados conciernen a la temperatura del aire, velocidad del flujo de aire, rapidez de extracción de humedad, calidad del producto final, tipología del deshidratador (túnel o caja), dimensiones y costo.

Tabla 5.- Valor de los atributos de jerarquía

| Parámetro | Jerarquía |
|----------------------------------|------------------|
| Temperatura del aire | 8 |
| Velocidad del flujo de aire | 7 |
| Rapidez de extracción de humedad | 9 |
| Calidad del producto | 10 |
| Dimensiones | 7 |
| Tiempo de secado | 6 |

Tabla 6.- Análisis de los atributos vs alternativas

| Parámetro | Alternativa 1 (Caja) | Alternativa 2 (Túnel) |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Temperatura del aire | 6 | 9 |
| Velocidad del flujo de aire | 5 | 8 |
| Rapidez de extracción de humedad | 6 | 7 |
| Calidad del producto | 7 | 7 |

| | | |
|------------------|---|---|
| Dimensiones | 5 | 5 |
| Tiempo de secado | 8 | 7 |

Tabla 7.- Aplicación de las ecuaciones y selección de alternativa

| Parámetro | D*s1 | D*s2 |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| Temperatura del aire | 1,021 | 1,532 |
| Velocidad del flujo de aire | 0,745 | 1,191 |
| Rapidez de extracción de humedad | 1,149 | 1,340 |
| Calidad del producto | 1,489 | 1,489 |
| Dimensiones | 0,745 | 0,745 |
| Tiempo de secado | 1,021 | 0,894 |
| TOTAL | 6.170 | 7.191 |

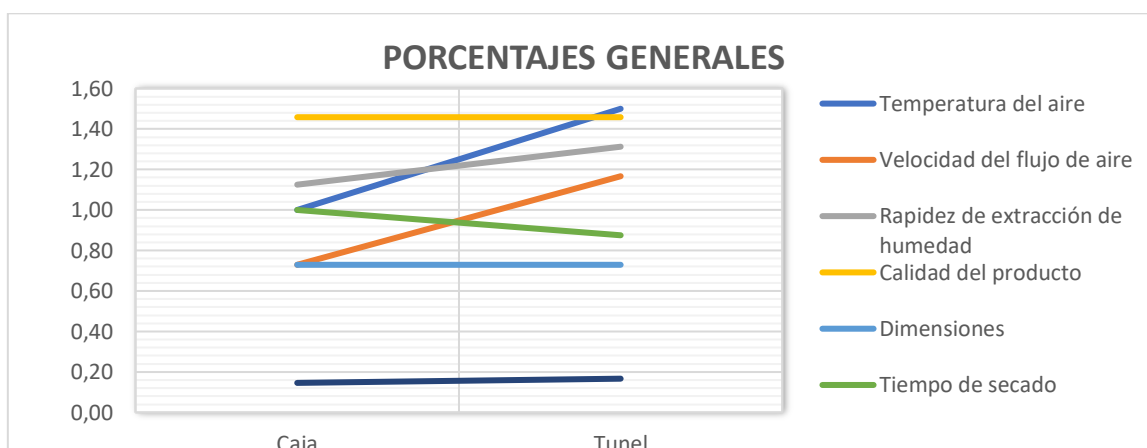


Figura 10.- Porcentajes generales de la selección de alternativas

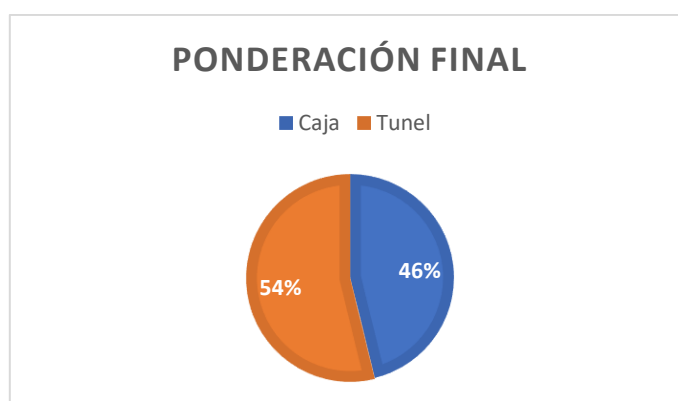


Figura 11.- Ponderación final de la selección de alternativas

Con base en el análisis es acertado acotar que para el diseño los parámetros más importantes son la temperatura del aire, extracción de la humedad, calidad del producto y tiempo de secado. En este caso se emplea el diseño para un colector de tipo túnel.

3.3 Parámetros de diseño

En el estudio sobre la radiación solar, se evaluó la disponibilidad adecuada de recursos solares para la implementación del proyecto mediante una revisión en diversos sitios meteorológicos, como Nasa Power, Meteonorm, PVGIS, Scinergy-EPN y RESTcreen. También se examinó el mapa solar de Ecuador correspondiente al año 2019. Es importante señalar que, cada una de estas fuentes tiene en cuenta diversas condiciones climáticas como nubosidad, pluviosidad, temperatura y viento, para proporcionar detalles sobre la irradiancia en una zona específica, como en el caso de Cevallos.

3.3.1 Irradiación global Horizontal (Nasa Power)

La figura 1012 hace referencia a la plataforma Nasa Power, la cual indica que la radiación solar mínima mensual se observa en junio con 120.15 kWh/m², mientras que la máxima se registra en octubre con 142.7 kWh/m².

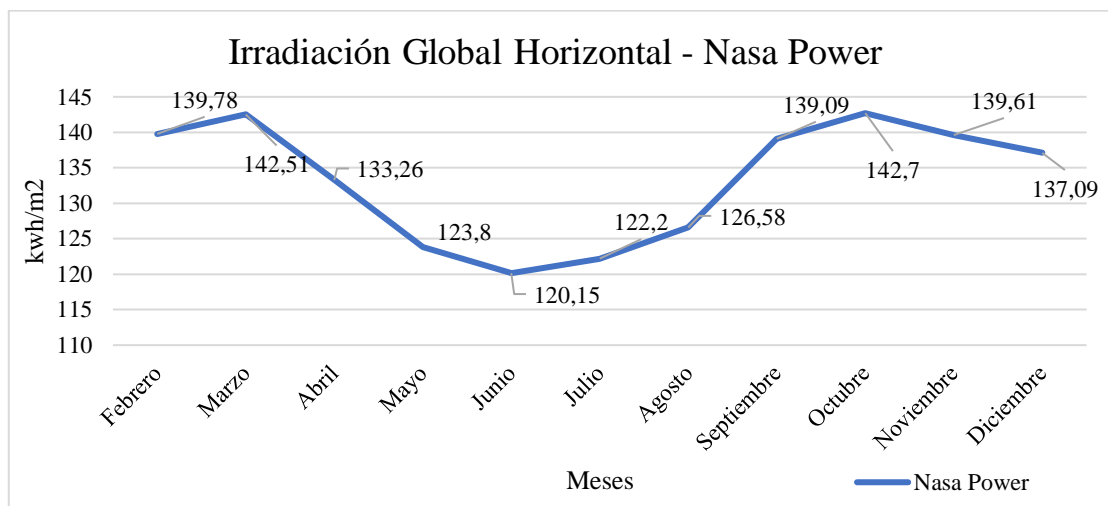


Figura 12.-Datos Irradiación global Horizontal – Nasa Power

3.3.2 Irradiación global Horizontal (Meteonorm)

A través de la plataforma Meteonorm, destacada en la figura 11, se puede apreciar que la irradiancia mínima mensual en septiembre fue de 148.5 kWh/m², mientras que la máxima, registrada en enero, alcanzó los 187 kWh/m² para el cantón Cevallos, Ecuador.

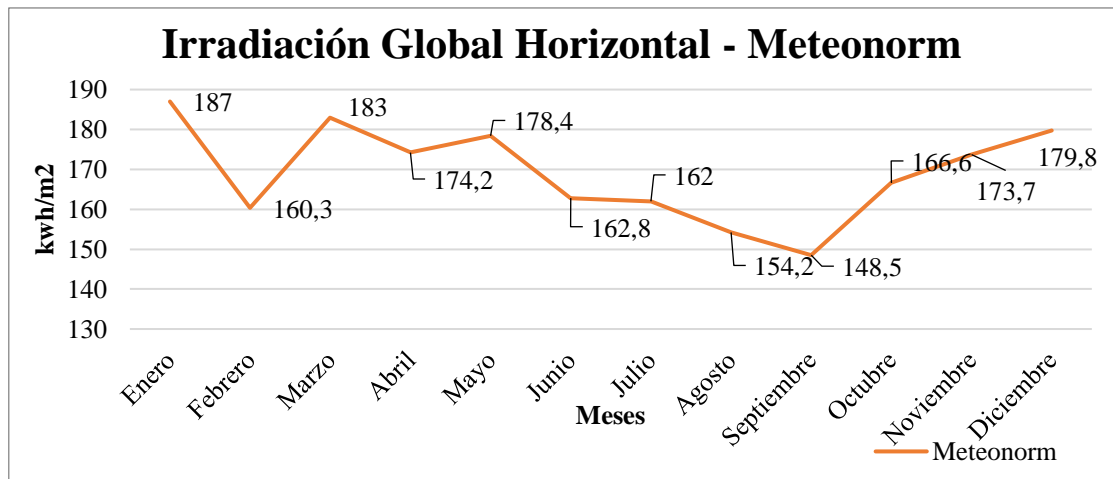


Figura 13.-Datos Irradiación global Horizontal – Meteonorm

3.3.3 Irradiación global Horizontal (PVGIS)

La plataforma PVGIS utiliza el satélite NSRDB 0.038° x 0.038° (~ 4 km), suministrado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL), como parte de la Base de Datos Nacional de Radiación Solar. En la figura 12, se presentan los datos de irradiancia global correspondientes al año 2019 para el cantón Cevallos en Tungurahua, Ecuador. La cifra más baja se registra en mayo con 137.46 kWh/m², mientras que el valor máximo es de 171.93 kWh/m² en septiembre.

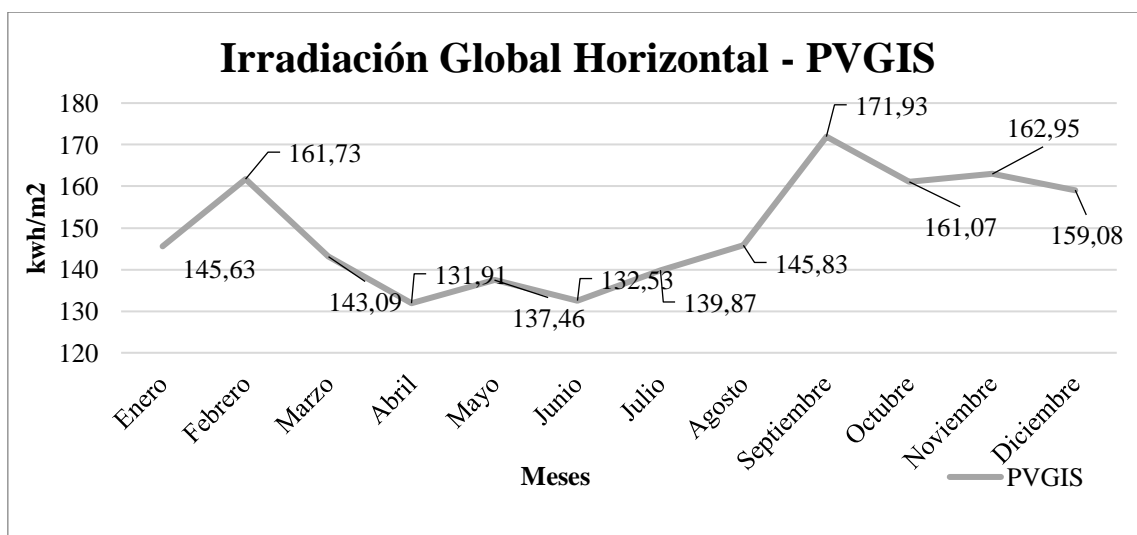


Figura 14.-Irradiación global horizontal - PVGIS

3.3.4 Irradiación global Horizontal (Scinergy-EPN)

Plataforma Scinergy-EPN, según la figura 13, la irradiación mensual mínima en 112.8 kWh/m² para el mes de junio, y la irradiación máxima para el mes de octubre un valor de 129.6 kWh/m².

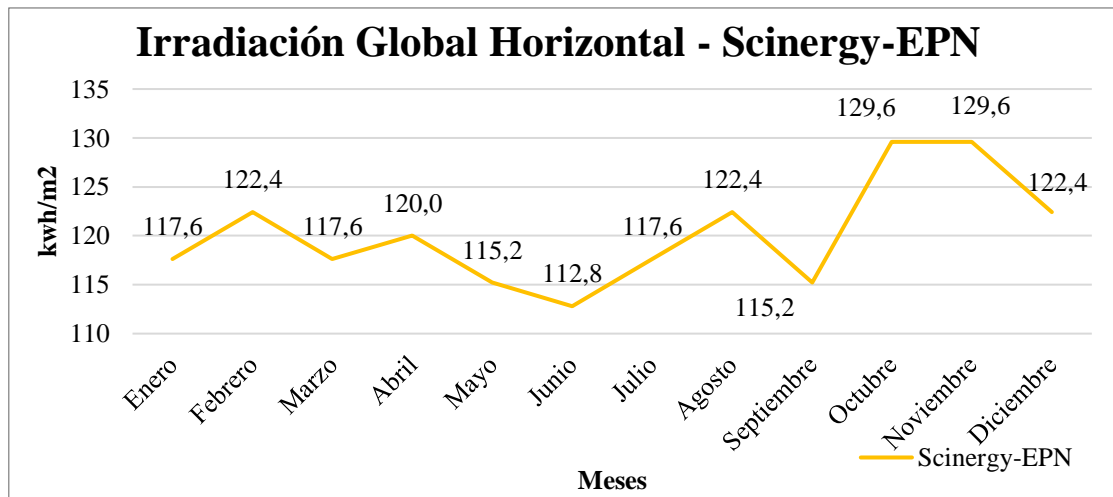


Figura 15.-Datos irradiación global Horizontal – Scinergy-EPN

3.3.5 Irradiación global Horizontal (RESTcreen)

La base de datos de la plataforma RESTcreen muestra que se tiene como irradiación mensual mínima un valor 131.13 kWh/m², para el mes de junio y máxima 145.70 kWh/m² en el mes de noviembre del cantón Cevallos Tungurahua Ecuador.

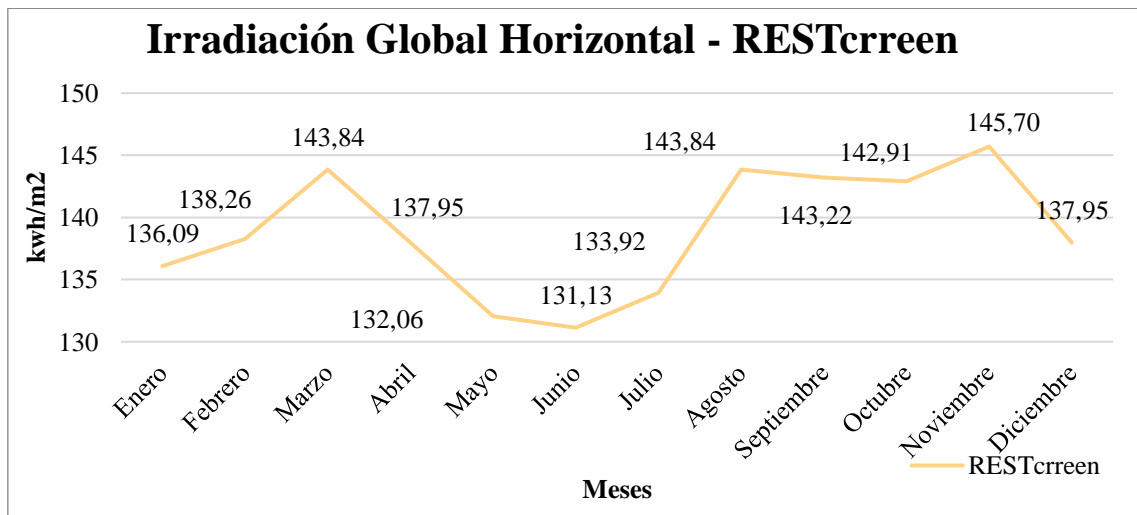


Figura 16.-Datos irradiación global Horizontal – RESTcreen

Una vez analizada las diferentes fuentes de datos, se realiza una tabla 8, para hacer la comparación así determinar el potencial de luz solar que se genera en el cantón Cevallos. Además, se muestra información sobre la radiación emitida por el sol con base en varias fuentes para detallar un promedio de trabajo.

Tabla 8.- Base de datos de irradiancia con base en un año de exposición

| Parámetros (kWh/m ²) | Nasa Power | Meteonorm | PVGIS | Scinergy-EPN | RESTcreen |
|----------------------------------|------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Enero | 139,82 | 187,00 | 145,62 | 117,70 | 136,09 |
| Febrero | 139,77 | 160,31 | 161,72 | 122,50 | 138,26 |
| Marzo | 142,52 | 183,00 | 143,10 | 117,70 | 143,84 |
| Abril | 133,27 | 174,21 | 131,92 | 120,00 | 132,06 |
| Mayo | 123,90 | 178,42 | 137,47 | 115,30 | 137,95 |
| Junio | 120,14 | 162,81 | 132,54 | 112,90 | 131,13 |
| Julio | 122,21 | 162,01 | 139,88 | 117,70 | 133,92 |
| Agosto | 126,57 | 154,21 | 145,84 | 122,50 | 143,84 |
| Septiembre | 139,08 | 148,51 | 171,94 | 115,30 | 143,22 |
| Octubre | 142,80 | 166,60 | 161,08 | 129,70 | 142,91 |
| Noviembre | 139,62 | 173,71 | 162,96 | 129,70 | 145,70 |
| Diciembre | 137,08 | 179,81 | 159,09 | 122,50 | 137,95 |
| Anual | 133,90 | 169,22 | 149,43 | 120,29 | 138,91 |
| Total | 1606,78 | 2030,60 | 1793,16 | 1443,50 | 1666,87 |
| Máximo | 142,80 | 187,00 | 171,94 | 129,70 | 145,70 |
| Mínimo | 120,14 | 148,51 | 131,92 | 112,90 | 131,13 |
| Promedio | 131,47 | 167,76 | 151,93 | 121,30 | 138,42 |

A través de la Tabla 8 previamente presentada, se puede calcular la radiación total estimada para cada una de las plataformas. Nasa Power muestra un valor de 1606.6 Kwh/m², Meteonorm presenta un valor de 2030.60 Kwh/m². En cuanto a la plataforma PVGIS, indica que, en promedio, para el cantón Cevallos, se observa una radiación de 1793.16 Kwh/m², en Scinergy-EPN es de 1443.50 Kwh/m², y por lo tanto, para RESTcreen es de 1442.41 Kwh/m². A continuación, se incluye una figura que previamente presenta información sobre la radiación solar proveniente de diversas fuentes, con el fin de proporcionar un promedio de referencia.

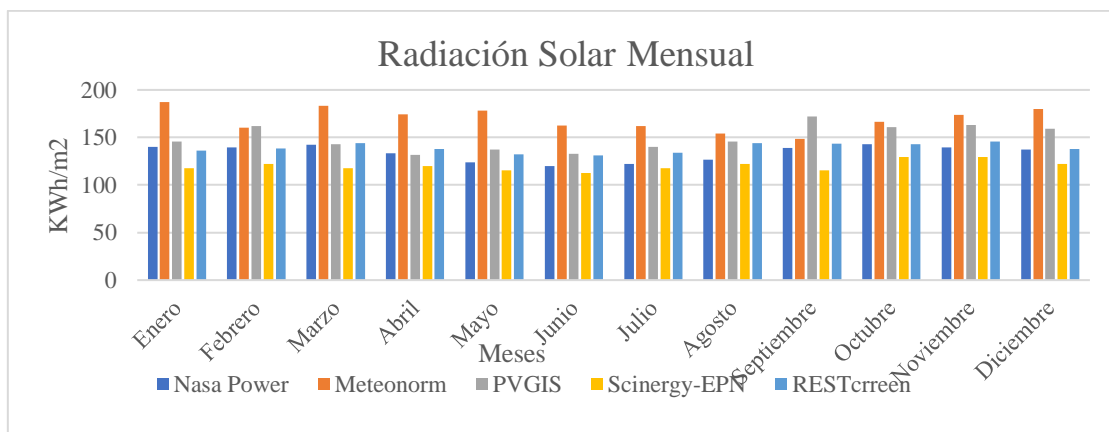


Figura 17.- Comparación en promedio de datos irradiación global Horizontal

Después de establecer la radiación promedio en varias plataformas, resulta crucial identificar la hora solar pico para llevar a cabo el diseño de un deshidratador.

3.3.6 Determinación de la hora solar pico (HSP)

Las horas solares pico proviene de la ecuación en función de la radiación solar

$$HSP = \frac{I \text{ diario}}{1000 \frac{W}{m^2}} \quad (3)$$

Donde:

HSP: Hora solar Pico

I diario: Radiación diario

Se requirió convertir las unidades de Kwh/m² a Wh/m² para aplicar la fórmula de HSP y calcular el valor diario, dividiendo este valor entre el factor de 1000 W/m². De esta manera, se determinaron las horas pico de sol para cada mes del año. Por otro lado, para el dimensionamiento, se optó por trabajar con el mes que presenta menos horas pico, ya que el sistema debe operar en condiciones de luz solar menos favorables. La hora solar pico mínima resultó ser de 4.34 horas (junio).

Tabla 9.- Determinación de la HSP

| Parámetros (kWh/m2) | Nasa Power | Meteonorm | PVGIS | Scinergy-EPN | RESTERreen | Promedio | HSP |
|---------------------|------------|-----------|---------|--------------|------------|----------|------|
| Enero | 139,82 | 187,00 | 145,62 | 117,70 | 136,09 | 145,25 | 4,78 |
| Febrero | 139,77 | 160,31 | 161,72 | 122,50 | 138,26 | 144,51 | 4,75 |
| Marzo | 142,52 | 183,00 | 143,10 | 117,70 | 143,84 | 146,03 | 4,80 |
| Abril | 133,27 | 174,21 | 131,92 | 120,00 | 132,06 | 138,29 | 4,55 |
| Mayo | 123,90 | 178,42 | 137,47 | 115,30 | 137,95 | 138,61 | 4,56 |
| Junio | 120,14 | 162,81 | 132,54 | 112,90 | 131,13 | 131,90 | 4,34 |
| Julio | 122,21 | 162,01 | 139,88 | 117,70 | 133,92 | 135,14 | 4,44 |
| Agosto | 126,57 | 154,21 | 145,84 | 122,50 | 143,84 | 138,59 | 4,56 |
| Septiembre | 139,08 | 148,51 | 171,94 | 115,30 | 143,22 | 143,61 | 4,72 |
| Octubre | 142,80 | 166,60 | 161,08 | 129,70 | 142,91 | 148,62 | 4,89 |
| Noviembre | 139,62 | 173,71 | 162,96 | 129,70 | 145,70 | 150,34 | 4,94 |
| Diciembre | 137,08 | 179,81 | 159,09 | 122,50 | 137,95 | 147,29 | 4,84 |
| Anual | 133,90 | 169,22 | 149,43 | 120,29 | 138,91 | | |
| Total | 1606,78 | 2030,60 | 1793,16 | 1443,50 | 1666,87 | | |
| Promedio | 131,47 | 167,76 | 151,93 | 121,30 | 138,42 | | |

Una vez determinada la magnitud en promedio de la HSP para el lugar de estudio es fundamental realizar cálculos de radiación solar sobre la superficie que se encuentra albergado el maíz para la deshidratación. Adicionalmente, es importante señalar que en el Anexo 1 se muestran los valores de coeficientes y temperaturas para el presente estudio de transferencia de calor.

3.4 La radiación solar incidente o radiación total (HT)

Es la radiación solar sobre una superficie con una inclinación β respecto a la horizontal, siendo así la suma de sus componentes, radiación directa, radiación difusa y reflejada por el suelo, se expresa de acuerdo con la ecuación:

$$H_T = Hb_T + Hd_T + Hr_T \quad (4)$$

La radiación en un plano inclinado como se encuentra configurado el deshidratador se calcula relacionando la radiación directa sobre una superficie horizontal (H_b) con el factor de cambio de ángulo (R_b).

$$Hb_T = H_b * R_b \quad (5)$$

Donde:

H_b =Radiación solar directa en una superficie horizontal

R_b =Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día

$$Hb_T = 2972,55 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

La radiación difusa sobre una superficie inclinada (Hd_T), existe una variación entre la radiación difusa sobre una superficie inclinada y la que incide sobre una superficie horizontal (Hd), ya que H_{dt} no mira hacia todo domo del cielo que es el origen de la radiación difusa, mediante la siguiente ecuación:

$$Hd_T = \frac{1 + \cos\varphi}{2} \quad (6)$$

Quedando la ecuación para la radiación difusa en una superficie inclinada de la siguiente forma:

$$Hd_T = Hd \times \left[\frac{1 + \cos\phi}{2} \right] \quad (7)$$

Reemplazando valores:

$$Hd_T = 1840.65 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

La radiación reflejada por el suelo (Hr_T) al ser ubicado en el suelo, la radiación es directa y difusa por el terreno circundante. Se calcula su valor en la ecuación:

$$Hr_T = \rho \times H_{ab} \times \left[\frac{1 - \cos\phi}{2} \right] \quad (8)$$

Donde:

$$\rho = 0.2 \text{ Albedo}$$

$$Hr_T = 73.28 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

Con los valores obtenidos, se reemplaza los valores en la ecuación de la radiación total que incide en una superficie inclinada.

$$H_T = 4886.77 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

La energía solar disponible en el lugar donde se ubicará, se establecen los siguientes aspectos de relevancia para el balance de energía.

Una vez que se ha obtenido la energía incidente que llega a la superficie del secador (H_T), parte de dicha energía se refleja, otra parte de la energía solar es absorbida y una parte final es transmitida al secador, compuesto principalmente por el vidrio (g), el grano (c).

Para el proceso de transferencia de calor el secador recibe la radiación difusa y la radiación directa, en la transferencia térmica de calor y masa.

$$G_s = H_b + H_d \quad (9)$$

$$G_s = 4823 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

La radiación que entra en el secador es:

$$G_{rg} = G_s x (1 - \alpha_g) \quad (10)$$

Donde:

$\alpha_g = 0,1$ Factor que incluye la reflexión y la absorción de la radiación solar en vidrio.

$$G_{rg} = 4340.7 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

3.5 Diseño térmico

Cantidad de calor necesario para evaporar un porcentaje de humedad del grano

En esta sección se procede a calcular la masa del grano deshidratado de maíz a partir de la humedad inicial del desgrane de las semillas que es del 89%, este porcentaje se encuentra determinado por medio de una curva de secado a consecuencia de un proceso acelerado de deshidratación que se muestra en el anexo.

Calor sensible del producto

$$Q_{sg} = m_g \cdot (\%ext) \cdot Cp_g \cdot (T_{mr} - T_a) \quad (11)$$

$$\%ext = w_f - w_i \quad (12)$$

Donde:

Q_{sg} : Calor sensible del grano (KJ)

m_g : Cantidad de masa del grano (kg)

$\%ext$: Porcentaje de extracción de humedad (%)

Cp_g : Calor específico del grano por encima del punto de congelación $\left(\frac{KJ}{kg \cdot K}\right)$

T_{mr} : Temperatura máxima requerida (K)

T_a : Temperatura ambiente en el cantón Cevallos (K)

w_f : Porcentaje de humedad final (%)

w_i : Porcentaje de humedad inicial (%)

$$\%ext = 0,75 = 75\%$$

$$Q_{sg} = 1170,3 \text{ KJ}$$

Calor sensible de las bandejas

$$Q_{sb} = N_b \cdot m_b \cdot Cp_b \cdot (T_{mr} - T_a) \quad (13)$$

Donde:

Q_{sb} : Calor sensible de las bandejas (KJ)

N_b : Número de bandejas

m_b : Cantidad de masa de las bandejas (kg)

Cp_b : Calor específico del acero ASTM 304 de las bandejas $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{kg.K}}\right)$

T_{mr} : Temperatura máxima requerida (K)

T_a : Temperatura ambiente en el cantón Cevallos (K)

$$Q_{sb} = 62,86 \text{ KJ}$$

Potencia requerida al deshidratar

$$Q_{up} = \frac{Q_{sg} + Q_{sb}}{t_e} \quad (14)$$

Donde:

t_e : Tiempo efectivo de funcionamiento= 7(h)

$$Q_{up} = \frac{1170,3 + 62,86}{7}$$

$$Q_{up} = 176,16 \text{ W}$$

Análisis de pérdidas en el colector

Por lo tanto, se indica la distribución de calores en el colector solar:

Tabla 10.- Distribución de calores en el colector solar

| | | | | |
|----------------------|--|--------------------------|------------|----------------|
| Convección (R_1) | | Radiación (R_2) | | Ambiente |
| | | Conducción (R_3) | | Vidrio |
| Convección (R_4) | | Radiación (R_5) | | Aire |
| | | Conducción | (R_{eq}) | Tol |
| | | Conducción | | Lana de vidrio |
| | | Conducción | | EPS |
| | | Conducción | | Chapa |
| Convección (R_6) | | Radiación (Despreciable) | | Ambiente |

Coefficiente de convección en el exterior del colector solar

Se aplica para determinar las pérdidas de calor por convección, depende de la velocidad del viento.

$$0 \leq v \leq 5 \frac{m}{s}$$

La fórmula para calcular el hc_{a1} es:

$$hc_{a1} = 5,7 + 3.8 \cdot (v) \tag{15}$$

La fórmula para calcular el R_1 es:

$$R_1 = \frac{1}{hc_{a1} \cdot A_c} \tag{16}$$

Donde:

hc_{a1} : Coeficiente de convección en el exterior del colector solar $\left(\frac{W}{m^2.K}\right)$

v : Velocidad del viento $\left(\frac{m}{s}\right)$

R_1 : Resistencia térmica por convección $\left(\frac{K}{W}\right)$

A_c : Área de colector (m^2)

$$hc_{a1} = 12.502 \frac{W}{m^2.k}$$

$$R_1 = 0,0667 \frac{K}{W}$$

$$R_1 = R_6$$

La velocidad del viento en el cantón Cevallos es de 1.79 m/s información obtenida del INAMHI [34].

Coeficiente de radiación en el vidrio

Calor perdido por la radiación en el exterior del colector solar, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$hr_a = \varepsilon_v \cdot \sigma \cdot (Ta + Ts) \cdot (Ta^2 + Ts^2) \quad (17)$$

Se calcula la temperatura del cielo mediante la siguiente fórmula:

$$T_s = 0,0552 \cdot Ta^{3/2} \quad (18)$$

La fórmula para calcular el R_2 es:

$$R_2 = \frac{1}{hr_a \cdot A_c} \quad (19)$$

Donde:

hr_a : Coeficiente de radiación en el vidrio $\left(\frac{W}{m^2.K}\right)$

ε_v : Emisividad del vidrio

σ : Constante de Stefan Boltzmann $\left(\frac{W}{m^2.K^4}\right)$

Ta : Temperatura ambiente en el cantón Cevallos (K)

T_s : Temperatura del cielo (K)

R_2 : Resistencia térmica por radiación en el vidrio $\left(\frac{K}{W}\right)$

$$T_s = 2,58^\circ\text{C} = 275,58 \text{ K}$$

$$hr_a = 4,52 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$R_2 = 0,184 \frac{K}{W}$$

Coefficiente de conducción en el vidrio

Calor perdido por la conducción del vidrio, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_3 = \frac{X_v}{k_v \cdot A_c} \quad (20)$$

Donde:

R_3 : Resistencia térmica por conducción en el vidrio $\left(\frac{K}{W}\right)$

X_v : Espesor del vidrio (m)

k_v : Coeficiente de conducción en el vidrio $\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$

$$R_3 = 4,761 \cdot 10^{-3} \frac{K}{W}$$

Coefficiente de convección del canal de aire

Calor perdido por la convección del canal de aire se calcula mediante el número de Rayleigh, la longitud característica de la superficie inclinada caliente y el número de Nusselt:

$$R_a = \frac{g \cdot \cos\varphi \cdot \beta \cdot (T_{mr} - T_a) \cdot (X_c)^3}{\vartheta^2} \cdot (Pr) \quad (21)$$

$$\beta = \frac{2}{T_{mr} + T_a} \quad (22)$$

$$N_u = \left(0,825 + \frac{0,387 \cdot (R_a)^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{P_r} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2 \quad (23)$$

$$hc_{a2} = \frac{N_u \cdot k_a}{X_{ca}} \quad (24)$$

$$R_4 = \frac{1}{hc_{a2} \cdot A_c} \quad (25)$$

Donde:

R_a : Número de Rayleigh que describe la convección natural sobre superficies inclinadas

g : Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

φ : Angulo de inclinación ($^\circ$)

β : Coeficiente de expansión volumétrica (K^{-1})

T_{mr} : Temperatura máxima requerida (K)

T_a : Temperatura ambiente en el cantón Cevallos (K)

X_c : Longitud característica del colector (m)

P_r : Número de Prandtl

ϑ : Viscosidad cinemática del fluido $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

N_u : Numero promedio de Nusselt para convección natural

R_4 : Resistencia térmica por convección del canal de aire $\left(\frac{K}{W}\right)$

X_{ca} : Espesor del canal de aire (m)

k_a : Coeficiente de conducción de aire $\left(\frac{W}{m.K}\right)$

hc_{a2} : Coeficiente de convección del canal de aire $\left(\frac{W}{m^2.K}\right)$

$$\beta = 3,23 \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

$$R_a = 1,41 \cdot 10^{10}$$

$$Nu = 282,24$$

$$hc_{a2} = 52,92 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_4 = 0,0157 \frac{K}{W}$$

Coefficiente de radiación entre vidrio y el tol

Para determinar la transferencia de calor por radiación entre el tol y la cubierta de vidrio del colector solar, se lleva a cabo el intercambio entre dos superficies infinitas y paralelas.

En este proceso, se emplea la siguiente ecuación:

$$hr_{v-t} = \frac{\sigma \cdot (T_{mr} + T_a) \cdot (T_{mr}^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_v} + \frac{1}{\varepsilon_t} - 1} \quad (26)$$

$$R_5 = \frac{1}{hr_{v-t} \cdot A_c} \quad (27)$$

Donde:

hr_{v-t} : Coeficiente de radiación entre vidrio y el tol $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$

ε_v : Emisividad del vidrio

ε_t : Emisividad del tol

σ : Constante de Stefan Boltzmann $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4}\right)$

T_a : Temperatura ambiente en el cantón Cevallos (K)

T_{mr} : Temperatura máxima requerida (K)

R_5 : Resistencia térmica por radiación entre vidrio y el tol $\left(\frac{K}{W}\right)$

$$hr_{v-t} = 5,644 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$R_5 = 0,147 \frac{K}{W}$$

Coefficientes de conducción desde el tol hacia la chapa metálica

Es necesario calcular la resistencia térmica del aislante (R_{eq}), en este caso para el tol que forma parte de la base del colector, la plancha de EPS y lana de vidrio – aislante que evita la pérdida de calor y una chapa metálica de A36 que forma parte de la estructura exterior.

$$R_{eq} = \left(\frac{X_t}{K_t} + \frac{X_E}{K_E} + \frac{X_{Lv}}{K_{Lv}} + \frac{X_{cp}}{K_{cp}} \right) \cdot \left(\frac{1}{A_c} \right) \quad (28)$$

Donde:

R_{eq} : Resistencia equivalente de conducción desde el tol hacia la chapa metálica $\left(\frac{K}{W} \right)$

X_t = Espesor plancha de tol (m)

X_E = Espesor plancha de EPS (m)

X_{Lv} = Espesor plancha de lana de vidrio (m)

X_{cp} = Espesor plancha metálica de A36 (m)

K_t = Coeficiente de conducción en el vidrio del tol (m)

K_E = Coeficiente de conducción en el vidrio del EPS (m)

K_{Lv} = Coeficiente de conducción en el vidrio de la lana de vidrio (m)

K_{cp} = Coeficiente de conducción en el vidrio del A36 (m)

Remplazando los valores se obtiene:

$$R_{eq} = 1,504 \frac{K}{W}$$

Coefficiente total de transferencia de calor en el colector

La evaluación del coeficiente total de transferencia de calor se representa por medio de la sumatoria de las resistencias térmicas que influyen en la superficie del colector solar:

$$\frac{1}{U} = \frac{R_{Total}}{A_c} \quad (29)$$

$$R_{Total} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{eq} \quad (30)$$

Donde:

U : Coeficiente total de transferencia de calor en el colector $\left(\frac{W}{m^2.K}\right)$

R_{Total} : Sumatoria de resistencias térmicas en el colector solar $\left(\frac{K}{W}\right)$

$$R_{Total} = 1,988 \frac{K}{W}$$

$$U = 0,603 \frac{W}{m^2.K}$$

Cantidad de calor perdido en el colector solar

La cantidad de calor que se pierde en el colector solar se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_p = Ac \cdot U \cdot (T_{mr} - T_a) \quad (31)$$

Donde:

Q_p : Cantidad de calor perdido en el colector solar

$$Q_p = 34 W$$

3.6 Diseño del colector solar

Es un requerimiento establecer el factor de remoción de aire a través de la siguiente expresión:

$$F_r = \frac{m_a \cdot Cp_a}{U \cdot Ac} \cdot \left(1 - e^{\left(\frac{-F' \cdot U \cdot Ac}{m_a \cdot Cp_a}\right)}\right) \quad (32)$$

$$m_a = \frac{Q_T}{Cp_a \cdot (T_{mr} - T_a)} \quad (33)$$

$$Q_T = Q_{up} + Q_p \quad (34)$$

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U}{hc_{a2} + \frac{1}{hr_{v-t}}}} \quad (35)$$

$$Q_{Uc} = F_r \cdot Ac \cdot [\tau \cdot \alpha \cdot S - U \cdot (T_{mr} - T_a)] \quad (36)$$

$$S = \frac{H_T}{t_e} \quad (37)$$

$$Q_T < Q_{Uc} \quad (38)$$

$$\eta_c = \frac{Q_{Uc}}{A_c \cdot S} \quad (39)$$

Donde:

F_r : Factor de remoción de aire

m_a : Flujo de masa de aire en el colector $\left(\frac{kg}{s}\right)$

Cp_a : Calor específico del aire $\left(\frac{KJ}{kg.K}\right)$

Q_T : Calor total del sistema (W)

F' : Factor de eficiencia del colector solar

Q_{Uc} : Calor útil del colector (W)

τ_v : Transmisividad del vidrio

α_v : Absortividad del vidrio

S : Irradiación solar incidente $\left(\frac{W}{m^2}\right)$

η_c : Eficiencia teórica del colector (%)

$$Q_T = 210,16 \text{ W}$$

$$m_a = 4,44 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

$$F' = 0,9887$$

$$F_r = 0,9144$$

$$S = 517,95 \frac{W}{m^2}$$

$$Q_{Uc} = 310,50 \text{ W}$$

$$Q_T < Q_{Uc}$$

$$210,16 \text{ W} < 310,50 \text{ W} \quad \text{OK}$$

$$\eta_c = 0,499 = 50\%$$

3.7 Simulación del proceso

3.7.1 Análisis de temperatura

Por medio de un software de simulación se puede observar el comportamiento de los componentes que forman parte de la transferencia de calor dentro del modelo. Es importante aclarar que, la cantidad de energía suministrada se da por la irradiancia global horizontal obtenida por medio del apartado 3.3.5 (121.1 Kwh/m^2); teniendo en consideración a la par que el sistema se encuentra al ambiente; es decir 25 grados C y 101 Kpa .

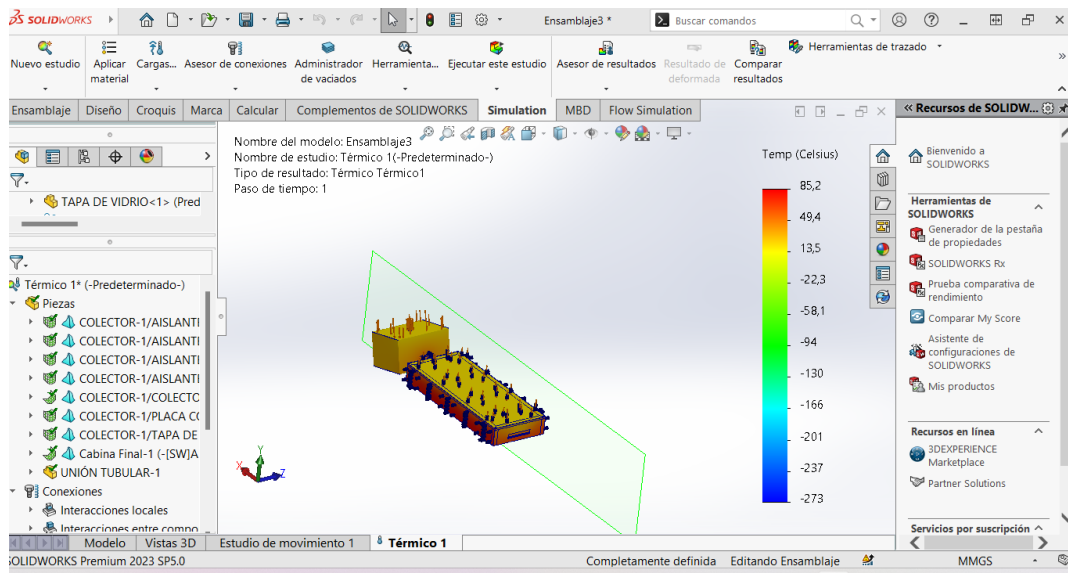


Figura 18.- Comportamiento del modelo

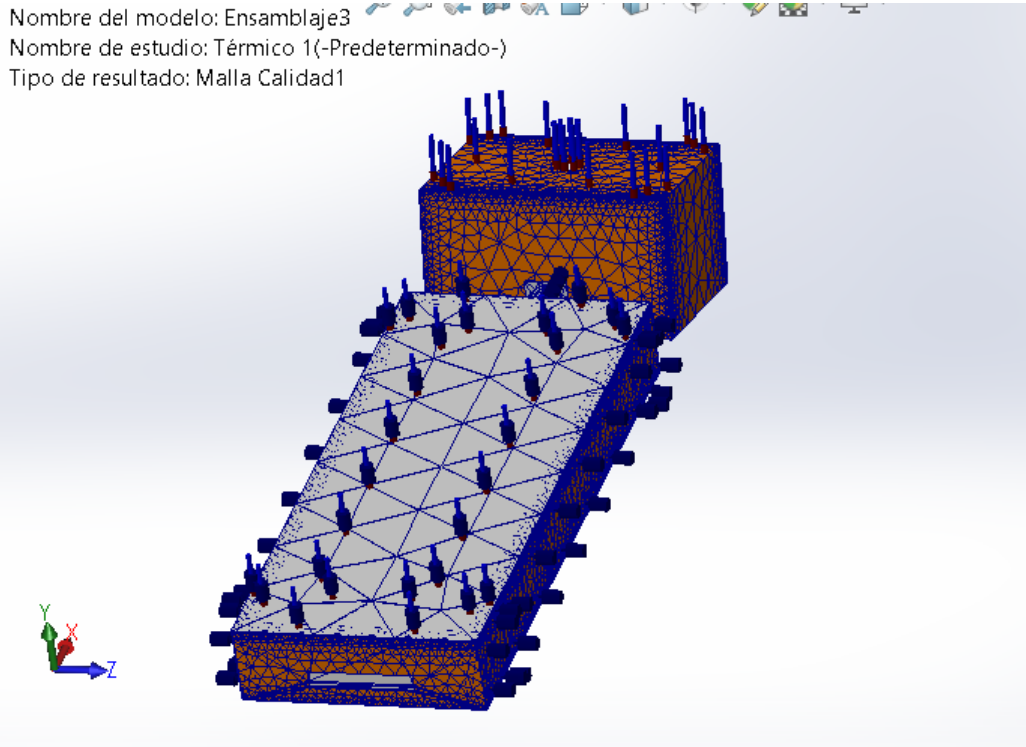


Figura 19.- Mallado del modelo

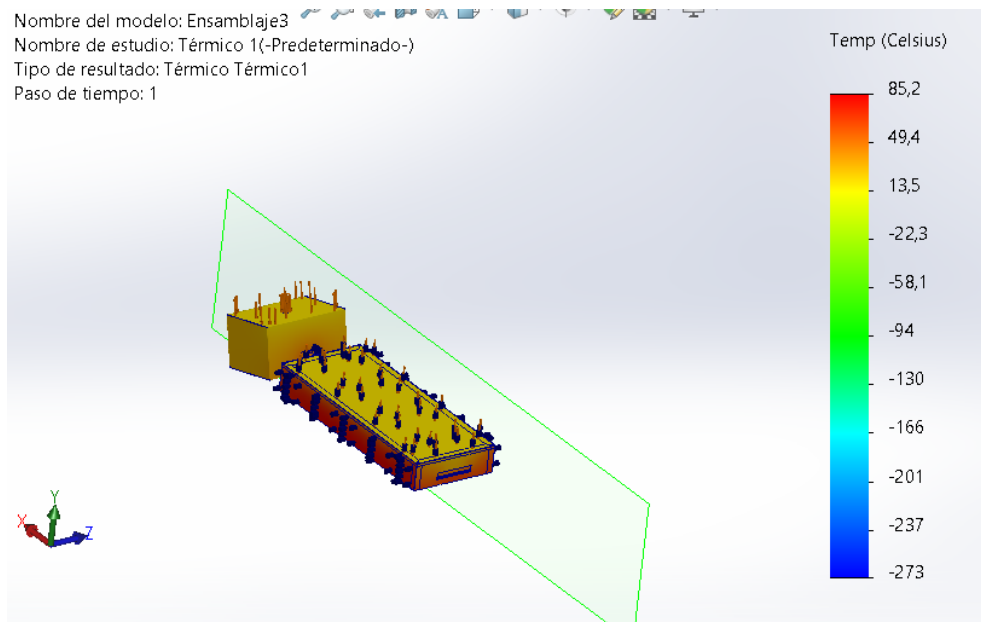


Figura 20.- Detalle de las temperaturas

Comentario

En lo que respecta a las temperaturas obtenidas se puede aseverar que, sobre la tapa del colector (vidrio) la temperatura se distribuye acertadamente hacia las paredes del arreglo

llegando a una temperatura máxima de 85.2 grados y en su centro de 49.4 grados para la cámara de secado.

3.8 Diseño mecánico

3.8.1 Geometría

Con base en información recolectada, el área del colector de 12 m² captura la energía solar disponible durante las 5.2 horas de luz solar al día, resultando en un total de 43.55 KWh de energía solar capturada y se necesitarían aproximadamente 4.73 días para completar un proceso mínimo de secado; con eso en mente, se prevé adaptar la información hasta generar un secado de alrededor de 10 kg con una superficie de 1,2 m² como base.

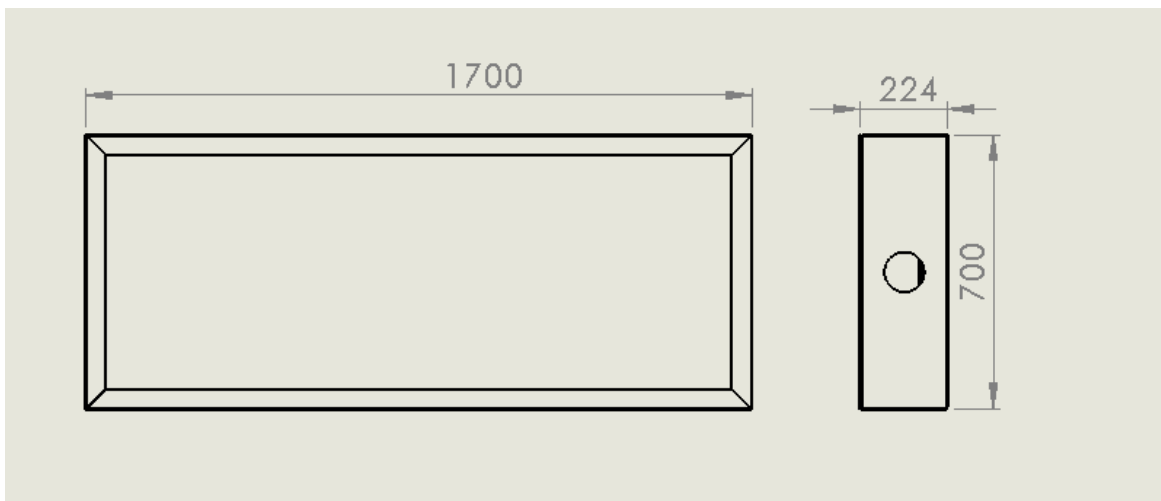


Figura 21.- Geometría del colector

Área del colector

$$A_c = 1.70 \text{ m} \times 0.7 \text{ m}$$

$$A_c = 1.2 \text{ m}^2$$

Energía recolectada para secar

$$E_r = A_c * R_s * E_c \quad (40)$$

Donde

Ac: área del colector

Rs: radiación solar incidente

Ec: eficiencia del colector

$$E_r = 1.2 * 121.21 * 0.5$$

$$E_r = 72.72 W$$

Cantidad de kilogramos para secar

Si se tiene en consideración que se planea secar alrededor de 10 kg de producto a la par, con base en la geometría de la cabina se pueden generar 4 bandejas para el secado. Con eso en mente, se analiza la posibilidad de estimar la máxima cantidad de grano en cada bandeja. El material seleccionado es ángulo de 3/16 pulg. con la adición de una malla # 9 (2 x 1.5 mm) de espacio.

$$Kg \text{ de grano} = \frac{72.72 W}{10kg}$$

$$Kg \text{ de grano} = 7.27 \text{ kg por bandeja}$$

$$Kg \text{ de grano total} = 29.09 \text{ kg}$$

Peso por bandeja

$$Peso \text{ total del grano} = 29.09 * 9.81$$

$$Peso \text{ total del grano} = 285.37 N$$

$$Peso \text{ por bandeja} = 71.34 N$$

Con este valor en consideración se verifica si el peso permite que la bandeja no se deforme y mantenga su geometría sin mayor problema.

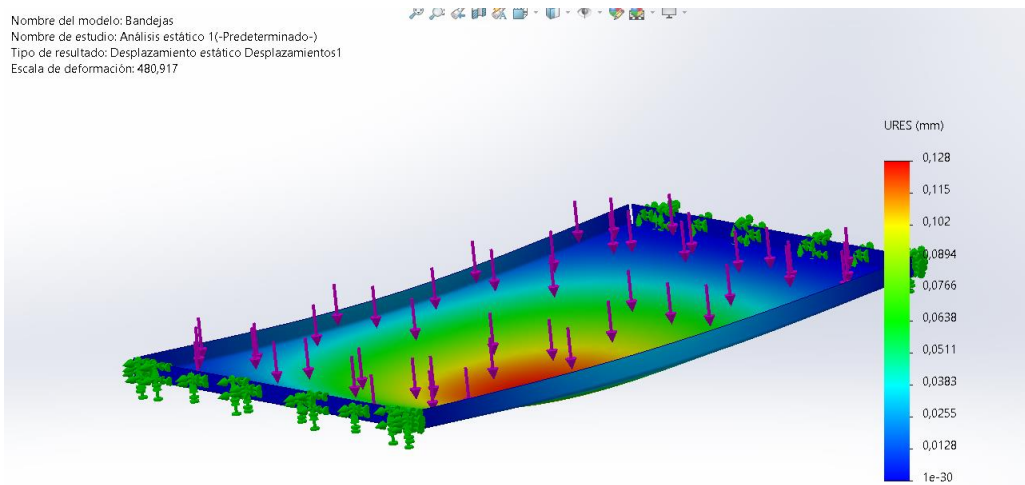


Figura 22.- Análisis de la bandeja

La bandeja puede soportar sin mayor novedad hasta 2.82 kg cuando se planea un peso de 2.5 kg.

Tiempo de secado

El tiempo de secado de un grano depende de varios factores, incluyendo la humedad inicial del grano, la humedad final deseada, la capacidad del sistema de secado, la temperatura y la velocidad del aire, entre otros.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de secado} \\ = \frac{\text{Masa de agua a eliminar}}{\text{Tasa de secado}} \end{aligned} \quad (41)$$

Donde

Masa de secado en kg (peso inicial - final)

Tasa de secado Kg/h

Masa de agua a eliminar

$$\text{Tiempo de secado} = \frac{3 \text{ kg}}{0.2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

$$\text{Tiempo de secado} = 15 \text{ H}$$

Es importante considerar que la hora solar pico es de 4.34 horas al día; se prevé un tiempo de secado mínimo de 3.45 días para secar 10 kg de maíz.

3.9 Presupuesto

Tabla 11.- Presupuesto de materiales y mano de obra

| Material | Cantidad | Precio unitario | Total, USD |
|--|----------|-----------------|------------|
| Disco de corte 7" | 1 | \$ 3,00 | \$ 3,00 |
| Electrodos 6011 | 1 | \$ 3,00 | \$ 3,00 |
| Tubo Cuadrado Galvanizado 40x40x2mm | 3 | \$ 17,00 | \$ 51,00 |
| Plancha de tol | 1 | \$ 10,00 | \$ 10,00 |
| Armazón para el colector (incluye pliegue) | 1 | \$ 90,00 | \$ 90,00 |
| Cámara de secado (incluye pliegue) | 1 | \$ 120,00 | \$ 120,00 |
| Cámara interna de secador (incluye pliegue) | 1 | \$ 60,00 | \$ 60,00 |
| Marco para bandejas (incluye pliegue) | 4 | \$ 8,00 | \$ 32,00 |
| Lana de vidrio | 2 | \$ 6,00 | \$ 12,00 |
| Malla de Acero Inoxidable Mesh #9 | 1 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |

| | | | | |
|---|------|----|--------|------------------|
| Plancha de Acero Inoxidable 2 mm | 0,50 | \$ | 50,00 | \$ 25,00 |
| Ducto de aluminio de 6" | 1 | \$ | 5,00 | \$ 5,00 |
| Lija de hierro 120 | 3 | \$ | 0,40 | \$ 1,20 |
| Espuma Flex | 2 | \$ | 10,00 | \$ 20,00 |
| Tiñer (anticorrosivo) | 1 | \$ | 8,00 | \$ 8,00 |
| Silicona industrial | 3 | \$ | 3,50 | \$ 10,50 |
| Silicona líquida | 1 | \$ | 2,50 | \$ 2,50 |
| Vidrio Blanco 4 mm | 2 | \$ | 4,50 | \$ 9,00 |
| Broca hierro 3/8 plg | 3 | \$ | 0,95 | \$ 2,85 |
| Bisagra | 1 | \$ | 3,00 | \$ 3,00 |
| Cerradura 1/2 | 1 | \$ | 2,00 | \$ 2,00 |
| Pintura Fondo Gris | 1 | \$ | 5,80 | \$ 5,80 |
| Pintura Fondo Uniprimier verde | 1 | \$ | 5,20 | \$ 5,20 |
| Pintura Autoglare Negro Mate | 1 | \$ | 12,00 | \$ 12,00 |
| Metabisulfito de sodio | 20 | \$ | 0,40 | \$ 8,00 |
| 50 Kg Maíz desgranado | 50 | \$ | 0,5 | \$ 25,00 |
| Imprevistos | 1 | \$ | 30,00 | \$ 30,00 |
| Mano de obra (cortes y soldadura de aceros) | 1 | \$ | 250,00 | \$ 250,00 |
| TOTAL | | | | \$ 836,05 |

3.10 Pruebas de funcionamiento

La construcción del prototipo para secado de maíz requirió de un dimensionamiento acertado que implicó materiales duraderos a la par de generar cálculos para estimar el comportamiento. A continuación, se enlista una fotografía alusiva al prototipo desarrollado.



Figura 23.- Prototipo de secador de maíz

3.10.1 Preparación del producto

Es menester acotar que, cada uno de los pesajes se elaboró por medio de una balanza digital y la aplicación de un conservante natural como es el caso del vinagre de manzana y el metabisulfito.

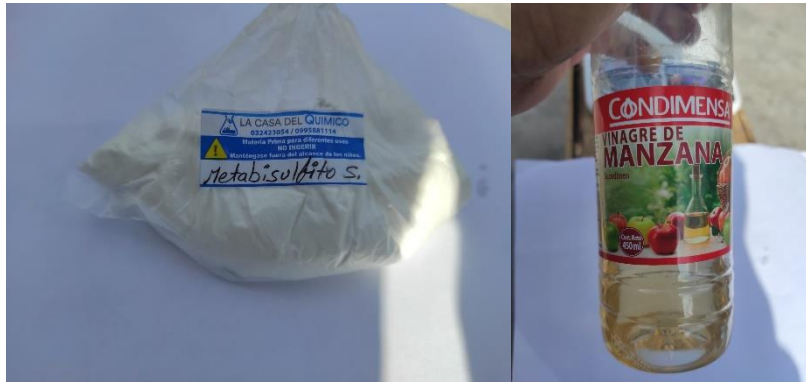


Figura 24.- Conservante del maíz



Figura 25.- Mezcla del producto



Figura 26.- Lavado del maíz

3.10.2 Pesaje de muestras

En este punto es fundamental recordar que el tiempo empleado es totalmente amplio, por ende, es de suma importancia efectuar una serie de repeticiones para que los datos evaluados tengan consistencia.

Tabla 12.- Pesaje de muestras

| Peso inicial | | 10 | kg | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|------------------|-----------|-----------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------|
| | Peso inicial/Bandeja | 2,5 | kg | | | | | | | |
| | | | | | Humedad inicial | 89 | % | | | |
| | Peso real inicial | 8,9 | kg | | Humedad Requerida | 14 | % | | | |
| | Peso inicial/Bandeja | 2,2 | kg | | % Extracción | 75 | % | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Hora de medición | | Masa (Kg) | | | | Total (g) | Total (kg) | Humedad (%) | Peso real (%) | |
| 12h00 AM | Tiempo | B1 | B2 | B3 | B4 | | | | | |
| | 9/1/2024 | Dia 1 | 1990 | 2020 | 2080 | 2180 | 8270 | 8,27 | 17,3% | 82,7% |
| | 10/1/2024 | Dia 2 | 1710 | 1590 | 1620 | 1670 | 6590 | 6,59 | 34,1% | 65,9% |
| | 11/1/2024 | Dia 3 | 1210 | 1290 | 1120 | 1180 | 4800 | 4,80 | 52,0% | 48,0% |
| | 12/1/2024 | Dia 4 | 920 | 960 | 1020 | 870 | 3770 | 3,77 | 62,3% | 37,7% |
| | 13/1/2024 | Dia 5 | 495 | 550 | 620 | 790 | 2455 | 2,46 | 75,5% | 24,6% |

Nota: Para verificar más fotografías revisar el anexo 5.

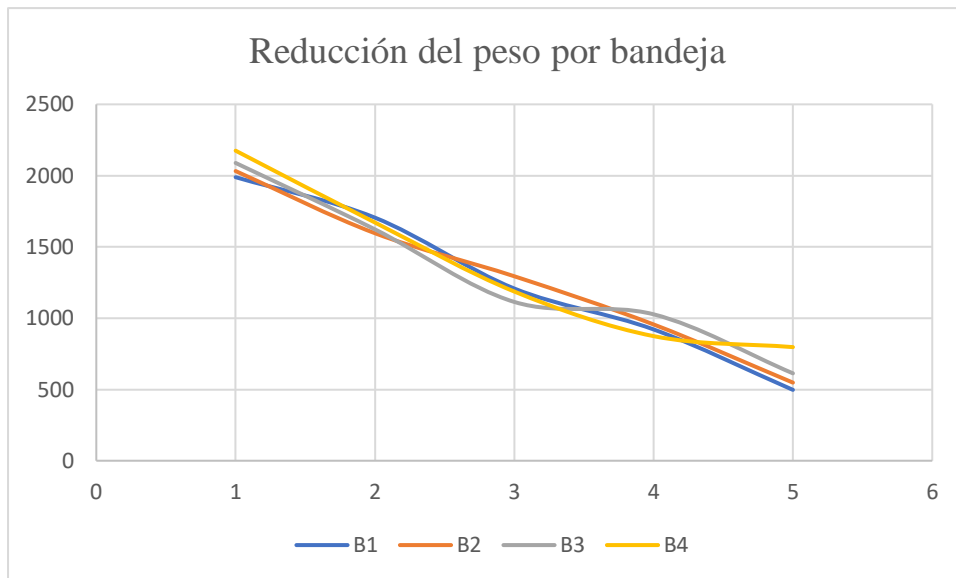


Figura 27.- Reducción de peso por bandeja

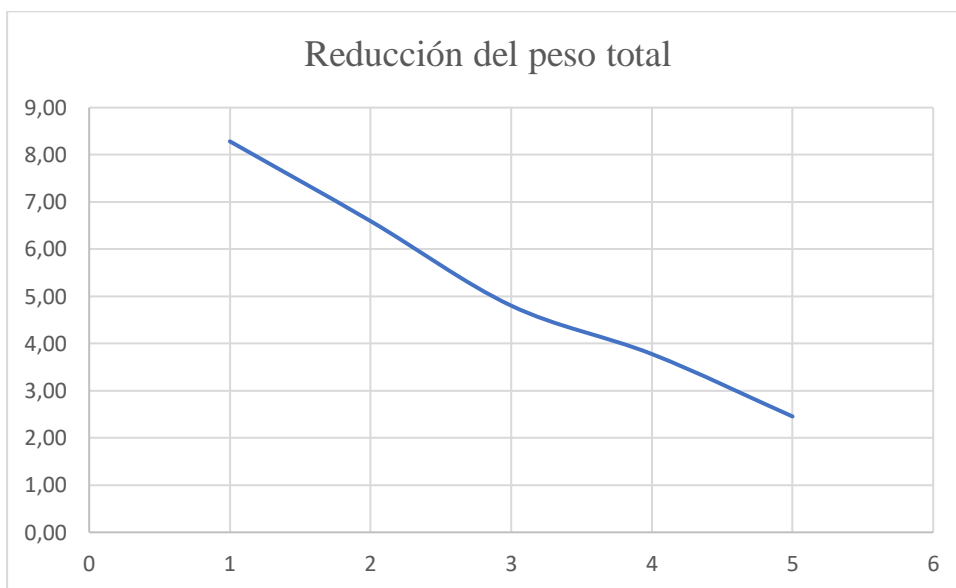


Figura 28.- Reducción de peso por bandeja

3.10.3 Verificación de temperatura de secado

Teniendo en consideración que, en promedio según el programa CAD se tiene una temperatura de 49.4 grados centígrados; por otro lado, según la verificación por medio del instrumento de medición se tiene un promedio de 50.57 grados centígrados. Tal pérdida se considera como despreciable pues, dentro del análisis se observa como un sistema totalmente hermético y sin pérdidas de ningún tipo.



Figura 29.- Esquema de temperaturas en el sistema

Tabla 13.- Verificación de la temperatura de exposición

| Hora de medición | | Temperatura (°C) | | | |
|-----------------------------|--------|------------------|-------|-------|-------|
| 12h00 AM | Tiempo | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 9/1/2024 | Dia 1 | 12,3 | 59,5 | 55,3 | 46,4 |
| 10/1/2024 | Dia 2 | 15,5 | 58,5 | 52,3 | 47,4 |
| 11/1/2024 | Dia 3 | 12,2 | 55,7 | 50,3 | 49,9 |
| 12/1/2024 | Dia 4 | 13,6 | 56,8 | 51,7 | 48,4 |
| 13/1/2024 | Dia 5 | 12,9 | 59,4 | 55,8 | 48,2 |
| Promedio individual | | 13,3 | 57,98 | 53,08 | 48,06 |
| Promedio: Colector y Cabina | | 35,64 | | 50,57 | |

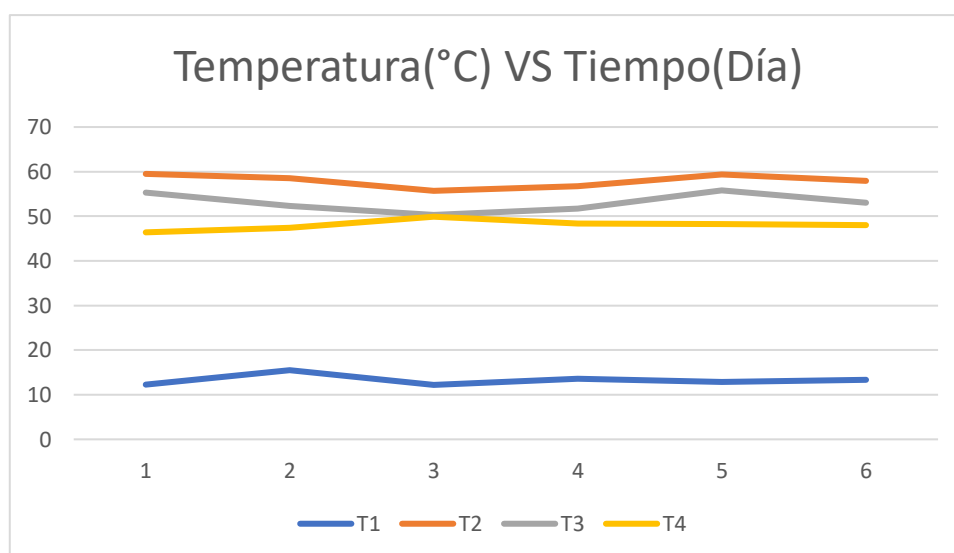


Figura 30.- Distribución de temperaturas en el sistema

Nota: No se recomienda abrir la cabina de secado pues el calor se desprende y no es recuperable.

3.11 Manual de funcionamiento

Manual de Funcionamiento

Este manual proporciona información detallada sobre la instalación, operación y mantenimiento de su secador de maíz alimentado por energía solar. Antes de comenzar, asegúrese de leer cuidadosamente todas las instrucciones y precauciones.

3.11.1 Contenido

3.11.1.1. Introducción

- Descripción general del secador de maíz solar

El secador de maíz solar utiliza la energía del sol para secar eficientemente el maíz, reduciendo así la dependencia de fuentes de energía convencionales. Consta de 4 bandejas para un secado de 10 kg con un sistema de circulación natural de aire y un compartimiento de secado y/o cabina.

- Beneficios del uso de energía solar

Sostenibilidad ambiental

Reducción de costos operativos

Independencia de la red eléctrica

Contribución a la mitigación del cambio climático

3.11.1.2. Instalación

- Selección del sitio adecuado

Coloque el secador en un área con acceso directo a la luz solar durante la mayor parte del día. Evite lugares sombreados o con obstrucciones.

- Orientación solar óptima

Alinee el secador de manera que el vidrio reciba la máxima radiación solar. La orientación ideal es hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur.

3.11.1.3. Operación del Secador de Maíz

- Carga del maíz

Coloque el maíz de manera uniforme en el compartimiento de secado (bandejas), evitando amontonamientos que puedan obstaculizar el flujo de aire.

No sobrecargue el secador para permitir una distribución uniforme del calor (máximo 2.5 kg).

- Control de la temperatura y tiempo de secado

Verifique la temperatura y el tiempo de secado por medio de un pirómetro o termocuplas.

3.11.1.4. Precauciones de Seguridad

- Evitar obstrucciones

Mantenga la cubierta de vidrio del deshidratador libre de obstáculos que puedan bloquear la radiación solar o interferir con la circulación de aire.

- Mantener el área alrededor del secador limpia y despejada

Elimine cualquier material inflamable o combustible en el entorno del secador.

Mantenga la zona limpia para prevenir que el tiempo y temperatura de secado se intensifique.

3.11.1.5. Mantenimiento

- Limpieza regular

Limpie el vidrio principal con un paño suave y agua para eliminar el polvo y la suciedad.

Inspeccione integridad del sistema de manera regular

Inspección de tubo conector entre el colector y la cabina

3.11.1.6. Solución de Problemas

Temperatura insuficiente

Tiempo de secado prolongado

3.11.1.7. Preguntas Frecuentes

- ¿Puedo utilizar el secador en días nublados?

Es acertado acotar que sí se puede utilizar el secador, aunque la eficiencia puede disminuir en días nublados. El secador está diseñado para aprovechar la energía solar, pero aún puede operar con cierta radiación solar difusa.

Nota: Este manual es solo una guía general y tiene fines únicamente educativos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente trabajo de investigación se pueden efectuar las siguientes conclusiones:

4.1 Conclusiones

- Para determinar los parámetros de diseño de un deshidratador de maíz mediante radiación solar se tomó en cuenta la disponibilidad adecuada de recursos solares para la implementación del proyecto mediante una revisión en diversos sitios meteorológicos, como Nasa Power, Meteonorm, PVGIS, Scinergy-EPN y RESTcrreen, al igual que se examinó el mapa solar de Ecuador correspondiente al año 2019 donde, cada una de estas fuentes tiene en cuenta diversas condiciones climáticas, como nubosidad, pluviosidad, temperatura y viento, para proporcionar detalles sobre la irradiancia en una zona específica, como en el caso de Cevallos. La consideración cuidadosa de estos parámetros permitirá la creación de un deshidratador de maíz que no solo aproveche de manera efectiva la energía solar disponible, sino que también garantice la preservación de la calidad nutricional del producto final.
- Para seleccionar un modelo en función de los parámetros de análisis, se determinó que un secador solar tipo túnel representa un paso fundamental para garantizar el proceso de secado eficiente y sostenible. La evaluación cuidadosa de factores como la capacidad térmica (121.1 w/h m²), la tasa de transferencia de calor, la geometría del túnel (superficie de 1.2 m²) y las condiciones climáticas locales (temperatura de 13 grados C y 0,7 atm de presión) permite identificar el secador más adecuado para maximizar la captura y utilización de la radiación solar disponible.
- Para diseñar el modelo del sistema de secado de maíz tipo túnel, se ejecutó una simulación mediante un software donde se pudo observar el comportamiento de los componentes que forman parte de la transferencia de calor dentro del modelo. Donde, la cantidad de energía suministrada se da por la irradiancia global

horizontal obtenida por medio del apartado 3.3.5 (121.1 Kwh/m^2); teniendo en consideración a la par que el sistema se encuentra al ambiente; es decir 13 grados C y 70,3 Kpa. Con base en información recolectada, el área del colector de 12 m² captura la energía solar disponible durante las 5.2 horas de luz solar al día, resultando en un total de 43.55 KWh de energía solar capturada y se necesitarían aproximadamente 4.73 días para completar un proceso mínimo de secado.

- Para construir el sistema de secado de maíz tipo túnel se integró diversos componentes, en función del planteamiento de deshidratar alrededor de 10 kg de producto, con base en la geometría de la cabina se pueden generar 4 bandejas con capacidad de 2.5 kg. Al igual que se tomó en consideración, la estructura del túnel (tubo estructural cuadrado ASTM A36), los sistemas de ventilación (sistema de ventilación natural), y la gestión térmica (aislamiento térmico), con el objetivo de crear un ambiente óptimo para el proceso de deshidratación del maíz en alrededor de 3.45 días.
- Para realizar las pruebas de funcionamiento del sistema, se requirió en primera instancia limpiar adecuadamente el producto por medio de un preservante conocido como metabisulfito para que a medida que el maíz tienda a secarse no se dañe o deteriore. Esto no solo deteriorará la calidad puede inclusive eliminar todo el proceso y contaminar el resto del producto. Por otro lado, para el control del tiempo fue de suma importancia efectuar una serie de repeticiones para que los datos evaluados tengan consistencia, y con esto verificar la temperatura de secado que fue de un promedio de 50.57 grados centígrados. Tal pérdida se considera como despreciable pues, dentro del análisis se observa como un sistema totalmente hermético y sin pérdidas de ningún tipo.
- Para realizar un manual de funcionamiento y mantenimiento del sistema se tomó en consideración toda la información recopilada en el estudio y se presentó en el manual toda la información detallada del sistema alimentado por energía solar, donde el contenido de este incluye: introducción, instalación, operación del secado de maíz, precauciones de seguridad, mantenimiento, solución de problemas y preguntas frecuentes y con esto se logró diseñar y construir el deshidratador de maíz mediante radiación solar para los productores en el cantón Cevallos.

4.2 Recomendaciones

A continuación, se presentan las recomendaciones del presente estudio:

- Se recomienda controlar de forma frecuente los parámetros de diseño del deshidratador de maíz mediante radiación solar, para garantizar que este aproveche de manera eficiente la energía solar, preservando la calidad nutricional del producto.
- Se recomienda evaluar de forma adecuada los elementos disponibles para que el secador pueda mantener la captura y utilización de la radiación solar disponible.
- De igual forma se recomienda, ejecutar un control y seguimiento en la limpieza, pruebas de control para evitar problemas que puedan presentarse con el tiempo y evitar pérdidas significativas.
- Se recomienda, ejecutar seguimiento de la implementación del manual, con el fin de realizar retroalimentaciones en el caso de que sean necesarias para cubrir todas las instrucciones sobre instalación, operación, mantenimiento, precauciones de seguridad, problemas y preguntas frecuentes para su correcto y fácil uso del deshidratador de maíz mediante radiación solar para los productores en el cantón Cevallos.

REFERENCIAS

- [1] E. Mejía , *Diseño, construcción y caracterización de prototipo de deshidratador solar para productos agrícolas*, Chile, 2015.
- [2] E. Gómez, *Diseño, instalación y puesta en marcha de un deshidratador de alimentos utilizando energía renovable*, Instituto Tecnológico de Textula, 2018.
- [3] O. Mercado, *Diseño conceptual de un deshidratador solar por convección natural para el secado de frutas en el departamento de Antioquia*, Universidad de Antioquia, 2020.
- [4] M. Paucar y F. De la Vega, *Diseño y construcción de un deshidratador de plátano mediante el aprovechamiento de energía solar pasiva para los Laboratorios de la Facultad Ingeniería Civil y Mecánica*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [5] R. Bartosik, «Secado y calidad de maíz,» EEA INTA, 2013.
- [6] D. Pila, «Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (zeamays, l), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga –Cotopaxi,» Universidad Técnica de Cotopaxi, 2017.
- [7] B. Abadía y R. Bartosik, «Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos,» Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2013.
- [8] P. Ayala, «Diseño y construcción de un deshidratador solar indirecto para frutas en Quito,» Escuela Politécnica Nacional, 2021.
- [9] K. Martínez y J. Miranda, «Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar para secado de yuca,» Universidad de Córdoba, 2018.
- [10] CONELEC, «Altas Solar de Ecuador,» 2008.

- [11] D. Cajamarca y L. Arboleda, «Sostenibilidad medio ambiental en el procesamiento,» *ProSciences*, vol. 4, n° 35, pp. 1-15, 2020.
- [12] S. Pacheco, «Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirolisis lenta y a baja,» *Revista de Energías Renovables*, vol. 3, n° 9, pp. 1-9, 2019.
- [13] M. J y R. Insuasti, «Diseño y Simulación de un Deshidratador Mixto Indirecto de Frutas/Design and simulation of an Indirect Mixed Fruit Dehydrator,» *Emprendimiento E Innovación*, p. 107–124, 2019.
- [14] R. Cepero, D. Pérez y D. Montes, «Establecimiento de una metodología de deshidratación de papa (*Solanum tuberosum*. L) utilizando métodos económicos y ecológicos,» *Universidad de Ciego de Ávila*, vol. 9, n° 3, pp. 8-15, 2021.
- [15] M. Valencia, «Efecto de la miel en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins,» *Zamorano*, 2018.
- [16] Y. Jejen, D. Cardenas y D. Avella, «Energía Renovable: Una mirada desde el retorno de la inversión,» *Universitaria del Área Andina*, vol. 34, n° 4, pp. 12-23, 2018.
- [17] P. Vásquez, «Diseño de un mini generador utilizando fuerza mareomotriz para producir energía renovable Huacho – 2021,» *Universidad Nacional*, 2021.
- [18] E. Llanes, *El uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia para el desarrollo industrial en el Ecuador*, Universidad SEK, 2020.
- [19] R. Barragán y E. Llanes, *The generation of electrical energy for industrial development in Ecuador from the use of renewable energy*, 2020.
- [20] L. Vanesa y G. Paula, *Energía eólica distribuida: oportunidades y desafíos en Argentina*, 2021.

- [21] A. Calle, G. Baca y S. Gonzales, *Optimization of the Eolic Cell to improve the wind velocity augmentation effect through the metamodel of optimal prognosis*, Universidad Nacional de Ingeniería, 2022.
- [22] F. Montesdeoca y S. Velázquez, *Geothermal energy exploitation in an island-based 100% renewables strategy. Case study of Tenerife (Spain)*, Journal of Cleaner Production, 2023.
- [23] O. Bamisile, D. Cai, H. Adun y M. Taiwo, *Geothermal energy prospect for decarbonization, EWF nexus and energy poverty mitigation in East Africa; the role of hydrogen production*, Energy Strategy Reviews, 2023.
- [24] A. Hossein, A. Arab y H. Hajabdollah, *Optimal design of a multi-generation system based on solar and geothermal energy integrated with multi-effect distillatory*, Applied Thermal Engineering, 2023.
- [25] R. Rohit , D. Kiplangat, R. Jose y . K. Satheesh , *Tracing the evolution and charting the future of geothermal energy research and development*, 2023.
- [26] C. Espejo y A. Aparicio, *La producción de electricidad con energía solar fotovoltaica en España en el siglo XX*, 2020.
- [27] L. Becerra, R. Pérez y A. González, *La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México*, 2020.
- [28] M. Gómez y J. García, *Análisis de los incentivos económicos en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia*, 2021.
- [29] S. Marulanda y J. Burbano, «Evaluación energética de un deshidratador solar tipo túnel para frutas,» Universidad Tecnológica de Pereira, 2021.
- [30] J. Escobar, R. Cabrera, D. Guamán, D. Cajamarca y G. Carrera, «Metodología de Diseño de un Deshidratador Solar Indirecto de Frutos por Convección Forzada,» European Scientific Journal, 2019.

- [31] E. Guacho, «Caracterización agro-morfológica del maíz (zea mays l.) de la localidad San José de Chazo,» Escuela de Ingeniería Agronómica, 2014.
- [32] E. Méndez, Diseño, construcción y caracterización de prototipo de deshidratador solar para productos agrícolas, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2017.
- [33] A. Guevara, Diseño y Construcción de un Deshidratador Solar para Fresa., Guanajuato: Universidad de Guanajuato, 2017.
- [34] INAMHI, «Boletín meteorológico,» INAMHI, Quito, 2014.
- [35] INAMHI, «Análisis meteorológico,» Gobierno Provincial de Tungurahua, Ambato, 2024.
- [36] M. J. Muñoz, «Procesamiento de materiales cerámicos fundidos: vidrio plano y lana de vidrio,» Universidad de Valencia, Valencia, 2014.
- [37] A. Antunez, «Fracción de agua no limitada para el cultivo de maíz,» *INIA*, vol. II, n° 1, pp. 1-2, 2014.
- [38] VASA, «Vidrios Low,» [En línea]. Available: <https://www.vasa.com.uy/product/advantage-low-e/#:~:text=Por%20comparaci%C3%B3n%20el%20vidrio%20com%C3%BAAn,el%20vidrio%20es%20re%20demitido..>
- [39] Y. Cengel, Transferencia de calor y masa, McGrawHill, 2015.
- [40] M. Cevallos y J. Ulloa, Diseño y construcción de granos de maíz, Quito: UPS, 2016.
- [41] J. Wright, «Cálculo espectral de la irradiación solar directa, difusa y global,» Unicencia, Heredia, 2018.

- [42] Centro Europeo de Posgrado , 12 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.ceupe.ec/blog/gestion-de-energias-alternativas-un-reto-mundial-en-el-cuidado-ambiental.html>. [Último acceso: 09 Octubre 2023].
- [43] Dryer, «Deshidratador de túnel 148.2 Metros Cuadrados,» 2015.
- [44] YARA, «Yara,» Yarecuador Cia. Ltda., 12 Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/maiz/principios-agronicos/#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20prospera%20entre%20las,en%20los%20meses%20de%20verano..>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de propiedades

| Descripción | Constante | Valor | Referencia |
|--|-----------------|--|------------------------------------|
| Temperatura ambiente en el cantón Cevallos | T_a | 286°K | Tabla 1, [35] |
| Temperatura máxima requerida | T_{mr} | 333°K | Anexo 9, [36] |
| Porcentaje de humedad final | w_f | 14 % | Tabla 12. |
| Porcentaje de humedad inicial | w_i | 89 % | Anexo 1. |
| Cantidad de masa del grano | m_g | 10 kg | Valor de diseño. |
| Calor específico del grano por encima del punto de congelación | Cp_g | $3.32 \frac{\text{KJ}}{\text{kg.K}}$ | Anexo 11, [37] |
| Número de bandejas | N_b | 4 | Valor de diseño. |
| Cantidad de masa de las bandejas | m_b | 0.701 kg | Plano Bandejas. |
| Calor específico del acero ASTM 304 de las bandejas | Cp_b | $0.477 \frac{\text{KJ}}{\text{kg.K}}$ | Anexo 10. |
| Tiempo efectivo de funcionamiento | t_e | 7 horas | Valor de diseño. |
| Velocidad del viento | v | $1.79 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ | INAMHI, [35] |
| Área de colector | A_c | 1.2 m | Valor de diseño, Plano Colector |
| Emisividad del vidrio | ε_v | 0.84 | Anexo 14, [38] |
| Constante de Stefan Boltzmann | σ | $5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2.\text{K}^4}$ | [39] |
| Espesor del vidrio | X_v | 0.004 m | Valor de diseño, Plano Vidrio |
| Coefficiente de conducción en el vidrio | k_v | $0.7 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$ | Anexo 12. |
| Gravedad | g | $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ | [4]. |

Anexo 1: Tabla de propiedades (Continuación)

| | | | |
|---|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Angulo de inclinación (°) | φ | 30 ° | Valor de diseño. |
| Longitud característica del colector (m) | X_c | 1.58 m | Plano Colector. |
| Número de Prandtl | P_r | 0.7268 | Anexo 15. |
| Viscosidad cinemática del fluido | ϑ | $1.655 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$ | Anexo 15. |
| Espesor del canal de aire | X_{ca} | 0.13 m | Valor de diseño. |
| Coefficiente de conducción de aire | k_a | $0.02625 \frac{W}{m.K}$ | Anexo 15. |
| Emisividad del tol (pintado de negro) | ε_t | 0.88 | Anexo 14. |
| Espesor de la plancha de tol | X_t | 0.002 m | Valor de diseño, Plano Tol. |
| Espesor de la plancha de EPS | X_E | 0.05 m | Valor de diseño, Plano EPS. |
| Espesor de la plancha de lana de vidrio | X_{Lv} | 0.01 m | Valor de diseño, Plano Aislante. |
| Espesor de la plancha metálica de A36 | X_{cp} | 0.002 m | Valor de diseño, Plano Colector. |
| Coefficiente de conducción del tol | K_t | $51.9 \frac{W}{m.K}$ | Anexo 10. |
| Coefficiente de conducción del EPS | K_E | $0.040 \frac{W}{m.K}$ | Anexo 13. |
| Coefficiente de conducción de la lana de vidrio | K_{Lv} | $0.036 \frac{W}{m.K}$ | Anexo 13. |
| Coefficiente de conducción del A36 | K_{cp} | $51.9 \frac{W}{m.K}$ | Anexo 10. |
| Calor específico del aire | Cp_a | $1007 \frac{KJ}{kg.K}$ | Anexo 15. |
| Transmisividad del vidrio | τ_v | 0.7 | [4]. |
| Absortividad del vidrio | α_v | 0.8 | [4]. |

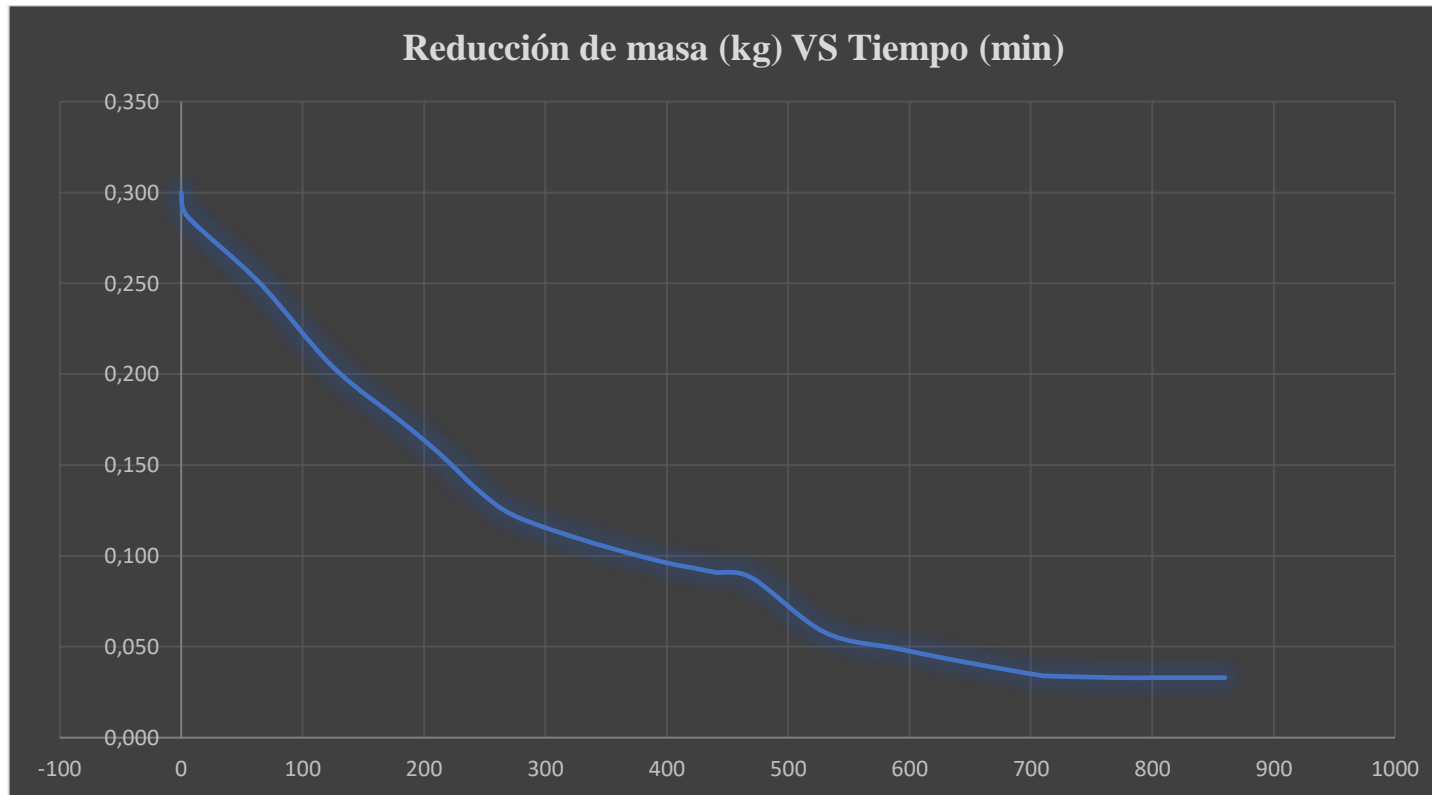
Anexo 1: Tabla de propiedades (Continuación)

| | | | |
|---|-----|-------------------------------|-------|
| Radiación solar directa en una superficie horizontal | Hb | $2831.22 \frac{W.h}{m^2.día}$ | [40]. |
| Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día | Rb | 1.05 | [35]. |
| Radiación diaria solar promedio terrestre sobre una superficie horizontal | Hab | $4822.58 \frac{W.h}{m^2}$ | [35]. |
| Radiación solar difusa | Hd | $1992.36 \frac{W.h}{m^2.día}$ | [41]. |

Anexo 2: Porcentaje de humedad inicial (Proceso acelerado)

| TEMPERATURA (C) | 110 | PESO INICIAL (KG) | 0,3 | PESO FINAL (KG) | 0,034 | | | | |
|--------------------|-------|----------------------|--------------|--------------------|-----------------|---------|-----------|--|------------------------|
| | Hora | Medida | Tiempo (min) | Peso (g) | Peso Final (Kg) | Humedad | Peso real | | |
| | | 1 | 0 | 300 | 0,300 | 0,0% | 100,0% | | Secado Mecánico |
| 7H54AM | | 2 | 5 | 287 | 0,287 | 4,3% | 95,7% | | Trituración |
| 8H54AM | 1,00 | 3 | 65 | 250 | 0,250 | 16,7% | 83,3% | | |
| 9H54 AM | 2,00 | 4 | 125 | 204 | 0,204 | 32,0% | 68,0% | | |
| 10H54 PM | 3,00 | 5 | 185 | 172 | 0,172 | 42,7% | 57,3% | | |
| 11H24 PM | 3,50 | 6 | 215 | 155 | 0,155 | 48,3% | 51,7% | | |
| 11H54 PM | 4,00 | 7 | 245 | 136 | 0,136 | 54,7% | 45,3% | | |
| 12H24 PM | 4,50 | 8 | 275 | 122 | 0,122 | 59,3% | 40,7% | | |
| 13H24 PM | 5,50 | 9 | 335 | 108 | 0,108 | 64,0% | 36,0% | | |
| 14H24 PM | 6,50 | 10 | 395 | 97 | 0,097 | 67,7% | 32,3% | | |
| 14H54 PM | 7,00 | 11 | 425 | 93 | 0,093 | 69,0% | 31,0% | | |
| 15H09 PM | 7,25 | 12 | 440 | 91 | 0,091 | 69,7% | 30,3% | | |
| 15H39 PM | 7,75 | 13 | 470 | 88 | 0,088 | 70,7% | 29,3% | | |
| 16H39 PM | 8,75 | 14 | 530 | 58 | 0,058 | 80,7% | 19,3% | | |
| 17H39 PM | 9,75 | 15 | 590 | 49 | 0,049 | 83,7% | 16,3% | | |
| 18H39 PM | 10,75 | 16 | 650 | 41 | 0,041 | 86,3% | 13,7% | | |
| 19H39 PM | 11,75 | 17 | 710 | 34 | 0,034 | 88,7% | 11,3% | | |
| 14H00 PM | 12,75 | 18 | 710 | 34 | 0,034 | 88,7% | 11,3% | | |
| 15H00 PM | 13,75 | 19 | 770 | 33 | 0,033 | 89,0% | 11,0% | | |
| 15H30 PM | 14,75 | 20 | 800 | 33 | 0,033 | 89,0% | 11,0% | | |
| 16H00 PM | 15,75 | 21 | 830 | 33 | 0,033 | 89,0% | 11,0% | | |
| 16H30 PM | 16,00 | 22 | 860 | 33 | 0,033 | 89,0% | 11,0% | | |

Anexo 2: Curva de secado (Continuación)



Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema)



Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)



Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)



Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)



Anexo 3: Evidencia fotográfica (Construcción del sistema) (Continuación)



Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz)



Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz) (Continuación)



Anexo 4: Evidencia fotográfica (Proceso de previo a la deshidratación del maíz) (Continuación)



Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento)

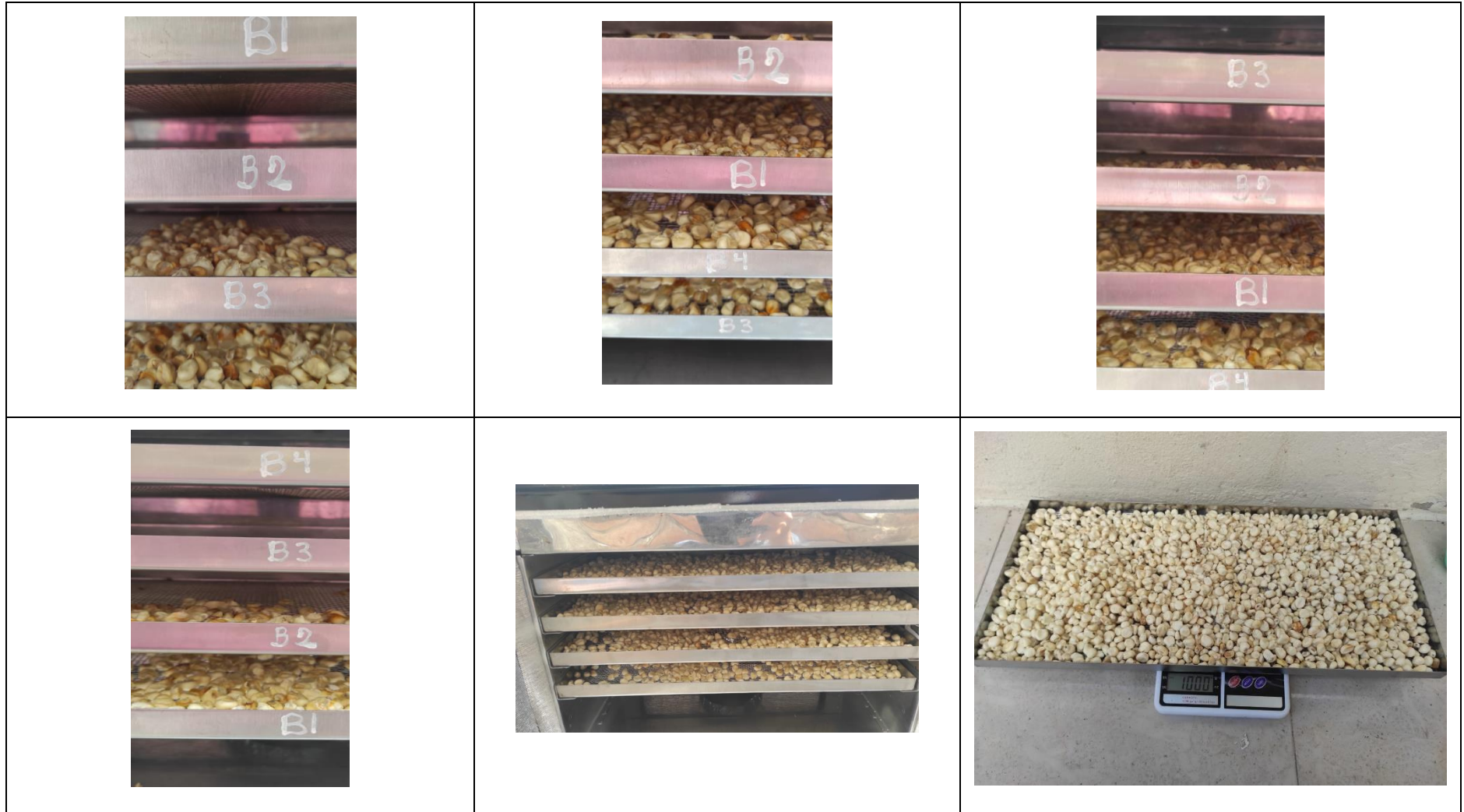


Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento) (Continuación)





Anexo 5: Evidencia fotográfica (Proceso de deshidratación y pruebas de funcionamiento) (Continuación)



Anexo 6: Selección del soporte para bandejas

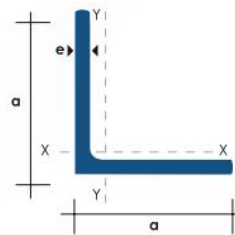
ÁNGULOS ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

| | |
|---------------|--------------|
| Calidad: | AISI 304 |
| Largo normal: | 6,00 m |
| Espesores: | De 3mm a 6mm |



| Plg. | DIMENSIONES | | ESPESOR (e) mm | PROPIEDADES PESO Kg/mts |
|--------|-----------------|--|-------------------|-------------------------------|
| | ANCHO (a) mm | | | |
| 1" | 25 | | 3 | 1.14 |
| 1 1/2" | 40 | | 3 | 1.88 |
| 1 1/2" | 40 | | 4 | 2.52 |
| 1 1/2" | 40 | | 6 | 3.783 |
| 2" | 50 | | 3 | 2.363 |
| 2" | 50 | | 4 | 3.151 |
| 2" | 50 | | 6 | 4.728 |



Anexo 7: Propiedades mecánicas acero inoxidable

PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

| | |
|-------------|--------------------------------|
| ESPEORES | desde 0,40-15mm |
| DIMENSIONES | 1220 x 2440mm (estándar) |
| | 1220 x otros largos (especial) |

| | | |
|--------------------------------|------|---------|
| DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA | JIS | SUS 304 |
| | ASTM | 304 |
| | DIN | 4301 |



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

| COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|----|-------|-------|----------|---------|----|-------|
| C Max | Si Max | Mn | P Max | S Max | Ni | Cr | Mo | Otros |
| 0,08 | 1 | 2 | 0,04 | 0,03 | 8 - 10,5 | 18 - 20 | XX | XX |

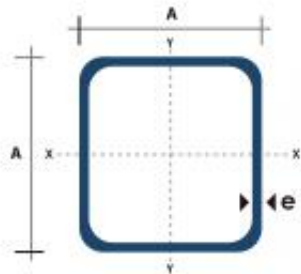
| PROPIEDADES MECÁNICAS | | | | | | |
|-----------------------|-------|--------------------|-------|----------------------|-------------------------|---------|
| RESISTENCIA MECÁNICA | | PUNTO DE FLUENCIA | | Elongación % Min. | PRUEBAS DE DUREZA (MAX) | |
| Kg/mm ² | Psi | Kg/mm ² | Psi | | ROCKWELL B | VICKERS |
| 49 | 69500 | 18 | 25500 | 40 | 81,7 | 160 |

Anexo 8: Selección de tubo cuadrado para el soporte

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Norma: | NTE INEN 2415 |
| Calidad: | SAE J 403 1008 |
| Acabado: | Acero negro o Galvanizado |
| Largo Normal: | 6.00m y medidas especiales |
| Dimensiones: | Desde 20mm a 100mm |
| Espesores: | Desde 1,20mm a 5,00mm |



| Dimensiones | | | Area | Ejes X-Xe Y-Y | | |
|-------------|----------------|-----------|----------|---------------|-------|-------|
| A mm | Espesor mm (e) | Peso Kg/m | Area cm2 | I cm4 | W cm3 | i cm3 |
| 20 | 1.2 | 0.72 | 0.90 | 0.53 | 0.53 | 0.77 |
| 20 | 1.5 | 0.88 | 1.05 | 0.58 | 0.58 | 0.74 |
| 20 | 2.0 | 1.15 | 1.34 | 0.69 | 0.69 | 0.72 |
| 25 | 1.2 | 0.90 | 1.14 | 1.08 | 0.87 | 0.97 |
| 25 | 1.5 | 1.12 | 1.35 | 1.21 | 0.97 | 0.95 |
| 25 | 2.0 | 1.47 | 1.74 | 1.48 | 1.18 | 0.92 |
| 30 | 1.2 | 1.09 | 1.38 | 1.91 | 1.28 | 1.18 |
| 30 | 1.5 | 1.35 | 1.65 | 2.19 | 1.46 | 1.15 |
| 30 | 2.0 | 1.78 | 2.14 | 2.71 | 1.81 | 1.13 |
| 40 | 1.2 | 1.47 | 1.80 | 4.38 | 2.19 | 1.25 |
| 40 | 1.5 | 1.82 | 2.25 | 5.48 | 2.74 | 1.56 |
| 40 | 2.0 | 2.41 | 2.94 | 6.93 | 3.46 | 1.54 |
| 40 | 3.0 | 3.54 | 4.44 | 10.20 | 5.10 | 1.52 |
| 50 | 1.5 | 2.29 | 2.85 | 11.08 | 4.42 | 1.97 |
| 50 | 2.0 | 3.03 | 3.74 | 14.13 | 5.65 | 1.94 |
| 50 | 3.0 | 4.48 | 5.81 | 21.20 | 4.48 | 1.91 |
| 60 | 2.0 | 3.86 | 3.74 | 21.26 | 7.09 | 2.39 |
| 60 | 3.0 | 5.42 | 6.81 | 35.06 | 11.69 | 2.34 |
| 75 | 2.0 | 4.52 | 5.74 | 50.47 | 13.46 | 2.97 |
| 75 | 3.0 | 6.71 | 8.41 | 71.54 | 19.08 | 2.92 |
| 75 | 4.0 | 8.59 | 10.95 | 89.98 | 24.00 | 2.87 |
| 100 | 2.0 | 6.17 | 7.74 | 122.99 | 24.60 | 3.99 |
| 100 | 3.0 | 9.17 | 11.41 | 176.95 | 35.39 | 3.94 |
| 100 | 4.0 | 12.13 | 14.85 | 226.09 | 45.22 | 3.89 |
| 100 | 5.0 | 14.40 | 18.36 | 270.57 | 54.11 | 3.84 |

Anexo 9: Rango de temperatura para la manipulación del maíz

| Producto | Finalidad | Temperatura máxima 0°C | Intervalo para revolver el grano hs. |
|----------|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| Maíz | Semilla | 40 | 2 |
| | Consumo | 60 | 2 |

Anexo 10: Propiedades de los aceros ASTM A36 y AISI 304

Propiedades de metales sólidos (continuación)

| Composición | Punto de fusión, K | Propiedades a 300 K | | | | Propiedades a varias temperaturas (K), $k(W/m \cdot K)/c_p(J/kg \cdot K)$ | | | | | |
|---|--------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|---|--|------|------|------|------|-------|
| | | ρ kg/m ³ | c_p J/kg · K | k W/m · K | $\alpha \times 10^6$ m ² /s | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 |
| Aceros al carbono: | | | | | | | | | | | |
| Simple al carbono (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%) | | 7 854 | 434 | 60.5 | 17.7 | | | 56.7 | 48.0 | 39.2 | 30.0 |
| AISI 1010 | | 7 832 | 434 | 63.9 | 18.8 | | | 487 | 559 | 685 | 1 169 |
| | | | | | | | | 58.7 | 48.8 | 39.2 | 31.3 |
| | | | | | | | | 487 | 559 | 685 | 1 168 |
| Al carbono-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%) | | 7 817 | 446 | 51.9 | 14.9 | | | 49.8 | 44.0 | 37.4 | 29.3 |
| | | | | | | | | 501 | 582 | 699 | 971 |
| 1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si) | | 7 858 | 442 | 42.3 | 12.2 | | | 42.0 | 39.1 | 34.5 | 27.4 |
| 1Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V) | | 7 836 | 443 | 48.9 | 14.1 | | | 492 | 575 | 688 | 969 |
| | | | | | | | | 46.8 | 42.1 | 36.3 | 28.2 |
| | | | | | | | | 492 | 575 | 688 | 969 |
| Aceros inoxidables: | | | | | | | | | | | |
| AISI 302 | | 8 055 | 480 | 15.1 | 3.91 | | | 17.3 | 20.0 | 22.8 | 25.4 |
| | | | | | | | | 512 | 559 | 585 | 606 |
| AISI 304 | 1 670 | 7 900 | 477 | 14.9 | 3.95 | 9.2 | 12.6 | 16.6 | 19.8 | 22.6 | 25.4 |
| | | | | | | 272 | 402 | 515 | 557 | 582 | 611 |
| AISI 316 | | 8 238 | 468 | 13.4 | 3.48 | | | 15.2 | 18.3 | 21.3 | 24.2 |
| | | | | | | | | 504 | 550 | 576 | 602 |
| AISI 347 | | 7 978 | 480 | 14.2 | 3.71 | | | 15.8 | 18.9 | 21.9 | 24.7 |
| | | | | | | | | 513 | 559 | 585 | 606 |

Anexo 11: Propiedades térmicas del maíz

c) Alimentos

| Alimentos | Contenido de agua, % (masa) | Punto de congelación, °C | Calor específico, kJ/kg · K | | Calor latente de fusión kJ/kg |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | | | Por encima del punto de congelación | Por debajo del punto de congelación | |
| Brócoli | 90 | -0.6 | 3.86 | 1.97 | 301 |
| Camarón | 83 | -2.2 | 3.62 | 1.89 | 277 |
| Carne de pollo | 74 | -2.8 | 3.32 | 1.77 | 247 |
| Carne de res | 67 | — | 3.08 | 1.68 | 224 |
| Cerezas | 80 | -1.8 | 3.52 | 1.85 | 267 |
| Espinaca | 93 | -0.3 | 3.96 | 2.01 | 311 |
| Fresas | 90 | -0.8 | 3.86 | 1.97 | 301 |
| Huevo entero | 74 | -0.6 | 3.32 | 1.77 | 247 |
| Leche entera | 88 | -0.6 | 3.79 | 1.95 | 294 |
| Lechuga | 95 | -0.2 | 4.02 | 2.04 | 317 |
| Maíz dulce | 74 | -0.6 | 3.32 | 1.77 | 247 |

Anexo 12: Propiedades térmicas del vidrio

| Material | Densidad, ρ kg/m ³ | Conductividad térmica, k W/m · K | Calor específico, c_p J/kg · K |
|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Asfalto | 2 115 | 0.062 | 920 |
| Baquelita | 1 300 | 1.4 | 1 465 |
| Ladrillo refractario | | | |
| Ladrillo de cromita | | | |
| 473 K | 3 010 | 2.3 | 835 |
| 823 K | — | 2.5 | — |
| 1173 K | — | 2.0 | — |
| Arcilla refractaria cocida | | | |
| 1600 K | | | |
| 773 K | 2 050 | 1.0 | 960 |
| 1073 K | — | 1.1 | — |
| 1373 K | — | 1.1 | — |
| Arcilla refractaria cocida | | | |
| 1725 K | | | |
| 773 K | 2 325 | 1.3 | 960 |
| 1073 K | — | 1.4 | — |
| 1373 K | — | 1.4 | — |
| Ladrillo de arcilla refractaria | | | |
| 478 K | 2 645 | 1.0 | 960 |
| 922 K | — | 1.5 | — |
| 1478 K | — | 1.8 | — |
| Magnesita | | | |
| 478 K | — | 3.8 | 1 130 |
| 922 K | — | 2.8 | — |
| 1478 K | — | 1.9 | — |
| Carne de pollo blanca (74.4% de contenido de agua) | | | |
| 198 K | — | 1.60 | — |
| 233 K | — | 1.49 | — |
| 253 K | — | 1.35 | — |
| 273 K | — | 0.48 | — |
| 293 K | — | 0.49 | — |
| Arcilla seca | 1 550 | 0.930 | — |
| Arcilla mojada | 1 495 | 1.675 | — |
| Carbón mineral, antracita | 1 350 | 0.26 | 1 260 |
| Concreto (mezcla con piedra) | 2 300 | 1.4 | 880 |
| Corcho | 86 | 0.048 | 2 030 |
| Algodón | 80 | 0.06 | 1 300 |
| Grasa | — | 0.17 | — |
| Vidrio | | | |
| De ventana | 2 800 | 0.7 | 750 |
| Pyrex | 2 225 | 1.14 | 835 |
| Crown | 2 500 | 1.05 | — |
| Al plomo | 3 400 | 0.85 | — |

Anexo 13: Propiedades térmicas del aislante

| Material | Espesor, L mm | Densidad, ρ kg/m ³ | Conductividad térmica, k W/m · K | Calor específico, c_p kJ/kg · K | Valor R (para los espesores de la lista, L/k), K · m ² /W |
|--|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Colcha y lámina | | | | | |
| Fibra mineral (forma fibrosa procesada a partir de roca, escoria o vidrio) | 50 a 70 mm | 4.8-32 | — | 0.71-0.96 | 1.23 |
| | 75 a 90 mm | 4.8-32 | — | 0.71-0.96 | 1.94 |
| | 135 a 165 mm | 4.8-32 | — | 0.71-0.96 | 3.32 |
| Tablero y losa | | | | | |
| Vidrio celular | | 136 | 0.055 | 1.0 | — |
| Fibra de vidrio (ligamento orgánico) | | 64-144 | 0.036 | 0.96 | — |
| Poliéstereno expandido (bolitas moldeadas) | | 16 | 0.040 | 1.2 | — |
| Poliuretano expandido (R -11 expandido) | | 24 | 0.023 | 1.6 | — |
| Perlita expandida (ligamento orgánico) | | 16 | 0.052 | 1.26 | — |
| Caucho expandido (rígido) | | 72 | 0.032 | 1.68 | — |
| Fibra mineral con aglomerante de resina | | 240 | 0.042 | 0.71 | — |
| Corcho | | 120 | 0.039 | 1.80 | — |

Anexo 14: Emisividad del vidrio

Emisividades de las superficies (*conclusión*)

b) No metales

| Material | Temperatura, K | Emisividad, ϵ |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Alúmina | 800-1 400 | 0.65-0.45 |
| Aluminio, óxido de | 600-1 500 | 0.69-0.41 |
| Asbesto | 300 | 0.96 |
| Asfalto, pavimento de | 300 | 0.85-0.93 |
| Ladrillo | | |
| Común | 300 | 0.93-0.96 |
| De arcilla refractaria | 1 200 | 0.75 |
| Carbono, filamento de | 2 000 | 0.53 |
| Tela | 300 | 0.75-0.90 |
| Concreto | 300 | 0.88-0.94 |
| Vidrio | | |
| De ventana | 300 | 0.90-0.95 |
| Pyrex | 300-1 200 | 0.82-0.62 |
| Pyroceram | 300-1 500 | 0.85-0.57 |
| Hielo | 273 | 0.95-0.99 |
| Magnesio, óxido de | 400-800 | 0.69-0.55 |
| Mampostería | 300 | 0.80 |
| Pinturas | | |
| De aluminio | 300 | 0.40-0.50 |
| Negra, laca, lustrosa | 300 | 0.88 |
| De aceite, todos los colores | 300 | 0.92-0.96 |
| De base (primer) roja | 300 | 0.93 |
| Acrílica blanca | 300 | 0.90 |
| Esmalte blanco | 300 | 0.90 |

Anexo 15: Propiedades del aire a temperatura promedio en el colector

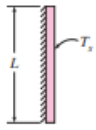
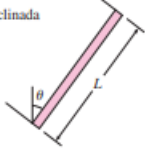
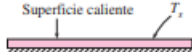

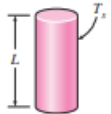
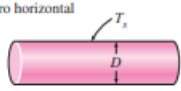
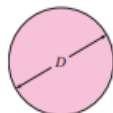
TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

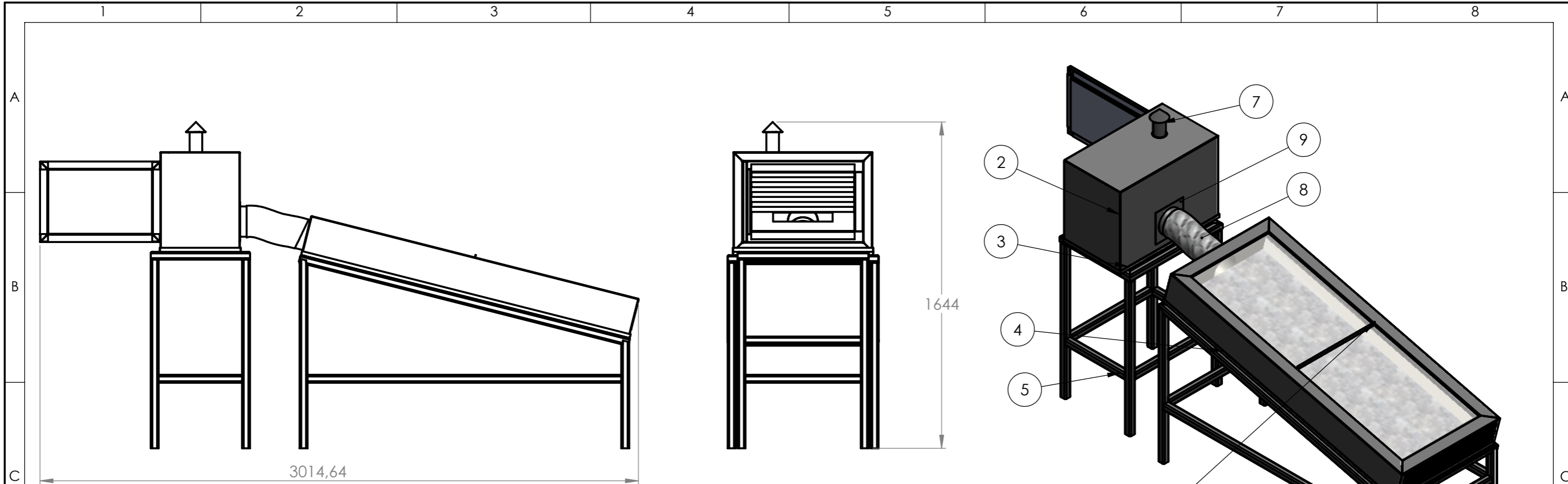
| Temp., T , °C | Densidad, ρ , kg/m ³ | Calor específico, c_p , J/kg · K | Conductividad térmica, k , W/m · K | Difusividad térmica, α , m ² /s ² | Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s | Viscosidad cinemática, ν , m ² /s | Número de Prandtl, Pr |
|--------------------|---|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| -150 | 2.866 | 983 | 0.01171 | 4.158×10^{-6} | 8.636×10^{-6} | 3.013×10^{-6} | 0.7246 |
| -100 | 2.038 | 966 | 0.01582 | 8.036×10^{-6} | 1.189×10^{-5} | 5.837×10^{-6} | 0.7263 |
| -50 | 1.582 | 999 | 0.01979 | 1.252×10^{-5} | 1.474×10^{-5} | 9.319×10^{-6} | 0.7440 |
| -40 | 1.514 | 1 002 | 0.02057 | 1.356×10^{-5} | 1.527×10^{-5} | 1.008×10^{-5} | 0.7436 |
| -30 | 1.451 | 1 004 | 0.02134 | 1.465×10^{-5} | 1.579×10^{-5} | 1.087×10^{-5} | 0.7425 |
| -20 | 1.394 | 1 005 | 0.02211 | 1.578×10^{-5} | 1.630×10^{-5} | 1.169×10^{-5} | 0.7408 |
| -10 | 1.341 | 1 006 | 0.02288 | 1.696×10^{-5} | 1.680×10^{-5} | 1.252×10^{-5} | 0.7387 |
| 0 | 1.292 | 1 006 | 0.02364 | 1.818×10^{-5} | 1.729×10^{-5} | 1.338×10^{-5} | 0.7362 |
| 5 | 1.269 | 1 006 | 0.02401 | 1.880×10^{-5} | 1.754×10^{-5} | 1.382×10^{-5} | 0.7350 |
| 10 | 1.246 | 1 006 | 0.02439 | 1.944×10^{-5} | 1.778×10^{-5} | 1.426×10^{-5} | 0.7336 |
| 15 | 1.225 | 1 007 | 0.02476 | 2.009×10^{-5} | 1.802×10^{-5} | 1.470×10^{-5} | 0.7323 |
| 20 | 1.204 | 1 007 | 0.02514 | 2.074×10^{-5} | 1.825×10^{-5} | 1.516×10^{-5} | 0.7309 |
| 25 | 1.184 | 1 007 | 0.02551 | 2.141×10^{-5} | 1.849×10^{-5} | 1.562×10^{-5} | 0.7296 |
| 30 | 1.164 | 1 007 | 0.02588 | 2.208×10^{-5} | 1.872×10^{-5} | 1.608×10^{-5} | 0.7282 |
| 35 | 1.145 | 1 007 | 0.02625 | 2.277×10^{-5} | 1.895×10^{-5} | 1.655×10^{-5} | 0.7268 |
| 40 | 1.127 | 1 007 | 0.02662 | 2.346×10^{-5} | 1.918×10^{-5} | 1.702×10^{-5} | 0.7255 |
| 45 | 1.109 | 1 007 | 0.02699 | 2.416×10^{-5} | 1.941×10^{-5} | 1.750×10^{-5} | 0.7241 |
| 50 | 1.092 | 1 007 | 0.02735 | 2.487×10^{-5} | 1.963×10^{-5} | 1.798×10^{-5} | 0.7228 |
| 60 | 1.059 | 1 007 | 0.02808 | 2.632×10^{-5} | 2.008×10^{-5} | 1.896×10^{-5} | 0.7202 |
| 70 | 1.028 | 1 007 | 0.02881 | 2.780×10^{-5} | 2.052×10^{-5} | 1.995×10^{-5} | 0.7177 |

Anexo 14: Correlaciones para convección natural en superficies inclinadas

Correlaciones empíricas del número promedio de Nusselt para la convección natural sobre superficies

| Configuración geométrica | Longitud característica L_c | Intervalo de Ra | Nu |
|---|-------------------------------|---|---|
| <p>Placa vertical</p>  | L | $10^4 - 10^9$ $10^{10} - 10^{13}$ Todo el intervalo | $Nu = 0.59Ra_L^{1/4}$ (9-19) $Nu = 0.1Ra_L^{1/3}$ (9-20) $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{1/4}} \right\}^2$ (9-21) (compleja pero más exacta) |
| <p>Placa inclinada</p>  | L | | Utilídense las ecuaciones de la placa vertical para la superficie superior de una placa fría y la superficie inferior de una placa caliente Reemplácese g por $g \cos \theta$ para $0 < \theta < 60^\circ$ |
| <p>Placa horizontal</p> <p>(Área superficial A y perímetro p)</p> <p>a) Superficie superior de una placa caliente (o superficie inferior de una placa fría)</p>  | A_s/p | $10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{11}$ | $Nu = 0.54Ra_L^{1/4}$ (9-22) $Nu = 0.15Ra_L^{1/3}$ (9-23) |
| <p>b) Superficie inferior de una placa caliente (o superficie superior de una placa fría)</p>  | | | $Nu = 0.27Ra_L^{1/4}$ (9-24) |
| <p>Cilindro vertical</p>  | L | | Un cilindro vertical puede tratarse como una placa vertical cuando $D \geq \frac{35L}{Gr_L^{1/4}}$ |
| <p>Cilindro horizontal</p>  | D | $Ra_D \leq 10^{12}$ | $Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{1/4}} \right\}^2$ (9-25) |
| <p>Esfera</p>  | D | $Ra_D \leq 10^{11}$ $(Pr \geq 0.7)$ | $Nu = 2 + \frac{0.589Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469/Pr)^{9/16}]^{1/4}}$ (9-26) |

Anexo 14 Planos



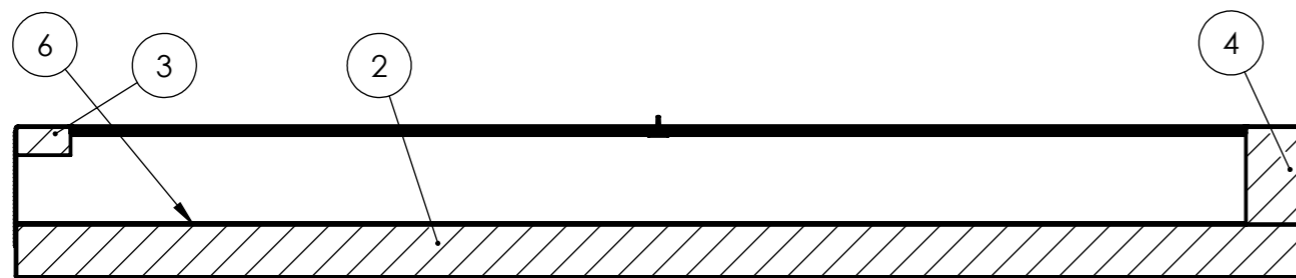
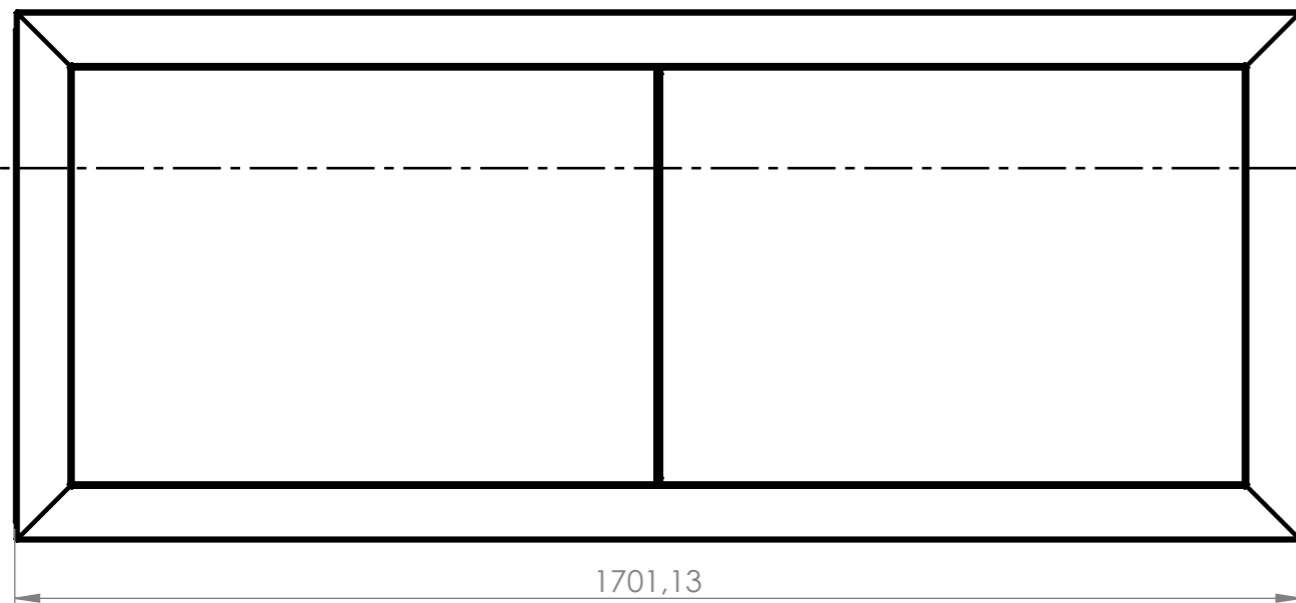
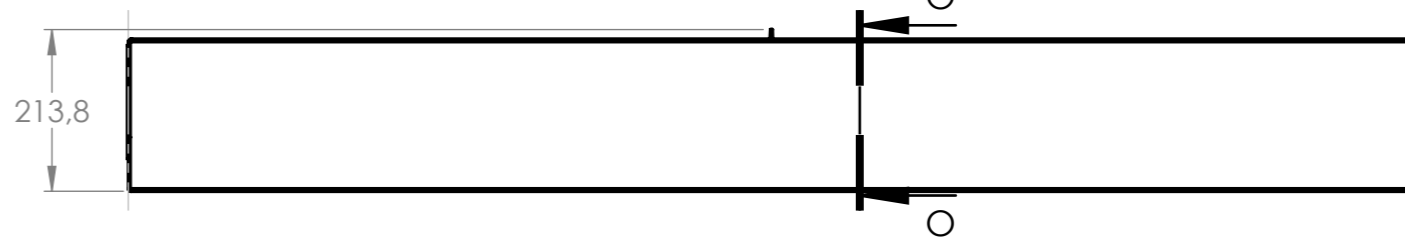
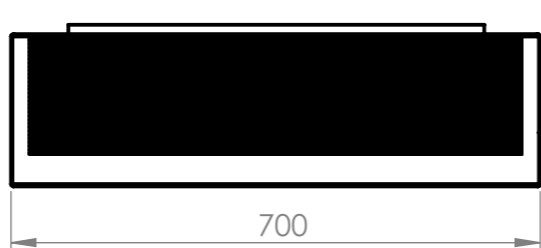
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Peso total estimado: | 167 kg |
| Dimension total: | 3015 x 1644 x 760 |
| Tipo de fluido: | Aire |
| Tipo de circulación: | Natural |
| Porcentaje de reducción de humedad: | 10-14% |
| Capacidad térmica: | 210.16W |
| Capacidad del producto: | 10 kg |
| Tiempo de deshidratación: | 3-4 días |

| N.º DE PIEZA | DENOMINACIÓN | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
|--------------|------------------------|----------------|-------------|----------|------------------------|
| 9 | Union tubular | Acero ASTM A36 | | 2 | Doblado y remachado |
| 8 | Ducto | Aluminio | | 1 | Sujeto con abrasaderas |
| 7 | Chimenea | Acero ASTM A36 | | 1 | Doblado y remachado |
| 6 | Bancada-Colector Solar | Acero ASTM A36 | | 1 | Cortado y soldado |
| 5 | Bancada-Cabina | Acero ASTM A36 | | 1 | Cortado y soldado |
| 4 | Marco-Colector | Acero ASTM A36 | | 1 | Cortado y soldado |
| 3 | Marco-Cabina | Acero ASTM A36 | | 1 | Cortado y soldado |
| 2 | Cabina | Acero ASTM A36 | | 1 | Doblado y soldado |
| 1 | Colector Solar | Acero ASTM A36 | | 1 | Doblado y soldado |

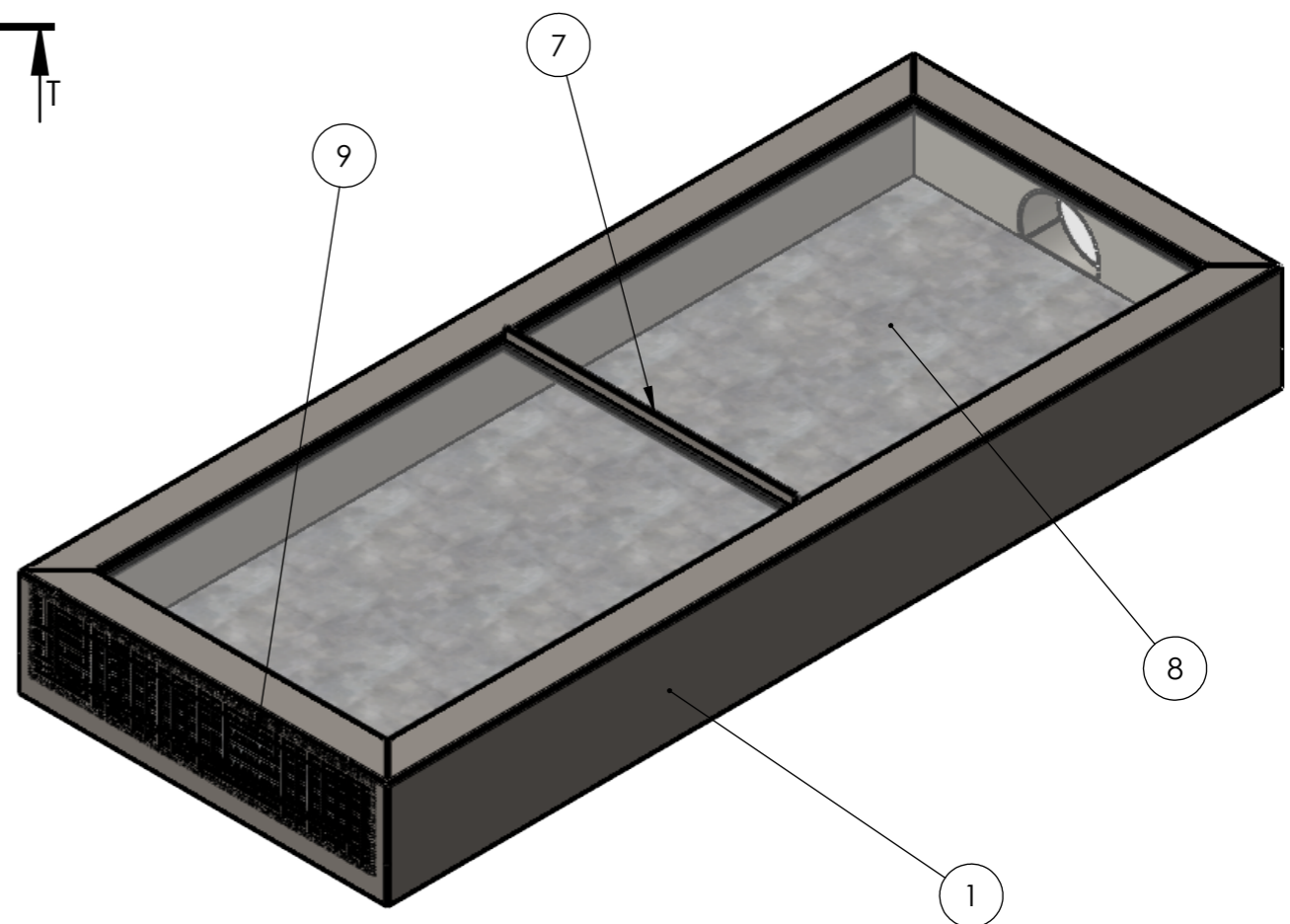
| | | | | | |
|---------------------|--|----------------------|--|-----------------------|--|
| TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| ±0,1 mm | | 167.051 kg | | VARIOS | |
| FECHA | | NOMBRE | | TÍTULO: | |
| DIBUJÓ: 15/11/2023 | | Juan Coquinche | | Deshidratador de maíz | |
| REVISÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| APROBÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| U.T.A. | | | | N.º DE LÁMINA | |
| INGENIERIA MECANICA | | | | HOJA 1 de 23 | |
| EDICIÓN: | | MODIFICACION: | | REGISTRO: | |
| FECHA: | | NOMBRE: | | SUSTITUCION: | |



SECCIÓN O-O
ESCALA 1 : 10

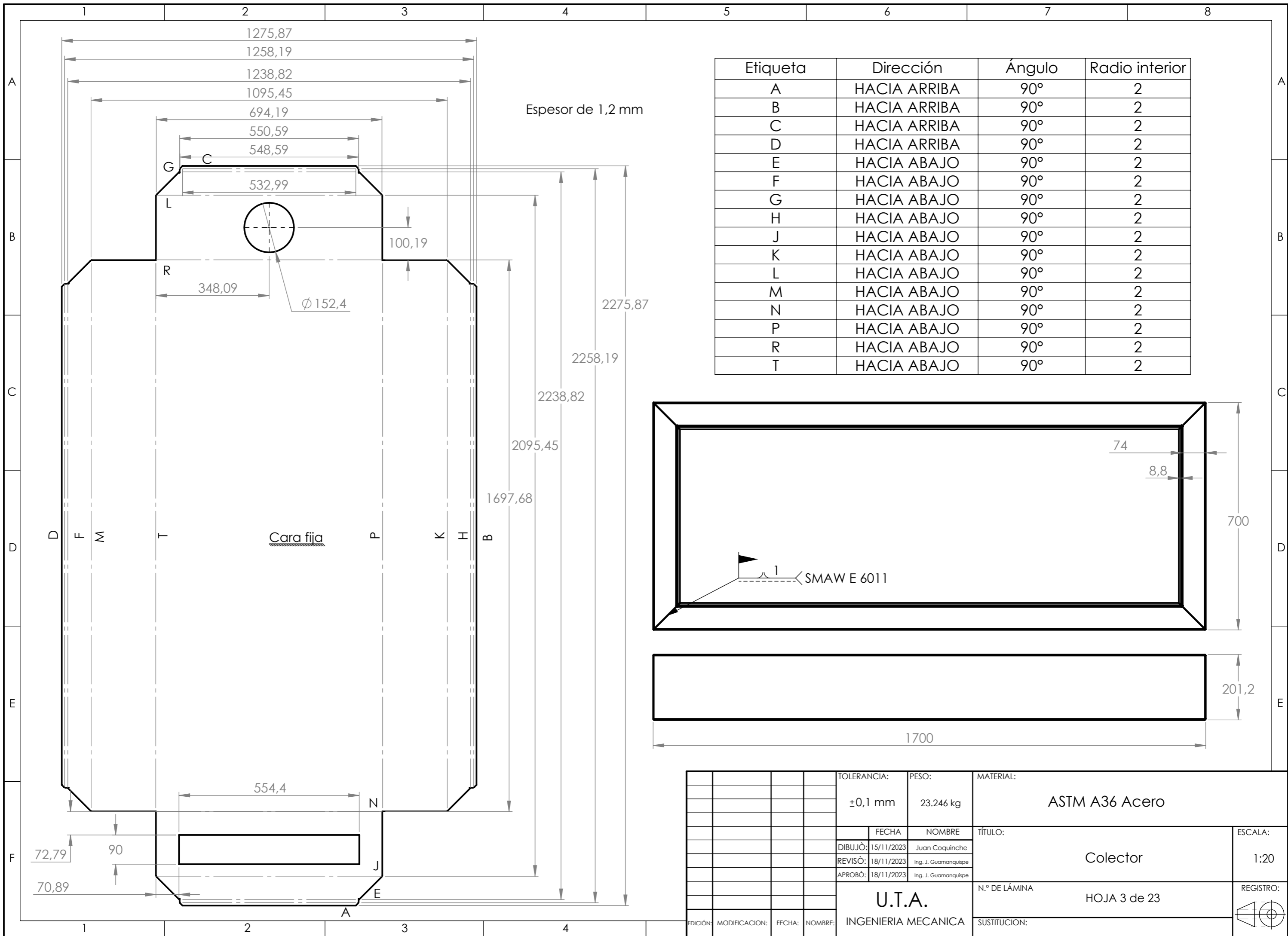


SECCIÓN T-T
ESCALA 1 : 10



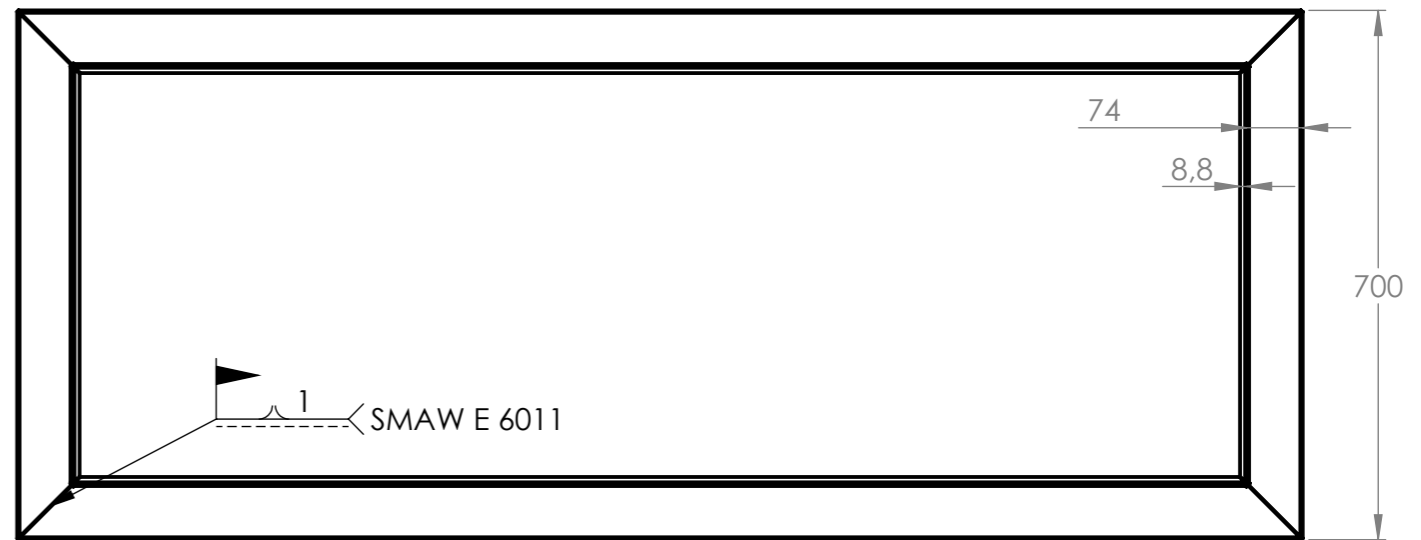
| | | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|--|-----------------|----------------------|
| 9 | Rejilla de Entrada | Acero AISI 304 | 550 x 650 x 0,75 | 1 | Cortado y remachado |
| 8 | Tapa de vidrio | Vidrio | 548 x 770 x 4 | 2 | Cortado |
| 7 | Separador de vidrio | Acero ASTM A36 | 550 x 25.4 x 2 | 1 | Cortado y remachado |
| 6 | Placa colectora | Acero ASTM A36 | 1626 x 554.4 x 2 | 1 | Cortado |
| 5 | Aislante lateral | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 2 | Cortado y pegado |
| 4 | Aislante trasero | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 3 | Aislante frontal | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 2 | Aislante inferior | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 1 | Colector | Acero ASTM A36 | 1701.13 x 700 x 213.8 | 1 | Doblado y soldado |
| N.º DE PIEZA | DENOMINACION | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--|----------------------|--|----------------|--|
| TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| ±0,1 mm | | kg | | VARIOS | |
| FECHA | | NOMBRE | | TÍTULO: | |
| DIBUJÒ: 15/11/2023 | | Juan Coquinche | | Colector Solar | |
| REVISÒ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | ESCALA: | |
| APROBÒ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | 1:20 | |
| U.T.A. | | | | N.º DE LÁMINA | |
| INGENIERIA MECANICA | | | | HOJA 2 de 23 | |
| EDICIÓN: MODIFICACION: FECHA: NOMBRE: | | | | SUSTITUCION: | |
| | | | | REGISTRO: | |

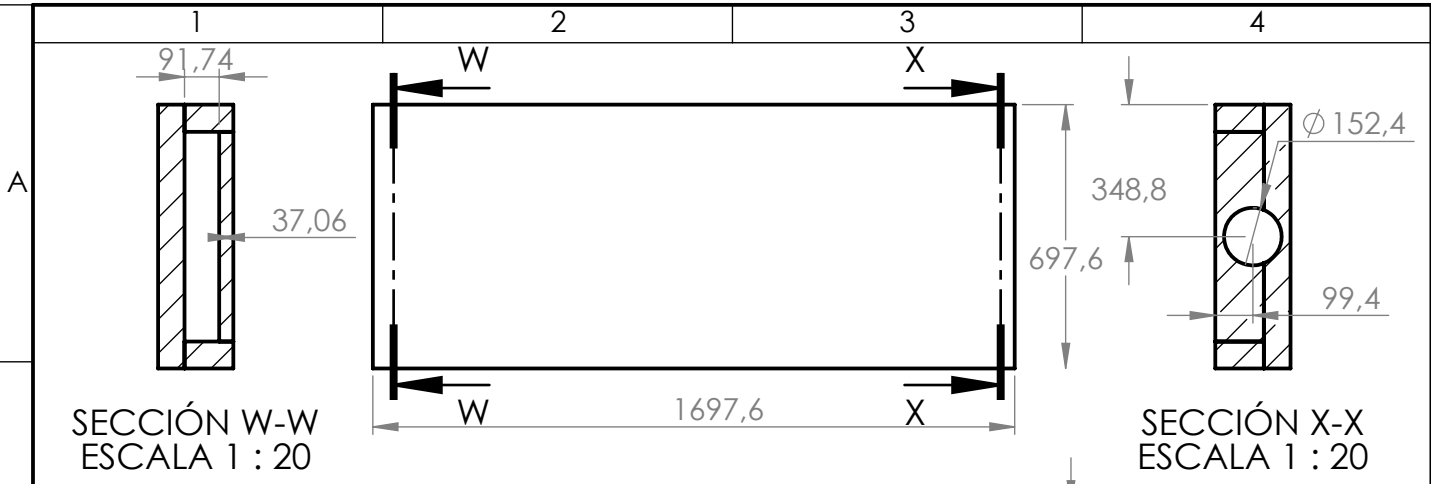


Espesor de 1,2 mm

Cara fija

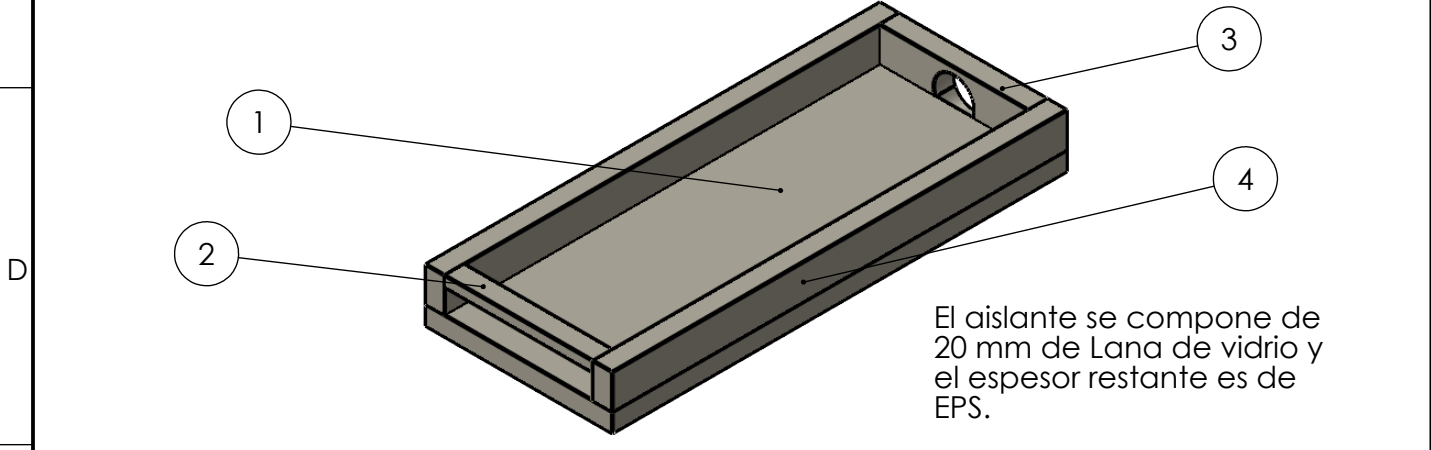
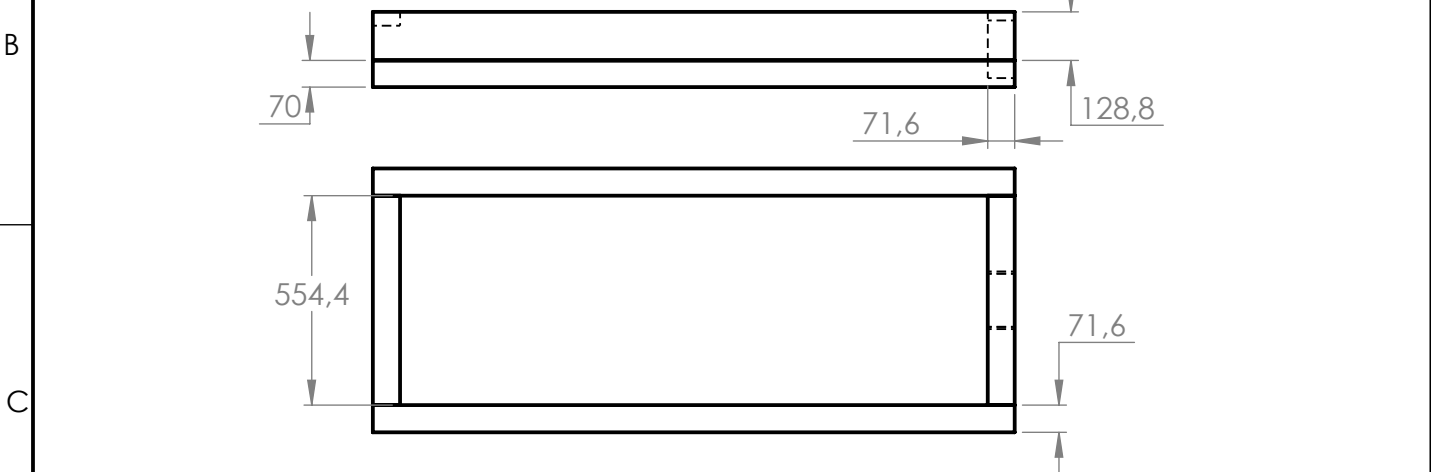


| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|---------------------|----------------------|----------------|--|-----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 mm | 23.246 kg | ASTM A36 Acero | | |
| | | | | FECHA: | NOMBRE: | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÒ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Colector | | 1:20 |
| | | | | REVISÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. | | N.º DE LÁMINA | | REGISTRO: |
| | | | | INGENIERIA MECANICA | | HOJA 3 de 23 | | ◀ ⊕ |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | SUSTITUCION: | | | | |



SECCIÓN W-W
ESCALA 1 : 20

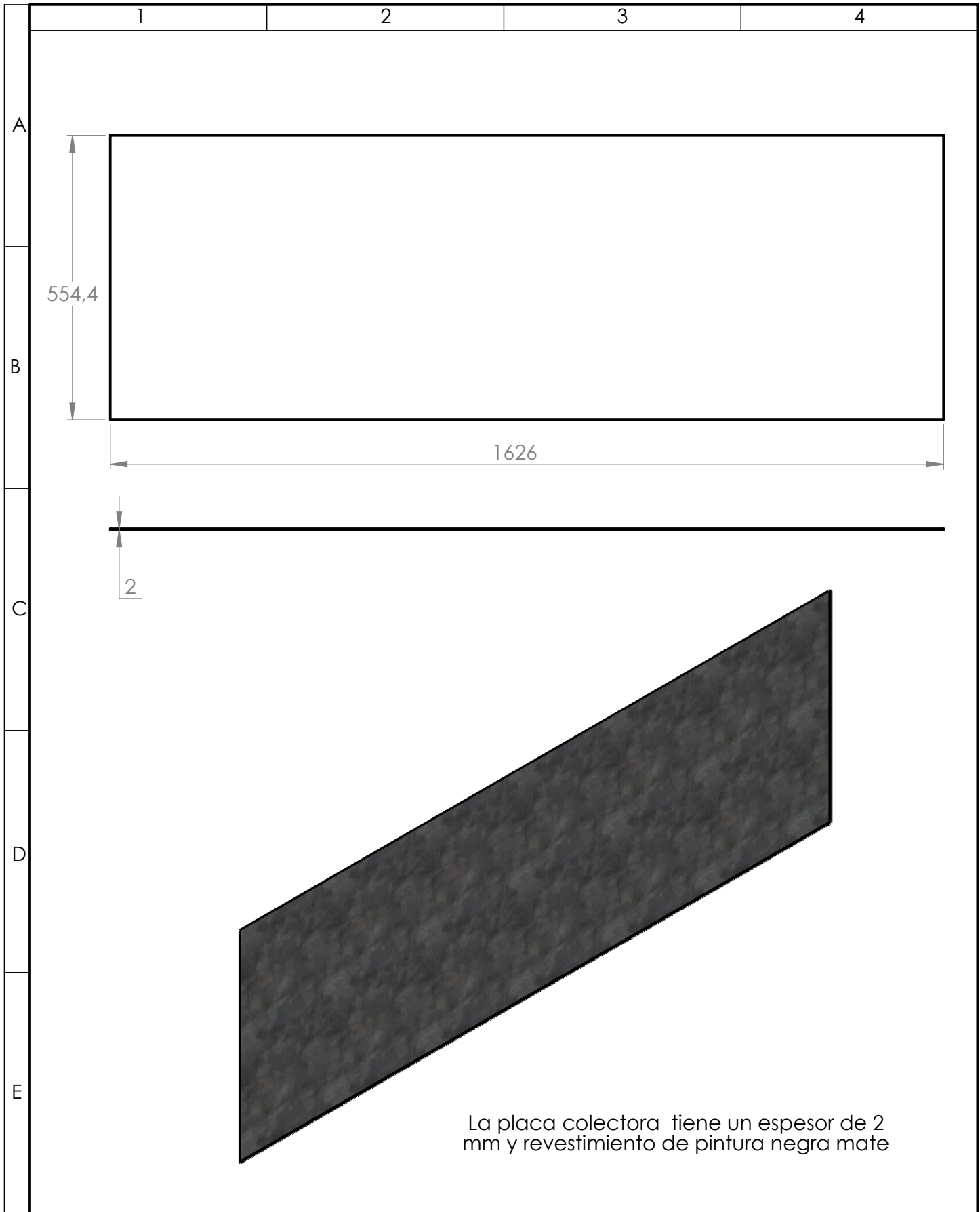
SECCIÓN X-X
ESCALA 1 : 20



El aislante se compone de 20 mm de Lana de vidrio y el espesor restante es de EPS.

| N.º DE PIEZA | DENOMINACIÓN | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
|--------------|---------------------|-----------------------|----------|------------------|
| 4 | Aislante lateral A | 1697.6 x 71.6 x 128.8 | 2 | Cortado y pegado |
| 3 | Aislante trasero A | 554,4 x 128.8 x 71.6 | 1 | Cortado y pegado |
| 2 | Aislante frontal A | 554,4 x 128.8 x 37.06 | 1 | Cortado y pegado |
| 1 | Aislante inferior A | 1697.6 x 697.6 x 70 | 1 | Cortado y pegado |

| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|--------------------|--|------------|
| | | | | Tolerancia: | Peso: | Material: | | |
| | | | | 0.1 mm | 1.914 kg | EPS-Lana de vidrio | | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: | | |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | Aislantes A | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | Escala: | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | 1:50 | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: | | |
| | | | | | | HOJA 4 DE 23 | | |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | Sustitución: | | | | Registro : |
| | | | | | | | | |



La placa colectoras tiene un espesor de 2 mm y revestimiento de pintura negra mate

| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|------------|----------------------|------------------|
| | | | | Tolerancia: | Peso: | Material: | |
| | | | | 0.1 mm | 14.189 kg | Acero galvanizado | |
| | | | | | FECHA | NOMBRE | Título: |
| | | | | DIBUJÓ: | 15/22/2023 | Juan Coquinche | Placa colectoras |
| | | | | REVISÓ: | 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | |
| | | | | APROBÓ: | 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: | Registro : |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | | | HOJA 5 DE 23 | |
| | | | | Sustitución: | | | |

1

2

3

4

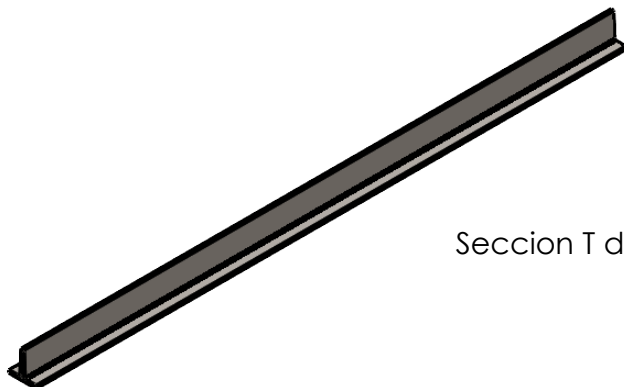
A

B

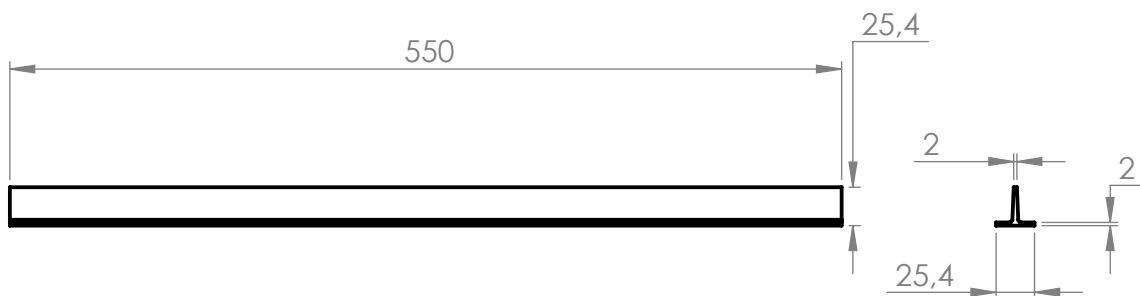
C

D

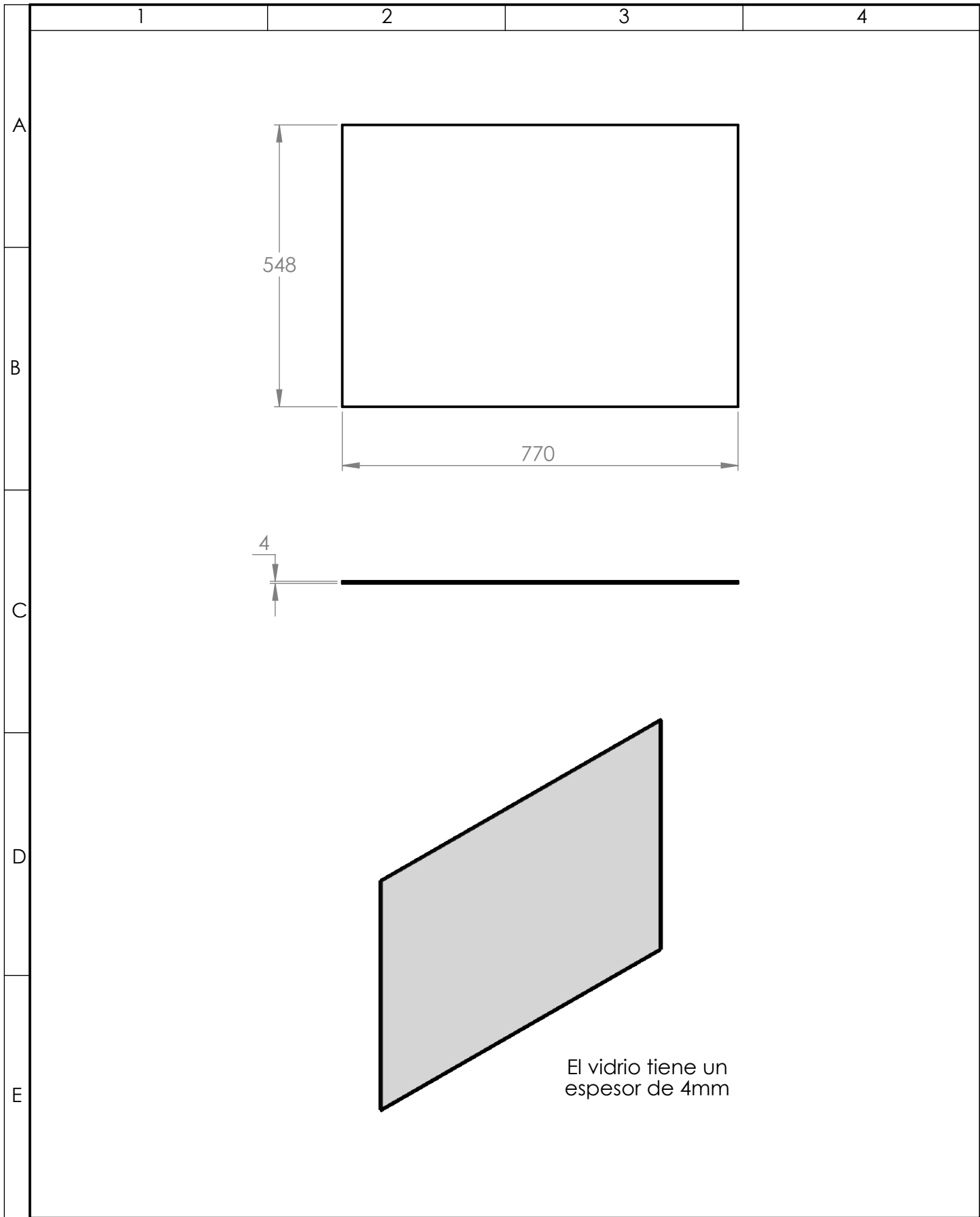
E



Seccion T de 25,4 x 2

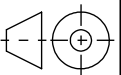


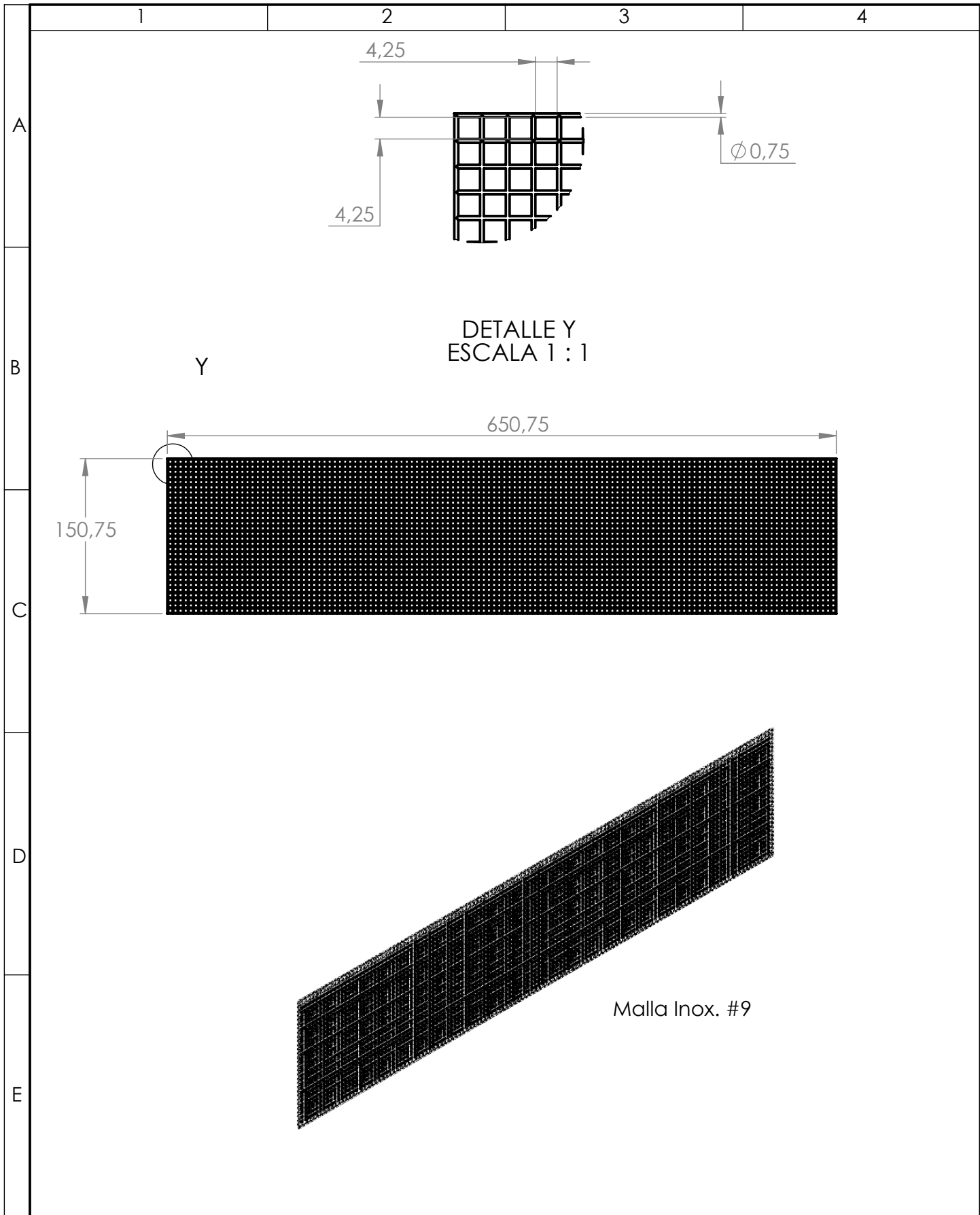
| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|---|----------------------|----------------|------------|
| | | | | Tolerancia: | Peso: | Material: | |
| | | | | 0.1 mm | 0.536 kg | ASTM A36 Acero | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: | Escala: |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | N.º DE Lámina: | Registro : |
| | | | | <p align="center">U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA</p> | | | |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | | | Sustitución: | |
| | | | | | | | |



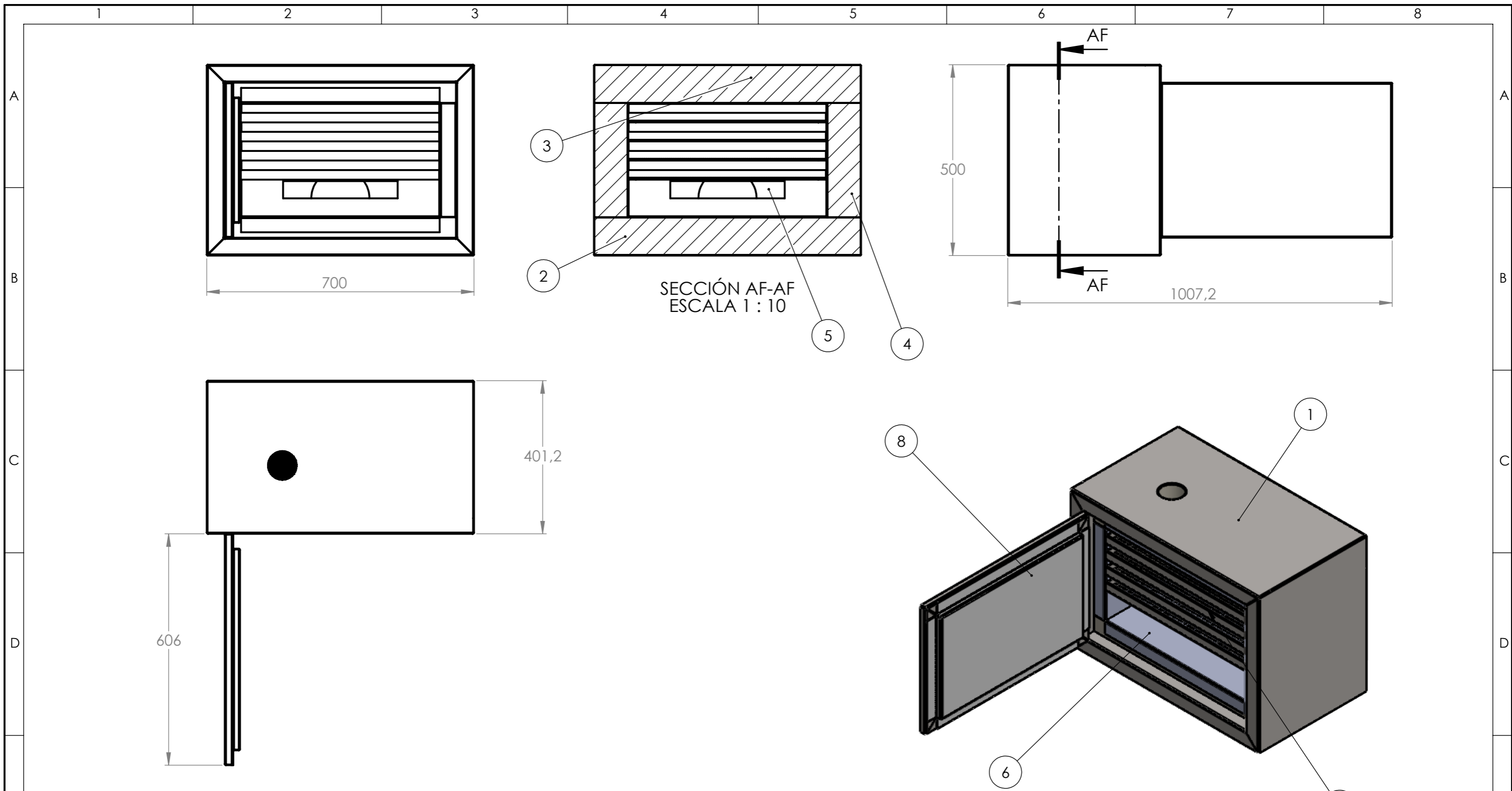
El vidrio tiene un espesor de 4mm

| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|------------|----------------------|--------------------|
| | | | | Tolerancia: | Peso: | Material: | |
| | | | | 0.1 mm | 4.148 kg | Vidrio | |
| | | | | | FECHA | NOMBRE | Título: |
| | | | | DIBUJÓ: | 15/22/2023 | Juan Coquinche | Cubierta de vidrio |
| | | | | REVISÓ: | 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | |
| | | | | APROBÓ: | 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: | Registro : |
| | | | | | | HOJA 7 DE 23 | |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | Sustitución: | | | |



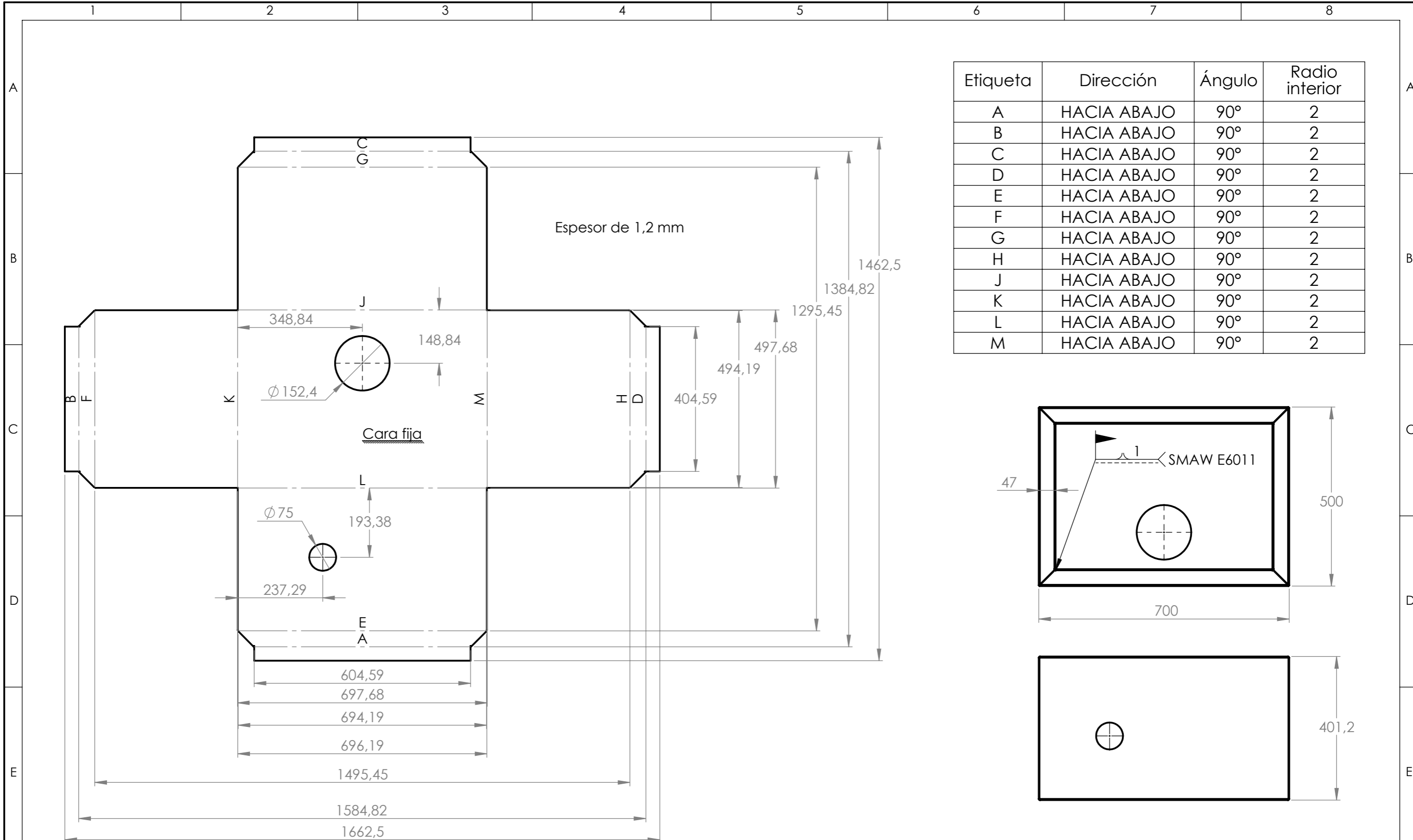


| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------|
| | | | | Tolerancia: 0.1 mm | Peso: 0.078 kg | Material: Acero AISI 304 | |
| | | | | | | Título: Rejilla de Entrada | Escala: 1:10 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | N.º DE Lámina: HOJA 8 DE 23 | Registro : |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | Sustitución: | |

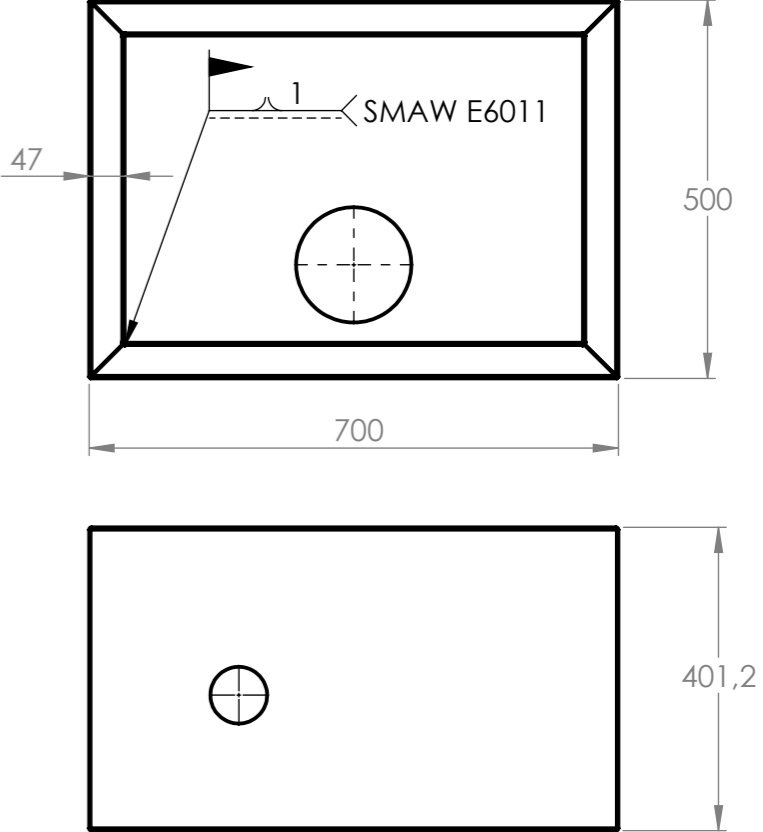


| | | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|--|-----------------|----------------------|
| 8 | Puerta | Varios | 606 X 406 X 40 | 1 | Doblado y soldado |
| 7 | Bandeja | Acero AISI 304 | 520 X 245 X 25 | 4 | Doblado y soldado |
| 6 | Cabina interna | Acero AISI 304 | 602 x 378 x 249.2 | 1 | Doblado y soldado |
| 5 | Aislante trasero B | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 4 | Aislante Lateral B | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 2 | Cortado y pegado |
| 3 | Aislante superior B | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 2 | Aislante inferior B | EPS-Lana de vidrio | 20 mm de Lana de vidrio y el resto EPS | 1 | Cortado y pegado |
| 1 | Cabina externa | Acero ASTM A36 | 700 x 401.2 x 500 | 1 | Doblado y soldado |
| N.º DE PIEZA | DENOMINACION | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |

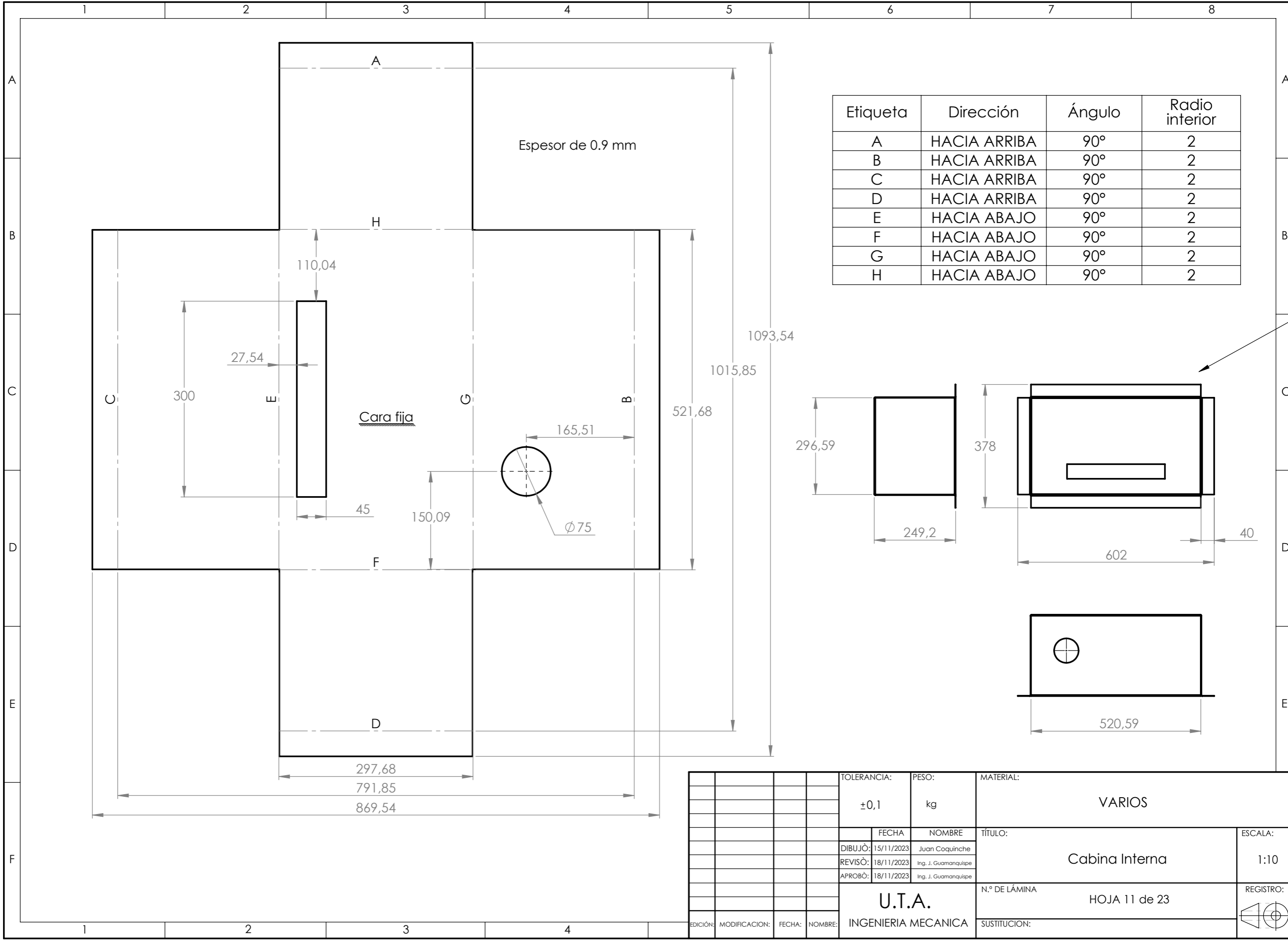
| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--------|---------|--------------------|----------------------|---------------|--|-----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 | 28.458kg | VARIOS | | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÓ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Cabina | | 1:10 |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | | | | | N.º DE LÁMINA | | REGISTRO: |
| | | | | | | HOJA 9 de 23 | | ◀ ⊕ ▶ |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | SUSTITUCION: | | | | |



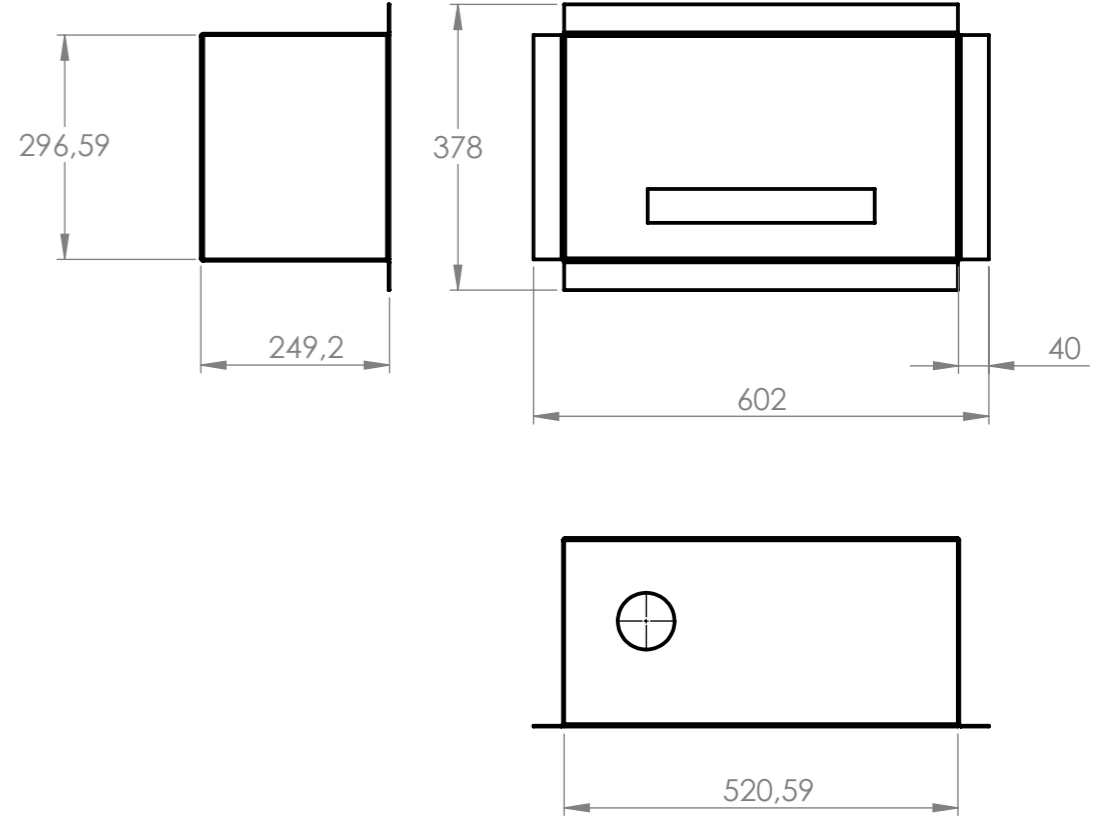
| Etiqueta | Dirección | Ángulo | Radio interior |
|----------|-------------|--------|----------------|
| A | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| B | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| C | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| D | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| E | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| F | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| G | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| H | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| J | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| K | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| L | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| M | HACIA ABAJO | 90° | 2 |



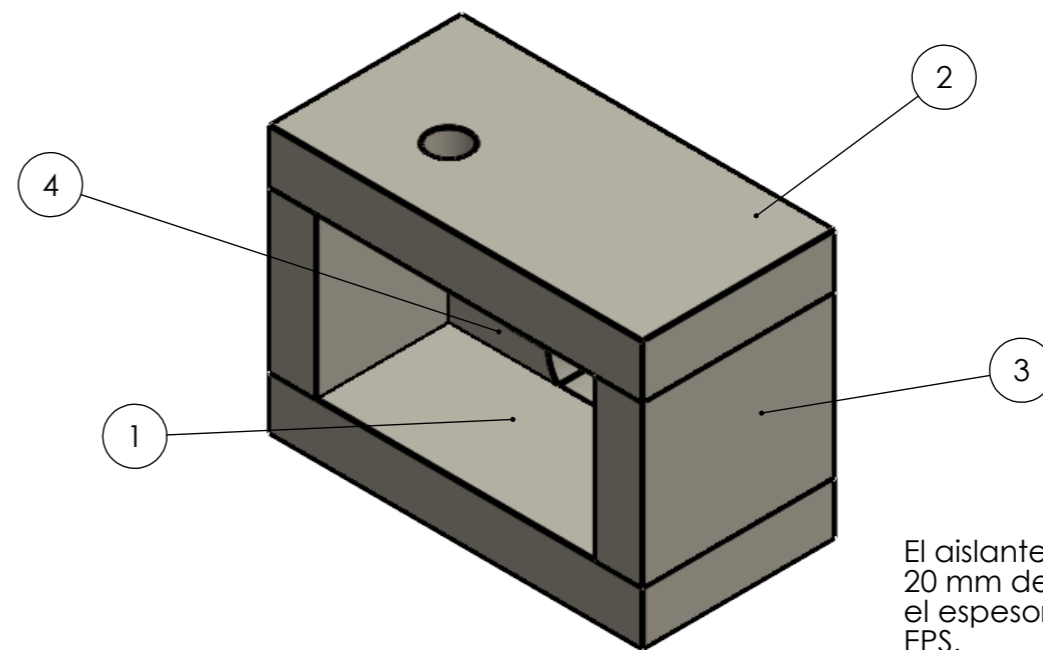
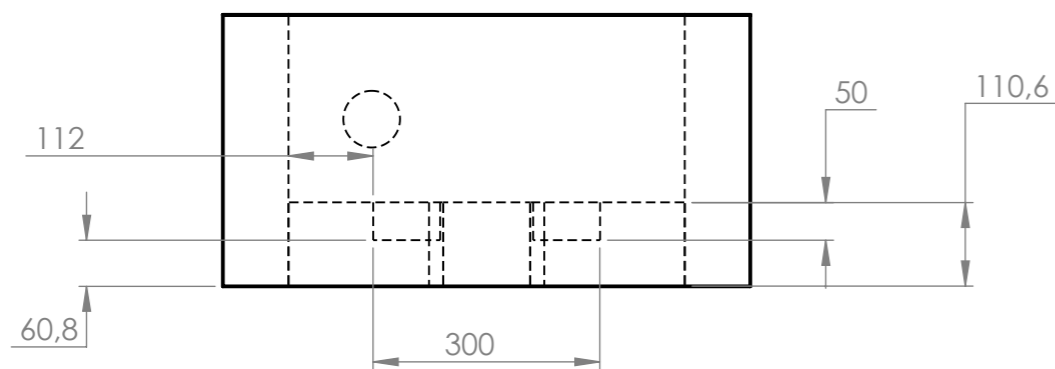
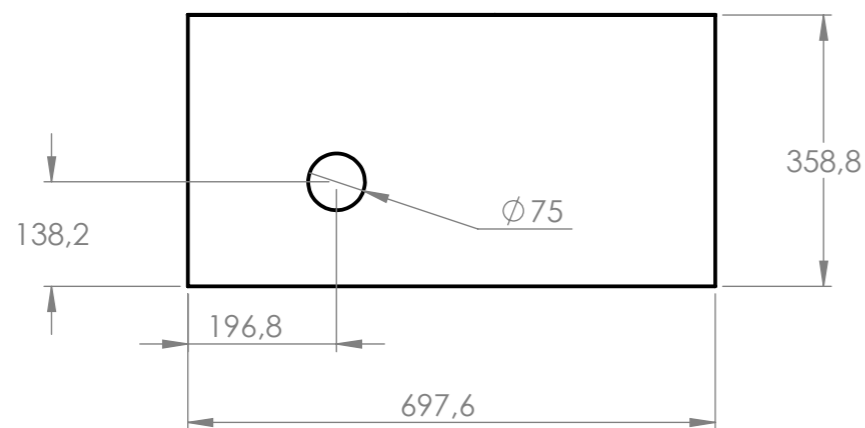
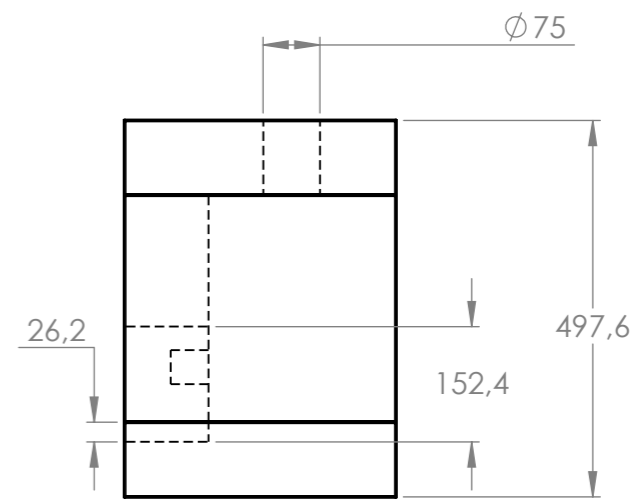
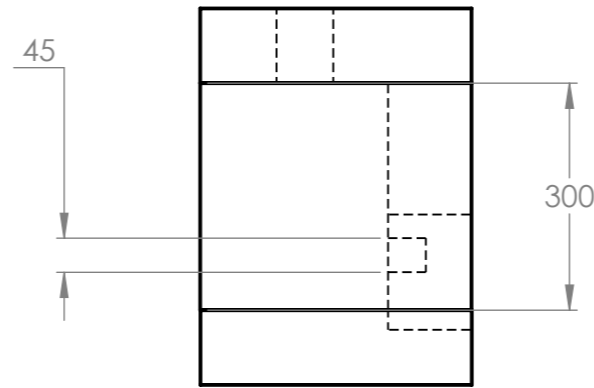
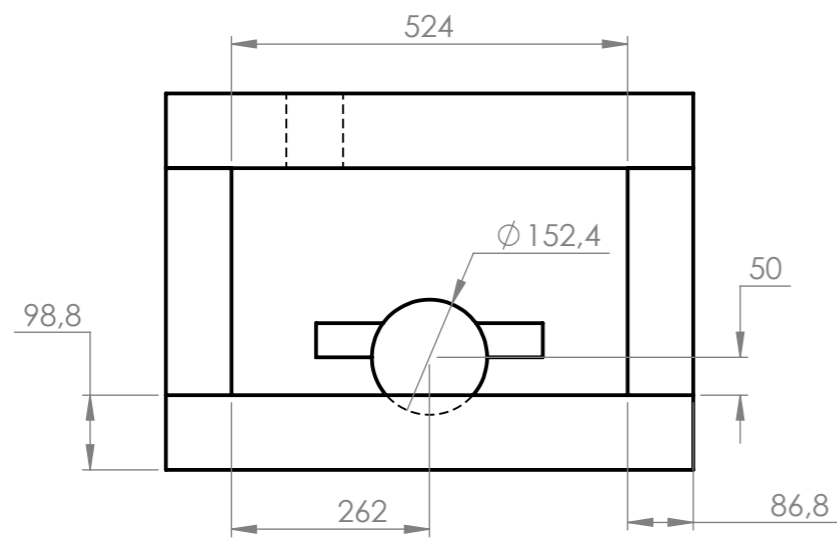
| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|-----------------|---------------|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 | kg | VARIOS | | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÓ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Cabina _externa | | 1:10 |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA | HOJA 10 de 23 | |
| | | | | | | REGISTRO: | | |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | | | | | |



| Etiqueta | Dirección | Ángulo | Radio interior |
|----------|--------------|--------|----------------|
| A | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| B | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| C | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| D | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| E | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| F | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| G | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| H | HACIA ABAJO | 90° | 2 |



| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|----------------|---------------|-----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 | kg | VARIOS | | |
| | | | | FECHA: | NOMBRE: | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÓ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Cabina Interna | | 1:10 |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA | HOJA 11 de 23 | |
| | | | | | | SUSTITUCION: | | REGISTRO: |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | | | | | |



El aislante se compone de 20 mm de Lana de vidrio y el espesor restante es de EPS.

| N.º DE PIEZA | DENOMINACIÓN | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
|--------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------|------------------|
| 4 | Aislante trasero B | EPS-Lana de vidrio | 500 X 324 X 110.6 | 1 | Cortado y pegado |
| 3 | Aislante Lateral B | EPS-Lana de vidrio | 300 X 86.8 X 358.8 | 2 | Cortado y pegado |
| 2 | Aislante superior B | EPS-Lana de vidrio | 697 X 358.8 X 98.8 | 1 | Cortado y pegado |
| 1 | Aislante inferior B | EPS-Lana de vidrio | 697 X 358.8 X 98.8 | 1 | Cortado y pegado |

| | | | | | |
|---------------------|--|----------------------|--|--------------------|--|
| TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| ±0,1 | | 1.325 kg | | EPS-Lana de vidrio | |
| FECHA: | | NOMBRE: | | TÍTULO: | |
| DIBUJÓ: 15/11/2023 | | Juan Coquinche | | Aislantes B | |
| REVISÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| APROBÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| U.T.A. | | | | N.º DE LÁMINA | |
| INGENIERIA MECANICA | | | | HOJA 12 de 23 | |
| EDICIÓN: | | MODIFICACION: | | FECHA: | |
| | | | | NOMBRE: | |
| | | | | SUSTITUCION: | |
| | | | | ESCALA: | |
| | | | | 1:10 | |
| | | | | REGISTRO: | |
| | | | | | |

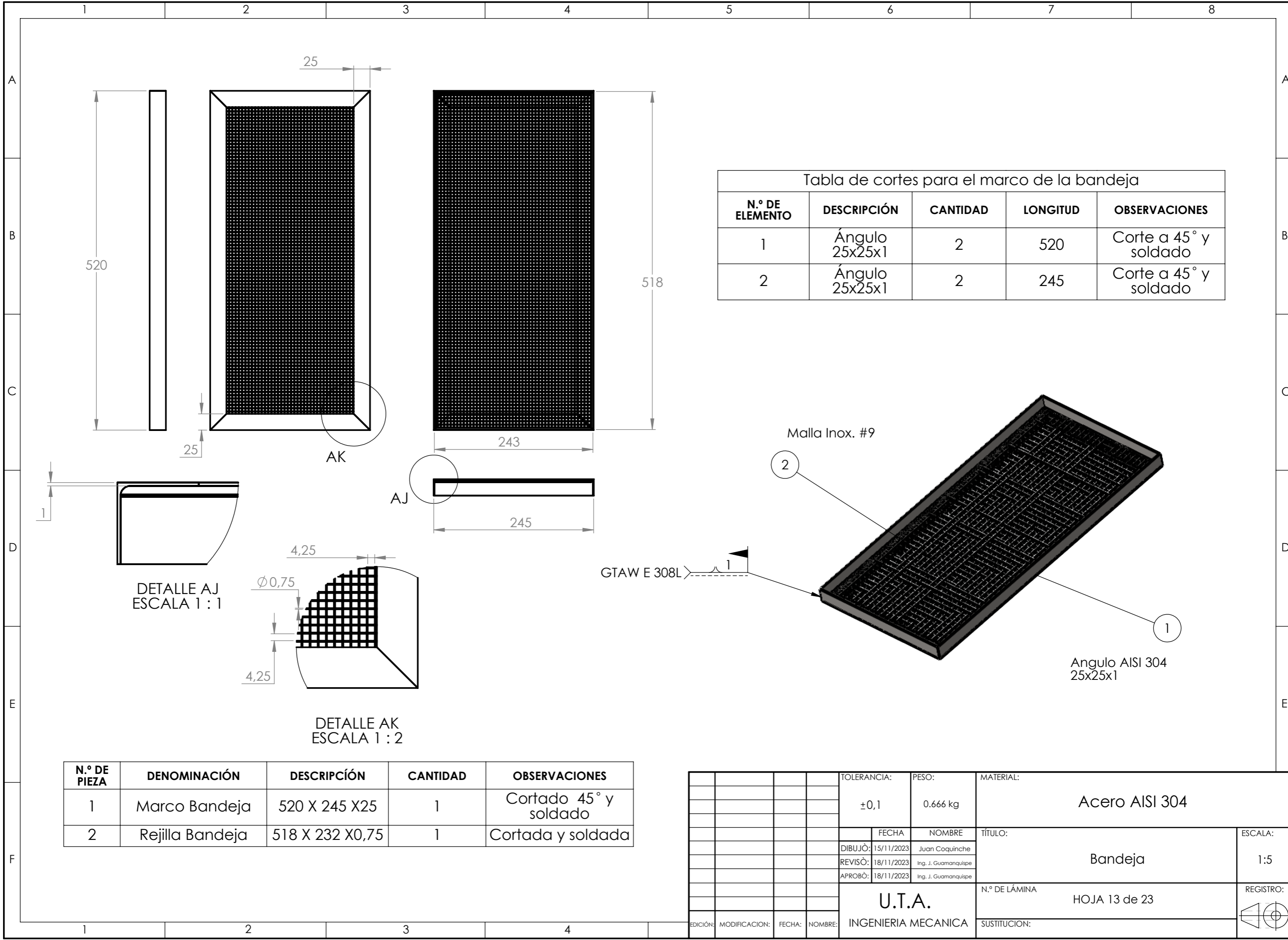
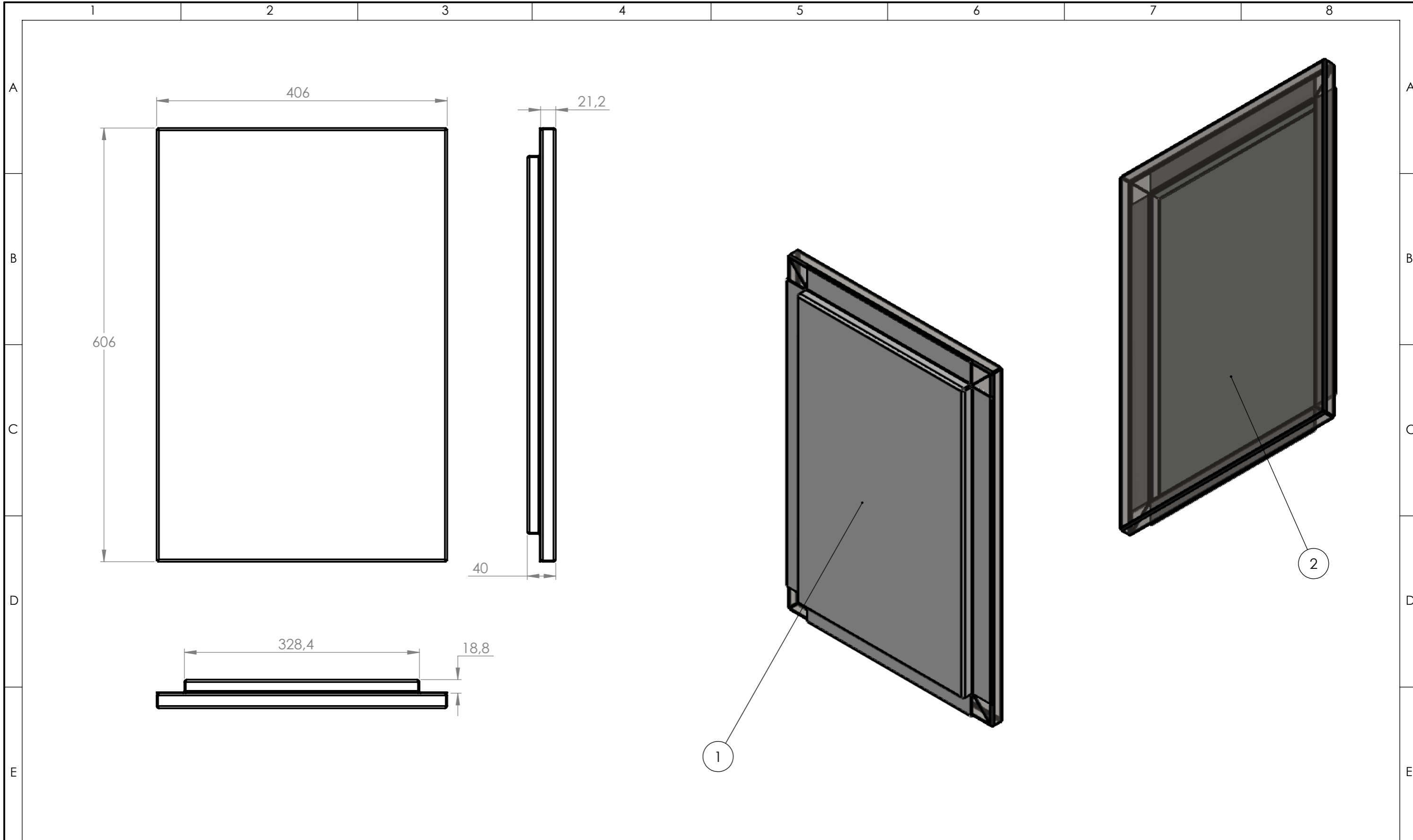


Tabla de cortes para el marco de la bandeja

| N.º DE ELEMENTO | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | LONGITUD | OBSERVACIONES |
|-----------------|----------------|----------|----------|-----------------------|
| 1 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 520 | Corte a 45° y soldado |
| 2 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 245 | Corte a 45° y soldado |

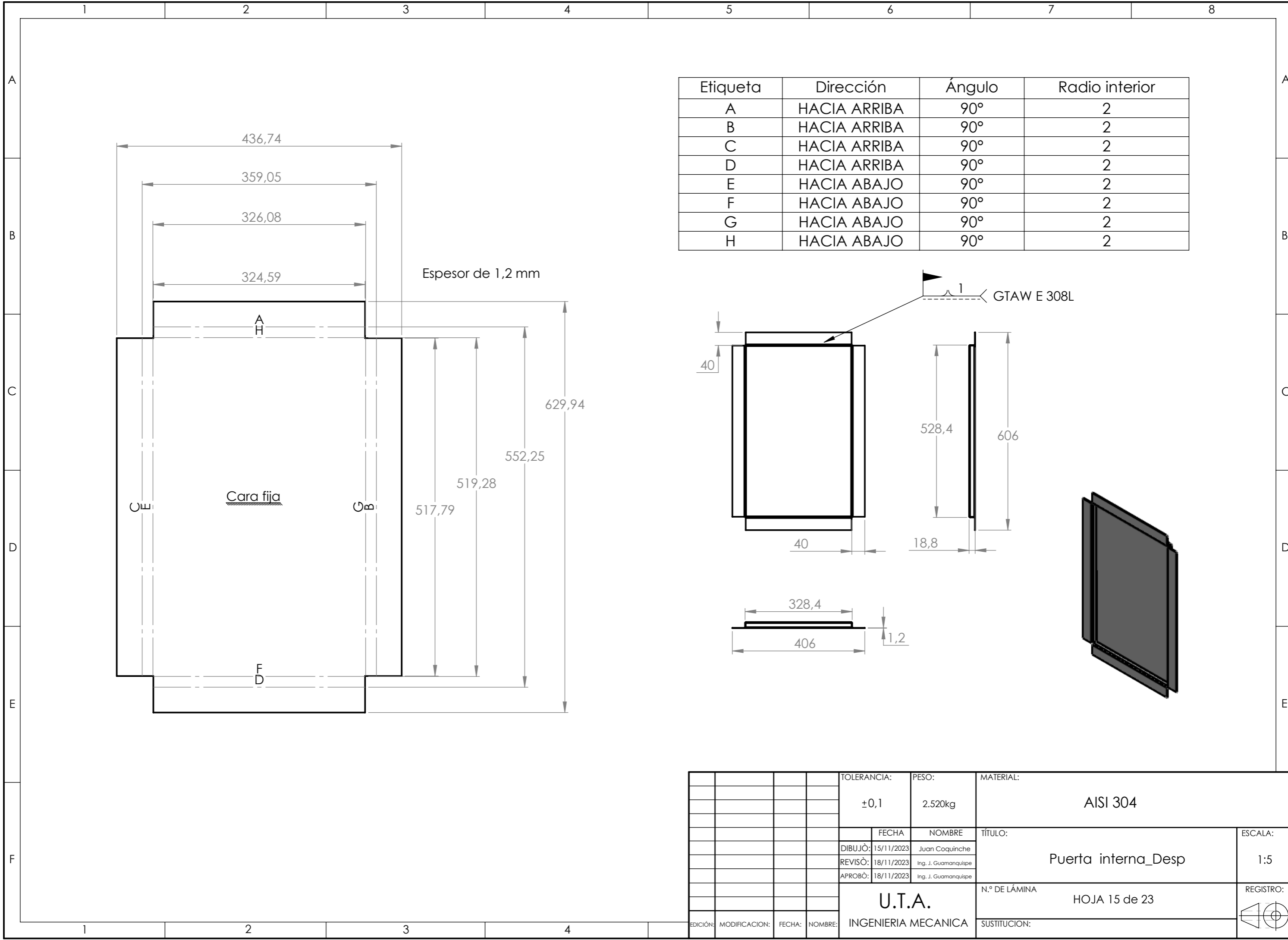
| N.º DE PIEZA | DENOMINACIÓN | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
|--------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------------|
| 1 | Marco Bandeja | 520 X 245 X25 | 1 | Cortado 45° y soldado |
| 2 | Rejilla Bandeja | 518 X 232 X0,75 | 1 | Cortada y soldada |

| | | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------|---------|----------------|--|
| TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| ±0,1 | | 0.666 kg | | Acero AISI 304 | |
| FECHA: | | NOMBRE: | | TÍTULO: | |
| DIBUJÓ: 15/11/2023 | | Juan Coquinche | | Bandeja | |
| REVISÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | ESCALA: 1:5 | |
| APROBÓ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | REGISTRO: | |
| U.T.A. | | | | N.º DE LÁMINA | |
| INGENIERIA MECANICA | | | | HOJA 13 de 23 | |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | SUSTITUCION: | |

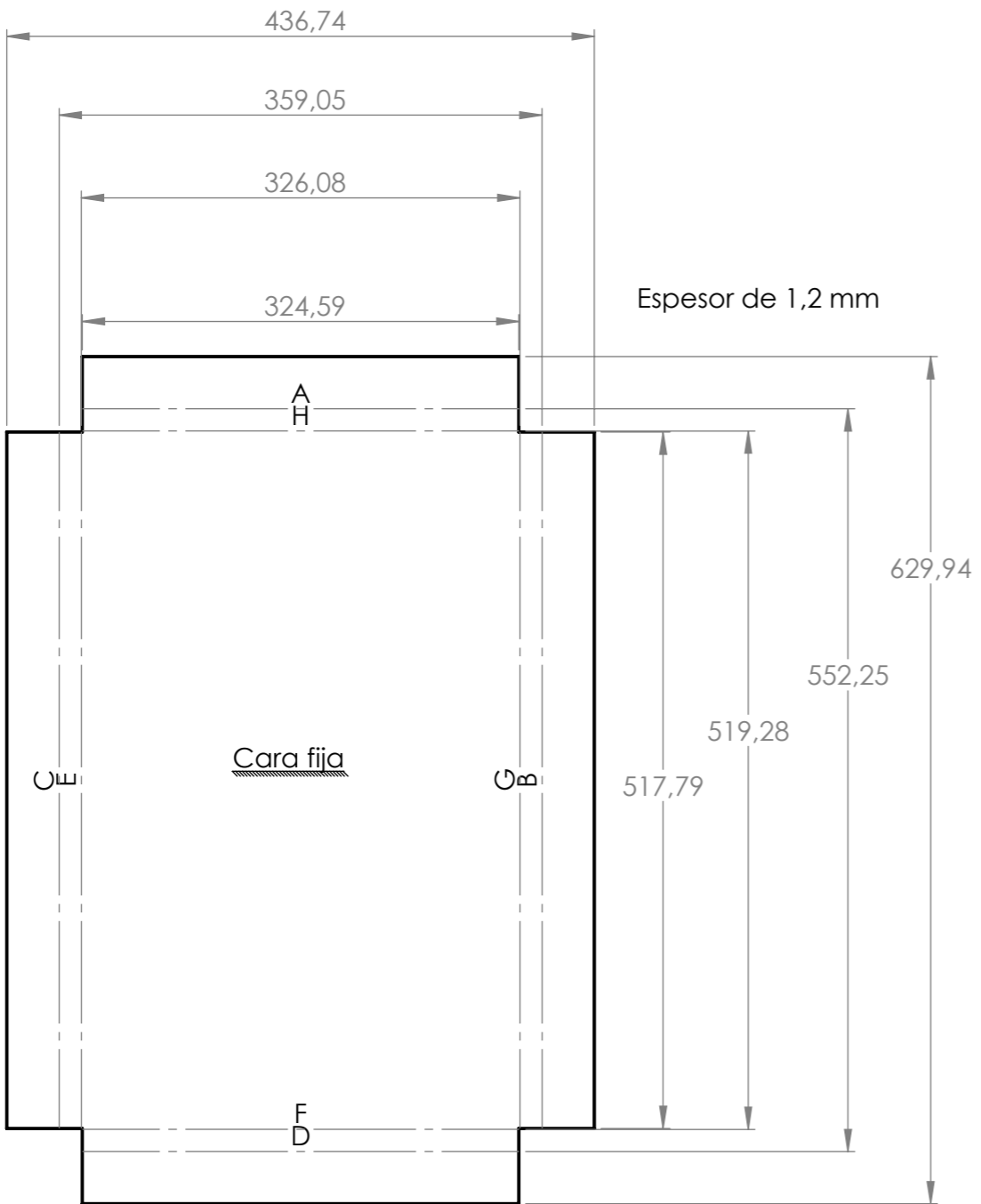
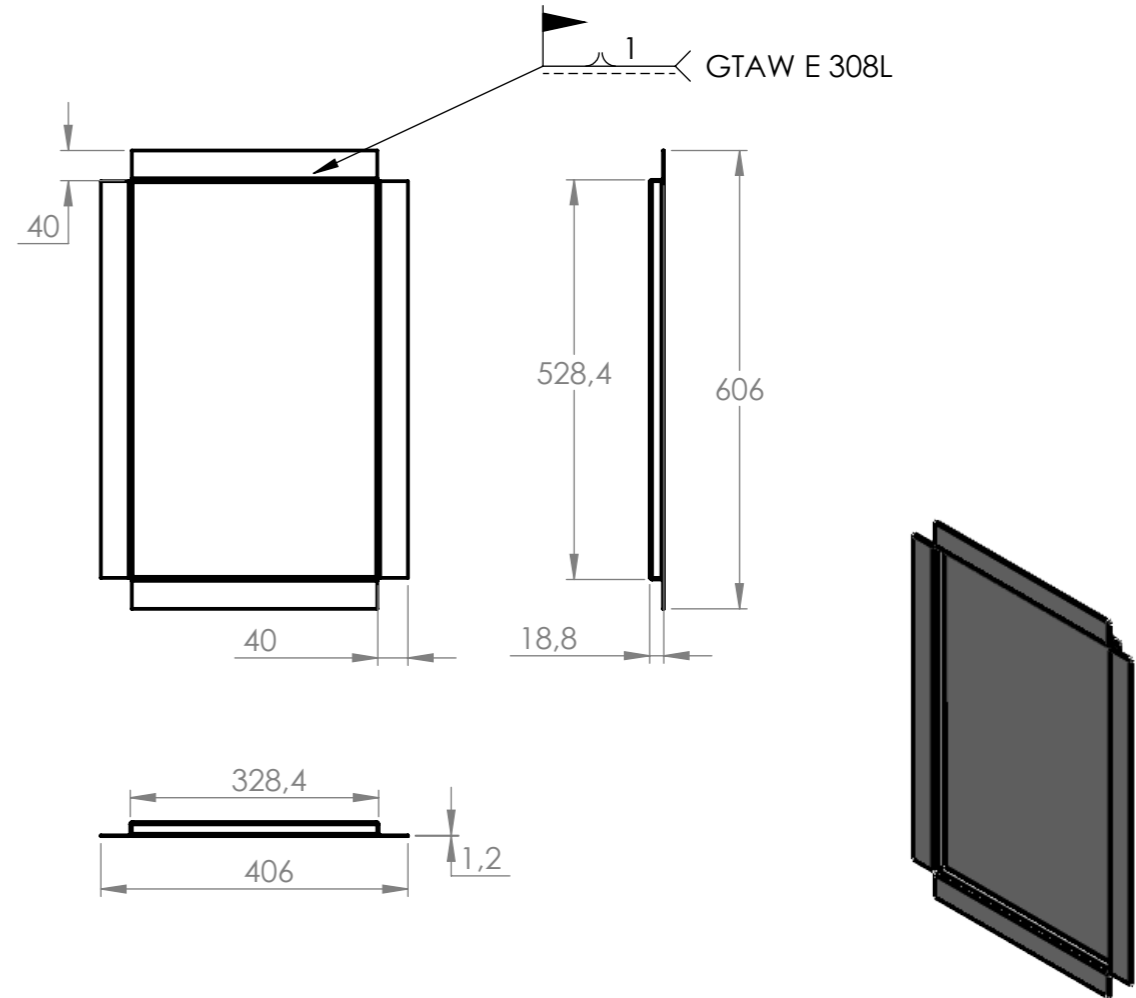


| N.º DE PIEZA | DENOMINACIÓN | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
|--------------|----------------|----------------|------------------|----------|-------------------|
| 1 | Puerta interna | Acero AISI 304 | 406 X 606 X 18.8 | 1 | Doblado y soldado |
| 2 | Puerta externa | Acero ASTM A36 | 406 X 606 X 21.2 | 1 | Doblado y soldado |

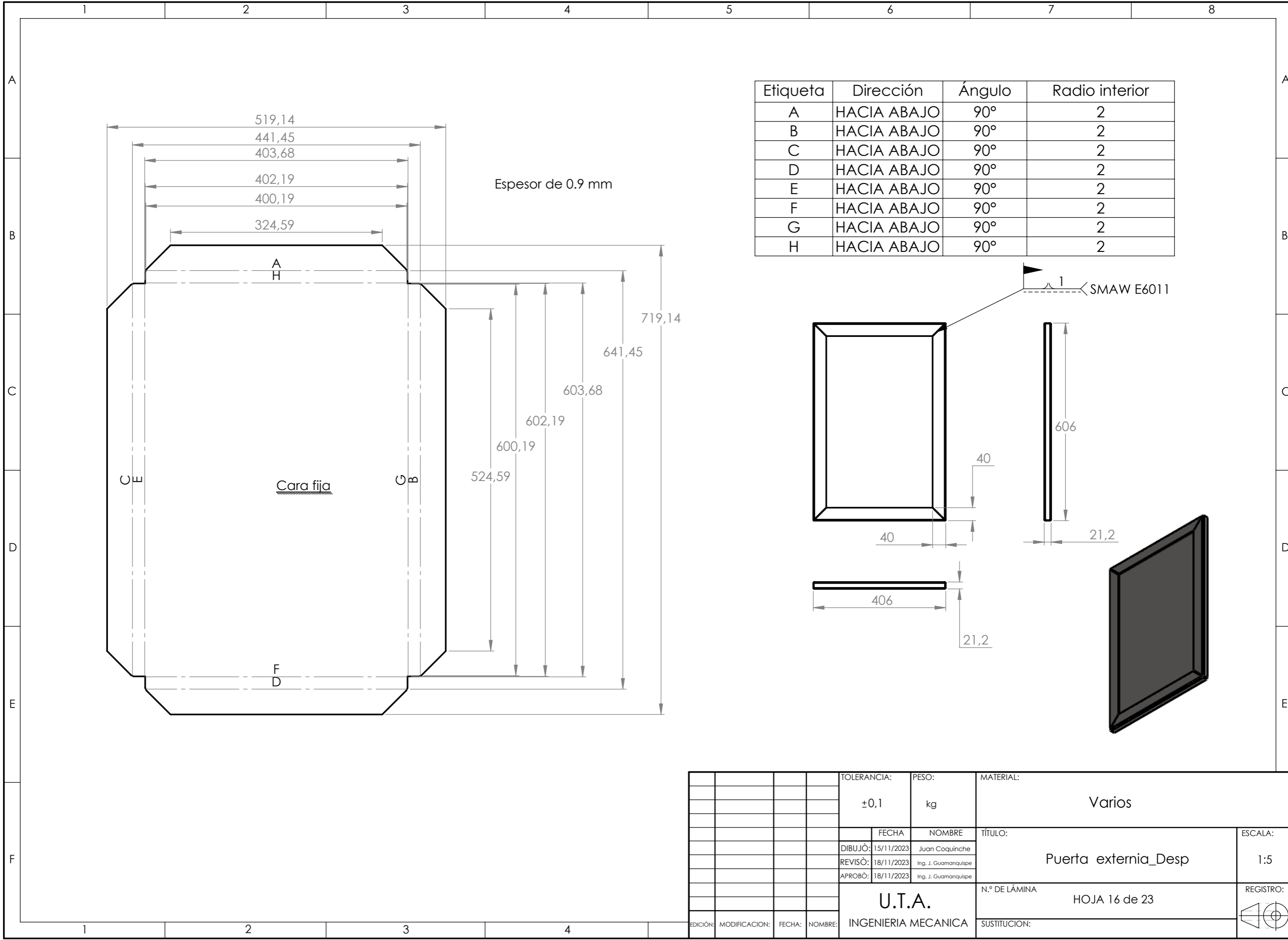
| | | | | | |
|-------------------------------|--|----------------------|--|---------------|--|
| TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| ±0,1 | | 5.943kg | | Varios | |
| FECHA: | | NOMBRE: | | TÍTULO: | |
| DIBUJÒ: 15/11/2023 | | Juan Coquinche | | Puerta | |
| REVISÒ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | ESCALA: 1:5 | |
| APROBÒ: 18/11/2023 | | Ing. J. Guamanquispe | | REGISTRO: | |
| U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | | | N.º DE LÁMINA | |
| | | | | HOJA 14 de 23 | |
| EDICIÓN: | | MODIFICACION: | | SUSTITUCION: | |
| FECHA: | | NOMBRE: | | | |



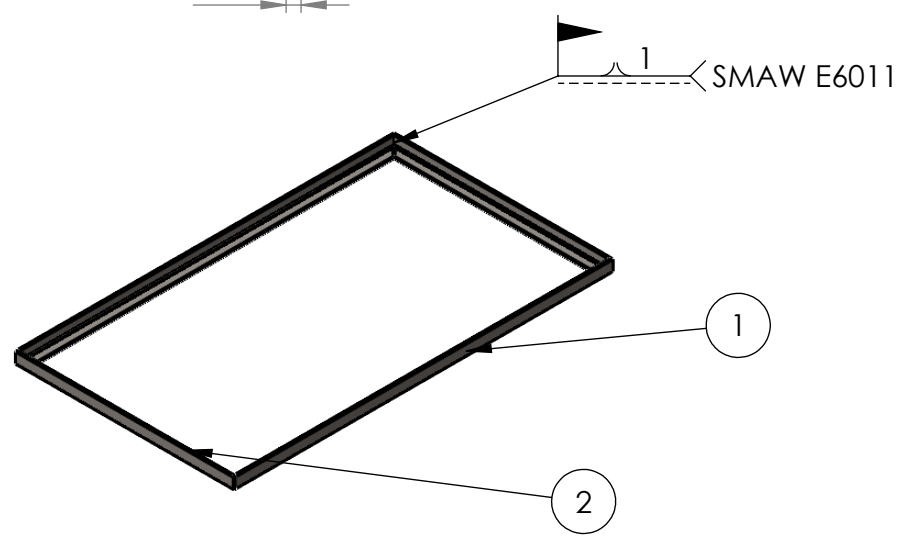
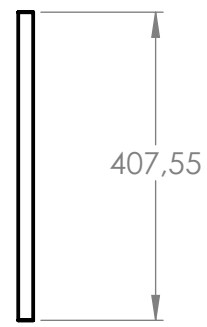
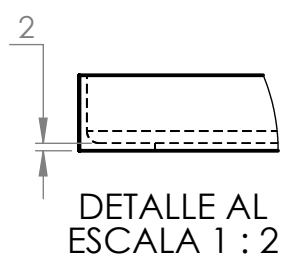
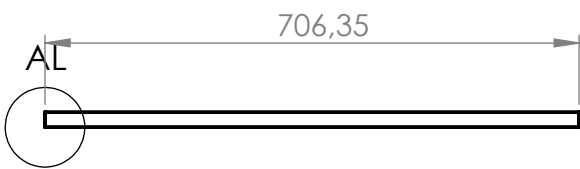
| Etiqueta | Dirección | Ángulo | Radio interior |
|----------|--------------|--------|----------------|
| A | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| B | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| C | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| D | HACIA ARRIBA | 90° | 2 |
| E | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| F | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| G | HACIA ABAJO | 90° | 2 |
| H | HACIA ABAJO | 90° | 2 |



| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | |
| | | | | ±0,1 | 2.520kg | AISI 304 | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | TÍTULO: | |
| | | | | DIBUJÒ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Puerta interna_Desp | |
| | | | | REVISÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA | ESCALA: |
| | | | | | | HOJA 15 de 23 | 1:5 |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | | | REGISTRO: | |
| | | | | | | | |

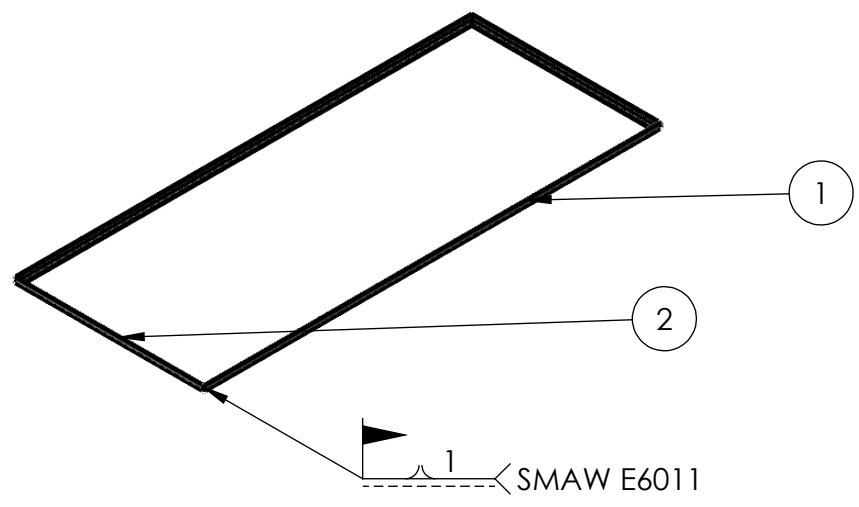
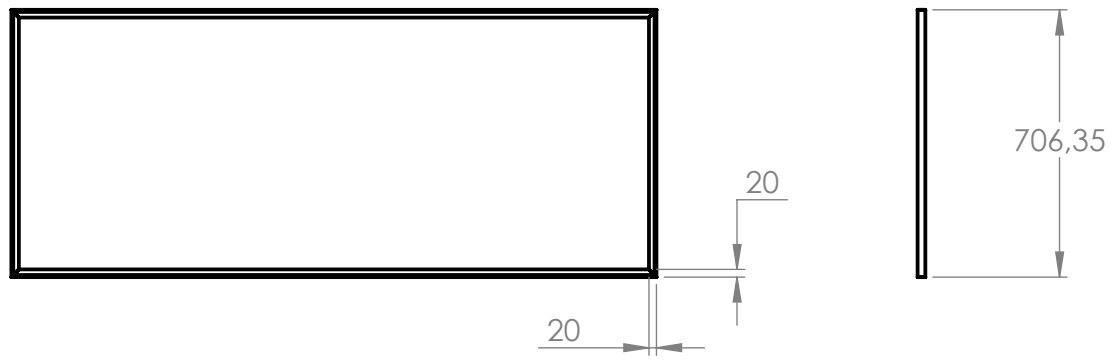
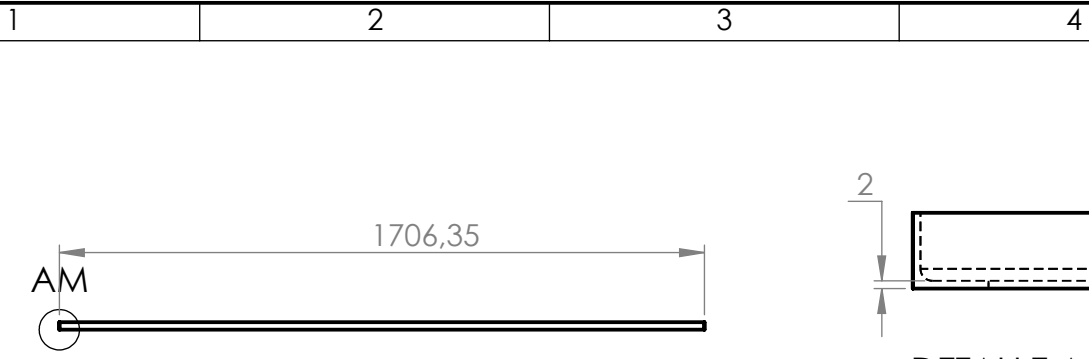


| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 | kg | Varios | | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÒ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Puerta externa_Desp | | 1:5 |
| | | | | REVISÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA | REGISTRO: | |
| | | | | | | HOJA 16 de 23 | | |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | SUSTITUCION: | | | | |



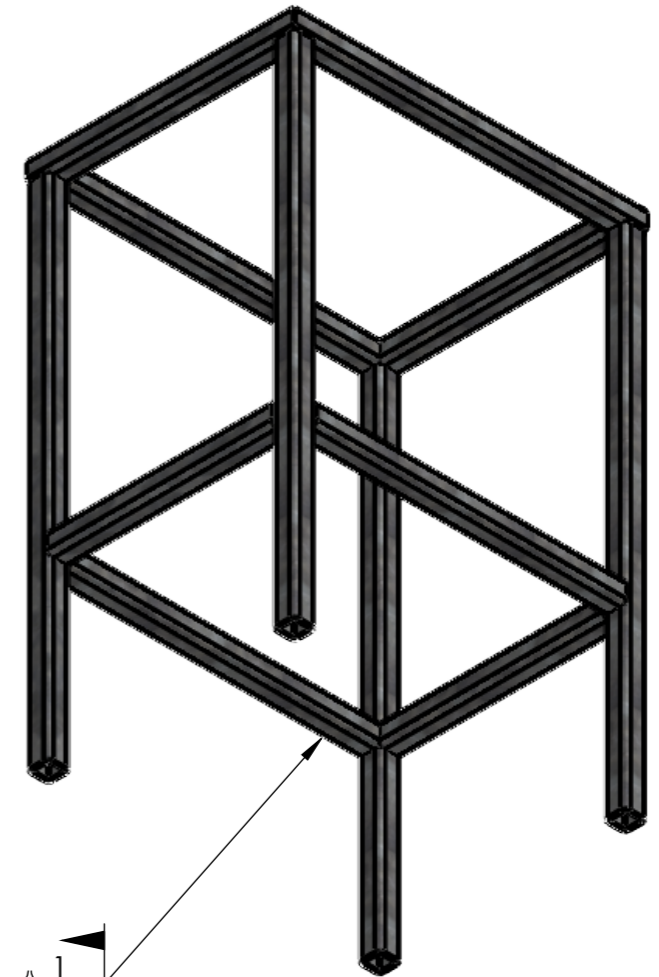
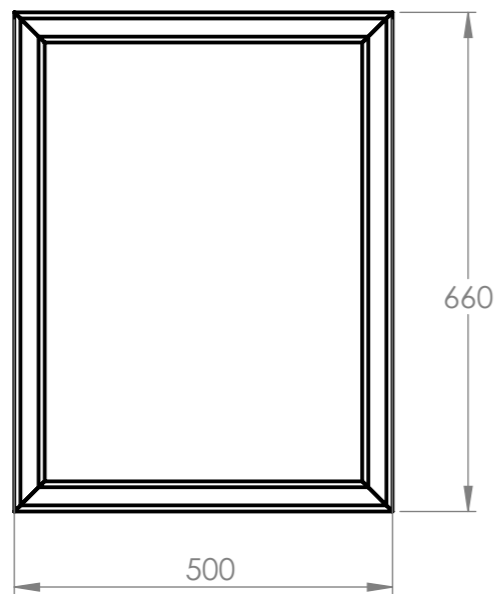
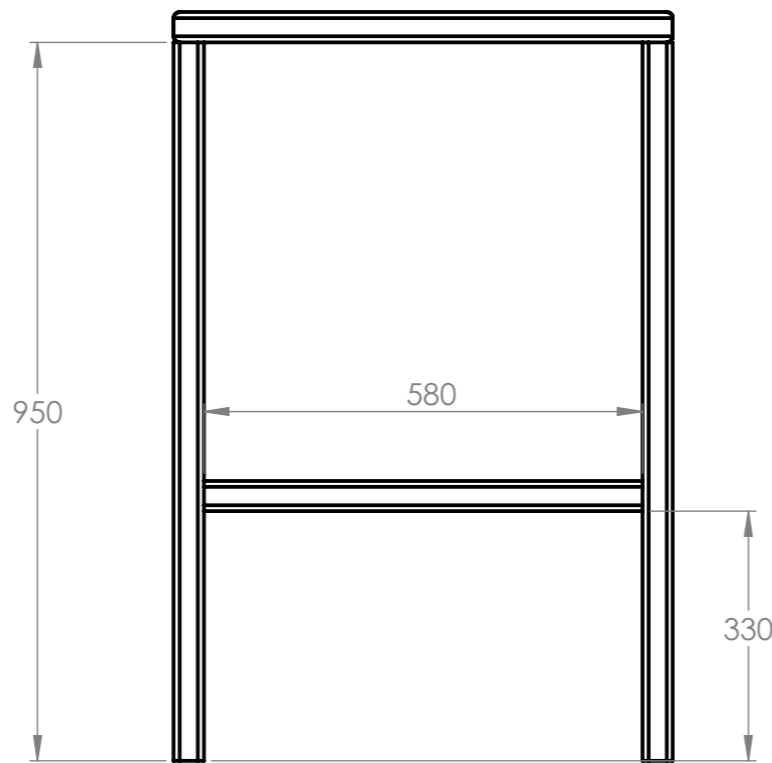
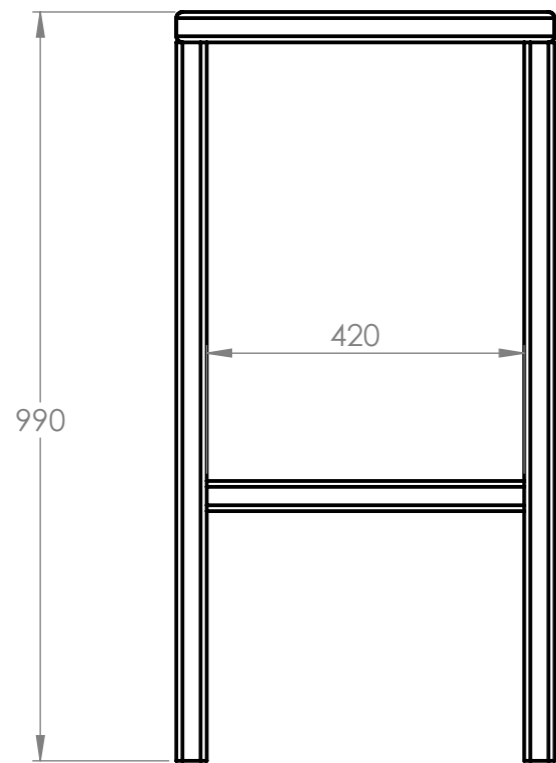
| N° DE PIEZA | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | LONGITUD | OBSERVACIONES |
|-------------|----------------|----------|----------|-----------------------|
| 2 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 407.55 | Corte a 45° y soldado |
| 1 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 706.35 | Corte a 45° y soldado |

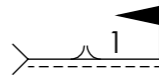
| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | Tolerancia: 0.1 mm | Peso: 1.339 kg | Material: ASTM A36 Acero | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: Marco-Cabina | Escala: 1:10 |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | N.º DE Lámina: HOJA 17 DE 23 | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | Registro : | |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | | | Sustitución: | |



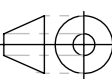
| N° DE ELEMENTO | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | LONGITUD | OBSERVACIONES |
|----------------|----------------|----------|----------|-----------------------|
| 2 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 706.35 | Corte a 45° y soldado |
| 1 | Ángulo 25x25x1 | 2 | 1706.35 | Corte a 45° y soldado |

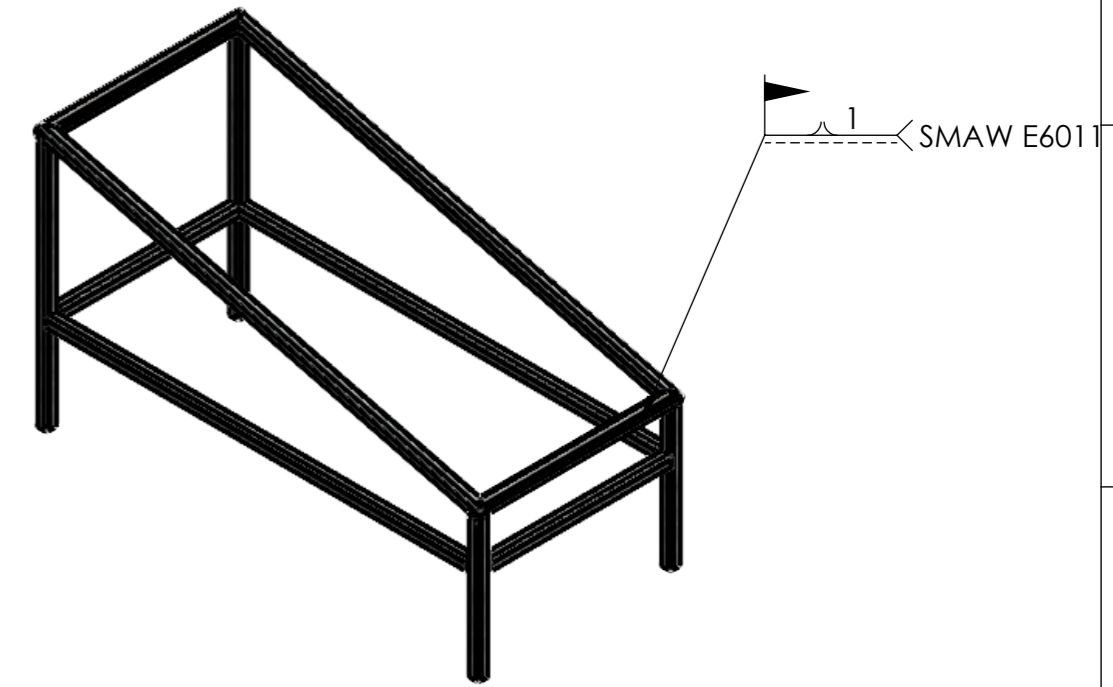
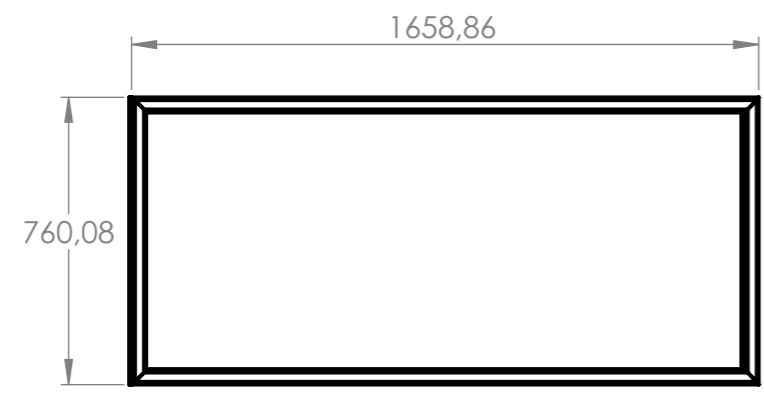
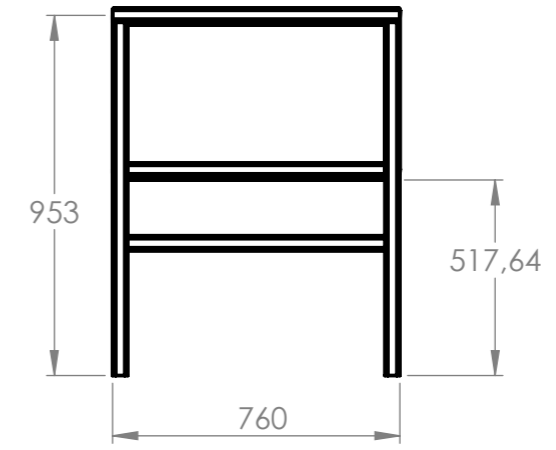
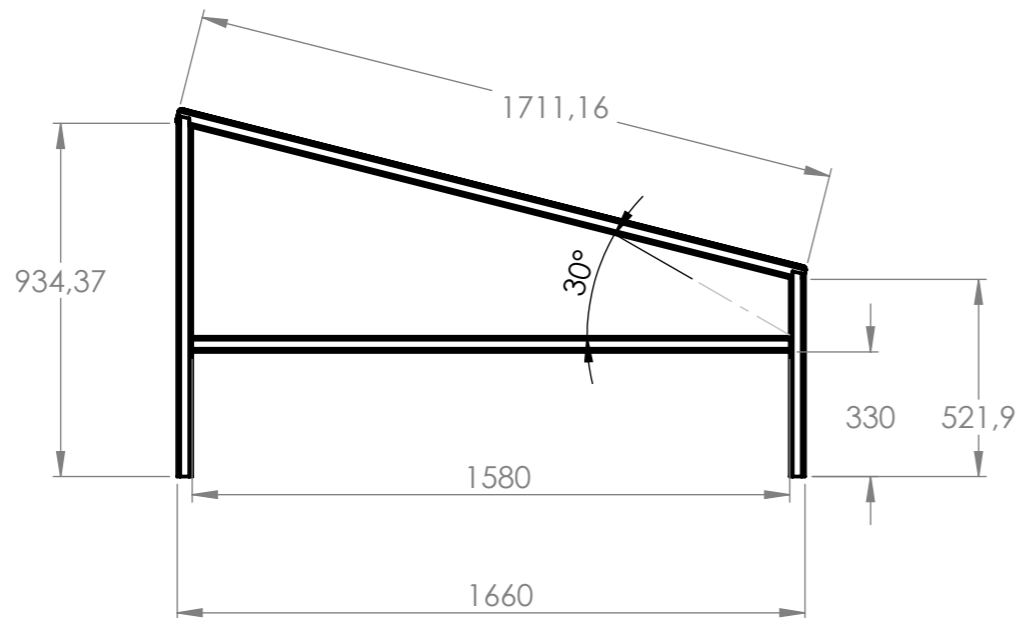
| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | | | Tolerancia: 0.1 mm | Peso: 2.933 kg | Material: ASTM A36 Acero | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: Marco-Colector | Escala: 1:50 |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | N.º DE Lámina: HOJA 18 DE 23 | Registro : |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | Sustitución: | |
| | | | | | | | |



SMAW E6011 

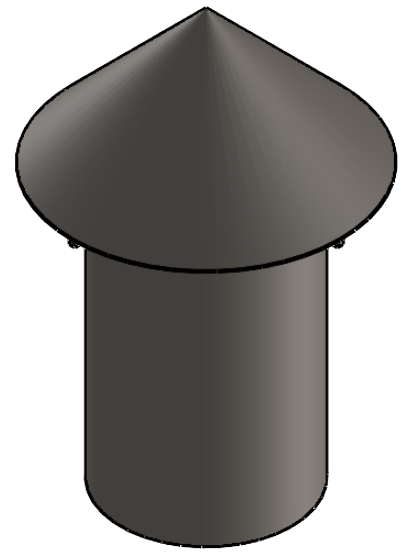
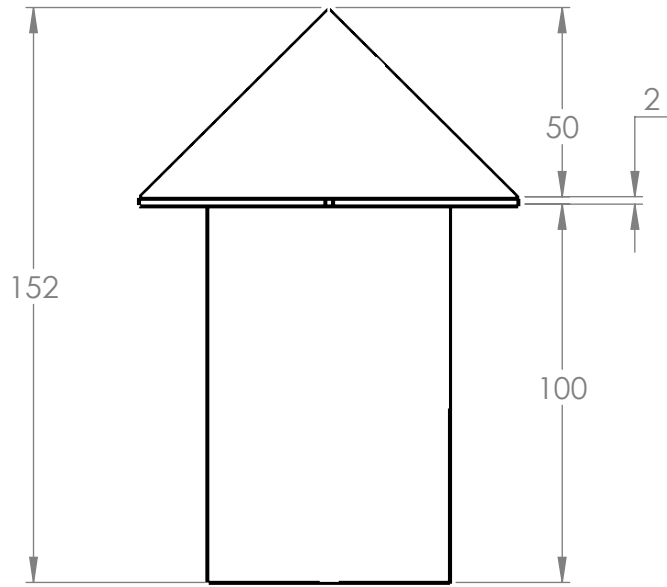
| N° DE PIEZA | CANTIDAD | LONGITUD | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIONES |
|-------------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|
| 5 | 2 | 420 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Corte a 45° y soldado |
| 4 | 2 | 580 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Corte a 45° y soldado |
| 3 | 4 | 950 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 2 | 2 | 500 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 1 | 2 | 660 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |

| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|-------------------|---|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | | |
| | | | | ±0,1 | 33.503kg | Acero galvanizado | | |
| | | | | FECHA: | NOMBRE: | TÍTULO: | | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÒ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Bancada-Cabina | | 1:20 |
| | | | | REVISÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | APROBÒ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA | REGISTRO: | |
| | | | | | | HOJA 19 de 23 |  | |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | | | SUSTITUCION: | | |

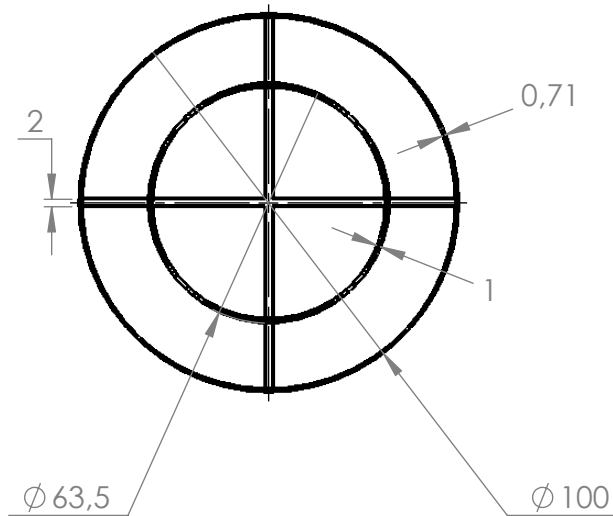


| N° DE PIEZA | CANTIDAD | LONGITUD | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIONES |
|-------------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 760.08 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Corte a 45° y soldado |
| 2 | 2 | 1711.16 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Corte a 45° y soldado |
| 3 | 1 | 953 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 4 | 1 | 953 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 5 | 1 | 543 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 6 | 1 | 543 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 7 | 2 | 1580 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |
| 8 | 2 | 680 | Tubo cuadrado 40x40x2 | Cortado y soldado |

| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|------------------------|-----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | |
| | | | | ±0,1 | 51.379kg | Acero galvanizado | |
| | | | | FECHA: | NOMBRE: | TÍTULO: | ESCALA: |
| | | | | DIBUJÓ: 15/11/2023 | Juan Coquinche | Bancada-Colector Solar | 1:20 |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERIA MECANICA | | N.º DE LÁMINA: | REGISTRO: |
| | | | | | | HOJA 20 de 23 | |
| EDICIÓN: | MODIFICACION: | FECHA: | NOMBRE: | SUSTITUCION: | | | |



La chimenea esta cortada y remachada



| | | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|----------------|------------|------------|
| | | | | Tolerancia: | Peso: | Material: | | |
| | | | | 0.1 mm | 0.203 kg | ASTM A36 Acero | | |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: | Escala: | |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | Chimenea | 1:5 |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | Registro : |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: | Registro : | |
| | | | | | | HOJA 21 DE 23 | | |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | Sustitución: | | | | |

1

2

3

4

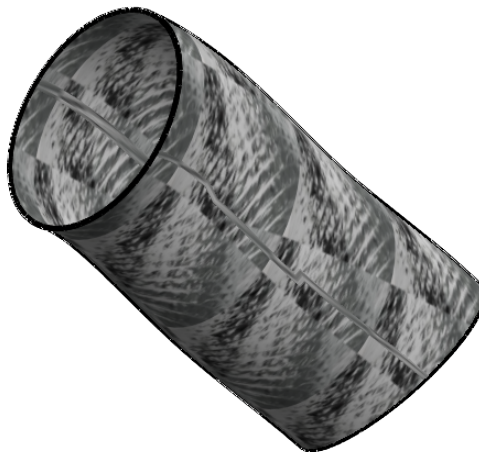
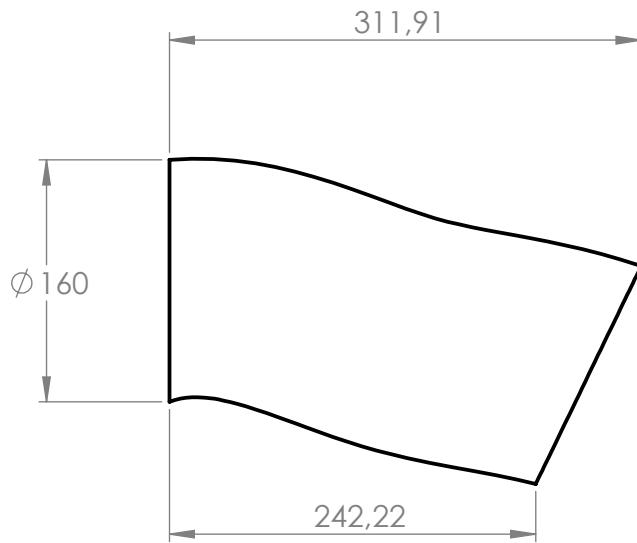
A

B

C

D

E



| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------|
| | | | | Tolerancia: 0.1 mm | Peso: 0.141 kg | Material: Aluminio | |
| | | | | | | Título: Ducto | Escala: 1:5 |
| | | | | FECHA | NOMBRE | | |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: HOJA 22 DE 23 | Registro : |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | | | Sustitución: | |

1

2

3

4

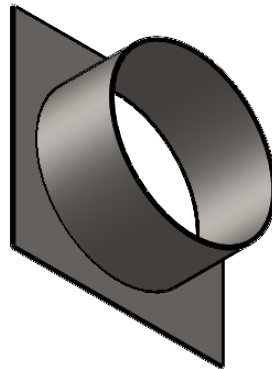
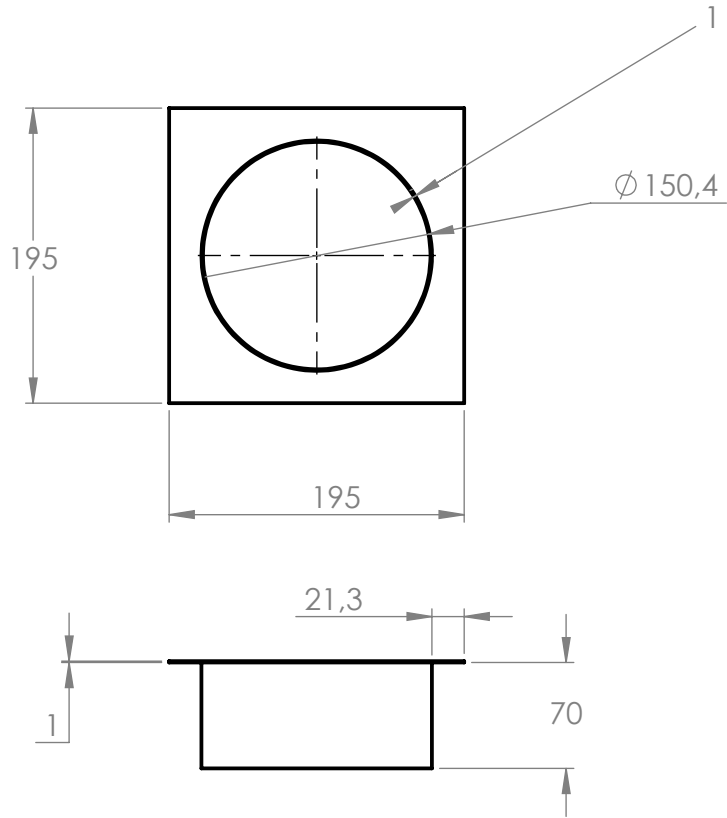
A

B

C

D

E



La union tubular esta cortada y remachada

| | | | | | | | |
|----------|---------------|--------|---------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------|
| | | | | Tolerancia: 0.1 mm | Peso: 0.419kg | Material: ACERO ASTM A36 | |
| | | | | | | | Escala: 1:5 |
| | | | | FECHA | NOMBRE | Título: Union tubular | |
| | | | | DIBUJÓ: 15/22/2023 | Juan Coquinche | | |
| | | | | REVISÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | APROBÓ: 18/11/2023 | Ing. J. Guamanquispe | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | N.º DE Lámina: HOJA 23 DE 23 | Registro : |
| Edición: | Modificación: | Fecha: | Nombre: | | | Sustitución: | |

