



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR PARA SEMILLAS DE CACAO MEDIANTE EL USO DE COLECTORES SOLARES”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Cedeño Paladines Byron Abel,

López Duran Luis Euclides

Tutor:

Ing. Torres Tamayo Enrique. Ph.D

Latacunga - Ecuador

Febrero 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Cedeño Paladines Byron Abel** portador del número de cedula 080426814-2, **López Durán Luis Euclides** portador del número de cedula 172603880-3 declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR PARA SEMILLAS DE CACAO MEDIANTE EL USO DE COLECTORES SOLARES"** siendo Ing. Torres Enrique Tamayo, Ph.D Tutor del presente trabajo, y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

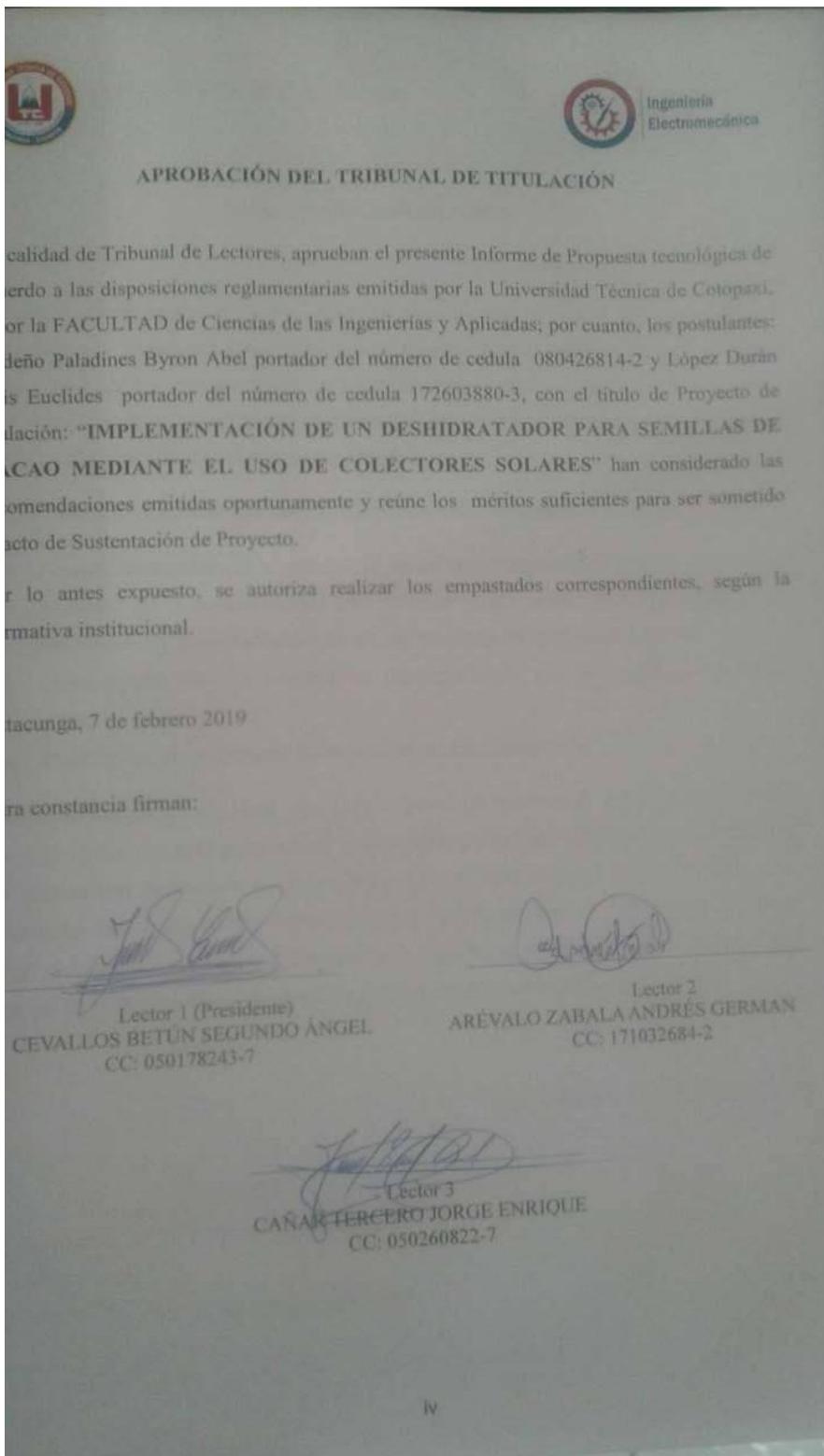
López Durán Luis Euclides
C.I. 172603880-3

Cedeño Paladines Byron Abel
C.I. 080426814-2



Ingeniería
Electromecánica







AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Los señores egresados de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, especialización Ingeniería Electromecánica: Cedeño Paladines Byron Abel y López Durán Luis Euclides, desarrollaron en las instalaciones de esta empresa, el proyecto tesis: IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR PARA SEMILLAS DE CACAO CON EL USO DE COLECTORES SOLARES.

Las actividades realizadas por los mencionados señores fueron:

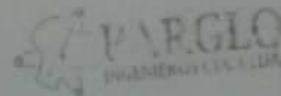
- Acondicionamiento de la geometría de las cubiertas discontinuas
- Pruebas de funcionamiento del colector solar plano con evaluación de rendimiento y determinación de las condiciones de servicio del equipo
- Construcción de una cámara de deshidratación que se acopia al colector solar
- Pruebas de deshidratado de muestras de cacao húmedo

Los resultados de las pruebas, que tuve el gusto de supervisar, me permiten afirmar que el proyecto cumplió a cabalidad sus objetivos científico-técnicos y sus principios son totalmente aplicables a la industria, por lo que sugiero sea sometido a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito 6 de febrero de 2019

Ing. Jorge Antonio Paredes Ojeda MSC
CI. 1100425410

Gerente de PARGLO Ingenieros Cía. Ltda.



AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al Ing. Paredes Ojeda Jorge Antonio. Msc. por la colaboración prestada para para la culminación de la construcción del proyecto

Una expresión de gratitud muy sincera para el Ing. Torres Tamayo Enrique por guiar este proyecto de acuerdo a su excelente metodología

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN BÁSICA	2
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2. TIPO DE ALCANCE	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:.....	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA	3
2.6.1. Situación problemática:.....	3
2.6.2. Problema.....	3
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	4
2.8. OBJETIVOS	4
2.8.1. Objetivo general	4
2.8.2. Objetivos específicos.....	4
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	4
3 ESTUDIO DEL ARTE.....	6
3.1 Introducción	6
3.2 El Cacao Theobroma cacao L.	6
3.3 Cacao en el Ecuador	6
3.3 Tipos de cacao en el Ecuador	7
El cacao Nacional:.....	7
3.4 Proceso del Cacao.....	9
3.4.1 Recolección de mazorcas de Cacao:.....	10
3.4.2 Extracción del grano de cacao:.....	10
3.4.3 Fermentación.	10
3.4.4 Secado del cacao.....	11
3.5 Principio y clasificación de secadores	12
3.5.1 Principio	12
3.5.2 Clasificación de secadores según la transferencia de calor:.....	12
3.5.3 Grupo de secadores según sus equipos utilizados:.....	13
4 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR EN EL SECADO DE CACAO	16
4.1 Diseño experimental	16
4.1.1 Matriz de causa y efecto	16
4.1.2 Matriz de relación de variables.....	16
4.2 Propiedades Meteorológicas	17
4.3 Variables relacionadas al grano de cacao	20
4.3.1 Diámetro equivalente, <i>d_{eq}</i>	20
4.3.2 Esfericidad, Φ	20

4.3.3	Selección del tamiz.....	20
4.3.4	Balance del grano de cacao.	21
4.3.5	Velocidad de secado	23
4.3.6	Determinación de la superficie específica del cacao en grano para el secado ...	24
4.4	Criterios para diseño de equipos del secador	25
4.4.1	Criterio de selección del equipo para el secador	25
4.4.2	Transferencia de calor en el proceso de secado.....	27
4.5	Variables del Colector Solar	29
4.5.1	Calor útil en el colector	29
4.5.2	Balance energético en la cubierta del colector	29
4.5.3	Balance energético de la placa colectora.....	31
4.5.4	Balance energético del aire interior del colector	31
4.5.5	Normativa para la construcción del colector solar	32
4.5.6	Dimensionamiento del sistema.....	33
4.5.7	Absorción, reflexión y transitividad	33
4.5.8	Cubiertas discontinuas	35
4.6	Instrumentación	36
4.6.1	Pirómetro	36
4.6.2	Termo anemómetro.....	36
4.6.3	Ventilador	37
4.6.4	Termómetro infrarrojo FLUKE 62max	38
4.6.5	Medidor de temperaturas mediante termocupla:	38
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
5.1	Variables relacionadas al grano	39
5.1.1	Selección del tamiz.....	40
5.1.2	Balance del grano de cacao	40
5.1.3	Velocidad de secado	41
5.1.4	Determinación de la superficie de secado	41
5.1.5	Transferencia de calor en el proceso de secado.....	41
5.2	Variables del Colector Solar	41
5.2.1	Calor útil en el colector	41
5.2.2	Balance energético en la cubierta del colector	44
5.2.3	Balance energético de la placa colectora.....	44
5.2.4	Balance energético del aire interno	44
5.2.5	Normativa para la construcción del colector solar	44
5.2.6	Cubiertas discontinuas	44
6	ANÁLISIS ECONÓMICO	45
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
8	REFERENCIAS.....	52

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO:” IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR PARA SEMILLAS DE CACAO MEDIANTE EL USO DE COLECTORES SOLARES”

Autores:

Cedeño Paladines Byron Abel,

López Durán Luis Euclides

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó la implementación de un deshidratador para semillas de cacao con el uso de colectores solares planos, debido a la deficiencia en el proceso de deshidratación del grano se anego los incrementos del ingreso económico del productor como resultado de la venta del producto húmedo, los colectores solares planos con cubiertas continuas al recibir radiación solar almacenan energía en forma de calor la cual se puede transportar inyectando un flujo de masa de aire gracias a la transferencia de calor por convección forzada, el incremento de la eficiencia térmica del colector por medio de las cubiertas discontinuas tipo cuadradas, triangulares y hexagonales con respecto a los colectores planos de cubierta continua permitieron mejorar la eficiencia con una diferencia del 10,99% para las cubiertas hexagonales, del 14,26% para las cubiertas cuadradas y del 0,6% para las cubierta triangulares, generado un aprovechamiento del calor útil en el proceso de deshidratación de cacao, esto en relación a mejorar el procesos con la cubierta cuadrada aumenta la captación de energía en un 43,8% siendo está cubierta la más eficiente y escogida para la implementación del deshidratador, gracias al colector solar plano más eficiente se pudo disminuir el tiempo del proceso de deshidratación en un 33.34% y consecuentemente a esto se incrementa 0,41 dólares por kilogramo de grano de cacao en los ingresos económicos del productor y así dar cumplimiento con los objetivos establecidos en la propuesta tecnológica.

Palabras clave: eficiencia térmica, radiación solar, colector solar, deshidratación de granos, cubiertas discontinuas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE:"IMPLEMENTATION OF A DEHYDRATOR FOR COCOA SEEDS THROUGH THE USE OF SOLAR COLLECTORS"

Authors:

**Cedeño Paladines Byron Abel,
López Durán Luis Euclides**

ABSTRACT

At the present project the implementation of a dehydrator for cocoa seeds through the use of flat solar collectors was carried out, due to grain dehydration process and economic income of the producer as result of the humid product sales , flat solar collectors with continuous roofs when they receive solar radiation they store energy in heat way, which one can be transported by injecting a mass flow from air thanks to the heat transfer by forced convection, the increase of the thermal collector efficiency thanks square, triangular and hexagonal discontinuous roofs with respect to the continuous roof flat collectors allowed to improve the efficiency with a difference of 10.99% for the hexagonal roofs, of 14.26% for the square roofs and of the 0.6 % for triangular roofs, this is related to optimization process of power supply, being the square roof which increases the collector performance on 43.8%, with the most efficient time of the dehydration process in 33.34% and consequently increasing 0.41 dollars per kilogram of cocoa bean producer incomes and applying the established objectives on the technological proposal.

Keywords: thermal efficiency, solar radiation, solar collector, dehydration of grains, discontinuous covers.



Universidad
Técnica de
Cotacachi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotacachi, en forma legal CERTIFICO que: Los señores Celedón Paladini Byron Abel con C.I.1880426514-2 y López Durán Luis Escobedo con C.I. 172603880-3, de la Carrera de INGENIERÍA Electromecánica de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, tradujeron a inglés de forma correcta el resumen de la propuesta tecnológica titulada "IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR PARA SEMILLAS DE CACAO CON EL USO DE COLECTORES SOLARES" lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con la correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Febrero 07 del 2019

A continuación:

Msc. Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 8502617350



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Cedeño Paladines Byron Abel, López Durán Luis Euclides

TEMA APROBADO: “Implementación de un deshidratador de semillas para cacao mediante el uso de colectores solares”

CARRERA: Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA: Ing. Torres Tamayo Enrique Ph.D.

EQUIPO DE TRABAJO: Cedeño Paladines Byron Abel, López Durán Luis Euclides, Ing. Torres Tamayo Enrique Ph.D, Ing. Paredes Ojeda Jorge. Msc.

LUGAR DE EJECUCIÓN: Cantón Quito

LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN: Cantón Quinindé

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 1 año

FECHA DE ENTREGA: 07 de Febrero de 2019

LÍNEA(S) Y SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de las carreras: eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“Implementación de un deshidratador de semillas para cacao mediante el uso de colectores solares”.

2.2. TIPO DE ALCANCE

Emprendimiento

Productivo

Integrador

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Ingeniería industrial y construcción.

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Muchos de los procesos para secado de semillas requieren un tiempo estimado de deshidratación, los objetivos principales de la propuesta tecnológica son incrementar la eficiencia y reducir el tiempo que conlleva el proceso de deshidratación de semilla de cacao,

mantenimiento la calidad del producto y estableciendo una eficiencia energética mediante el uso de fuentes renovables de energía. Los tipos de deshidratado de cacao tiene diferentes desventajas, como la penetración de humo, concentración de hongos, sanidad y fracturación en el grano de cacao esto afecta a la calidad del producto, generado pérdidas económicas y problemas para los productores.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

El proceso de deshidratado solar.

2.5.2. Campo de acción

Los procesos ingenieriles para la implementación de los procesos de secado solar en semillas de cacao.

2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática:

Todas las personas en el mundo alguna vez han probado chocolate en su máxima expresión, pero muy pocos saben de donde proviene o el proceso que se realiza para que este llegue a ser el producto elaborado que se encuentra en los supermercados.

El árbol de cacao se cultiva en algunos países de América del Sur tales como: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil Guayanas e incluso Venezuela, siendo Ecuador el principal exportador de cacao fino y de aroma al abastecer más del 63% de la producción mundial. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC, 2010) pero para exportar este producto se necesita pasar por un proceso de deshidratación. El tiempo determinado para el secado de la semilla de cacao es un factor clave para la economía del pequeño agricultor cacaotero o productor de cacao, este proceso se realiza de una forma primitiva aun en los recintos de la región costa del Ecuador, en plazoletas de concreto construidas a la intemperie aprovechando la energía térmica de la radiación solar para poder deshidratar la semilla lo que conlleva a que cuando existen días con frecuencia y valores de radiación bajos el agricultor tenga que vender la semilla de cacao húmeda provocando una reducción de sus ingresos económicos.

2.6.2. Problema

Deficiencia en el proceso de deshidratación para semillas de cacao.

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

El diseño y construcción de secador de cacao, permitirá el incremento de la eficiencia del proceso en un 30% teniendo en consideración el tiempo que conlleva el secado, el contenido de humedad y granulometría de la semilla de cacao después del proceso de fermentación.

2.8. OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

Implementar un deshidratador para semillas de cacao que optimice el tiempo de secado e incremente la eficiencia del proceso mediante el uso de un colector solar.

2.8.2. Objetivos específicos

- Indagar antecedentes bibliográficos que permitan la selección adecuada del equipo de deshidratación.
- Determinar las propiedades físicas del grano de cacao en el proceso de la extracción de humedad.
- Diseñar un sistema de deshidratación que permitan la eficiencia energética en el uso de fuentes renovables de energía.
- Realizar la construcción de un deshidratador de semilla de cacao garantizando el cumplimiento del objetivo principal.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Objetivo específico	Tareas por objetivo	Actividades
Indagar antecedentes bibliográficos que permitan la selección adecuada del equipo de deshidratación.	Conocer los tipos de transferencia de calor que existen	Lectura bibliográfica
	Adquirir conocimiento en materiales con mayor conductividad térmica	Lectura y comprensión
	Investigar los tipos de sistemas y máquinas para el prototipo de deshidratadores	Revisión de trabajos relacionados al proceso de deshidratado
Determinar las propiedades físicas del grano de cacao en el proceso de la extracción de humedad.	Realizar ensayos para la determinación de los requisitos de cacao.	Determinación de tipo de cacao. Determinación de parámetros de calidad.

	Determinación de la granulometría del grano de cacao.	Método experimental de parámetros del grano de cacao.
	Realizar la investigación de las curvas de humedad del grano de cacao.	Indagar de los parámetros de evaluación en el grano de cacao.
Diseñar un sistema de deshidratación que permitan la eficiencia energética en el uso de fuentes renovables de energía	Comparar el impacto positivo o negativo entre el proceso de secado con energía renovable y con el secado artificial.	Determinación de parámetros de consumo, costo y calidad del grano de cacao.
	Establecer el comportamiento de la humedad en el grano de cacao en el proceso de secado considerando las variaciones de los parámetros climatológicos más influyentes y las masas de trabajo.	Diseño experimental del comportamiento de la humedad en transcurso del tiempo.
Diseñar un sistema de deshidratación que permitan la eficiencia energética en el uso de fuentes renovables de energía	Bosquejar prototipos posibles del deshidratador	Idear y realizar un plan
	Selección de material adecuado	Calculo de parámetros e Investigar normas posibles que garantice la calidad de la maquina
	Elaboración de planos asistido por computadora	ingeniería de detalle
Realizar la construcción del deshidratador de semilla de cacao garantizando el cumplimiento del objetivo principal.	Revisión de planos	Calificación
	Construcción de la cama de secado	Manufacturar
	implementar las cubierta discontinua al colector solar plano	Construcción
	Comparar entre las geometría la cubierta con mayor eficiencia	Experimentación

3 ESTUDIO DEL ARTE

3.1 Introducción

En el estudio del arte se obtiene información con respecto al grano de cacao, los tipos e historia del cacao en el Ecuador, el grano seco del cacao ecuatoriano es reconocido a nivel mundial gracias a la calidad de producto que se tiene en el producto la materia prima para realizar el chocolate, el secado de cacao lo realizan los pequeños y medianos agricultores dedicado al cultivo fruto es por eso que este capítulo tiene como objetivo establecer los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de secado para granos de cacao llegando a la selección del equipo más óptimo para este proceso.

3.2 El Cacao *Theobroma cacao* L.

El árbol del cacao pertenece al género *Theobroma Cacao*, orden Filiales y familia Sterculáceas. Es un árbol tropical que crece sólo en climas calientes y húmedos. Es por eso que se sitúan a 20 grados de latitud Norte y 20 grados de latitud Sur. Es decir, que necesita una temperatura constante de cerca de 24-26°C, lluvias abundantes y regulares, y un suelo rico en potasio, nitrógeno y oligo-elementos.

El fruto es una baya o mazorca ovoidea, grande, y aguda hacia el ápice, de unos veinticinco a treinta centímetros de largo y de diez a quince de grueso, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, sub leñoso, consistente, con diez surcos longitudinales; las semillas son ovoides, blancas y pardas cuando están secas; la almendra es de unos dos centímetros de sabor muy amargo. [1]

3.3 Cacao en el Ecuador

La mazorca de Cacao es una fruta tropical nacida de la mata del mismo nombre o más conocidas por las personas que se dedican a cultivarla (mata cacaotera), sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Es un árbol con flores pequeñas que se observan en las ramas y producen una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y parte del nororiente ecuatorianos como es Sucumbíos. En el país se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional. Es un Cacao Fino de Aroma conocido entre los productores nacionales desde la época colonial. Ecuador es el país con la mayor participación en este segmento del mercado mundial (un 63% de acuerdo con las estadísticas de ProEcuador). Otro dato muy importante en el 2011, Ecuador recibió el premio como "mejor cacao por su calidad oral mejor grano de cacao por región geográfica" en

el Salón du Chocolat en París, Francia. [2]. El grano de cacao es la materia prima para la generación de chocolate de todo tipo (barras, bebidas, postres, caramelos etc.) siendo unos de los dulces más apetecidos en el mundo.

Según un artículo de la revista líderes perteneciente al diario ecuatoriano El Comercio manifiesta que, la domesticación, cultivo y consumo del cacao fueron realizados por los toltecas, aztecas y mayas hace unos 2 000 años; sin embargo, investigaciones recientes indican que al menos una variedad de cacao tiene su origen en la Alta Amazonía, hace 5 000 años. Cuando los españoles llegaron a América, los granos de cacao eran usados como moneda y para preparar una deliciosa bebida y, un siglo después, las semillas fueron llevadas a Europa donde desarrollaron una receta añadiéndole vainilla y dulce. Fue recién a finales del siglo XIX que, luego de varias experimentaciones, los suizos lograron producir el primer chocolate de leche, empezando así una industria mundial.

En la segunda mitad del siglo XVI, este rentable negocio atrajo el interés de empresarios guayaquileños y, en 1 600, ya se tenían las primeras cosechas, siempre a orillas de los afluentes río arriba de Guayaquil, por lo que es conocido en el mundo como Cacao de Arriba. Existen registros de que Ecuador produce cacao desde 1780, pero en 1911 fue cuando llegó a ser uno de los mayores exportadores. Hoy, la mayor parte del cacao exportado por Ecuador corresponde a una mezcla de Nacional y Trinitarios introducidos en 1930 y 1940, y se define como Complejo tradicional [2]

3.3 Tipos de cacao en el Ecuador

En el país existen dos tipos de cacao conocidos dentro de la agricultura cacaotera como son el cacao nacional y el cacao fino de aroma (CCN51).

El cacao Nacional: posee características semejantes al tipo Forastero Amelonado. Sin embargo, existen pocas plantaciones puras de éste, predominando plantaciones producto del cruzamiento natural con materiales introducidos desde Venezuela y Trinidad, denominándose complejo de Cacao Nacional Trinitario. Las mazorcas son amelonadas, pero con estrangulaciones en la base y el ápice de la misma, con surcos y lomos poco profundos. El color interno de las almendras es violeta pálido o lila, aunque en algunas ocasiones se observan semillas blancas. De este tipo de cacao se obtiene uno de los mejores chocolates del mundo.

El cacao nacional tiene sabor y aroma floral, combinado con perfiles de frutas, nueces y almendra.



Figura 3. 1. Cacao Nacional

Fuente: [3]

Cacao Fino de Aroma CCN51 (clones): se pueden encontrar Clones, es decir, variedades producidas por el hombre, que suelen identificarse con letras y números provenientes de su investigación, como es el caso del CCN51. Sus mazorcas son rojizas-moradas cuando tiernas y de color rojizo anaranjadas cuando maduras. Este cacao es tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad.



Figura 3. 2. Cacao fino de aroma

Fuente: [3]

Ecuador es el principal exportador de cacao fino y de aroma al abastecer más del 63% de la producción mundial. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC, 2010). Actualmente, en el país se cultivan alrededor de 243.146 ha. de cacao como monocultivo en alrededor de 58, 466 unidades de producción o fincas cacaoteras. Por otro lado, las principales zonas de producción del país, se ubican en: Los Ríos (24%), Manabí (21,6%), Guayas (21%), Esmeraldas (10%), El Oro (7%) y otras provincias entre Sierra y Oriente (16%).



Figura 3. 3. Producción de cacao en Ecuador

Fuente: [3]

La Semilla de cacao es la materia prima para la utilización del chocolate, este dulce es muy apetecido en el mundo y utilizados en los mejores postres, bocaditos pasteles. El árbol de cacao es cultivado en nuestro país en la zona noroccidente de la costa ecuatoriana y es una de las fuente de ingreso a nivel regional según un estudio realizado por el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, el Ecuador se ha mantenido en el tercer lugar entre los países exportadores de grano de Cacao desde el 2011 quedando atrás de países como Costa de Marfil (primero) y Ghana (segundo) estos países africanos, el Ecuador es el mayor exportador de grano de cacao en Nuestro continente tal cual lo podemos observar en la figura 1.1 datos de información hasta finales del año 2015, En el primer semestre del 2016 las exportaciones han sido de 282.7 millones de dólares, con una participación del 5.1% de la oferta exportable del país [4]. El sabor del chocolate ecuatoriano es reconocido en el certamen International Chocolate Awards, considerado el Óscar del Chocolate, que destaca la excelencia, innovación y calidad de este producto alrededor del mundo [5].

3.4 Proceso del Cacao

El cacao como cualquier otra plata tiene su respectivo cultivo agrícola una vez que este cultivo agrícola es terminado se obtiene el furo de cacao, en las haciendas que e dedican a esta labor realizan un proceso desde que se tiene el fruto maduro este proceso costa de las siguientes etapas.

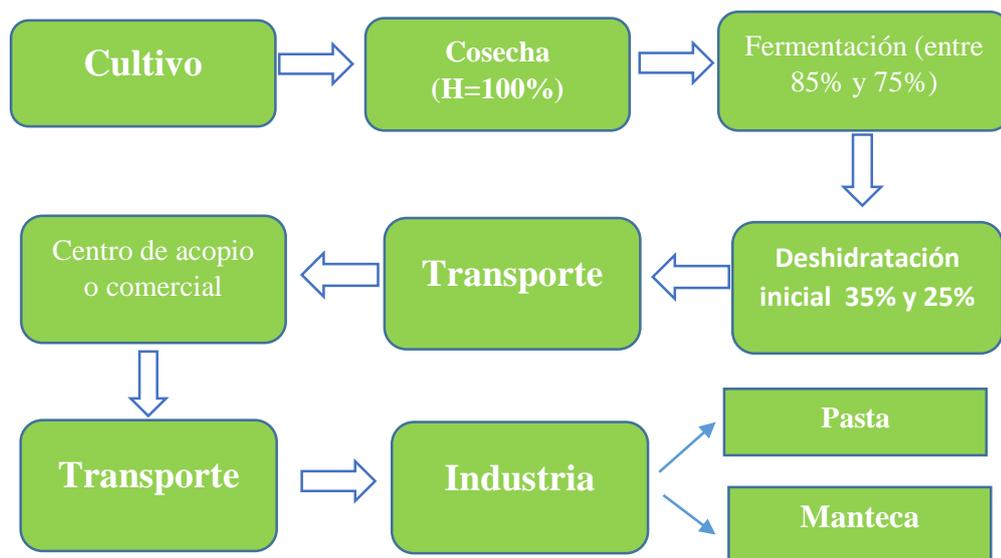


Figura 3. 2. Proceso del cacao
Fuente: [Propia]

3.4.1 Recolección de mazorcas de Cacao:

Consiste en recolectar y abrir las mazorcas maduras, sacar las almendras y colocarlas a fermentar en fermentadores especiales. En los meses de mayor producción (diciembre - junio) se debe cosechar cada 15 días y, en los meses de menor producción, cada mes. Generalmente la madurez de la mazorca se aprecia por el cambio de color, son rojizas-moradas estando tiernas y de color rojizo anaranjadas cuando maduras [3].

Este proceso se realiza manualmente y con diversas herramientas que dan facilidad al agricultor cacaotero a realizar la recolección con rapidez y con la mayor cantidad de mazorcas de cacao recogidas en el día de trabajo.

3.4.2 Extracción del grano de cacao:

La extracción del grano de cacao o también conocida por los agricultores ecuatorianos como desgrane de la mazorca es el proceso realizado luego de la recolección de fruto, este proceso se realiza con pequeños machetes debido a que la mazorca del cacao tiene una dureza considerable y es muy dificultoso realizar esta labor con las manos, luego de abrir las mazorcas se extrae la pulpa más los granos esta labor si se realiza a mano para poder colocarlos en los recipientes de fermentación, la extracción del grano de cacao se realiza en el campo de tal manera que las cascaras o bagazo sirva de abonos para las plantas.

3.4.3 Fermentación.

La fermentación es una de las etapas realizadas pos-cosecha que más afecta a la calidad de los productos obtenidos a partir del cacao. Dos principales fenómenos ocurren durante ese proceso: Actividad microbiana en la pulpa mucilaginosa, con producción de alcohol y ácidos, liberando calor. Complejas reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, iniciadas por las difusiones de productos del metabolismo de la pulpa, producidos por microorganismos.

La fermentación del cacao puede ser realizada de tres maneras: en montones, cestas y cajas. La fermentación en montones es usada principalmente en Ghana, Nigeria y Costa de Marfil. Donde se hace un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera o de un piso de caña para amontonar allí las almendras frescas. Luego éstas se cubren con el mismo tipo de hojas para que comience la fermentación. Los montones se tapan adicionalmente con sacos de yute para reducir la pérdida de calor. La remoción de la masa, en este caso, generalmente es hecha en el segundo y en el cuarto día [3].

Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, laurel, que no desprendan sustancias extrañas, taninos,

por ejemplo, que interfieren con la calidad final del cacao. Descansan sobre patas o largueros separados del suelo. Este procedimiento propicia la aireación de la masa después de las 24 horas del inicio de la fermentación. El momento que deben ser realizadas las remociones siguientes dependerá de la magnitud del lote [3].

3.4.4 Secado del cacao

El secado es comúnmente conocido como un proceso térmico de eliminación de sustancias volátiles de diferentes formas de transferencia de energía, consiste en retirar por evaporación el agua de la superficie del producto y transferirla al aire circundante. La rapidez de este proceso depende del aire, la velocidad con la que éste circule alrededor del producto y su grado de sequedad y de las características físico mecánicas del producto su composición química, mineralógica, contenido de humedad y tamaño de las partículas [6].

Secado natural: el secado natural es realizado con energía natural procedente de la radiación solar aplicando diferentes métodos uno de ellos es el efecto invernadero como lo demuestra la figura 3.2 el secado por efecto invernadero la energía del sol se convierte en calor útil quedando encerrado dentro del sistema, el otro método de secado natural también conocido como secado tradicional este consta de secar el grano de cacao al intemperie es decir al aire libre donde se coloca los granos en una capa de concreto la desventaja de este tipo es que el grano de cacao se expone a partículas bacterias y todo tipo de suciedad que existe en el suelo según lo podremos observar en la figura 3.2.



Figura 3. 2. Secado de grano de cacao tradicional
Fuente: [3]



Figura 3. 3. Secado natural por efecto invernadero

Fuente: [3]

Secado artificial: El secado artificial de cacao es utilizado a nivel industrial en el Ecuador los pequeños cultivadores Cacaoteros no utilizan este tipo de secado debido al costo y mantenimiento de este sistema según la empresa SIRCA encargada de la construcción y venta de secadores o intercambiadores de calor artificial en el Ecuador nos manifiesta cómo funcionan este tipos de secadores, los gases del combustible que se queman en la cámara de fuego, no se mezclan con el aire producido por el ventilador. El aire producido por el ventilador, avanza por el intercambiador de calor, recoge el calor, elevándose así su temperatura y, disminuyendo su porcentaje de humedad.

3.5 Principio y clasificación de secadores

3.5.1 Principio

La deshidratación consiste en dos procesos fundamentales y cada uno representa sus diferentes variables para cumplir el objetivo, como proceso inicial esta la extracción de agua como vapor de la superficie de un material dependiente de condiciones externas como es la temperatura, humedad y caudal del aire, área de superficie y presión.

El segundo proceso es determinado por comportamiento del solido con el movimiento de la humedad, es decir la disminución de humedad, esta operación está en función a la naturaleza física del material determinado por la humedad contenida y la temperatura del material, usualmente usado para obtener una tasa secado limitado su forma eficiente de secado, siendo simultaneo con el primer proceso. [7]

3.5.2 Clasificación de secadores según la transferencia de calor:

Las clasificaciones de los secadores pueden estar determinadas de diferentes maneras y por varios criterios, pero esencialmente acorde a tres criterios, el primero es el método de transferencia de calor, propiedades del material y modo de operación o equipos.

Secadores por convección

Secadores de calentamiento directo consiste en una corriente de gases calientes con cierto grado de sequedad sobre el sólido a secar, los gases transmiten calor al sólido para evaporar la humedad que al mismo tiempo arrastra fuera del secador manifiesta [8]. Este método consiste en adicionar gases calientes que transmiten calor para evaporar el contenido de humedad, el gas tiene contacto directo con el material a secar.

Secadores de conducción

El secado por conducción el sólido húmedo es calentado por una superficie metálica que absorbe calor de la fuente de energía termina este puede ser agua, vapor, vapor sobrecalentado, aceite, gases, electricidad y muchos otros más manifiesta [9]. Mediante la conducción de calor de un metal para el material primario, el cual va a ser secado es utilizado mediante fuentes externas de energía térmica y su particularidad es que el material es sometido a una superficie caliente en donde dependerá de lo trasmisión de calor.

Secadores por radiación, dieléctricos y por enfriamiento son clasificaciones especiales y para casos específicos de conducción de calor, ya que al tener diferentes condiciones para generar una transferencia de calor nos son parte primordial de estudio. [7]

3.5.3 Grupo de secadores según sus equipos utilizados:

Secadores de horno o estufa

Tiene pequeños recintos de forma de un paralelepípedo de dos pisos, el primer piso está diseñado para aguantar carga del o el material para su secado, en el segundo piso existe quemadores los cuales calienta el aire, atraviesa por convección forzada o forzada en el segundo piso dirigiendo el calor a la materia. [10]

Secadores bandeja de lotes

Llamada también bandeja atmosférica, diseñado para materiales sólidos, puede tener diferentes variaciones en la bandeja como la de circulación cruzada o bandeja perforada, el modo de calentamiento es por circulación cruzada o circulación por vía las cuales llegan a la sala de secado. [11]

Funcionan a un régimen intermitente dirigiéndose por una cámara rectangular que contiene soportes móviles, manejado la separación conveniente entre el material, el gas o aire circula por el diferente compartimiento móvil de las bandejas mediante un ventilador que genera un chorro de aire para luego ser evacuado. [10]

Secadores de cama fluidizado

Usado para materiales granulados entre alimentos y cerámicas en procesos industriales uno de los más usados debido a la facilidad manejo a lo largo del proceso, es continuo y un automático control con bajo mantenimiento, diseñado por unas figuras planas que sostienen el material de secado generando una transferencia de calor directo con el gas que fluye alrededor del material. [7]

Secadores rotatorios

Este secador tiene proceso disfuncional usa el sistema de cascada en el movimiento generado un pequeño momento en vuelo particularmente usado en sólidos, diseñado mediante un cilindro donde el caparazón tiene una ligera inclinación al horizonte, por lo que la transferencia de calor es directa entre gas y material, tiene un secado homogéneo y una velocidad proporcional. [12]

Secadores rotatorios al vacío

Usados en la industria farmacéutica, alimentos, materiales delicados realizado un tratamiento a partículas pequeñas provenientes de la filtración o centrifugación el secado está especializado en las características del material con un secado continuo, a temperaturas limitas garantizado las propiedades del material, conformado de un cilindro al vacío el cual no genera un efecto cascada donde la transferencia de calor puede ser directa o indirecta con el gas. [7]

Secadores de túnel

El funcionamiento de este secador es semicontinuo por lo cual las bandejas contienen el material a secar se cargan por carretillas que se trasladan a lo largo del material, la transferencia de calor es indirectamente o directa, se evacua los gases en forma de chimenea al medio ambiente.

Secadores solares

Usado en la industria alimenticia para preservar y deshidratar, la producción de aire caliente es limitada ya que necesita un sistema de captación de energía, es posible la degradación microbiológica o bioquímica, infestación de insectos, la facilidad del uso es una energía renovable, es rentable, ya que su fuente de energía es el siendo casi ilimitada y de menor costo su obtención, existen en todo el planeta el verdadero problema es el tiempo de radiación. La temperatura no es uniforme es dependiente a la geografía donde está ubicado, nivel de captación

solar, tipo de captador, características de la zona horaria, tiene una baja eficiencia y alto mantenimiento. [13], auxiliar energía, control sistema.

Los Colectores solares planos están formados por cubierta semitransparente o transparente de vidrio o plástico que aprovecha el efecto invernadero, de acuerdo a lo establecido con la norma NTE-INEN 2 507. estos contienen una placa de metal con alta conductividad térmica (cobre o aluminio), se la denomina placa absorbente o colectora como se observa en la figura 9 la cual se encarga de absorber la energía que se emite por la radiación solar y transformarla en calor, esta placa va cubierta de un material aislante evitando que exista un cortocircuito térmico entre la estructura y la placa absorbente aprovechando la mayor cantidad de energía para ser transportada por el fluido gracias a la transferencia de calor por convección.

Se clasifican esencialmente en secadores solares natural quienes usan al ambiente como único medio de transporte y transferencia de calor, secadores solares semiartificiales estos secadores contienen un ventilador para direccionar y tener un flujo de aire constante en el espacio de secado, por último, están los secadores artificiales con asistencia solar son particularmente usados como sistemas auxiliares para mantener una temperatura baja en un proceso.

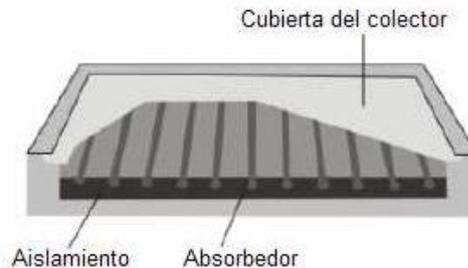


Figura 3. 4. Colector solar planos y sus partes
Fuente: [14]

Radiación solar

La temperatura es directamente proporcional a la radiación solar debido a la capacidad de la superficie terrestre a adquirir este tipo de energía y almacenarla como Calor, en el secado a través de energía solar es fundamental gracias a este se logra retirar cierto contenido de agua llamada Humedad.

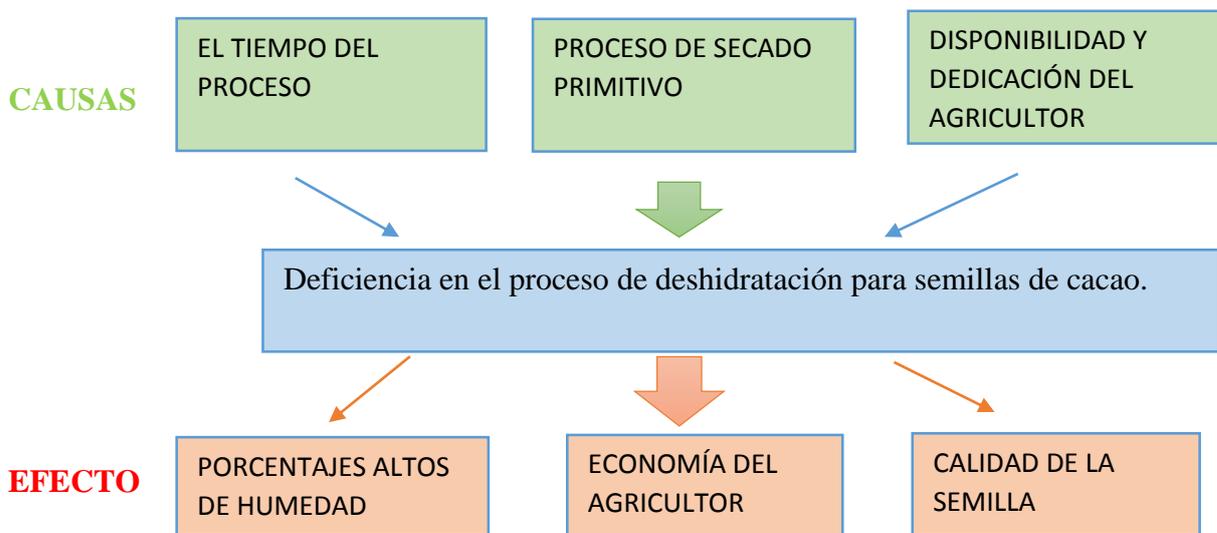
Ecuador adquiere este nombre debido a que está atravesado por la línea ecuatorial es decir se encuentra entre el hemisferio sur y el hemisferio norte logrando en ciertas partes del país tener latitud 0 es por eso que el sol cae perpendicularmente sobre la superficie de la tierra en esta parte del planeta teniendo como consecuencia radiaciones exorbitante, en la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 11 de Eficiencia Energética en la Construcción del Ecuador.

4 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR EN EL SECADO DE CACAO

Dentro es este capítulo se encuentra el método y los cálculos que permite definir las propiedades físicas y térmicas en el secado convencional del grano de cacao, este tiene lugar varios fenómenos de intercambio de calor y masa que rigen su comportamiento termo energético. La literatura científica recoge diversos procedimientos de cálculo para el análisis de este proceso.

4.1 Diseño experimental

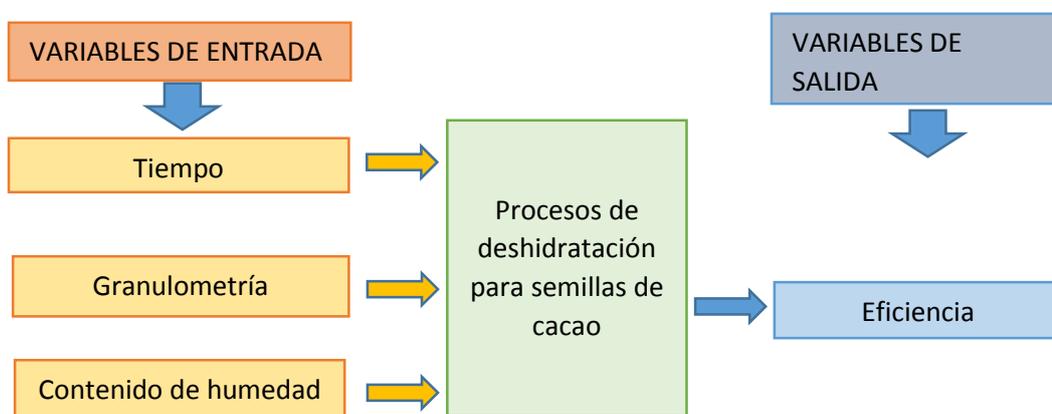
4.1.1 Matriz de causa y efecto



Fuente: [Propia]

La deficiencia en el proceso de secado es causada por el tiempo de exposición al sol del grano de cacao, el secado artesanal o primitivo y la disponibilidad de tiempo del agricultor influyen en el porcentaje de humedad y baja calidad del producto disminuyendo los ingresos económicos del agricultor.

4.1.2 Matriz de relación de variables



Fuente: [Propia]

Aplicado la relación en fórmula para diseño experimental, teniendo en cuenta que el número de experimentos proporcional a la linealidad del proceso:

$$n = 2^k \rightarrow \text{Para procesos lineales} \quad (4.1)$$

$$n = 3^k \rightarrow \text{Para procesos no lineales} \quad (4.2)$$

Donde:

n = Número de experimentos [adimensional]

k = Número de variables de entrada [adimensional]

4.2 Propiedades Meteorológicas

Las propiedades meteorológicas del lugar de experimentación (Quito) se toman desde enero del 2018 del INAMI y weatherspark siendo datos parecidos con respecto a la radiación que se da en esta parte del país para la implementación se relaciona de acuerdo a la tabla de sectorización de acuerdo al nivel de radiación la cual no varía mucho con respecto a los lugares donde se obtiene el grano de cacao.

Radiación Solar

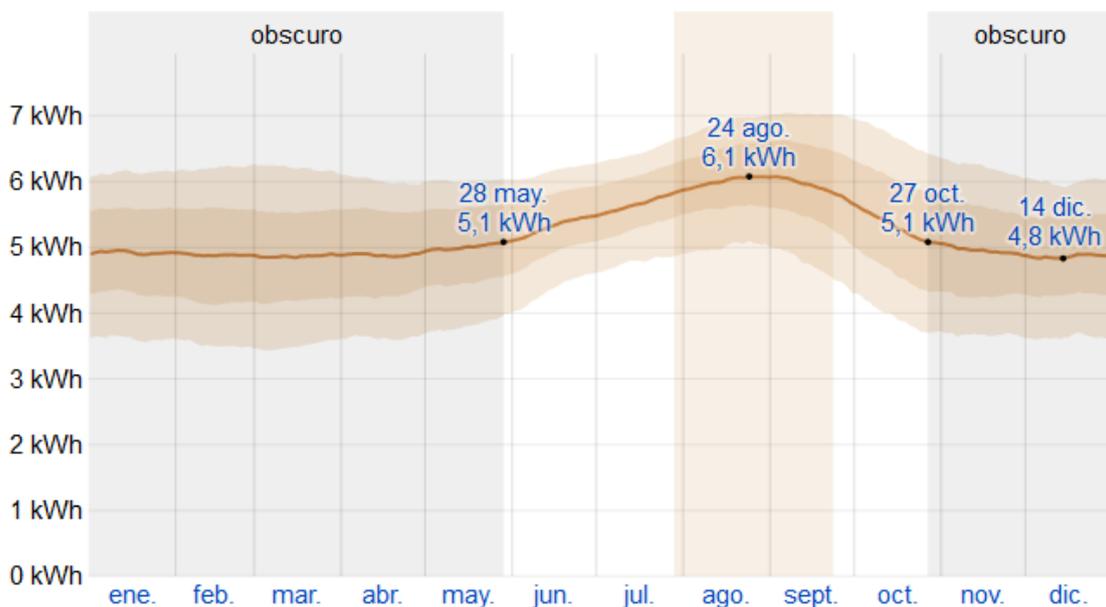


Figura 4. 1 Radiación solar de Quito

Fuente: [15]

Los niveles de radiación encontrado en durante el año 2018 son similares a los datos encontrado en el INAMI Instituto Nacional de Metrología e Hidrología 2017 donde se ve que existe los mejores días de radiación desde finales de julio hasta inicios de octubre como se evidencia en la figura 3.5, estos días dentro de la captación de energía solar se denomina los mejores días ya

que se tiene los picos más altos de incidencia de radiación donde un productor de cacao obtiene mejores ingresos.

Sectorización de acuerdo al nivel de radiación

Tabla 4. 1. Rango y clasificación en zonas con respecto a la cantidad de radiación basado en el Mapa del INAMHI

Zonas	[Wh /m ² .día]
Zona I	3200 - 3600
Zona II	3600 - 4000
Zona III	4000 - 4400
Zona IV	4400 - 4800
Zona V	4800 - 5200

Fuente: [16]

En las provincias donde más se cultiva y se procesa la semilla de cacao se encuentra cerca de la línea ecuatorial es por eso que se tiene una radiación solar fuerte siendo favorables en el objetivo de obtener energía en forma de calor para retirar cantidades de agua del grano de cacao fermentado en la siguiente tabla se ve una media de la irradiación de las provincias cacaoteras y la zona donde se encuentran ubicadas.

Tabla 4. 2. Radiación solar del Ecuador clasificado por provincias y zonas de acuerdo a su valor

PROVINCIA	CIUDAD	Wh / m ² .día Promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	III
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	III
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	IV
Pichincha	Quito	4990	V
Tsachila	Sto. Domingo	3440	I
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	III
Santa Elena	Salinas	4360	III
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	II

Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4550	IV
Chimborazo	Riobamba	4490	IV
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	IV
Morona Santiago	Macas	4090	III
Azuay	Cuenca	4350	III
El Oro	Machala	4200	III
Loja	Loja	4350	III
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	III
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Fuente: [16]

Nubosidad

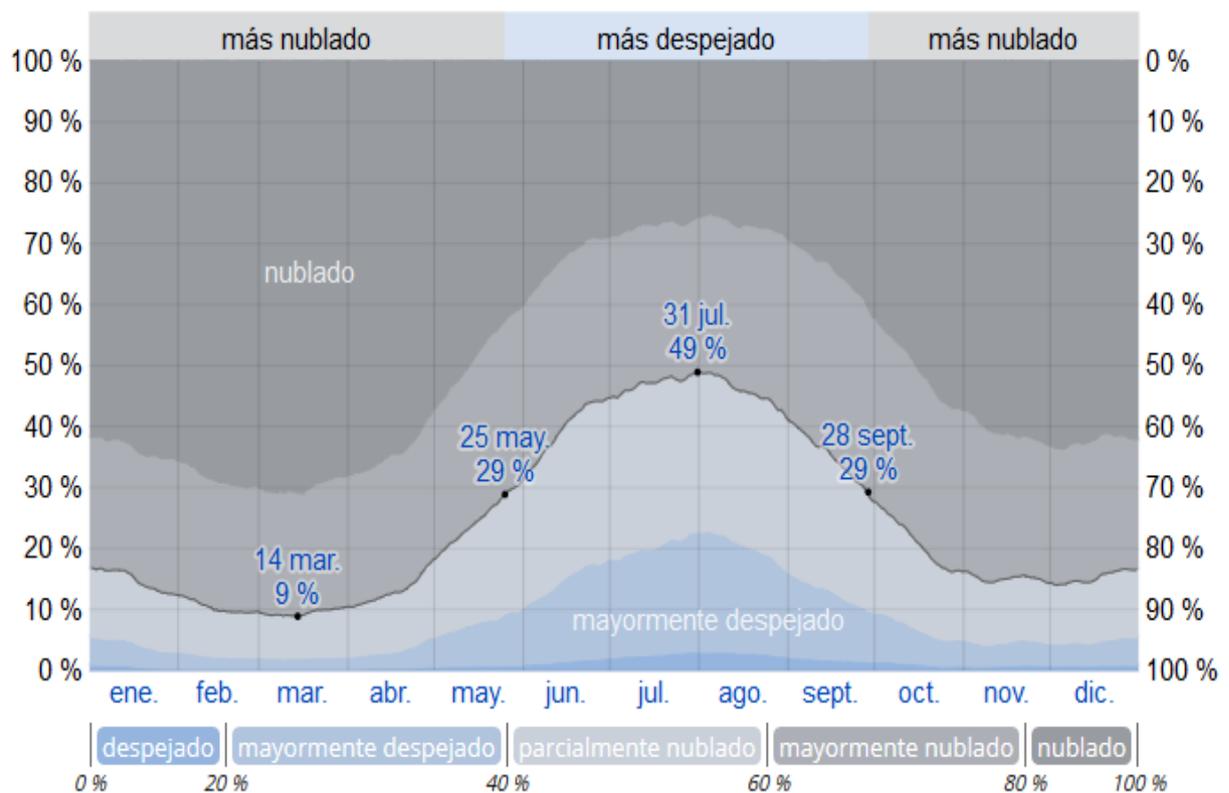


Figura 4. 2. Radiación solar de Quito

Fuente: [15]

Dentro de la captación de energía existen los denominados peores días es donde se debe hacer las debidas experimentaciones ya que con eso se garantiza el funcionamiento neto de la máquina

para todo el año, como se observa en la imagen 4.2 los meses con mayor nubosidad son desde noviembre hasta mediados de marzo obteniendo los picos más altos de nubosidad.

4.3 Variables relacionadas al grano de cacao

En el Ecuador el cacao de mayor calidad es el CN551 es el cacao fino de aroma cultivado en la mayor parte del país así lo afirma [2] pero también se cuenta con el cacao nacional descendiente el cacao trinitario dispuesto por [3] en para determinar las propiedades

La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño resultan de suma importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de cáscara o testa (Pt), contenido de grasa y la efectividad del proceso de tostado [17].

4.3.1 Diámetro equivalente, d_{eq}

El diámetro equivalente corresponde al diámetro que tendría una esfera con el mismo volumen del grano [18]. Considerando el J. Sánchez-Ramírez y col. / Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol. 6, No. 2 (2007) 185-192188 volumen de una esfera el diámetro equivalente se calculó con la expresión:

$$d_{eq} = [(6V_c/\pi)]^{1/3} \quad (4.3)$$

Donde:

$V_c = \text{Volumen unitario del grano [m}^3\text{]}$

4.3.2 Esfericidad, Φ

La esfericidad se calculó con la relación de las dimensiones de 20 granos de cacao [18]:

$$\phi = \frac{[abc]^{1/3}}{a} \quad (4.4)$$

Dónde:

a : Longitud del grano [mm]

b : Ancho del grano [mm]

c : altura del grano [mm]

4.3.3 Selección del tamiz

En la norma NTE-INEN 1 515 [19] donde se presenta la terminología, objetivo donde se establece los tamaños nominales de cribas metálicas o zarandas y tamiz de selección acorde a la diámetro equivalente determinado en los indicadores iniciales, acorde a lo mencionado en le

parte 4.3 de la norma se direcciona a las tabla 4.1 para la selección de los tamices según el diámetro.

Es muy importante enfatizar en los parámetros de diseño en requisitos mínimos para la fabricación de tamices que no afecten física, químicamente a los productos expuestos, los marcos y tapa deberán cumplir los parámetros descritos en los requisitos físicos de un tamiz [19].

Tabla 4.3. Características de los tamices de ensayo. Tamaño nominal de las aberturas

TAMAÑO NOMINAL	VARIACIÓN PERMISIBLE TAMAÑO NOMINAL	TAMAÑO MAX PARA MAS DEL 5% mm	TAMAÑO MAX PARA TAMAÑO INDIVIDUAL	θ	% TOLERANCIA
1,25	± 3,7	130	130	8	5
106	± 3,2	110,2	111,1	6,4	5
*90	± 2,7	93,6	94,4	6,08	5
75	± 2,2	78,1	78,7	5,8	5
*63	± 1,9	65,6	66,2	5,5	5
53	± 1,6	55,2	55,7	5,15	5
*45	± 1,4	46,9	47,4	4,85	5
37,5	± 1,2	39,1	39,5	4,59	5
*31,5	± 1	32,9	33,2	4,23	5
26,5	± 0,8	27,7	28	3,9	5
*22,4	± 0,7	23,4	23,7	3,5	5
19	± 0,6	19,9	20,1	3,3	5
*16,0	± 0,5	16,7	17	3	5
13,2	± 0,41	13,83	14,05	2,75	5
*11,2	± 0,35	11,75	11,94	2,45	5
9,5	± 0,3	9,97	10,16	2,27	5
*8	± 25	8,41	8,58	2,07	5
6,7	± 0,21	7,05	7,2	1,87	5
*5,6	± 0,18	5,9	6,04	1,68	5
4,75	± 0,15	5,02	5,14	1,54	5
*4	± 0,13	4,23	4,35	1,37	5

Fuente: [19]

4.3.4 Balance del grano de cacao.

La humedad es una variable física definida formalmente como la cantidad de agua disuelta en un gas o absorbida en un sólido. El contenido de humedad en un sólido puede expresarse en base húmeda por.

$$X_h = \frac{M_a}{M_a + M_x} \quad (4.5)$$

Dónde:

M_a = Masa del agua [kg]

M_x = Masa del sólido [kg]

Contenido de Humedad del grano fresco (en baba)

El contenido de humedad que se tiene como referencia para el grano fresco conocidos por los agricultores cacaoteros de la región como cacao en baba es del 100% es decir la humedad inicial después del desgrane de la mazorca

$$X_b = 100\% \quad (4.6)$$

$X_b =$ contenido de humedad del grano fresco (%)

Contenido de humedad del grano fermentado.

Es la humedad obtenida luego del proceso de fermentación del grano de cacao así como se explica en el capítulo 1, de acuerdo con la norma NTE INEN 176 [1] manifiesta los valores para la humedad mínima del grano fermentado va desde 85% al 53% como se puede evidenciar en la tabla 1 para el cacao de buena fermentación y de ligera fermentación. Donde el método de estudio se referencias en la norma NTE –INEN-ISO 2291 del 2013 que referencia a la determinación de contenido de humedad por el método rutinario donde se menciona que debe ser el 7% [20].

$$X_f = \frac{W_b - W_f}{W_b} * X_b \quad (4.7)$$

Dónde:

$X_f =$ Contenido de humedad del grano fermentado [%]

$W_b =$ Peso del grano fresco [kg]

$W_f =$ Peso del grano fermentado [kg]

$X_b =$ Contenido de humedad del grano fresco [%]

También se puede determinar el contenido de humedad del grano fermentado en base a la masa del grano después de la fermentación.

$$X_f = \frac{M_b - M_f}{M_b} * X_b \quad (4.8)$$

Dónde:

$M_b =$ Masa del grano fresco [kg]

$M_f =$ Masa del grano fermentado [kg]

Contenido de humedad final

El contenido de humedad final se obtiene luego del proceso de secado del grano de cacao de acuerdo a la norma NTE INEN 176 para obtener un grano de calidad la humedad final debe ser menor al 7% según [1], este contenido de humedad se puede obtener con una ecuación similar a la 3 y 4.

$$X_s = \frac{W_b - W_s}{W_b} * X_b \quad (4.9)$$

Dónde:

$W_s =$ *Peso del grano final [kg]*

$X_b =$ *Contenido de humedad del grano fresco [%]*

También se puede determinar el contenido de humedad del grano fermentado en base a la masa del grano después de la fermentación.

$$X_s = \frac{M_b - M_s}{M_b} * X_b \quad (4.10)$$

Dónde:

$M_s =$ *Masa final del grano [kg]*

Cantidad de humedad retirada pos-secado

La cantidad de humedad retirada en el proceso de secado del grano de cacao es la diferencia entre el contenido de humedad del grano fermentado y el contenido de humedad final.

$$\Delta X_{fs} = X_f - X_s \quad (4.11)$$

Dónde:

$X_f =$ *contenido de humedad del grano fermentado [%]*

$X_s =$ *contenido de humedad final [%]*

4.3.5 Velocidad de secado

Cada grano tiene una velocidad de extracción de agua por hora para no sufrir deterioro, luego no es posible mantener la calidad del grano si se excede ese valor. La velocidad de extracción es llamada velocidad de secado y se define por [21].

$$R = \frac{M_s}{A} \frac{dx}{dt} \quad (4.12)$$

Dónde:

$M_s =$ *Masa final del grano [kg]*

$\frac{dx}{dt} =$ *contenido de humedad con respecto al tiempo [adimencional]*

$A =$ *área o superficie de secado [m²]*

Otra forma para obtener la velocidad de secado del grano de cacao es a través de la variación del contenido de humedad desde X_f hasta X_s .

$$R = \frac{M_s}{S} * \frac{\Delta X_{fs}}{t} \quad (4.13)$$

Dónde:

$S = \text{Superficie de secado [m}^2\text{]}$

$\Delta X_{fs} = \text{Contenido de humedad retirado en el proceso de secado [\%]}$

$t = \text{Tiempo de secado [h]}$

4.3.6 Determinación de la superficie específica del cacao en grano para el secado

La velocidad de secado es directamente proporcional a la superficie de secado del producto, mientras más superficie se tenga, más rápido ocurrirá el proceso [22]. Con el objetivo de facilitar la operación; la superficie específica para el secado debe ser la mayor posible; esto se logra al tener capas más finas. El cacao en grano debe permanecer entero según los requisitos de la NTE 0176 (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2006), consecuentemente la capa más fina, y por tanto la superficie óptima de secado, corresponde a una sola capa de cacao en grano.

Además, una sola capa de cacao en grano facilitará e incrementará la velocidad de circulación del aire para el secado a través del producto, en el equipo de secado.

Asimismo, una sola capa de cacao previene la formación de granos múltiples, que es otro criterio de grano defectuoso según la NTE 0176 (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2006).

Si bien la NTE 0177 [23] exige trabajar con una muestra de 500 g (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 1995); se trabajará con una muestra mayor con el propósito de minimizar errores de medición. Se establece una superficie rectangular que abarque una sola capa de cacao en grano, luego se mide la masa de la muestra. Se expresa la superficie del cacao en grano por unidad de masa.



Figura 4. 3. Determinación de la superficie específica del cacao en grano para el secado

Fuente: [22]

Superficie de secado del grano fermentado de cacao permitirá determinar la superficie horno tipo bandeja.

$$\check{S} = \frac{s}{M_F} \quad (4.14)$$

\check{S} = Superficie específica para el secado del cacao en grano fermentado [$\frac{m}{kg}$]

s = Superficie de una sola capa de cacao en grano fermentado o en baba [m]

M_F = La masa del cacao que ocupa dicha superficie [kg]

Luego que se obtiene la superficie específica se puede determinar la superficie total para el secado del grano fermentado.

$$S = \check{S} * M_F \quad (4.15)$$

Dónde:

S = Superficie total de secado [m]

La superficie total de secado el grano fermentado es directamente proporcional a la masa del grano fermentado con la variación de esta masa se puede determinar la superficie de secado de acuerdo con las normas NTE 0177 (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2006).

4.4 Criterios para diseño de equipos del secador

4.4.1 Criterio de selección del equipo para el secador

Existe diferentes formas de realizar una selección de equipo y los criterios más importantes son la temperatura del aire y de qué manera va a ingresar al sistema [7], comenzado con el coeficiente de transferencia de calor volumétrico, la temperatura aproximada de aire caliente valores mostrados en la tabla 4 escogemos acorde a la temperatura necesaria para el secado del cacao.

Tabla 4.4. Aproximación de valores de coeficiente térmico con los diferentes tipos de secadores

Approximate Values of ha for Various Drayer Types			
Type	ha	(f-t) Celsius	inlet hot air Temperature °C
Rotary	100-200	Coutercurrent 80-150	200-600
		Cocurrent 100-180	300-600
Flash	200-600	Parallel Flow only : 100-180	400-600
Fluid bed	200-600	50-150	100-600
Spray	20-80 (large five)	Counterflow 80-90	200-300
		Cocurrent 70-170	200-450
Tunnel	200-300	Counterflow 30-60	100-200
		Cocurren 50-70	100-200
Jet flow	h=100-150	30-80	60-150
Conduction	U (lcal/'c m ²	t _i - t _m 'C	
Dram	100-200	50-80	
Agited through Rotary with steam tubes, etc.		50-100	

Fuente: [7]

Según la tabla 5 proporcionado por el texto se toma en cuenta en la clasificación en solidos libres, luego en la parte de granos para la aplicación del mecanismo, en donde se separa los secadores por convección y conducción para ser mostrado al secador por bandejas y rotativo como las opciones ideales para la implementación en el proyecto.

Tabla 4. 1. Secadores acordes al materia prima y modo de transferencia de calor

Nature of feed	Liquids			Cakes		Free-Flowing Solids					formed solids
	Solution	Slurry	Pastes	Centrifugue	Filter	Powder	Granule	Fragile Crystal	Pallet	fiber	
Convection Dryers											
Belt Conveyer dryer							x	x	x	x	x
Flash dryer				x	x	x	x				x
fluid bed dryer	x	x		x	x	x	x		x		
Rotary dryer						x	x		x	x	
Spray dryer	x	x	x								
Tray dryer (batch)				x	x	x	x	x	x	x	x
Tray dryer (continuous)				x	x	x	x	x	x	x	
Conduction Dryer											
Drum dryer	x	x	x								
Steam jacket rotary dryer				x	x	x	x		x	x	
steam tube rotary dryer				x	x	x	x		x	x	
tray dryer (batch)				x	x	x	x	x	x	x	x
tray dryer (continuous)				x	x	x	x	x	x	x	

Fuente: [7]

De acuerdo a los anteriores criterios seleccionados que fueron el secador de bandejas y rotativo es necesario revisar la exposición que tendrá el secado de manera empírica se realiza la selección conlleva al tiempo estimado de secado que tendría de 1 a 6 horas debido por la radiación difusa y la radiación directa influyente en el colector siendo así el secador de bandeja.

Tabla 4. 5. Exposición de solidos al calor

Solids`Exporsures To Heat Conditions					
Dryers	Typical Residence Time Within Dryer				
	0_10	10_30	5_10	10_60	1_6
	(s)	(s)	(min)	(min)	(h)
convection					
Belt conveyer dryer				X	
Flish dryer	X				
Fluid Bed dryer				X	
Rotary Dryer				X	
Spray Dryer		X			
Tray Dryer (batch)					X
Tray Dryer (Continuous)				X	
conduction					
Drum Dryer		X			
Steam jacket rotary dryer				X	
Steam tube rotary dryer				X	
Tray dryer (batch)					X
Tray dryer (continuous)				X	

Fuente: [7]

Diseño de cámara de secado

El número de bandejas que contendrán cacao se colocará de manera horizontal una sobre otra con una distancia de separación, el área de separación de cada bandeja se multiplica por el número total de bandejas deberá ser igual o mayor a la superficie total del cacao en grano para el secado basado en la tasa de producción. [22]

$$A_s * N = S \quad \text{si,} \quad A_s = N \geq S \quad (4.16)$$

A_s = Área de secado [m^2]

N = Número de bandejas [adimensional]

S = superficie de secado [m]

La altura del interior de la cámara de secado viene definida por la siguiente formula:

$$c = N * (d + e) + d \quad (4.17)$$

c = altura de cámara de secado [m]

d = Distancia de bandejas [m]

e = Espesor de bandejas [m]

4.4.2 Transferencia de calor en el proceso de secado

El secado de solidos es un proceso en el cual conciten en la absorción de energía a través de la transferencia de calor extrayendo la cantidad de agua siendo un proceso simultaneo, el calor latente necesario para la evaporación de agua es de 2500 J/g, tomando en cuenta que el sólido tiene sus propiedades térmicas y físicas determinado la calidad de secado.

Para esto es necesario el balance de masa y energía, termodinámica, masa, calor, la tasa de trasferencia y la calidad del producto necesaria para ser comercializada para crear competitividad en el proceso.

Balance masas energía del grano

El contenido de humedad que tiene el grano después del proceso de fermentación es el punto de inicio para poder definir la masa de material que se pierde durante el proceso de secado, al final de proceso la cantidad de aire seco suministrada en el proceso se multiplica por la humedad absoluta final del aire y su humedad absoluto inicial se expresa con la formula. [22]

$$m_a = N_a * (Y - Y_0) \quad \text{ó} \quad ma = M_F - M_s \quad (4.18)$$

m_a = Masa que se pierde durante el proceso de secado [kg]

$N_a = \text{Masa del aire seco que se pondra en contacto} \left[\frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg de aire}} \right]$

$Y = \text{Humedad absoluta al final de proceso} [\%]$

$M_F = \text{Masa del grano de cacao fermentado} [\text{kg}]$

$M_s = \text{Masa del grano de cacao seco} [\text{kg}]$

Sustituyen la masa perdida durante el proceso con la formula experimental.

$$N_a * (Y - Y_0) = M_F - M_s \quad (4.19)$$

En donde las ecuaciones de masa del grano seco:

$$M_s = \frac{(1 - X) * F * M_b}{(1 - x)} \quad (4.20)$$

$X = \text{Contenido de humedad del grano fermentado} [\%]$

$x = \text{Contenido de humedad de grano seco} [\%]$

$F = \text{Relación de masa entre grano fermentado y en baba} [\%]$

$M_b = \text{Masa humedad que permanece en el cacao} [\text{kg}]$

Reemplazado en la ecuación inicial obtenemos:

$$N_a * (Y - Y_0) = \frac{(1 - X) * F * M_b}{(1 - x)} \quad (4.21)$$

Despejad la masa de aire.

$$N_a = \frac{(X - x) * M_f}{(Y - Y_0)(1 - x)} \quad (4.22)$$

Balance de energía del caco en grano

El grano de cacao para poder perder humedad es necesario la cantidad de energía proporcionada por el aire, en el análisis del proceso de secado hay un porcentaje de humedad inicial y otro final para poder determinar la energía requerida para el secado del grano de cacao [21]

$$q_c = M_s * N_a * \lambda_w * A_{tr} \quad (4.23)$$

$M_s = \text{Masa del lote de caco seco} [\text{kg}]$

$N_a = \text{Masa de aire seco en contacto con el cacao} \left[\frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg de aire}} \right]$

$A_{tr} = \text{Área de secado} [\text{m}^2]$

$\lambda_w = \text{Calor latente} [\text{kcal/kg} * ^\circ\text{C}]$

4.5 Variables del Colector Solar

4.5.1 Calor útil en el colector

La ganancia de energía del colector es conocida como calor útil, el cual es el flujo de trabajo, determinado principalmente por la temperatura del aire entrante por el que sale, el calor específico del fluido y el flujo másico.

$$Q_u = \dot{m}_a c_p (T_s - T_e) \quad (4.24)$$

$$c_p = \text{calor específico del aire} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \right]$$

$$\dot{m}_a = \text{Flujo másico} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$T_s = \text{Temperatura de salida} [^\circ\text{K}]$$

$$T_e = \text{Temperatura de entrada} [^\circ\text{K}]$$

4.5.2 Balance energético en la cubierta del colector

En la cubierta existe el proceso de transmitir una fracción de la energía solar al captador para transformarlo en calor el cual es absorbido por el aire contenido en la cámara para poder ser expulsado por el ventilador a la cámara de secado siendo determinado por el calor radiante desde la placa absolvedora y el calor ganado por convección del fluido que circula. El método para el balance energético en la cubierta del colector se realiza según el trabajo publicado por [24].

$$E_e = Q_{pc} + Q_{ac} \quad (4.25)$$

$$E_e = \text{Energía que absorbe} [W]$$

$$Q_{ac} = \text{Calor ganado por convección del fluido} [W]$$

$$Q_{pc} = \text{Calor radiado desde la placa absolvedora} [W]$$

$$Q_{pc} = h_{rpc} A_c (T_p + T_c) \quad (4.26)$$

$$h_{rpc} = \text{coeficiente de transferencia del calor por radiación placa y vidrio} \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ\text{K} \right]$$

$$A_c = \text{Área frontal del vidrio} [m^2]$$

$$T_p = \text{Temperatura de la placa} [^\circ\text{K}]$$

$$T_c = \text{Temperatura del cristal} [^\circ\text{K}]$$

$$Q_{ac} = h_{ac} A_c (T_{ai} + T_c) \quad (4.27)$$

$$h_{ac} = \text{coeficiente de transferencia del calor del aire} \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ\text{K} \right]$$

$$T_{ai} = \text{Temperatura del aire} [^\circ\text{K}]$$

Como en todo sistema energético el calor también abandona la cubierta dado por dos causas fundamentales la convección al aire exterior y el calor de radiación hacia el exterior.

$$E_s = Q_{caext} + Q_{r\text{ext}} \quad (4.28)$$

E_s = Energía que sale [W]

Q_{caext} = Calor perdido por el aire externo [W]

$Q_{r\text{ext}}$ = Calor perdido por radiación al exterior [W]

$$Q_{caext} = h_{\text{ext}} A_c (T_c + T_{\text{aext}}) \quad (4.29)$$

h_{ext} = Coeficiente de transferencia del calor aire exterior y la cubierta [$\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ K$]

T_{aext} = Temperatura del aire externo [$^\circ K$]

$$Q_{r\text{ext}} = h_{r\text{ext}} A_c (T_c + T_{\text{aext}}) \quad (4.30)$$

$h_{r\text{ext}}$ = Coeficiente de intercambio de calor [$\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ K$]

$$E_{\text{acum}} = E_e - E_s \quad (4.31)$$

Ley de enfriamiento de Newton

$$q' = h A (T_s - T_\infty) \quad (4.32)$$

Donde:

q' : Cantidad de calor [W]

h : coeficiente de convección térmica [$\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ K$]

T_s : Temperatura de superficie [$^\circ K$]

T_∞ : Temperatura de ambiente [$^\circ K$]

Donde el coeficiente de convección térmica se determina a través del número de Nusselt

$$h = \frac{(Nu_D k)}{D_h} \quad (4.33)$$

Donde:

Nu_L : numero de Nusselt [adimensional]

L : longitud de laplaca [m]

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} * Pr^n \quad (4.34)$$

Donde:

Re_L : Reynolds [adimensional]

Pr : Número de Prandtl [adimensional]

4.5.3 Balance energético de la placa colectora

El comportamiento de la energía captada, tomando en cuenta la eficiencia óptica del colector expresada entre la transmisibilidad de la cubierta y la absorptividad de la placa, la intensidad de radiación incidente del colector y el área del colector, los valores de absorptividad y transmisibilidad fueron tomados de la tabla A. 12 selección de materiales por la radiación solar de [14].

$$E_{ep} = (\tau\alpha)I_r A_p \quad (4.35)$$

E_{ep} = Energía captada por la placa [W]

I_r = Intensidad de la radiación solar [$\frac{W}{m^2}$]

A_p = Área de la placa [m^2]

τ = Transmisibilidad de la cubierta [adimensional]

α = absorptividad de la placa [adimensional]

La energía que es cedida por la placa absorbidora está constituida por tres partes como es el calor entregado del aire, la pérdida por el aislamiento y la radiación directa a la cubierta del colector.

$$E_s = Q_{pa} + Q_{pext} + Q_{pc} \quad (4.36)$$

E_s = Energía cedida por la placa [W]

Q_{pa} = El calor entregado al aire [W]

Q_{pext} = Calor perdido por el aislamiento [W]

Q_{pc} = Calor entregado por radiación directa [W]

4.5.4 Balance energético del aire interior del colector

El flujo de aire interno tiene una ganancia por el contacto con la placa colectora y la cubierta, el aire gana energía por la convección que sucede, aunque el aire ya llega con una energía del ambiente representado por la ecuación.

$$E_e = m_a C_{pa} T_{aext} + \dot{h}_{pai} A_p (T_p - T_{ai}) \quad (4.37)$$

$m_a = \text{Flujo masico del aire } \left[\frac{kg}{s}\right]$

$C_{pa} = \text{Capacidad calorífica del aire } \left[\frac{kJ}{kg} \cdot ^\circ K\right]$

La energía de salida determinada con el comportamiento de

$$E_s = m_a C_{pa} T_s + h_{aic} A_c (T_{ai} - T_c) \quad (4.38)$$

$h_{aic} = \text{Coeficiente por convección entre el aire y la cubierta } \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ K\right]$

Para simplificar el balance energético se toma en cuenta los valores de la energía entrante y la energía saliente dándonos como resultado la energía obtenida por el colector solar.

$$E_{acum} = E_e - E_s \quad (4.39)$$

4.5.5 Normativa para la construcción del colector solar

Los componentes de un calefactor solar están conformados básicamente por: [25]

Existen 3 formas de transmitir energía en forma de calor, los colectores solares planos usan dos de estas formas, radiación y convección. La transmisión de calor por radiación solar es la principal fuente de energía en los colectores teniendo como consecuencia el incremento de la temperatura de salida con respecto a la temperatura de entrada. La convección es otra manera de transferencia de calor esto sucede cuando existe el contacto de un fluido con una superficie, así como se transfiere calor por convección a una superficie también se pierde por convección debido al flujo de masa de aire que se impacta en la placa plana del colector, esta se calcula con la ley de enfriamiento de Newton, ecuación 34, una manera de reducir este enfriamiento es por medio de la placas discontinua de vidrio (figura 20) esta transforma la convección forzada debido a la velocidad del aire en convección libre o natural

Desacuerdo a la norma ecuatoriana NTE-INEN 2 507 [26] diseñada para determinar el rendimiento térmico de colectores solares para agua, vamos a tomar como referencia la ecuación de eficiencia instantánea del colector solar garantizado el comportamiento del colector acorde a la temperatura y el tiempo de exposición.

$$\eta_g = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \dot{m} C_p (T_{fs} - T_{fi}) dt}{A_g \int_{t_1}^{t_2} G dt} \quad (4.40)$$

$\dot{m} = \text{Flujo masico de transferencia de calor } \left[\frac{kg}{s}\right]$

$C_p = \text{Calor espesífico del fluido de trasnferencia de calor } \left[\frac{J}{kg} \cdot ^\circ C\right]$

T_{fs} = Temperatura de salida del fluido [°C]

T_{fi} = Temperatura de inicio del fluido [°C]

A_g = Area de coleccion del colector [m^2]

G = Radiacion solar [W/m^2]

t_1, t_2 = Tiempo al principio y el final del periodo de ensayo [horas]

4.5.6 Dimensionamiento del sistema

Para poder determinar el área de absorción de la placa de absorción y el punto de partida para la evolución de rendimiento y carga termina que soportara el sistema para secar la semilla de cacao mediante la radiación incidente que existe en el sistema. [27]

$$A_c = \frac{L_s}{\gamma Ht} = \frac{Q_s Q_T}{\gamma \overline{Ht}} \quad (4.41)$$

A_c = area de absorcion [m^2]

L_s = Carga termica de secado [kJ]

γ = Eficiencia de colector [adimencional]

Q_s = Calor requerido para el secado [W]

Q_T = Pérdidas del sistema

\overline{Ht} = Radiación global promedio solar [$\frac{kW}{m^2T}$]

Ht = Energía cedida por convección [$\frac{kW}{m^2T}$]

4.5.7 Absorción, reflexión y transividad

la cubierta de vidrio continua del colector es la principal parte que se somete a la incidencia de la radiación solar como se observa en la figura 4.4 , debido a que está cubierta es semitransparente existe una Reflexión, Absorción y Transmisividad como se explica anteriormente es por eso que se debe conocer cuál es la radiación que se está suministrando a la placa colectora

$$G = G_{abs} + G_{tra} + G_{ref} \quad (4.42)$$

Donde

G_{abs} = radiacion absorvida [W]

$G_{tra} = \text{radiacion transmitida [W]}$

$G_{ref} = \text{radiacion reflejada [W]}$

$G = \text{radiacion total o irradiada [W]}$

Asortividad

La absorción de la cubierta continua es casi despreciable debida a que la mayor cantidad es transmitida a la placa colectora y la otra reflejada.

$$\alpha_{\lambda}(\lambda) = \frac{G_{abs}}{G} \quad (4.43)$$

Transmisividad

El aprovechamiento de la incidencia de los rayos solares es importante en la captación de energía, en la tabla A12 de las propiedades de diferentes materiales en el libro de [14] se encuentra el dato de Transmisividad del vidrio 0.79 para el tipo de vidrio usado en la cubierta.

$$\tau = \frac{G_{Tr}}{G} \quad (4.44)$$

Reflectividad

La radiación incidente reflejada se considera perdidas en la eficiencia del colector solar plano debido esta no es aprovechada por la placa colectora para aumentar la eficiencia del colector se debe tratar de reducir esta radiación incidente reflejada, de acuerdo a datos de tablas como se vio anteriormente la transmisibilidad para un vidrio normal es de 0.79, debido a que la Asortividad es despreciable al ser mínima se asume que la Reflectividad está alrededor de 0.21.

$$\rho = \frac{G_{rf}}{G} \quad (4.45)$$

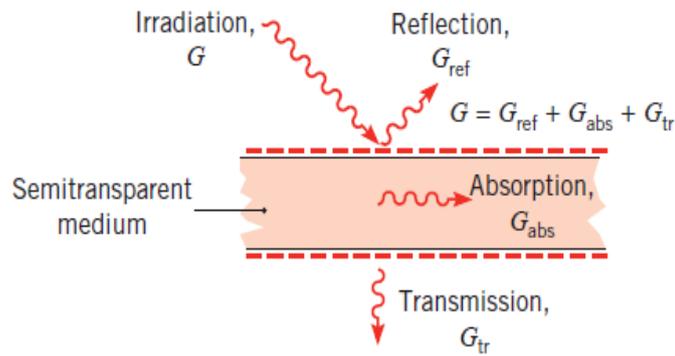


Figura 4. 4. Representación gráfica de la irradiación solar incidente
Fuente: [14]

4.5.8 Cubiertas discontinuas

En este proyecto de investigación, se emplearán tres tipos de cubiertas discontinuas, con configuraciones geométricas de hexágonos, triángulos y cuadrados, que se ha realizado con láminas de vidrio translúcido de 20 mm de alto y 3 mm de espesor, en la medida de las posibilidades se tiende a que el área interior de las figuras sea similar: Las cubiertas, que se muestran en la figura son independientes del cuerpo del colector solar y pueden superponerse y retirarse con suma facilidad a la placa de cubierta.

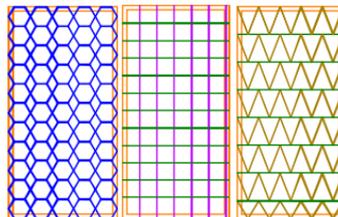


Figura 4. 5. Cubiertas discontinuas
Fuente: [28]

Para el análisis de reflexión solar se asume que ésta es del tipo difusa y que un rayo de luz incide en el interior de la figura, por ejemplo, del hexágono, cuando el ángulo cenital, figura 3, es de por lo menos 60° con la normal en el punto medio, si el ángulo cenital es mayor de 60° a ambos lados de la normal, el rayo no incide dentro de la figura, por tanto, no hay reflexión en las paredes de la figura.

El ángulo de 30° en la figura 27, se obtiene mediante la relación trigonométrica de los lados del hexágono y la normal en el centro de la base de la misma. La reflexión difusa de un rayo de sol que incide dentro de la figura sobre la placa continua de cubierta va a producir rayos reflejados en las paredes de la figura geométrica (líneas color verde), que vuelven a incidir en la base de

la misma. Además, la superficie expuesta a la corriente de viento es mucho menor que la de la cubierta continúa.

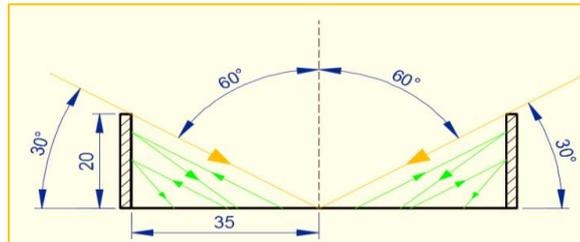


Figura 4. 6. Reflexión en las figuras geométricas de la placa discontinua

Fuente: [28]

4.6 Instrumentación

4.6.1 Pirómetro

Instrumento que mide la radiación solar en vatios por metros cuadrados en el lugar donde se realiza el experimento.



Figura 4. 7. Medidor de irradiación solar

Fuente: [Propia]

Características:

Resolución de 0.1 W/m², gamma de error de $\pm 5\%$ del valor medido, error de temperatura de ± 0.38 W/m²/°C Rango desde 1 – 3999 W/m² Temperatura de funcionamiento: 0°C – 50°C.

4.6.2 Termo anemómetro

Instrumento que mide la velocidad del flujo de aire y la temperatura del mismo.



Figura 4. 8. Termo anemómetro

Fuente: [Propia]

Características:

Velocidad del aire: rango (0.4 – 30.0 m/s), resolución (0.01 m/s), precisión $\pm 3\%$

Flujo de aire: rango (0- 9999 m³ / min), resolución 1

Temperatura del aire: rango (-10 – 60 °C), resolución 0.1 °F/C, precisión 2.0°C

4.6.3 Ventilador

Instrumento que se emplea para impulsar el aire caliente que se produce en la cámara del colector solar.



Figura 4. 9. Ventilador

Fuente: [Propia]

Características:

Potencia del Motor: 600 W

Consumo en operación: 0.47946 kWh

Velocidad angular máxima: 16000 rpm

Flujo Máximo: 3.5 m³ / h

Niveles de flujo: siete

4.6.4 Termómetro infrarrojo FLUKE 62max

Instrumento que mide la temperatura mediante rayo láser.



Figura 4. 10. Termómetro infrarrojo

Fuente: [Propia]

Características:

Rango de temperaturas: de -30°C a 650°C , Precisión de con temperatura ambiente de 23°C $\pm 2^{\circ}\text{C}$ Resolución óptica de 12: 1 Calculado al 90% de la energía

Repetibilidad: $\pm 0.5\%$ de la lectura, Altitud operativa en 3500 msnm.

4.6.5 Medidor de temperaturas mediante termocupla:

Es un multímetro que mediante termocupla permite medir la temperatura de la placa absorbente



Figura 4. 11. Multímetro

Fuente: [Propia]

Características:

$(-20 \sim 1000^{\circ}\text{C}) < 400^{\circ} \pm (1.0\% + 5d)$ $(-20 \sim 1000^{\circ}\text{C}) \geq 400^{\circ} \pm (1.5\% + 15d)$.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se muestra los resultados relacionados al deshidratador de semilla de cacao dividiéndolo en 3 partes como son: variables relacionada al grano o semilla de cacao, las variables del colector solar y las variables de la recámara de secado o contenedor de semilla.

5.1 Variables relacionadas al grano

El material base a deshidratar es la semilla de cacao, siendo el cual va a estar en contacto con la energía almacenada en el colector solar plano es por eso que se vio en la necesidad u obligación de realizar los cálculos correspondientes a través del método visto con antelación en la sección 4.3 del método variables relacionadas con el grano de cacao, para ello se sacó una muestra de 20 grano de cacao extraídos de diferentes lotes de almacenamiento.

Las variables como el volumen la esfericidad y diámetro equivalente permite el diseño de la cámara de secado es decir el recipiente que contiene la semilla de cacao De acuerdo con la ecuación 2 se calculó el diámetro equivalente escogiendo el dato promedio del volumen de la tabla y así mismo se establece la ecuación 3 para realizar el cálculo de esfericidad de la muestra de 20 granos y determinar un promedio de todas las variables mencionadas.

Tabla 5. 1. Tabla de propiedades del material

Propiedades físicas del grano de Cacao						
N° Semilla	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Volumen mm	Diámetro Equivalente	Esfericidad
1,00	23,75	15,95	11,95	4526,81	20,53	0,70
2,00	29,70	14,10	10,00	4187,70	20,00	0,54
3,00	27,10	15,10	10,50	4296,71	20,17	0,60
4,00	27,50	13,45	10,20	3772,73	19,32	0,57
5,00	22,30	13,60	10,90	3305,75	18,49	0,67
6,00	24,80	13,40	10,95	3638,90	19,09	0,62
7,00	22,55	14,35	12,00	3883,11	19,50	0,70
8,00	25,10	13,00	10,95	3572,99	18,97	0,61
9,00	27,00	14,90	10,95	4405,19	20,34	0,61
10,00	22,00	11,00	8,60	2081,20	15,84	0,58
11,00	26,60	13,90	10,70	3956,22	19,63	0,59
12,00	28,30	15,00	9,00	3820,50	19,40	0,55
13,00	23,35	14,25	9,40	3127,73	18,15	0,63
14,00	24,40	14,40	11,70	4110,91	19,88	0,66
15,00	22,75	14,70	12,10	4046,54	19,77	0,70
16,00	27,65	15,00	10,00	4147,50	19,94	0,58
17,00	27,60	15,20	9,95	4174,22	19,98	0,58
18,00	28,70	14,60	11,65	4881,58	21,05	0,59
19,00	26,95	14,95	10,05	4049,17	19,78	0,59
20,00	28,30	15,40	10,90	4750,44	20,86	0,59
promedio	25,82	14,31	10,62	3936,79	19,59	0,61
Valores mínimo						
Valores máximo						

Fuente: [Propia]

Los valores máximos en la muestra se subrayas de color turquesa, los valores mínimos en cada grano están resaltados de color ver y por último los valores promedio del total de mediciones de los 20 granos se encuentran al final de la tabla.

5.1.1 Selección del tamiz

De acuerdo a los valores recogidos de la muestra donde existen valores mínimos y máximos de las variables expuestas se debe seleccionar el tipo de tamiz a usar en la cámara de secado en base a las opciones establecidas con la normativa vigente en el Ecuador NTE-INEN 1 515 [19] se procede a escoger de acuerdo al largo de la semilla que de acuerdo a experimentación es la variable de mayor medida se escoge un tamiz de 19 mm tamaño nominal tabla 5.1, ya que en la muestra escogida se tiene una semilla de 22mm como longitud mínima tabla 4.1.

5.1.2 Balance del grano de cacao

El contenido de humedad que se tiene como referencia para el grano fresco conocidos por los agricultores cacaoteros de la región como cacao en baba es del 100% es decir la humedad inicial después del desgrane de la mazorca

Contenido de humedad del grano fermentado

Es la humedad obtenida luego del proceso de fermentación del grano de cacao así como se explica en el capítulo 1, de acuerdo con la norma NTE INEN 176 [1] manifiesta los valores para la humedad mínima del grano fermentado va desde 85% al 53% como se puede evidenciar en la tabla 1 para el cacao de buena fermentación y de ligera fermentación.

$$X_f = \frac{0,67 - 0,505}{0,67} * 100\%$$

$$X_f = 24,6\%$$

$$X_f = 75,4\%$$

Contenido de humedad del grano seco

Si bien es cierto que el contenido de humedad se obtiene luego del proceso de secado del grano de cacao de acuerdo a la norma NTE INEN 176 para obtener un grano de calidad la humedad final debe ser menor al 7% según [1], pero en los centro de acopio se recibe un grano de cacao con el contenido de humedad en un rango de 20 a 30 % según los centros de acopio de la región este contenido de humedad se puede obtener con una ecuación similar a la 3 y 4, luego pasa por un proceso de deshidratación y así llegar al contenido de humedad final establecido en la norma

$$X_s = \frac{0,67kg - 0,19kg}{0,67kg} * 100\%$$

$$X_s = 71,64\%$$

$$X_s = 28,36\%$$

Cantidad de humedad retirada pos-secado

La cantidad de humedad retirada en el proceso de secado del grano de cacao es la diferencia entre el contenido de humedad del grano fermentado y el contenido de humedad final.

$$\Delta X_{fs} = 75,4\% - 28,36\%$$

$$\Delta X_{fs} = 47,04\%$$

5.1.3 Velocidad de secado

Remplazando los datos de la formula con una velocidad de secado en el colector es de 0,25 y una velocidad de ambiente de 0,012, con condiciones de exposición del sol de 7 horas diarias con un peso a retirar de 6,27 se obtiene que en 3,46 días el cacao llegara a su 28% de humedad necesario para su comercialización.

5.1.4 Determinación de la superficie de secado

Con el método propuesto por la norma se obtuvo una superficie especifica de 0,113 la cual se usará para un dimensionamiento para maquinas con mayor capacidad.

5.1.5 Transferencia de calor en el proceso de secado

Balance masas energía del grano

Aplicado la formula simplificada de la formula y una entra de 0,039 kg de vapor de agua para kg de aire como dato inicial y la masa de material fermentado de 10 kg capacidad máxima por bandeja del deshidratador se con una humedad inicial de 0,74 y y una humedad final de 0,28 se obtiene que el aire en contacto con el grano es de 0,883 kilogramos de aire por kilogramos de cacao en contacto.

Balance de energía del caco en grano

Si tenemos un área transversal de 0,12 m² y un calor latente de 0,88 kcal/kg*°C aplicamos en la fórmula del calor necesario para deshidratar el grano de cacao obtenemos que 0,347 kcal*°C*m2 equivalente a 1,434 kJ *m² /°C.

5.2 Variables del Colector Solar

5.2.1 Calor útil en el colector

Aplicando la ecuación 4.24 con los datos medidos en intervalos de 15 minutos, siendo la irradiación, temperatura de salida y temperatura de entrada medidos con los instrumentos, el flujo másico y la capacidad calorífica del aire obtenemos cada resultado con las diferentes cubiertas, las mediciones se realizaron repeticiones en diferentes días bajo condiciones del mismo flujo y mismo horario mostrados en el anexo II.

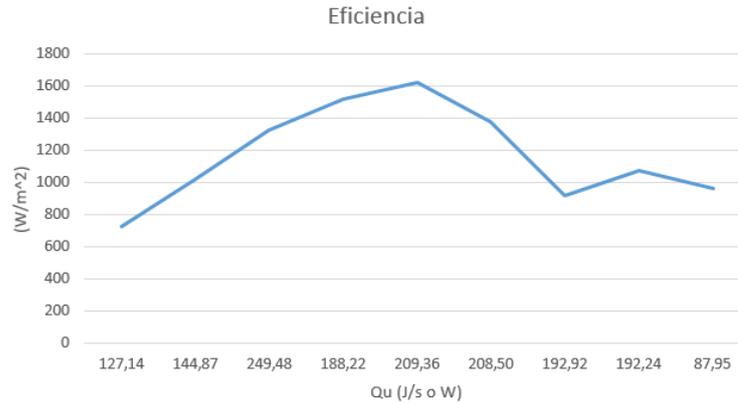


Figura 5. 1. Curva de eficiencia del colector solar sin cubierta discontinua
Fuente: [Propia]

Obtenido un valor promedio por sin cubierta representado en la tabla resumen del anexo II sección 1 con la su repetición correspondiente, los valores promedio del día del conjunto de medidas en la fecha, una radiación media de $1172,33 \text{ W/m}^2$ con una temperatura de entrada media de $24,89 \text{ }^\circ\text{C}$, una variación de temperatura media a la salida del colector de $37,63 \text{ }^\circ\text{C}$, en conjunto generado un calor útil aprovechado de $177,85 \text{ W}$.

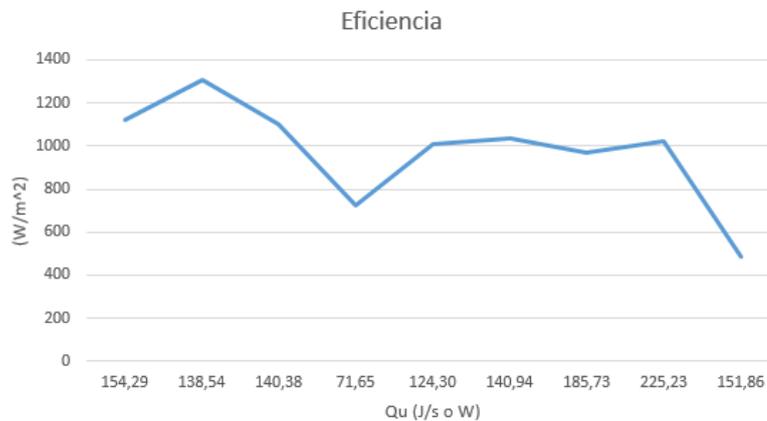


Figura 5. 2. Curva de eficiencia del colector solar con cubierta Hexagonal
Fuente: [Propia]

Con la cubiertas hexagonal se obtuvo un valor promedio representado en la tabla resumen los valores promedio del día del conjunto de medidas en la fecha, una radiación media de 975 W/m^2 con una temperatura de entrada media de $24,06 \text{ }^\circ\text{C}$, una variación de temperatura media a la salida del colector de $34,63 \text{ }^\circ\text{C}$, en conjunto generado un calor útil aprovechado de $148,10 \text{ W}$.

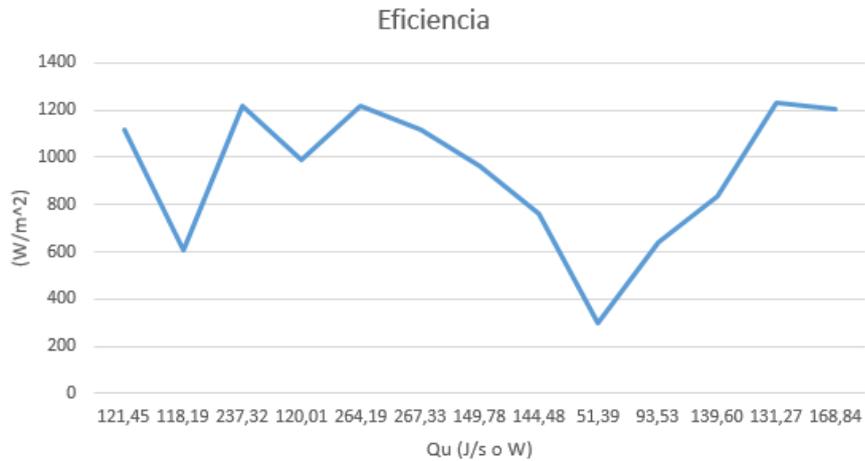


Figura 5. 3. Curva de eficiencia del colector solar con cubierta Cuadrada
Fuente: Propia

Con la cubiertas cuadrada se obtuvo un valor promedio representado en la tabla resumen los valores promedio del día del conjunto de medidas en la fecha, una radiación media de 938 W/m^2 con una temperatura de entrada media de 24,6 °C, una variación de temperatura media a la salida del colector de 35,64 °C, en conjunto generado un calor útil aprovechado de 154,41 W .

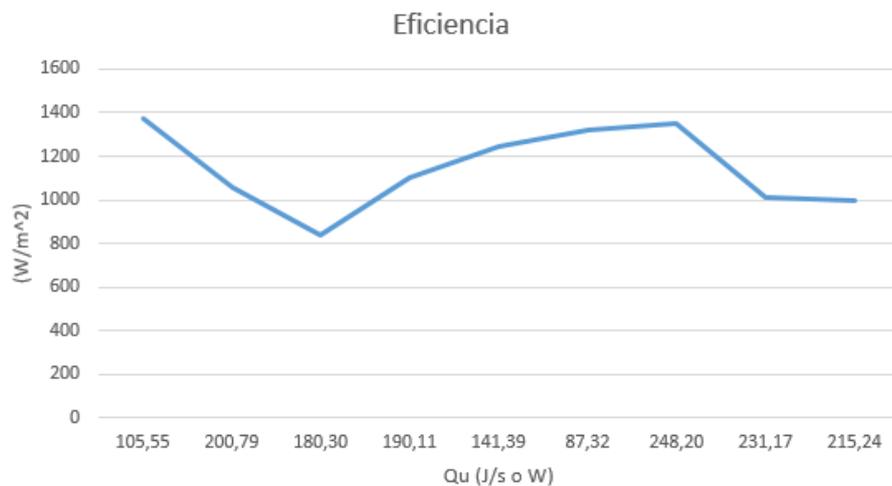


Figura 5. 4. Curva de eficiencia del colector solar con cubiertas triangulares
Fuente: [Propia]

Con la cubiertas hexagonal se obtuvo un valor promedio representado en la tabla resumen los valores promedio del día del conjunto de medidas en la fecha, una radiación media de 1143,44 W/m^2 con una temperatura de entrada media de 24,92 °C, una variación de temperatura media a la salida del colector de 37,64 °C, en conjunto generado un calor útil aprovechado de 177,79 W .

5.2.2 Balance energético en la cubierta del colector

El balance energético acorde a las ecuaciones propuestas en el método es calculadas acorde a los datos presentes en la tabla, acorde a los cálculos teóricos estamos perdiendo energía debido al enfriamiento del aire con el vidrio de 3 mm con un área de $0,54 \text{ m}^2$, los datos importantes de la temperatura del aire del vidrio y de la placa, tomado en cuenta los datos de tabla según [14], la transividad 0,79 en vidrios de 2 – 3 mm de espesor.

Todos los cálculos correspondientes tenemos resumidos en el anexo II sección 1. Dado como resultado valores promedio negativos de $290,26 \text{ W}$ la cual se pierde o se gana por convección con el aire interno y externo, absorción del vidrio y la reflectividad.

5.2.3 Balance energético de la placa colectora

En la aplicación tanto de la absorptividad, reflectividad y transmisibilidad, de la tabla según [14] para el aluminio de 0,03, obtenido una ganancia promedio de $265,23 \text{ W}$ la cual es atenuada por las pérdidas del sistema y la ganancia del fluido alrededor de la placa.

5.2.4 Balance energético del aire interno

El aire interno de gana energía la cual es utilizada para la deshidratación en la cámara de secado, con una ganancia de promedio de $333,91 \text{ W}$ en donde tenemos perdidas de los valores calculados y reales de aprovechamiento de energía proporcionado por el colector.

5.2.5 Normativa para la construcción del colector solar

Calculo de eficiencia acorde a la normativa, representada en la tabla de eficiencia, sugiriendo una eficiencia media de 35,59% en un flujo másico de $0,014 \text{ kg/s}$ de aire con una velocidad promedio de $9,5 \text{ m/s}$.

5.2.6 Cubiertas discontinuas

Acorde a las evaluaciones teóricas y prácticas analizadas representados gráficamente con valores promedios y acordes a la eficiencia obtenida por las diferentes formas geométricas de estudio en la tabla, datos recolectados con el modelo de la tabla con repeticiones cada una respectivamente representado en la Figura 5.5.

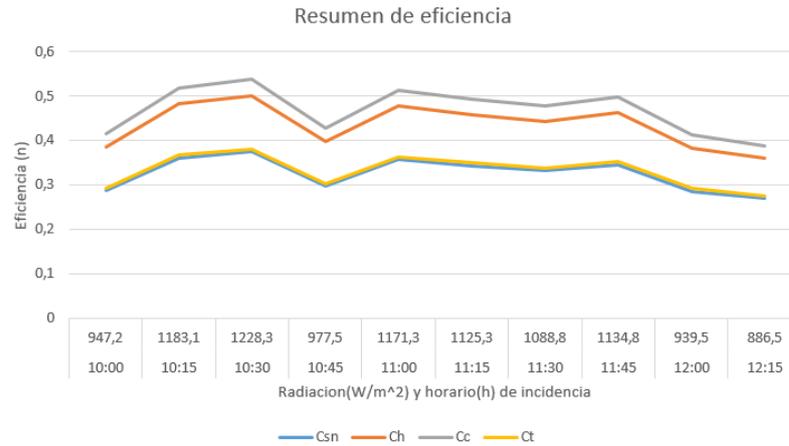


Figura 5. 5. Tabla resumen de condiciones iguales

Fuente: [Propia]

Con las siglas de Cc. siendo el colector con cubierta cuadrada bajo condiciones estadísticas de radiación media por el horario de exposición en condiciones similares a los demás colectores, la cubierta cuadrada tiene la mayor ganancia de eficiencia de un total de 46,81 % por lo que es la escogida para el prototipo.

6 ANÁLISIS ECONÓMICO

Ingresos

Por lo general un productor cosecha de 130 a 180 kilogramos de cacao húmedo por hectárea sembrada en una semana laboral es decir de 520 a 720 kilogramos mensuales cosechados obteniendo como resultado del mismo un ingreso de 0,555 dólares por kilogramo de semilla humedad, al ser deshidratada la semilla su cotización se eleva en un 0.41 dólares por kilogramo de grano recordando que al disminuir la humedad se disminuye el peso de la semilla, el ingreso por kilogramo de semilla deshidratada será de 2,66 dólares, considerando que la proyección a durabilidad de la maquina es de 10 años

Tabla 6. 1. Variables de Colector Solar Plano

DESCRIPCIÓN DEL DESHIDRATADOR		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
INGRESE LA CANTIDAD DE CACAO A SECAR (mensual)	80,00	kg
capacidad de la máquina	10,00	Kg
TIEMPO DE SECADO APROXIMADO	4	días
DÍAS DE SECADO mensual	24	días

Fuente: [Propia]

Tabla 6. 2. Variables de Colector Solar Plano

DESHIDRATADOR DE SEMILLA DE CACAO A TRAVÉS DE COLECTOR SOLAR					
VENTA DE SEMILLA DE CACAO A LOS CENTROS DE ACOPIO					
VENTA DE SEMILLA DESHIDRATADA			VENTA DE SEMILLA FERMENTADA O HUMEDAD		
HUMEDAD	30%		Humedad	70%	
Cantidad de grano humedo	80,00	kg	Cantidad de grano humedo	80,00	kg
Cantidad de grano	24,00	kg	Cantidad de grano a vender	56,00	kg
Ingreso de dinero por grano seco	63,84	usd	Ingreso de dinero por grano humedo	30,86	usd
Porcentaje de incremento económico	48,33	%			
Ingresos anuales	766,08	USD			
Costo de la máquina	2000,00	USD			
Tiempo de recuperación de la inversión	2,61	Años			

Fuente: [Propia]

Egresos Totales

Los egresos se componen por el material de construcción, mano de obra, instrumento de medición y energía eléctrica son los que intervinieron en el proceso la propuesta tecnológica en la implementación de un deshidratador de semilla de cacao con el uso de un colector solar.

Tabla 6. 3. Variables de Colector Solar Plano

EGRESOS TOTALES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR TOTAL
ENERGÍA ELÉCTRICA	1 año	69,12
INVESTIGACIÓN	1	470
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	1	696,45
MANO DE OBRA DIRECTA	1	440
TOTAL DE EGRESOS		1675,57

Fuente: Propia

Energía eléctrica consumida por la maquina

La única parte que consume energía eléctrica es el soplador de 600 watts de potencia y estableciendo la tarifa básica para las zonas rurales establecida en MEER (Ministerio de Electricidad y Energías Renovable) es de 0,08 centavos de solar el kW/H a nivel del Ecuador, se realiza el cálculo en base a las horas trabajadas en el día como se estableció anteriormente donde existe mayor radiación solar que son 5H y los 6 días laborables para el pequeño agricultor de cacao eso multiplicado por las 4 semana y obtenemos el flujo mensual de consumo de energía eléctrica por el deshidratador.

Tabla 6. 4. Balance de energía eléctrica consumida por el equipo

BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL		
AÑOS	Energía KW/H	costo \$
1	864	69,12
2	864	69,12
3	864	69,12
4	864	69,12
5	864	69,12
6	864	69,12
7	864	69,12
8	864	69,12
9	864	69,12
10	864	69,12
TOTAL	8640	691,2

Fuente: [Propia]

Tabla 6. 5. Datos correspondientes al tiempo de secado

TABLAS DE DATOS		
Descripción	valor	unidad
Consumo Eléctrico del Equipo	0,6	kW/H
valor de energía eléctrica (Rural)	0,08	USD * kW/H
utilización del equipo diario	5	horas
utilización del equipo semanal	30	horas
utilización del equipo mensual	120	horas

Fuente: Propia

Egresos por adquisición de equipos

Los equipos usados para la adquirir datos fundamentales como la radiación solar, temperaturas dentro y fuera de la máquina, velocidad del flujo de aire, ubicación geográfica entre otros son fundamentales para realizar el cálculo correspondiente a la máquina y así saber si mantiene un funcionamiento correcto para lograr su objetivo

Tabla 6. 6. Costos de Equipos de medición de variables

Equipamiento

Denominación	Unidad	Cantidad	Precio unitario [USD/Unidad]	Precio total [USD]
Soplador Stanley 600W	W	1	50,00	50,00
Extensión de cable (eléctrica)	m	1	35,00	35,00
Termo Anemómetro	Unidad	1	120,00	120,00
Termómetro laser infrarrojo	Unidad	1	60,00	60,00
Pirómetro (Solar Power Meter)	Unidad	1	120,00	120,00
Brújula	Unidad	1	5,00	5,00
Multímetro digital	Unidad	1	80,00	80,00
Total:				470,00

Fuente: [Propia]

Mano de Obra directa

Muchas de las ocasiones los encargados de proyectos no toman en cuenta la mano de obra debido a que no es un material de adquisición que puedan palpar, pero es uno de los egresos de mayor poder dentro de un proyecto ya que se establece dentro de la industria un costo regulado de Horas Hombre Maquina (HHM) como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6. 7. Costo de mano de obra directa

Mano de obra directa				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario [USD/Unidad]	Precio total [USD]
Mecánico soldador y ajustador	HHM	80	3.50	280.00
Ayudante de mecánico	HHM	80	2.00	160.00
Total:				440.00

Fuente: [Propia]

Materiales de construcción

En esta parte y basados a los planos de construcción se realiza un estimado de la cantidad de material a usar para la construcción de las dos partes fundamentales del deshidratador, el colector solar plano y la Cámara de secado utilizan en su mayoría materiales iguales con pocas excepciones entre uno y otro

Tabla 6. 8. Cantidad y costo de materiales de construcción de acuerdo a planos

Materiales Construcción de la maquina				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario [USD/Unidad]	Precio total [USD]
Ángulo de acero 40x40x3 mm	Áng	6	16	96
Lámina estándar de acero galvanizado galga 22	PL	6	18,50	111,00
Plancha de vidrio flotado. L=2m, A = 1.20 m, e= 0.005 m	Pl vid	1	55,00	55,00
Aislante térmico film de poliéster aluminizado TBA 10	m	6	12,50	75,00
Láminas de vidrio flotado: L = 1.20 m, A = 0.02m, e = 0.003m	Unidad	15	1,20	18,00
Láminas de vidrio flotado: L = 0.1 m, A = 0.02m, e = 0.003m	Unidad	200	0,70	140,00
Plancha Estándar de aluminio 6160	Pl alum	1	75,00	75,00
Ángulo de aluminio 25x25x1.5mm	Unidad	6	8,50	51,00
Sello de caucho para vidrios	m	15	0,75	11,25
bisagras	plg	2	0,60	1,20
Cerradura para puertas	plg	1	3,00	3,00
Soporte para vidrios de 3 mm	Unidad	50	1,20	60,00
Total:				696,45

Fuente: [Propia]

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La implementación de deshidratador de semillas de cacao reduce el tiempo de proceso que conlleva de 6 días con una exposición de 7 horas a 3,54 días con las mismas condiciones iniciales equivalente a aumento de eficiencia del proceso de secado en un 33.34% gracias al colector solar planos y su cubierta discontinua cuadrada que incrementó en un 14,26% su eficiencia.

- El cacao de fino aroma producido en las regiones costeras y amazónicas del Ecuador tiene un diámetro equivalente mínimo 15,84 mm y 21 mm máximo, de acuerdo a las experimentaciones realizadas durante la investigación pertinente la cual permite escoger el tamiz idóneo para el contenedor de la semilla.
- En conclusión, el uso de las diferentes cubiertas discontinuas mejoró la eficiencia del colector por diferencia del 10,99% para las cubiertas hexagonales, del 14,26% con cubiertas cuadradas, y con las triangulares de un 0,6% generado un aprovechamiento del calor útil para el proceso de deshidratación de cacao, esto se relaciona con la optimización del procesos de captación de energía siendo la cubierta cuadrada la que aumenta el rendimiento del colector en un 43,8% siendo está la más eficiente y escogida para la implementación en el secado..
- Al comercializar la semilla de cacao con un porcentaje entre 30% y 20% de humedad con el uso del deshidratador con colector solar plano se obtiene 0,41 dólares por kilogramo de grano deshidratado de cacao de manera que se incrementa los ingresos económicos del productor de cacao debido a que la semilla deshidratada es más cotizada en el mercado con respecto a la semilla fermentada que contiene porcentajes entre el 85% y 53% de humedad.

Recomendaciones

- Se debe realizar una adecuada selección del tamiz que va a soportar la semilla debido a que si escoge de manera errónea afectará en el proceso de deshidratación ya que el flujo de calor generado por el colector solar se desplaza de abajo hacia arriba y con un tamiz de menor diámetro en sus perforaciones la energía en forma de calor tendrá menos contacto directo con el grano.
- El clima en el Ecuador es muy variado es por eso que la experimentación se la realiza en los peores días cuando el sol no es constante existen nubosidades permitiendo garantizar el funcionamiento del colector todo el año con la atenuante que la cosecha de cacao esta entre los 5 y 6 meses por año y con una siembra a mitad de la temporada lluviosa.
- Es importante que el colector solar plano este herméticamente sellado con un buen aislante térmico con la excepción de la entrada y salida de flujo de energía ya que si existe fuga esto afectare directamente en el rendimiento del equipo y como consecuencia de ello en la deshidratación de las semillas de cacao.

Luis Euclides López Durán
Proponente 1
Email: luis.lopez3@utc.edu.ec
Telf.: 0987393995

Byron Abel Cedeño Paladines
Proponente 2
Email: Byron.cedeno2@utc.edu.ec
Telf.: 0968097255

PhD. Erinque Torres Tamayo Ing.
PROFESOR TUTOR
Email: enrique.torresutc.edu.ec
Telf.: 0987800156

8 REFERENCIAS

- [1] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *NTE INEN 0176 (2006) (Spanish): Cacao en*, 2006.
- [2] G. Guerrero, «Lideres,» 25 enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuadoriano-historia-empezo-siglo.html>. [Último acceso: 02 05 2017].
- [3] A. A. Navia y N. V. Pazmiño , *Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación*, Guayaquil, Guayas, 2012.
- [4] Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, «PRO ECUADOR,» AGOSTO 2016. [En línea]. Available: <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/Principales-productos-de-la-oferta-exportable-de-Ecuador.pdf>. [Último acceso: 27 ABRIL 2017].
- [5] Ministerio de Turismo del Ecuador, «Ministerio de turismo,» 21 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.turismo.gob.ec>. [Último acceso: 27 04 2017].
- [6] A. N. Jiménez, *Comportamiento de la humedad durante el secado solar del mineral Laterítico.*, 2007.
- [7] A. S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying*, 3th ed., United States of America: Taylor y Francis Group, LLC, 2006.
- [8] C. R. Macias, *Metodología para diseño y seleccion de equipos de secado*, vol. I, Mexico, D.F.: Tesis, 1986, pp. 1-60.
- [9] A. A. H. M. G. Nonhebel, *El secado de sólidos en la industria química*, Mexico: Reverte, 1979, p. 375.
- [10] P. Fito, A. M. Andres, J. barat y A. Maria, *Introduccion al secado de alimentos*, Orimera edision, 2000.
- [11] P. McCormick, *Perry's chemical engineers' handbook*, 8th ed., R. G. J.H. Perry, Ed., New York: McGraw-Hill, 2008.
- [12] M. H. Lisboa, D. S. Vitorino, W. B. Delaiba, J. R. D. Finzer y M. A. S. Barroz, vol. vol.24 , São Paulo, 2007.
- [13] A. S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying*, United States of America: Expanded, 1994.
- [14] F. P. Incropera y D. P. Dewitt, *FUNDAMENTALS OF HEAT and MASS TRANSFER*, vol. 7ma, Jefferson : Jhon Wiley and Son, 2013.

- [15] Weatherspark, «Weather Spark,» enero 2019. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com>. [Último acceso: 5 febrero 2019].
- [16] Norma Ecuatoriana de la Construcción, «Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda,» 06 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energetica-en-la-construccion-en-ecuador-021412.pdf>. [Último acceso: 2018 nov 10].
- [17] C. Álvarez, E. Pérez y M. C. Lares, «Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas,» *Scielo*, vol. 7, nº 4, Diciembre 2007.
- [18] D. Kunni y O. Levenspiel, *Fluidization Engineering*, USA: Copyrigh, 1991.
- [19] NTE-INEN 1 515, *Granos y cereales, cribas metalicas o zarandas y tamices*, Quito: INEN, 1987.
- [20] NTE INEN ISO 2291, *Granos de cacao determinacion del contenido de humedad metodo rutinario*, Quito: INEN, 2013.
- [21] H. Tinoco A. y D. Yomali Ospina, «Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución de tiempo de secado,» *Revista EIA*, 22 Febrero 2010.
- [22] P. A. Arias, *Estudio económico-técnico y optimización del proceso de secado del cacao en grano*, Cuenca, Azuay, 2015.
- [23] NTE INEN 0177, *Superficie específica del cacao*, Quito: INEN, 1995.
- [24] A. Koulibaly y J. J. González Bayón, «Modelación de un colector solar para calentamiento de aire,» *Ingeniería Energética*, vol. XXXVI, nº 1815-5901, pp. 282-293, 2015.
- [25] J. C. B. J, Á. H. Restrepo y O. J. S. F., «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR DE AGUA OPERANDO POR,» *Scientia et Technica*, pp. No 31,, 2006.
- [26] NTE - INEN 2 507, *Rendimiento termico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua*, Quito: INEN, 2019.
- [27] W. Abdelwaheda, G. Degoberta, S. Stainmesseb y H. Fessia, «Freeze-drying of nanoparticles: Formulation, process and storage considerations,» *Science Direct*, 2006.
- [28] J. A. Paredes, *Variante de diseño de un prototipo de colector solar plano para el mejoramiento de la eficiencia energetica*, Latacunga, Cotopaxi, 2017.

ANEXOS

Anexo I

Cálculos del balance energético del colector solar

1

Balance energético de la cubierta colector																
	Q_{pc} Calor transferido por radiación				Q_{ac} Calor ganado		Energía de absorción	Q_{ext} Calor perdido		Q_{ext} Calor perdido por radiación				Energía perdida	Total	
	T_m^2	A_c	h_{rpc}	σ	$h_{rpc}A_c(T_p - T_c)$	$(T_m - T_c)$	$h_{ac}A_c(T_m - T_c)$	$E_e = Q_{pc} + Q_{ac}$	h_{ext}	$h_{ext}A_c(T_c - T_{ext})$	T_{mrpc}	T_{sky}	h_{rpc}	$h_{rxt}A_c(T_c + T_{ext})$	$E_g = Q_{caext} + Q_{rxt}$	$E_{acum} = E_e - E_g$
SIN CUBIERTA	29,05	0,54	1,4981258	5,7E-08	11,24493225	8,9	308,626902	319,8718342	11,153	0,602262	237491,66	5,69604	0,1279	3,046403127	3,648665127	316,2231691
	33,95	0,54	1,57222492	5,7E-08	17,0649293	9,5	329,43321	346,4981393	11,153	4,818096	324870,19	6,12854	0,0219	0,555159979	5,373255979	341,1248833
	45	0,54	1,74820808	5,7E-08	28,32097087	11,8	409,190724	437,5116949	11,153	36,13572	808225,71	6,49017	0,0073	0,211580479	36,34730048	401,1643944
	46,85	0,54	1,7788971	5,7E-08	27,18510554	10	346,7718	373,9569055	11,153	22,283694	1137858,5	8,62057	0,0166	0,551914902	22,8356089	351,1212966
	49,55	0,54	1,82432791	5,7E-08	32,41100959	12,2	423,061596	455,4726056	11,153	18,670122	1193592,9	9,07029	0,0207	0,70668247	19,37680447	436,0958011
	44,8	0,54	1,74491165	5,7E-08	26,75996502	8,7	301,691466	328,451431	11,153	37,340244	874810,78	6,6531	0,0076	0,225728059	37,56597206	290,885459
	41,45	0,54	1,69031078	5,7E-08	24,73600789	8,6	298,223748	322,9597559	11,153	30,715362	604617,86	6,00954	0,0064	0,174831298	30,8901933	292,0695626
	37,75	0,54	1,63134259	5,7E-08	19,82081248	10,9	377,981262	397,8020745	11,153	16,863336	491509,76	6,36886	0,0095	0,256317497	17,1196535	380,682421
36,15	0,54	1,60627358	5,7E-08	22,2918647	8	277,41744	299,7093047	11,153	-10,238454	292462,84	6,9	-0,0093	-0,241695924	-10,48014992	310,1894546	
CUBIERTA HEXAGONA L	31	0,54	1,5273287	5,7E-08	14,845635	12,8	443,867904	458,713539	11,153	-10,840716	232568,6	6,40921	-0,007	-0,172125207	-11,01284121	469,7263802
	34,2	0,54	1,57606962	5,7E-08	14,97896564	8,9	308,626902	323,6058676	11,153	6,02262	414272,15	6,6531	0,0223	0,600088779	6,622708779	316,9831589
	37,9	0,54	1,63370609	5,7E-08	12,52725833	5,4	187,256772	199,7840303	11,153	28,306314	896982,91	7,36037	0,0103	0,315863178	28,62217718	171,1618531
	36,4	0,54	1,61017356	5,7E-08	11,47731713	-1,3	-45,080334	-33,60301687	11,153	38,544768	787090,81	6,24831	0,0066	0,190307946	38,73507595	-72,33809281
	35,4	0,54	1,59461142	5,7E-08	14,8107509	7	242,74026	257,5510109	11,153	11,442978	513655,85	6,85864	0,0146	0,406545914	11,84952391	245,701487
	38,15	0,54	1,63765034	5,7E-08	12,11533719	3,9	135,241002	147,3563392	11,153	37,340244	957470,84	6,94144	0,0083	0,253345616	37,59358962	109,7627496
	39,55	0,54	1,65985546	5,7E-08	7,977265362	5,1	176,853618	184,8308834	11,153	49,987746	1514408,6	7,65846	0,0098	0,328515635	50,31626164	134,5146217
	38,2	0,54	1,63843995	5,7E-08	8,493672681	3,8	131,773284	140,2669567	11,153	72,873702	1243607,1	5,42636	0,0055	0,163525531	73,03722753	67,22972915
33,15	0,54	1,55996392	5,7E-08	13,22537412	6,2	214,998516	228,2238901	11,153	27,10179	408963,35	5,23642	0,0049	0,121863381	27,22365338	201,0002367	

CUBIERTA CUADRADA	35,35	0,54	1,59383596	5,7E-08	6,282901354	2	69,35436	75,63726135	11,153	40,351554	1007537,2	6,9	0,0081	0,24801033	40,59956433	35,03769702	
	34,25	0,54	1,57683931	5,7E-08	6,386199195	4	138,70872	145,0949192	11,153	27,10179	862496,95	7,31811	0,0103	0,314987939	27,41677794	117,6781413	
	35,05	0,54	1,58918846	5,7E-08	6,779477962	10,9	377,981262	384,76074	11,153	36,737982	933228,47	6,9	0,0082	0,249644171	36,98762617	347,7731138	
	35,35	0,54	1,59383596	5,7E-08	6,282901354	2	69,35436	75,63726135	11,153	39,749292	1007482,3	6,94144	0,0082	0,252198343	40,00149034	35,63577101	
	36	0,54	1,60393661	5,7E-08	6,929006168	13	450,80334	457,7323462	11,153	36,13572	1045707,9	7,31811	0,0094	0,294027229	36,42974723	421,3025989	
	33,6	0,54	1,56685286	5,7E-08	10,32242664	14,5	502,81911	513,1415366	11,153	27,10179	570539,63	6,08879	0,0068	0,18623663	27,28802663	485,85351	
	30,5	0,54	1,51980493	5,7E-08	15,59319859	14	485,48052	501,0737186	11,153	-19,874646	192569,41	6,61224	-0,0031	-0,076890378	-19,95153638	521,025255	
	31,65	0,54	1,53714668	5,7E-08	13,86198872	8,2	284,352876	298,2148647	11,153	12,04524	293862,52	5,42636	0,0079	0,190611671	12,23585167	285,9790131	
	33,15	0,54	1,55996392	5,7E-08	13,22537412	4,7	162,982746	176,2081201	11,153	-6,02262	406642,72	7,44514	-0,0219	-0,610327759	-6,632947759	182,8410679	
	33,35	0,54	1,56302317	5,7E-08	11,22563243	5	173,3859	184,6115324	11,153	10,238454	505945,44	6,9	0,016	0,447554298	10,6860083	173,9255241	
	30	0,54	1,51230591	5,7E-08	14,69961341	14	485,48052	500,1801334	11,153	-24,09048	192214,29	6,9	-0,0026	-0,064295996	-24,154776	524,3349094	
	33,15	0,54	1,55996392	5,7E-08	11,54061309	8	277,41744	288,9580531	11,153	8,431668	476222,2	6,85864	0,0183	0,506584608	8,938252608	280,0198005	
	CUBIERTA TRIANGULA R	34,15	0,54	1,57530018	5,7E-08	16,75804328	9,6	332,900928	349,6589713	11,153	-12,04524	345605,95	7,44514	-0,0093	-0,254332672	-12,29957267	361,958544
		33,2	0,54	1,56072836	5,7E-08	16,51874896	16,3	565,238034	581,756783	11,153	-11,442978	297387,06	7,02457	-0,0084	-0,221716419	-11,66469442	593,4214774
38,75		0,54	1,64714241	5,7E-08	21,79169408	11,1	384,916698	406,7083921	11,153	10,840716	491056,74	6,77617	0,0147	0,40627557	11,24699157	395,4614005	
41		0,54	1,6830643	5,7E-08	27,26564159	10,3	357,174954	384,4405956	11,153	19,272384	455671,74	6,00954	0,0077	0,202126083	19,47451008	364,9660855	
42,9		0,54	1,71380198	5,7E-08	31,65049499	8,6	298,223748	329,874243	11,153	9,03393	441165,02	6,61224	0,0158	0,428595852	9,462525852	320,4117171	
41,25		0,54	1,68708756	5,7E-08	25,0532502	5,6	194,192208	219,2454582	11,153	4,215834	568474,01	7,65846	0,0437	1,282663769	5,498497769	213,7469604	
45		0,54	1,74820808	5,7E-08	24,54484142	11,1	384,916698	409,4615394	11,153	40,351554	1046141,1	7,02457	0,0084	0,26023788	40,61179188	368,8497475	
43,65		0,54	1,72603755	5,7E-08	23,02188886	9,3	322,497774	345,5196629	11,153	43,362864	957973,39	6,53077	0,0072	0,214403138	43,57726714	301,9423957	
43,9		0,54	1,73012898	5,7E-08	20,7407862	7,3	253,143414	273,8842002	11,153	48,783222	1155323,4	6,77617	0,0077	0,238554059	49,02177606	224,8624241	

Balance energetico de la placa										Balance energetico del aire					TOTAL
Energia captada por el colector			Calor perdido al ambiente		Calor entregado en cubierta		Calor entregado cubierta colector	Total	Energia entregada		Energia saliente		Total		
$\tau\alpha$	\dot{h}_{pai}	$(\tau\alpha)I_r A_p$	$(T_p - T_{ai})$	$\dot{h}_{pai} A_p (T_p - T_{ai})$	U_{bottom}	$U_{bottom} A_p (T_p - T_{ai})$	$\dot{h}_{Tpc} A_c (T_p - T_c)$	$E_{acum} = E_e - E_s$	$m_a c_{pa} T_e$	$\dot{h}_{pai} A_p (T_p - T_{ai})$	$\dot{h}_{air} A_c (T_{ai} - T_c)$	$m_a c_{pa} T_z$	$E_{acum} = E_e - E_s$		
0,08	32,1085	32,469053	5	86,69295	4,75805446	35,97089172	11,24493225	143,887962	4,1672811	86,69295	154,313451	4,2944185	249,4681007	210,64303	
0,08	32,1085	45,680598	10,6	183,789054	4,75805446	53,69940264	17,0649293	266,1041253	4,1647899	183,789054	164,716605	4,3096644	356,9801133	250,2489	
0,08	32,1085	59,339993	18,2	315,562338	4,75805446	92,49657871	28,32097087	439,0779383	4,1626514	315,562338	204,595362	4,4121302	528,7324817	311,50985	
0,08	32,1085	68,073048	18,3	317,296197	4,75805446	82,21918108	27,18510554	440,4033205	4,149128	317,296197	173,3859	4,33735	499,1685751	292,35604	
0,08	32,1085	72,730678	20,7	358,908813	4,75805446	92,49657871	32,41100959	491,7250597	4,1460891	358,908813	211,530798	4,3554461	578,9411462	348,87971	
0,08	32,1085	61,803162	19,7	341,570223	4,75805446	88,89948954	26,75996502	465,5129095	4,161672	341,570223	150,845733	4,3701755	500,9478035	255,45056	
0,08	32,1085	41,202108	18,5	320,763915	4,75805446	82,73305096	24,73600789	419,9630661	4,1654827	320,763915	149,111874	4,3584074	478,3996791	233,63295	
0,08	32,1085	48,233337	11,6	201,127644	4,75805446	65,00454004	19,82081248	294,5447089	4,1633743	201,127644	188,990631	4,3556164	398,6372657	276,58986	
0,08	32,1085	42,993504	17,7	306,893043	4,75805446	61,66438581	22,2918647	389,2590681	4,1601695	306,893043	138,70872	4,2481194	454,010052	245,43847	
0,08	32,1085	50,159088	5,2	90,160668	4,75805446	41,62346042	14,845635	167,0975814	4,1631345	90,160668	221,933952	4,3174285	320,575183	316,24878	
0,08	32,1085	58,668219	8,7	150,845733	4,75805446	47,789899	14,97896564	242,3248854	4,161672	150,845733	154,313451	4,3002079	313,6210639	245,68698	
0,08	32,1085	49,26339	8,8	152,579592	4,75805446	48,56070382	12,52725833	237,8764275	4,1573108	152,579592	93,628386	4,2976947	254,6629835	154,3753	
0,08	32,1085	32,469053	14,5	251,409555	4,75805446	50,35924841	11,47731713	322,7605388	4,1640871	251,409555	-22,540167	4,2357364	237,2692115	13,153234	
0,08	32,1085	45,232749	10,2	176,853618	4,75805446	49,07457371	14,8107509	256,3501898	4,1604227	176,853618	121,37013	4,2847187	306,6688994	195,38279	
0,08	32,1085	46,307587	9,8	169,918182	4,75805446	51,13005323	12,11533719	255,2404846	4,1599152	169,918182	67,620501	4,3008583	245,9994566	119,00378	
0,08	32,1085	43,441353	3,8	65,886642	4,75805446	44,19280983	7,977265362	145,5435395	4,1554214	65,886642	88,426809	4,3411541	162,8100265	117,24813	
0,08	32,1085	45,680598	5,8	100,563822	4,75805446	55,75488217	8,493672681	193,5056295	4,1687963	100,563822	65,886642	4,3940218	175,013282	85,722077	
0,08	32,1085	21,810246	9,5	164,716605	4,75805446	51,90085805	13,22537412	225,2023352	4,1698451	164,716605	107,499258	4,3217081	280,7074162	145,49516	

0,08	32,1085	49,935164	5,3	91,894527	4,75805446	35,97089172	6,282901354	171,5176809	4,1600043	91,894527	34,67718	4,2814541	135,0131653	71,542213
0,08	32,1085	27,229219	3,5	60,685065	4,75805446	30,8321929	6,386199195	112,3602779	4,1574937	60,685065	69,35436	4,2756833	138,472602	91,565817
0,08	32,1085	54,413654	-3	-52,01577	4,75805446	35,97089172	6,779477962	31,58929726	4,1600043	-52,01577	188,990631	4,39732	145,5321852	233,83023
0,08	32,1085	44,202696	5,3	91,894527	4,75805446	35,71395678	6,282901354	165,5282787	4,1597582	91,894527	34,67718	4,2797647	135,0112299	66,15282
0,08	32,1085	54,637578	-5	-86,69295	4,75805446	35,97089172	6,929006168	-3,013486447	4,1574937	-86,69295	225,40167	4,4216822	147,2878959	271,00122
0,08	32,1085	50,159088	-2,3	-39,878757	4,75805446	42,90813512	10,32242664	42,86603949	4,1646911	-39,878757	251,409555	4,4320192	220,1275083	308,59204
0,08	32,1085	42,993504	5	86,69295	4,75805446	40,33878572	15,59319859	154,4320411	4,1616954	86,69295	242,74026	4,3114772	337,9063826	337,55091
0,08	32,1085	34,170879	8,5	147,378015	4,75805446	48,04683394	13,86198872	215,7337389	4,1687963	147,378015	142,176438	4,3132806	298,0365298	203,67622
0,08	32,1085	13,43547	11	190,72449	4,75805446	37,76943631	13,22537412	228,7040222	4,1567765	190,72449	81,491373	4,2081634	280,5808029	130,96429
0,08	32,1085	28,527981	8,3	143,910297	4,75805446	38,54024113	11,22563243	199,752887	4,1601695	143,910297	86,69295	4,2537035	239,0171201	134,66129
0,08	32,1085	37,440176	4	69,35436	4,75805446	35,97089172	14,69961341	128,0658147	4,1600043	69,35436	242,74026	4,2996017	320,554226	331,8465
0,08	32,1085	55,085427	5,7	98,829963	4,75805446	38,79717607	11,54061309	181,171953	4,1602492	98,829963	138,70872	4,2915226	245,9904548	215,2013
0,08	32,1085	61,489668	10,1	175,119759	4,75805446	45,47748453	16,75804328	265,3288679	4,1567765	175,119759	166,450464	4,2623278	349,9893274	277,29808
0,08	32,1085	47,337639	3,3	57,217347	4,75805446	45,47748453	16,51874896	133,5137219	4,1594032	57,217347	282,619017	4,3601924	348,3559596	378,57924
0,08	32,1085	37,440176	13,4	232,337106	4,75805446	67,57388945	21,79169408	315,5594778	4,1609258	232,337106	192,458349	4,3412279	433,2976087	277,72327
0,08	32,1085	49,26339	19,7	341,570223	4,75805446	85,30240037	27,26564159	448,8703718	4,1654827	341,570223	178,587477	4,3555909	528,6787737	285,15768
0,08	32,1085	55,757201	25,6	443,867904	4,75805446	91,72577389	31,65049499	559,7003834	4,1619186	443,867904	149,111874	4,303309	601,4450056	278,66709
0,08	32,1085	59,205638	21,9	379,715121	4,75805446	72,45565332	25,0532502	486,3231619	4,1554214	379,715121	97,096104	4,2427435	485,2093899	214,86073
0,08	32,1085	60,5044	14,9	258,344991	4,75805446	84,01772566	24,54484142	378,3222751	4,1594032	258,344991	192,458349	4,407601	459,3703442	287,80168
0,08	32,1085	45,232749	15,4	267,014286	4,75805446	81,96224614	23,02188886	371,1873923	4,1624083	267,014286	161,248887	4,3935753	436,8191566	236,31063
0,08	32,1085	44,650545	14,9	258,344991	4,75805446	77,85128708	20,7407862	360,1060372	4,1609258	258,344991	126,571707	4,3761702	393,453794	191,51467

Fuente: Propia

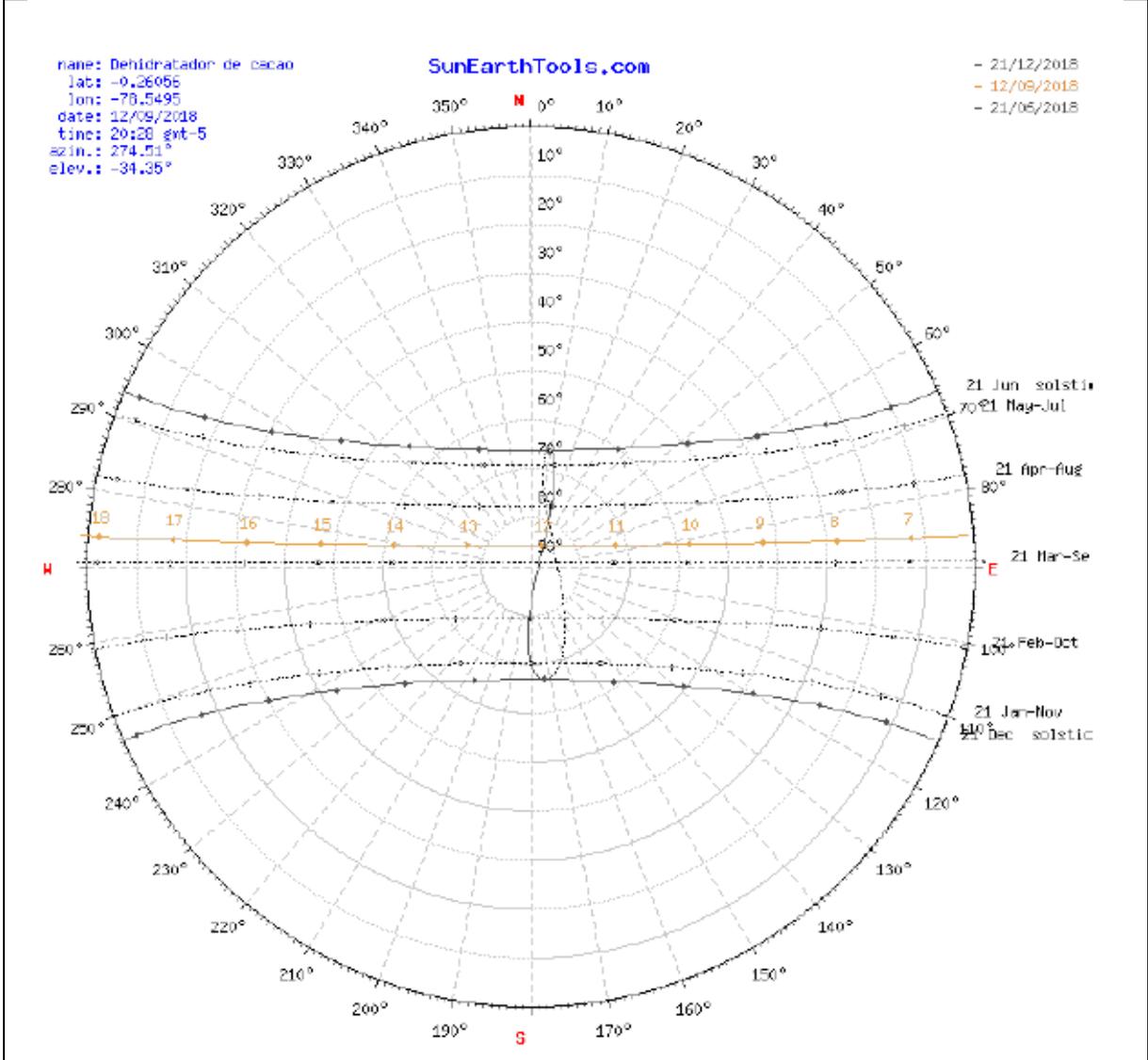
Anexo II		Datos tomados en días del colector, sin cubierta								1/4	
Fecha		11/1/2019									
Colector sin cubiertas: Repetición 1											
#	Hora	I(W/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s o W)	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00	725	0,01402957	22	31	22,1	36	1,0069	127,14	0,4059	
6	10:15	1020	0,01396879	23,1	33,4	23,9	44	1,006922	144,87	0,3288	
7	10:30	1325	0,01391906	24	41,8	30	60	1,00694	249,48	0,4358	
8	10:45	1520	0,01364279	29	42,7	32,7	61	1,00704	188,22	0,2866	
9	11:00	1624	0,01358753	30	45,3	33,1	66	1,00706	209,36	0,2984	
10	11:15	1380	0,01389696	24,4	39,3	30,6	59	1,006948	208,50	0,3497	
11	11:30	920	0,01398537	22,8	36,5	27,9	55	1,006916	192,92	0,4854	
12	11:45	1077	0,01393564	23,7	37,4	26,5	49	1,006934	192,24	0,4132	
13	12:00	960	0,01386381	25	31,3	23,3	49	1,00696	87,95	0,2121	
Promedio		1172,333		24,89	37,63				177,85	0,3573	
Fecha		17/1/2019									
Colector sin cubiertas: Repetición 2											
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00	552	0,01396327	23,2	28,3	23,5	39	1,006924	71,7057378	0,30069838	
6	10:15	410	0,0138196	25,8	33,4	25,6	41	1,006976	105,761677	0,59711877	
7	10:30	361	0,01394669	23,5	24,4	31,5	43	1,00693	12,639007	0,08104421	
8	10:45	340	0,01389144	24,5	27,5	23	45	1,00695	41,9639436	0,28570223	
9	11:00	352	0,01397432	23	25,9	24,8	45	1,00692	40,8059585	0,26834726	
10	11:15	529	0,01392459	23,9	27,1	22,5	46	1,006938	44,8678316	0,19633407	
11	11:30	535	0,01397984	22,9	31,3	25,2	51	1,006918	118,24307	0,51160899	
12	11:45	398	0,01402405	22,1	29,5	24	55	1,006902	104,494225	0,6077507	
13	12:00	236	0,01385276	25,2	28,3	23,1	53	1,006964	43,2426068	0,42414672	
14	12:15	260	0,01390249	24,3	27,4	23,1	52	1,006946	43,3970654	0,38636988	
15	12:30										
Promedio		397,3							62,7121122	0,36591212	

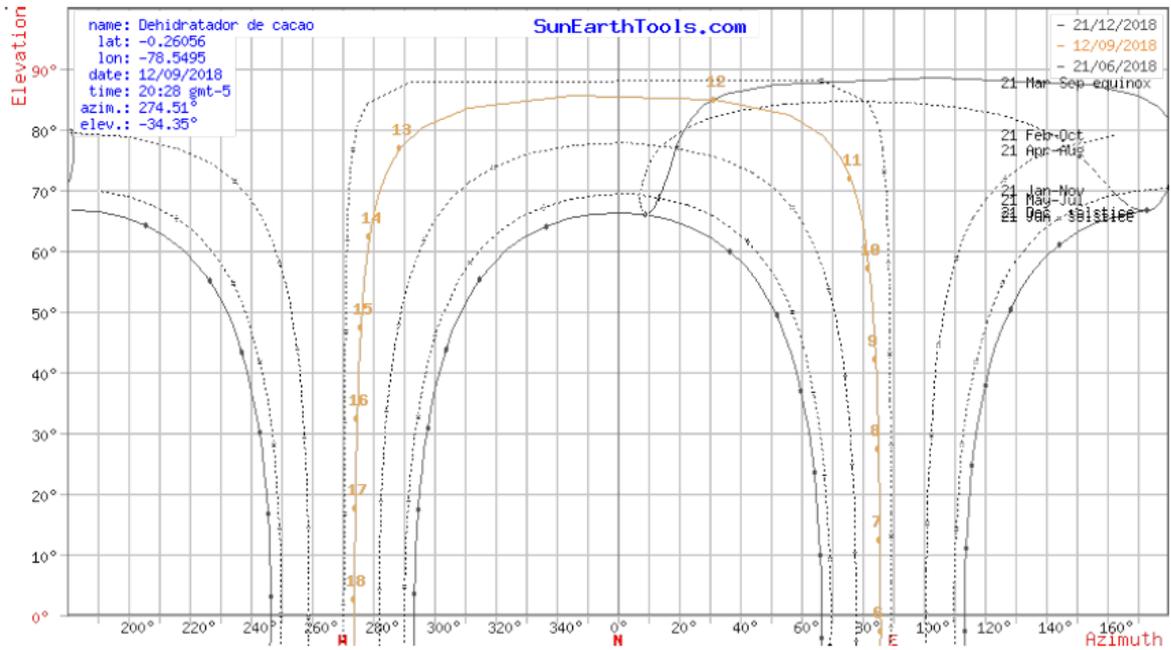
Anexo II		Datos tomados en días del colector, cubierta cuadrada								2/4	
Fecha		5/12/2018									
Colector cubierta cuadrado: Repetición 1											
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00										
6	10:15	-									
7	10:30	1115	0,0138638	25	33,7	31,7	39	1,00692	121,45	0,2521	
8	10:45	608	0,0138086	26	34,5	30,5	38	1,00696	118,19	0,45	
9	11:00	1215	0,0138638	25	42	31,1	39	1,00692	237,32	0,4521	
10	11:15	987	0,0138583	25,1	33,7	31,7	39	1,006924	120,01	0,2815	
11	11:30	1220	0,0138086	26	45	32	40	1,00696	264,19	0,5013	
12	11:45	1120	0,0139743	23	42	27,5	39,7	1,00684	267,33	0,5525	
13	12:00	960	0,0139025	24,3	35	21	40	1,006892	149,78	0,3612	
14	12:15	763	0,0140683	21,3	31,5	23,3	40	1,006886	144,48	0,4383	
15	12:30	300	0,013792	26,3	30	25,3	41	1,006986	51,39	0,3965	
16	12:45	637	0,0138638	25	31,7	26,7	40	1,00696	93,53	0,3399	
17	13:00	836	0,0138638	25	35	21	39	1,00692	139,60	0,3865	
18	13:15	1230	0,0138693	24,9	34,3	26,3	40	1,006916	131,27	0,2471	
19	13:30	1203	0,0139743	23	35	29	42	1,00684	168,84	0,3249	
20	13:45	-		-							
Promedio		938		24,6077	35,6462				154,41	0,3834	
Fecha		6/11/2018									
Colector cubierta cuadrado: Repetición 2											
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00										
6	10:15										
7	10:30	1500	0,013670417	28,5	30	24,5	37	1,00703	20,64977951	0,0319	
8	10:45	1215	0,013692519	28,1	33,8			1,007022	78,59540427	0,1497	
9	11:00	1110	0,013836181	25,5	34,5	33,2	40	1,00697	125,3935723	0,2615	
10	11:15	620	0,013847232	25,3	35			1,006966	135,2538098	0,505	
11	11:30	1300	0,013698044	28	39	33,2	41	1,00702	151,7362473	0,2702	
12	11:45	1309	0,013791977	26,3	37,4			1,006986	154,1604396	0,2726	
13	12:00	1320	0,013642789	25	42	36	41	1,00696	233,5416322	0,4095	
14	12:15	1245	0,013974318	23	39,1			1,00692	226,5434247	0,4212	
15	12:30	1345	0,013847232	25,3	42	31	42	1,006966	232,8596519	0,4008	
16	12:45	1075	0,013604111	24,3	39,1			1,006946	202,739355	0,4366	
17	13:00	1382	0,013808554	26	42			1,00698	222,4789964	0,3726	
18	13:15	-		-							
Promedio		1220,091		-					162,177483	0,3211	

15/1/2019		Colector cubierta Hexagonal: Repeticion 1						
I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n
1120	0,0139301	23,8	34,8	22	40	1,006936	154,29	0,3189
1310	0,013897	24,4	34,3	25,4	43	1,006948	138,54	0,2448
1100	0,013803	26,1	36,2	30,8	45	1,006982	140,38	0,2954
725	0,0139522	23,4	28,5	29,8	43	1,006928	71,65	0,2288
1010	0,0138693	24,9	33,8	26,8	44	1,006958	124,30	0,2849
1034	0,0138583	25,1	35,2	31,3	45	1,006962	140,94	0,3155
970	0,0137643	26,8	40,2	35,1	44	1,006996	185,73	0,4432
1020	0,0140683	21,3	37,2	33,4	43	1,006886	225,23	0,5111
487	0,0140959	20,8	31,5	25,3	41	1,006876	151,86	0,7218
975,111		24,0667	34,633				148,10	0,3738

Fecha		12/1/2019		Colector cubierta Hexagonal: Repeticion 1						
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n
1	9:00									
2	9:15									
3	9:30									
4	9:45									
5	10:00	625	0,013880385	24,7	42,3	37	45	1,006954	245,993598	0,72886992
6	10:15	1100	0,013852757	25,2	42,9	26,9	44	1,006964	246,901335	0,41565881
7	10:30	449	0,013880385	24,7	36,4	32	46	1,006954	163,529835	0,67446109
8	10:45	785	0,013863808	25	35,8	31,6	47	1,00696	150,771245	0,35567644
9	11:00									
10	11:15									
11	11:30									
12	11:45									
13	12:00									
14	12:15	739,75							201,799003	0,54366657

Anexo II		Datos tomados en días del colector, cubierta cuadrada								4/4	
Fecha		14/1/2018									
Colector cubierta Triangular: Repetición 1											
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00										
6	10:15										
7	10:30	1373	0,013791977	26,3	33,9	24,3	44	1,006986	105,55	0,178	
8	10:45	1057	0,013847232	25,3	39,7	23,4	43	1,006966	200,79	0,4397	
9	11:00	836	0,013880385	24,7	37,6	26,5	51	1,006954	180,30	0,4992	
10	11:15	1100	0,013985369	22,8	36,3	26	56	1,006916	190,11	0,4001	
11	11:30	1245	0,013902487	24,3	34,4	25,8	60	1,006946	141,39	0,2629	
12	11:45	1322	0,01376435	26,8	33,1	27,5	55	1,006996	87,32	0,1529	
13	12:00	1351	0,013847232	25,3	43,1	32	58	1,006966	248,20	0,4253	
14	12:15	1010	0,013913538	24,1	40,6	31,3	56	1,006942	231,17	0,5298	
15	12:30	997	0,013880385	24,7	40,1	32,8	55	1,006954	215,24	0,4998	
16	12:45										
Promedio		1143,444		24,9222	37,6444				177,79	0,3764	
Fecha		16/1/2018									
Colector cubierta Triangular: Repetición 1											
#	Hora	I(w/m ²)	ma (kg/s)	Tea(°C)	Tsa(°C)	Tv(°C)	Tp(°C)	Cp(kJ/kg.K)	Qu (J/s) o w	n	
1	9:00										
2	9:15										
3	9:30										
4	9:45										
5	10:00										
6	10:15										
7	10:30	1170	0,01397984	22,9	30,5	20	28	1,006918	106,981825	0,211661	
8	10:45	1607	0,01387486	24,8	35,7	25,9	42	1,006956	152,2879637	0,175491	
9	11:00	1688	0,01380303	26,1	37,5	27,2	47	1,006982	158,4531695	0,173834	
10	11:15	1490	0,01378093	26,5	39,5	33,7	47	1,00699	180,4043132	0,224216	
11	11:30	1449	0,01376988	26,7	41,6	36,8	47	1,006994	206,6061079	0,264047	
12	11:45	1406	0,01389144	24,5	41,1	31,6	48	1,00695	232,2004881	0,305833	
13	12:00	1413	0,01386933	24,9	41,8	36,4	48	1,006958	236,0226393	0,309327	
14	12:15	1444	0,01391354	24,1	41,2	35,3	47	1,006942	239,5731446	0,30724	
15	12:30	1427	0,01384723	25,3	41,6	32	47	1,006966	227,2821752	0,294949	
16	12:45	1418	0,01383618	25,5	41,6	34,8	47	1,00697	224,3151681	0,292947	
17	13:00	1350	0,01395774	23,3	42,3	35	50	1,006926	267,0338427	0,366302	
18	13:15	1413	0,01378093	26,5	43,1	34	52	1,00699	230,3624307	0,301909	
19	13:30										
		1439,583							205,126939	0,26898	





sol ^o posición	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes
12/09/2018 20:28 GMT-5	-34.35°	274.51°	0.2605600° S	78.5495000° W
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	06:07:14	18:13:37	85.91°	273.9°
crepúsculo civil -6°	05:46:31	18:34:18	85.9°	273.89°
Náutica ^o crepúsculo -12°	05:22:27	18:58:21	85.86°	273.92°
El crepúsculo astronómico -18°	04:58:24	19:22:24	85.76°	274°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía
12/09/2018	12:06:23	00:00:00	-00:00:01	12:10:25

Anexo IV	Secado de la semilla de cacao	1
-----------------	--------------------------------------	----------

Tabla IV. 1. Tabla de datos de secado

N°	Fecha	Pesos iniciales [g]		Pesos finales [g]		Tiempo de secado [h]	Peso cacao inicial [g]		Peso cacao final [g]		Resultados muestras		Total
		Ban. 1	Ban.2	Ban. 1	Ban. 2		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra2	
1	5/12/2018	1059	1158	1033	1122	4	727	820	701	784	26	36	62
2	6/12/2018	1021	1109	1003	1085	3	689	771	671	747	18	24	42
3	7/12/2018	1000	1074	984	1059	3,5	668	736	652	721	16	15	31
4	10/12/2018	965	1037	954	1025	3,5	633	699	622	687	11	12	23
5	17/12/2018	942	1005	938	1002	3	610	667	606	664	4	3	7
6	18/12/2018	940	1000	935	995	4	608	662	603	657	5	5	10
7													175
Totales						21					80	95	175

Tabla IV. 2. Velocidad de Secado y cálculo de tiempo de secado

	Relacion de peso		Velocidad de secado	Tiempo estimado	
	[g/h]	[kg/h]	[Kg/h*A]	P.H.R[kg]	6,27
Peso ambiente vs tiempo	0,385	0,0004	0,012	T. Exposicion	7
Peso secador vs tiempo	8,333	0,0083	0,259	T. secado	24,21
					3,46

Tabla IV. 3. Calculo teórico del balance energético

Balance energetico de cacao y camara de secado												
Parametros de la camara de secado				Aire en contacto con el grano			Velocidad del Secado			Balance energetico del grano		
Superficie especifica	Area secado	Altura		$\frac{M_p}{(Y-Y_0)}$	$\left\{ \frac{(X-x)}{(1-x)} \right\}$	N_a	M_s	$\frac{dX}{dt}$	$R = \frac{M_s}{A} \frac{dX}{dt}$	A_{tr}	λ_w	$q_c = M_s \cdot N_a \cdot \lambda_w \cdot A_{tr}$
S	$\bar{s} = \frac{s}{M_p}$	$A_s \cdot N = S$	$C = \frac{C}{N \cdot (d+e) + d}$									$[kcal \cdot m^2]$
0,12	0,113	0,24	0,4	1,059	0,434	0,883	3,73	0,008	0,26	0,12	0,88	0,34779986
												1,43432662

Anexo V	Fotos del soporte del colector	1
----------------	---------------------------------------	----------

Figura V. 1. Soporte del colector



Figura V. 2. Soporte y Colector



Anexo VI

Colector con las diferentes cubiertas

1

Figura VI. 1. Colector sin cubiertas



Figura VI. 2. Colector con cubierta cuadrada

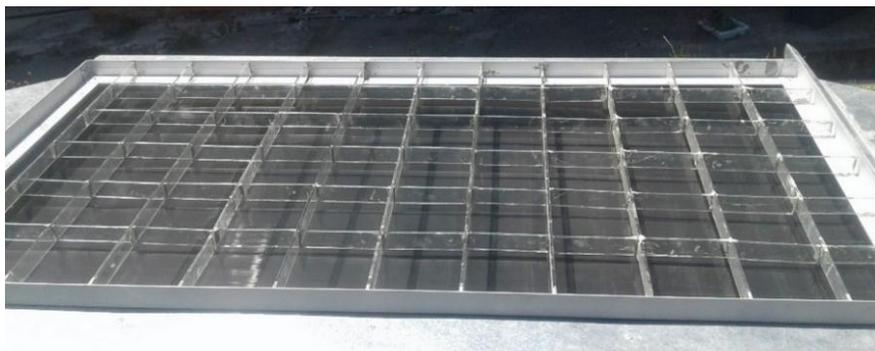


Figura VI. 3. Colector con cubierta Hexagonal



Figura VI.4. Colector con cubierta Triangular



Anexo VII

Cubiertas

1

Figura VII.1. Colector con cubierta Cuadrada

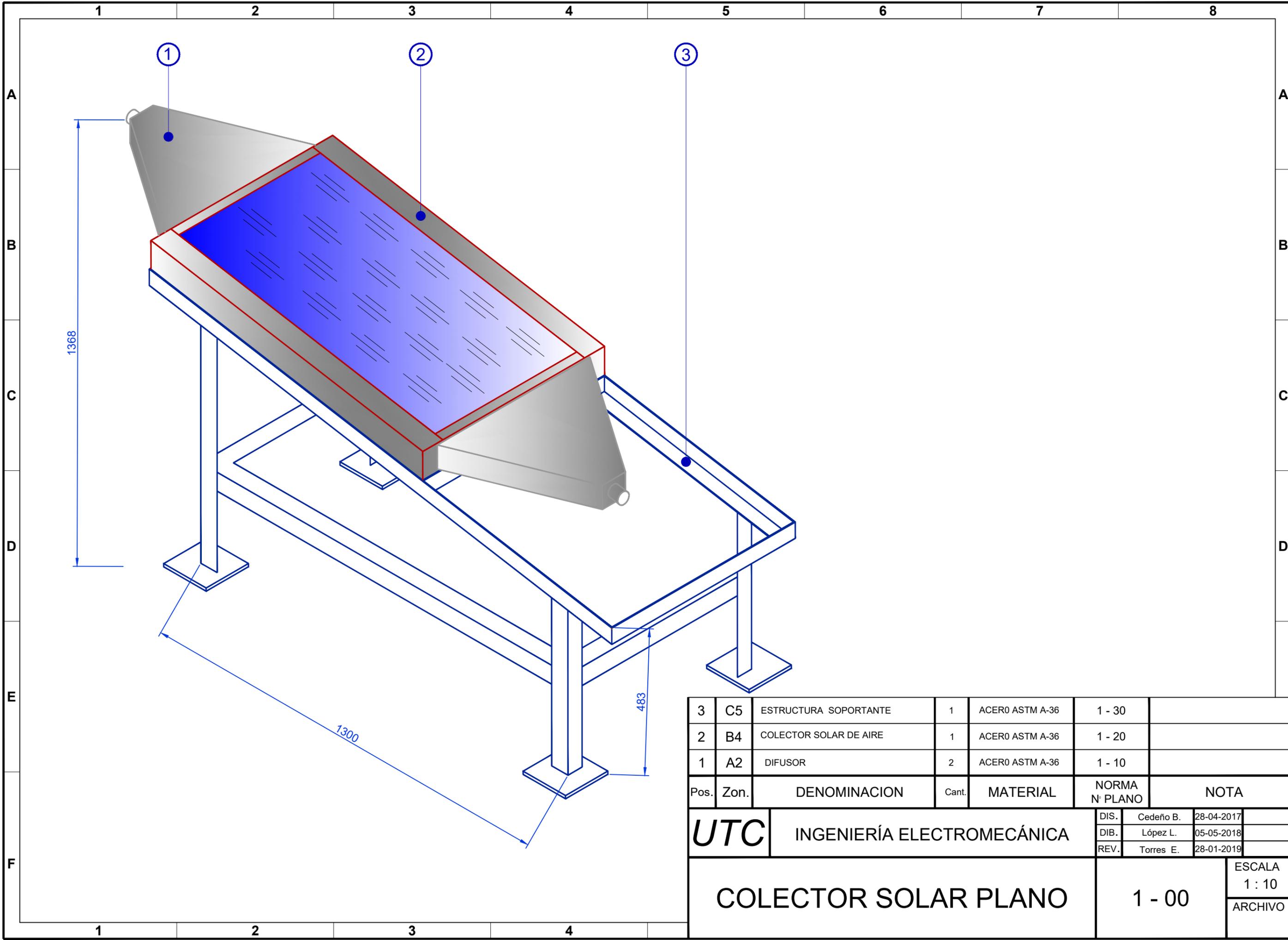


Figura VII.2. Colector con cubierta Hexagonal



Figura VII.3. Colector con cubierta Triangular



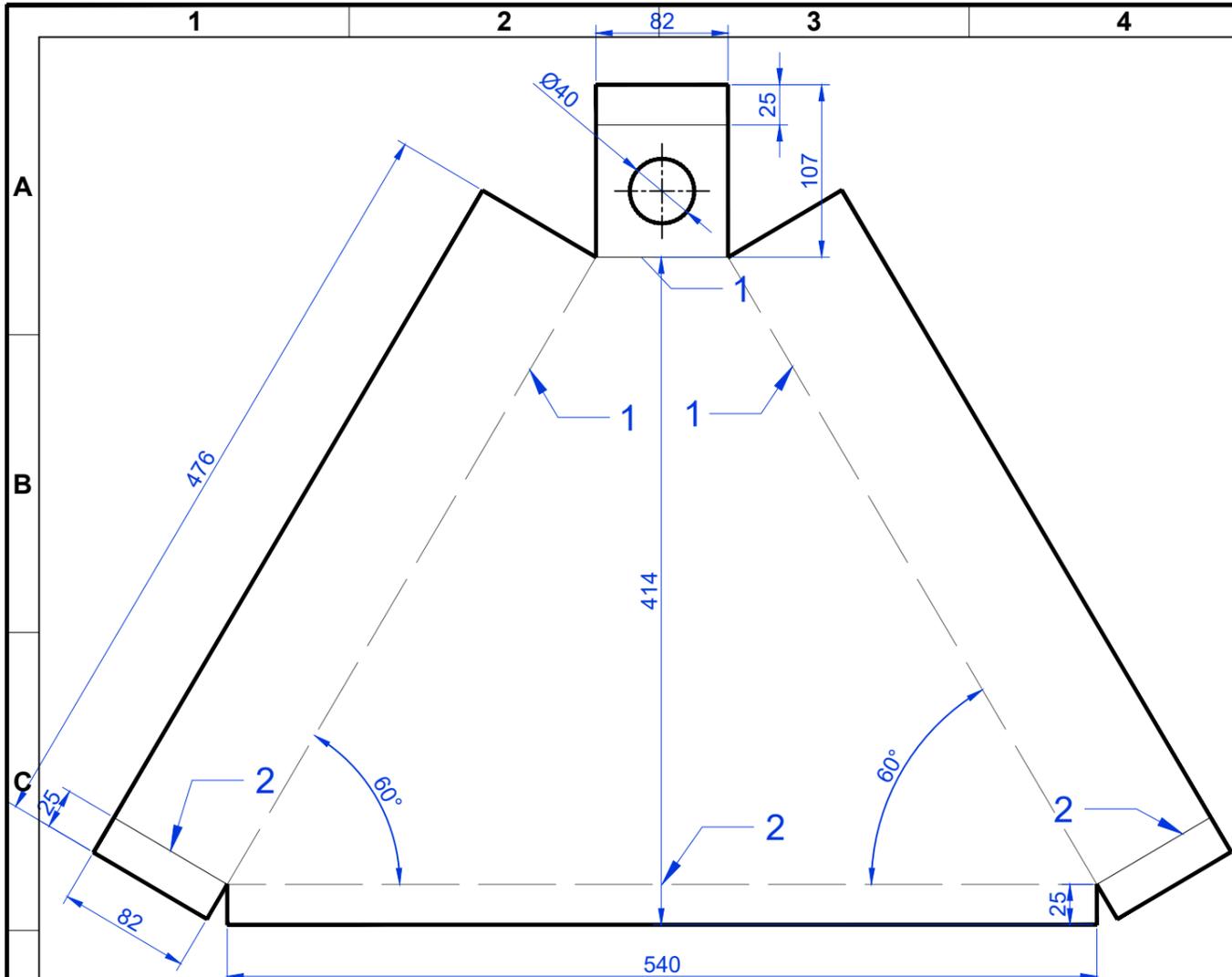


3	C5	ESTRUCTURA SOPORTANTE	1	ACERO ASTM A-36	1 - 30	
2	B4	COLECTOR SOLAR DE AIRE	1	ACERO ASTM A-36	1 - 20	
1	A2	DIFUSOR	2	ACERO ASTM A-36	1 - 10	

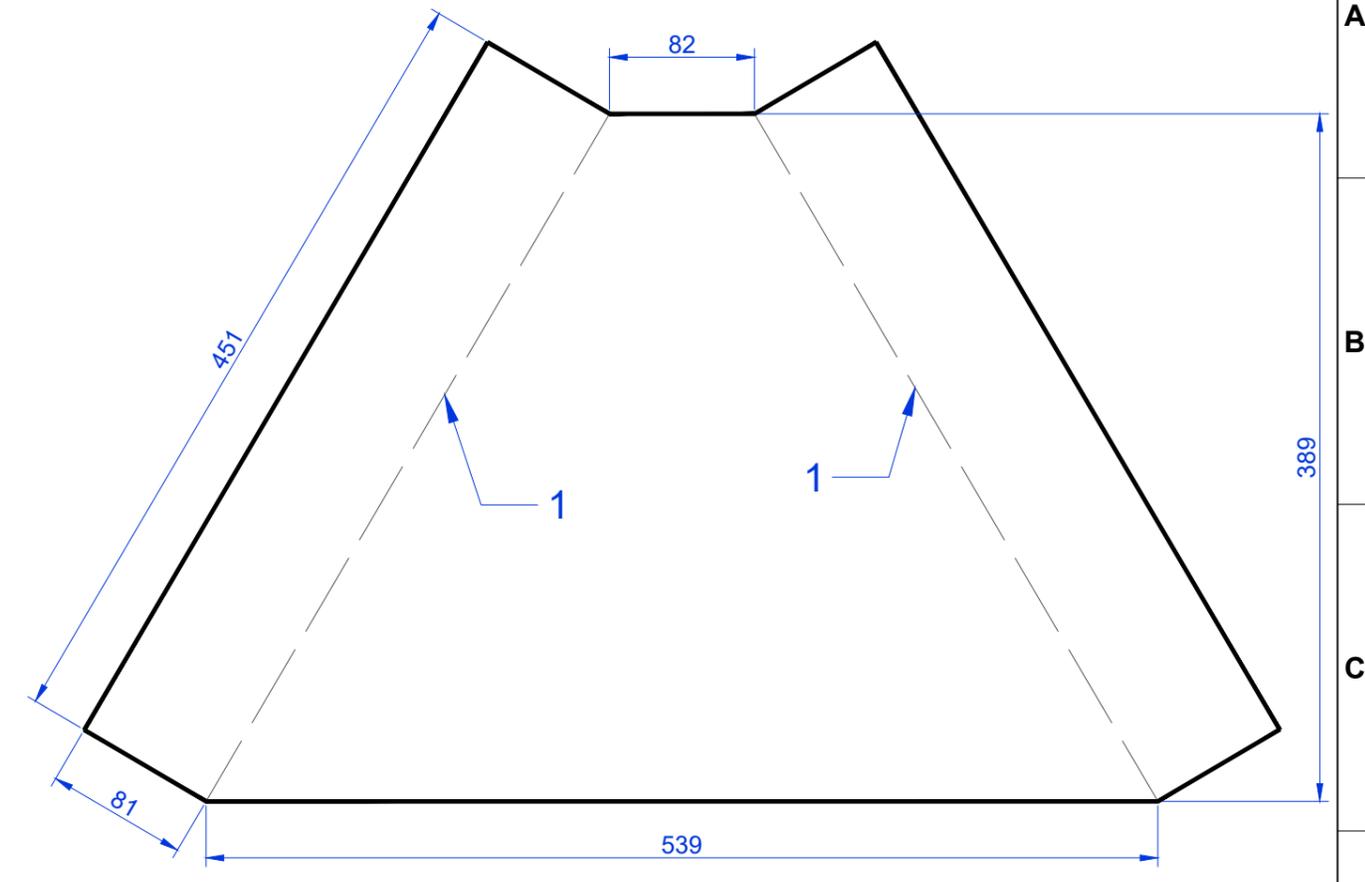
Pos.	Zon.	DENOMINACION	Cant.	MATERIAL	NORMA N° PLANO	NOTA
------	------	--------------	-------	----------	----------------	------

UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		DIS.	Cedeño B.	28-04-2017	
			DIB.	López L.	05-05-2018	
			REV.	Torres E.	28-01-2019	

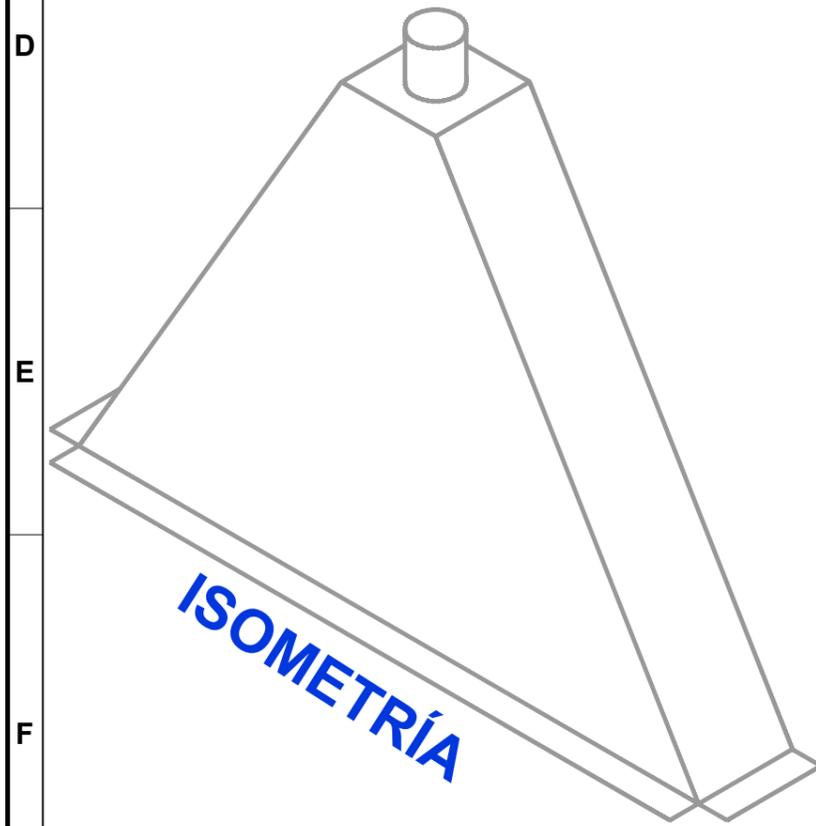
COLECTOR SOLAR PLANO	1 - 00	ESCALA	1 : 10
		ARCHIVO	



CUBIERTA ANTERIOR



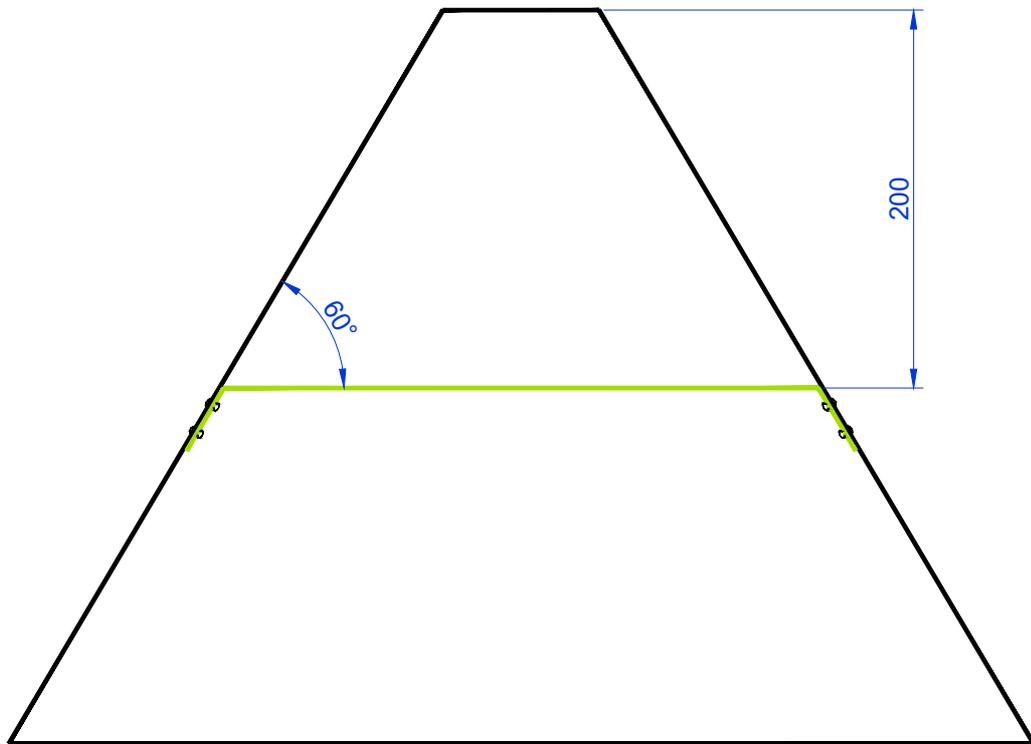
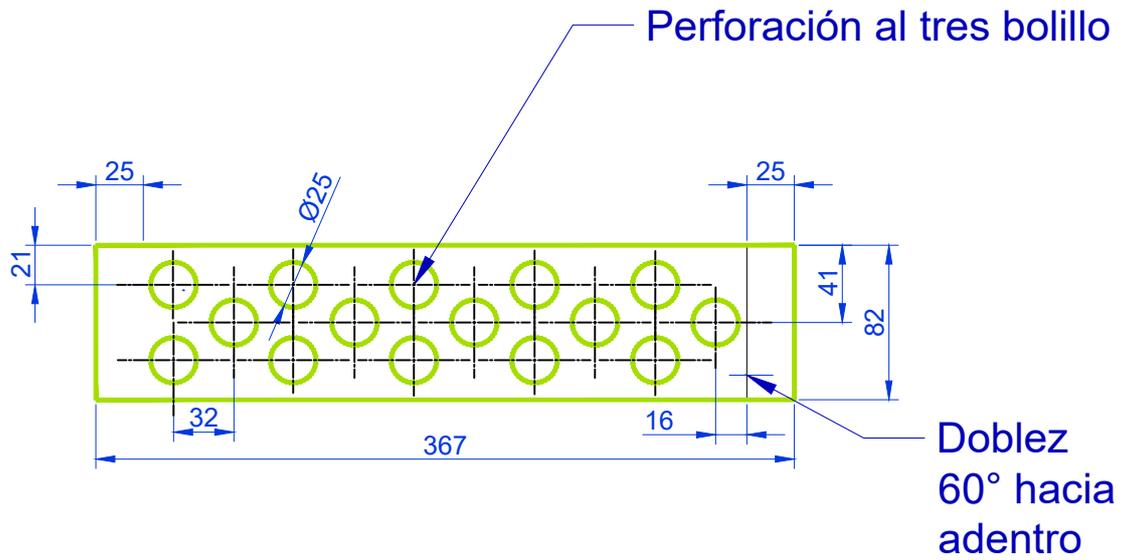
CUBIERTA POSTERIOR



ISOMETRÍA

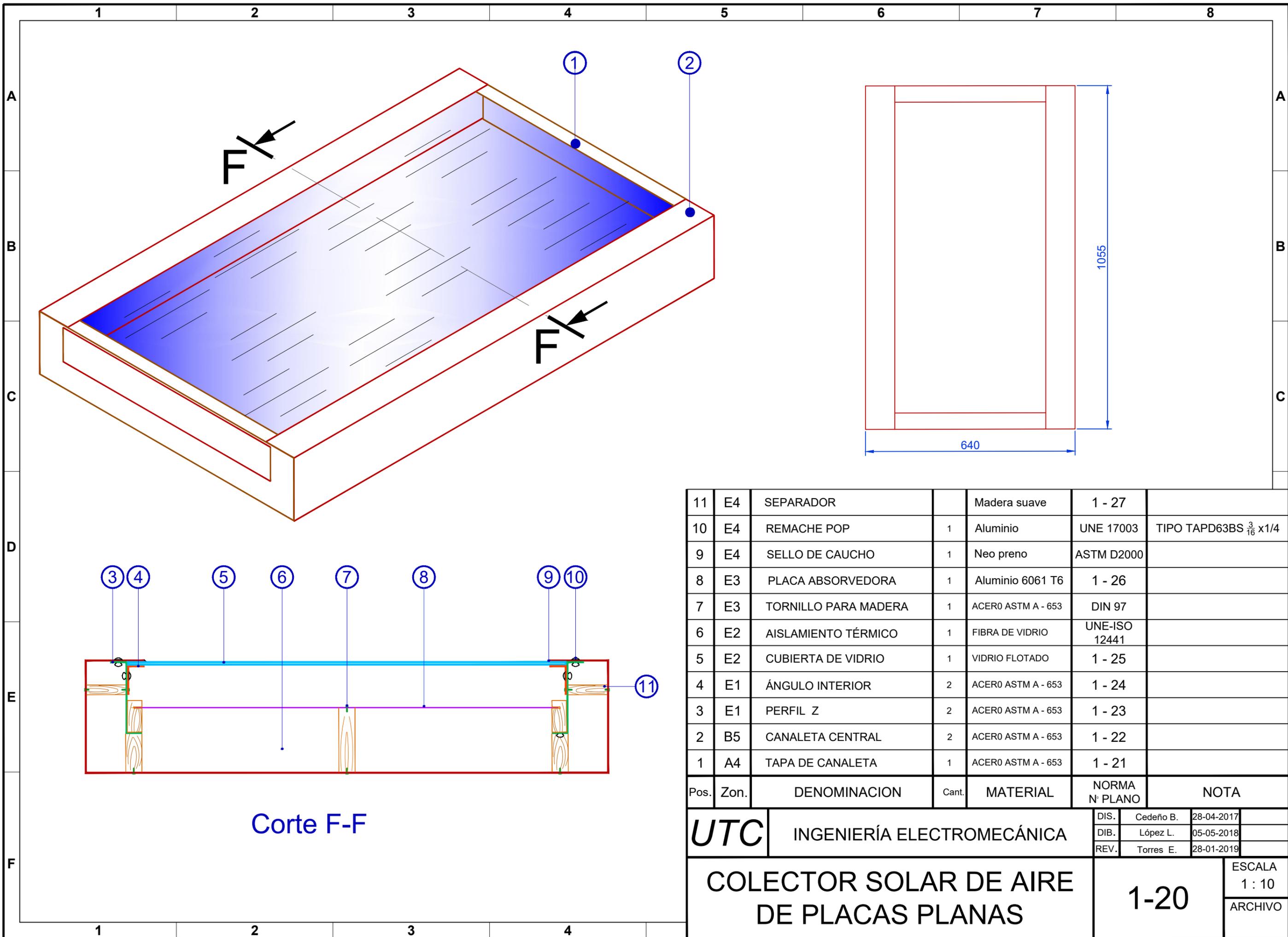
1 DOBLEZ 90° HACIA ADENTRO
 2 DOBLEZ 90° HACIA AFUERA
 EL CONJUNTO SE ARMA CON
 REMACHES POP $\frac{3}{16} \times \frac{1}{4}$
 CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	CEDEÑO B.	28-04-2017	
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1:8	DIB.	LÓPEZ L.	05-05-2018
				REV.	TORRES E.	28-01-2019
DIFUSOR			1 - 10			



Ubicación de la placa deflectora solo en el difusor de entrada

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	CEDEÑO B.	28-04-2017
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	LÓPEZ L.	05-05-2018
			REV.	TORRES E.	28-01-2019
PLACA DEFLECTORA		1 - 11			



11	E4	SEPARADOR		Madera suave	1 - 27	
10	E4	REMACHE POP	1	Aluminio	UNE 17003	TIPO TAPD63BS $\frac{3}{16}$ x1/4
9	E4	SELLO DE CAUCHO	1	Neo preno	ASTM D2000	
8	E3	PLACA ABSORVEDORA	1	Aluminio 6061 T6	1 - 26	
7	E3	TORNILLO PARA MADERA	1	ACERO ASTM A - 653	DIN 97	
6	E2	AISLAMIENTO TÉRMICO	1	FIBRA DE VIDRIO	UNE-ISO 12441	
5	E2	CUBIERTA DE VIDRIO	1	VIDRIO FLOTADO	1 - 25	
4	E1	ÁNGULO INTERIOR	2	ACERO ASTM A - 653	1 - 24	
3	E1	PERFIL Z	2	ACERO ASTM A - 653	1 - 23	
2	B5	CANALETA CENTRAL	2	ACERO ASTM A - 653	1 - 22	
1	A4	TAPA DE CANALETA	1	ACERO ASTM A - 653	1 - 21	

Pos.	Zon.	DENOMINACION	Cant.	MATERIAL	NORMA N° PLANO	NOTA
------	------	--------------	-------	----------	----------------	------

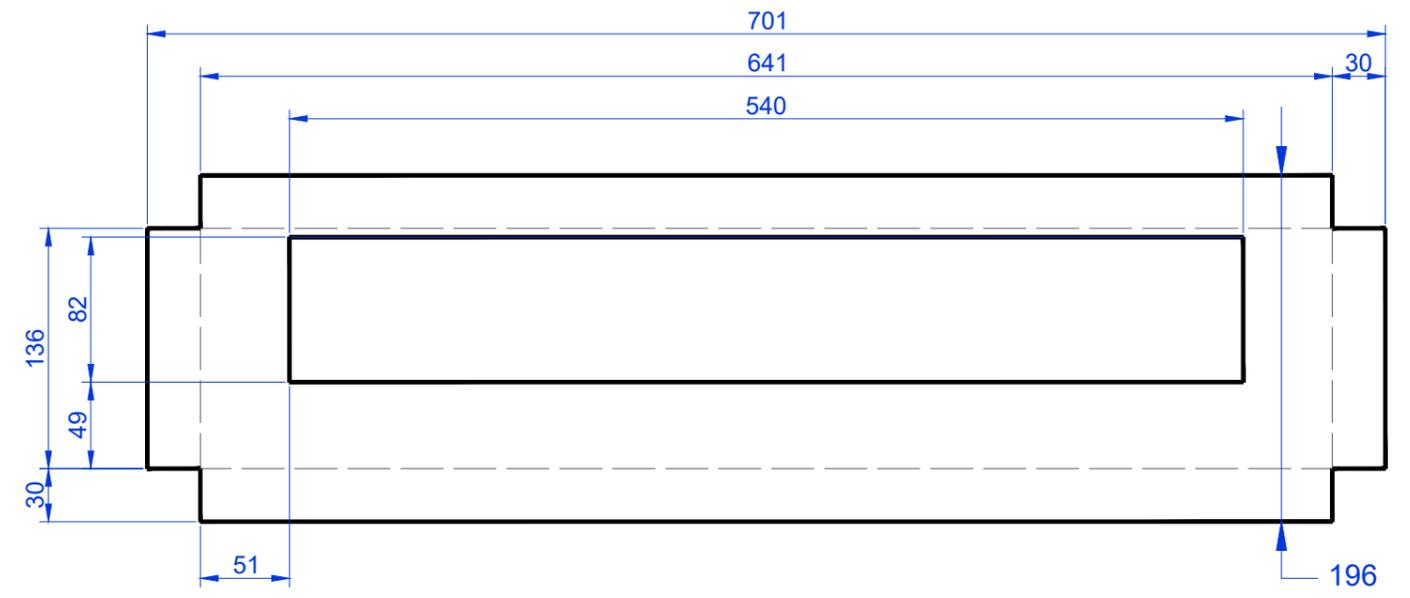
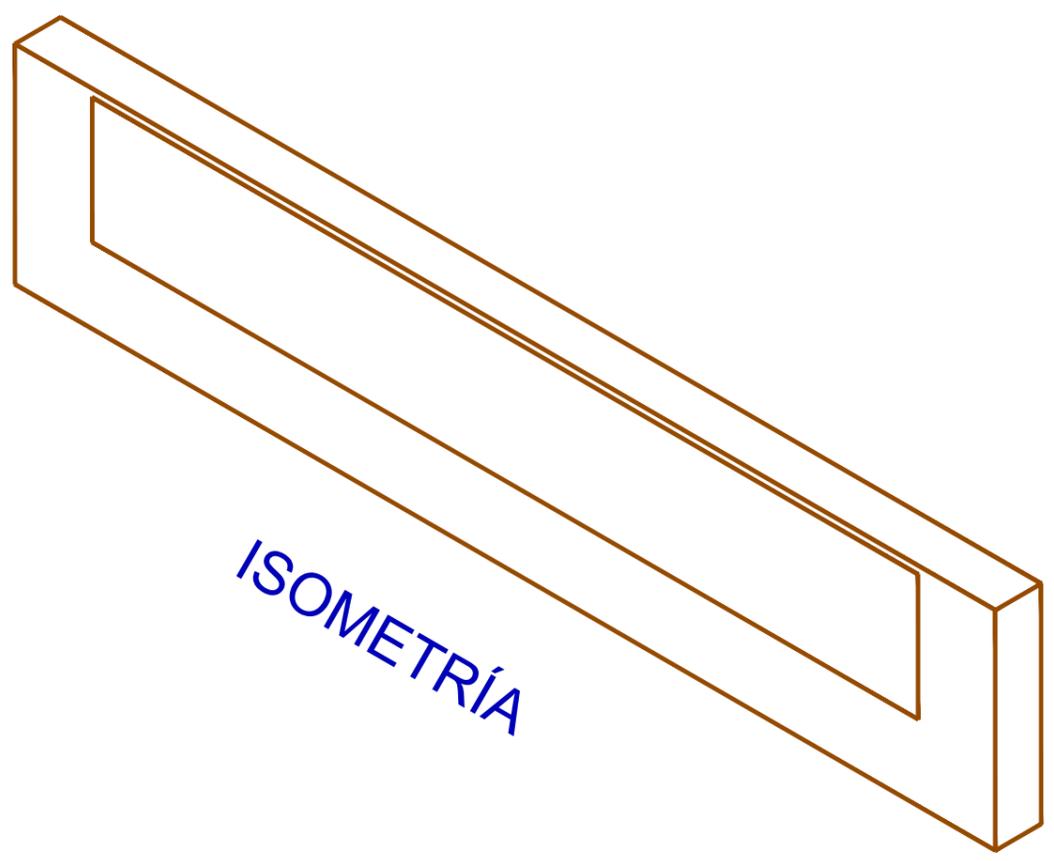
UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
				DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019

COLECTOR SOLAR DE AIRE DE PLACAS PLANAS			1-20	ESCALA	1 : 10
				ARCHIVO	

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

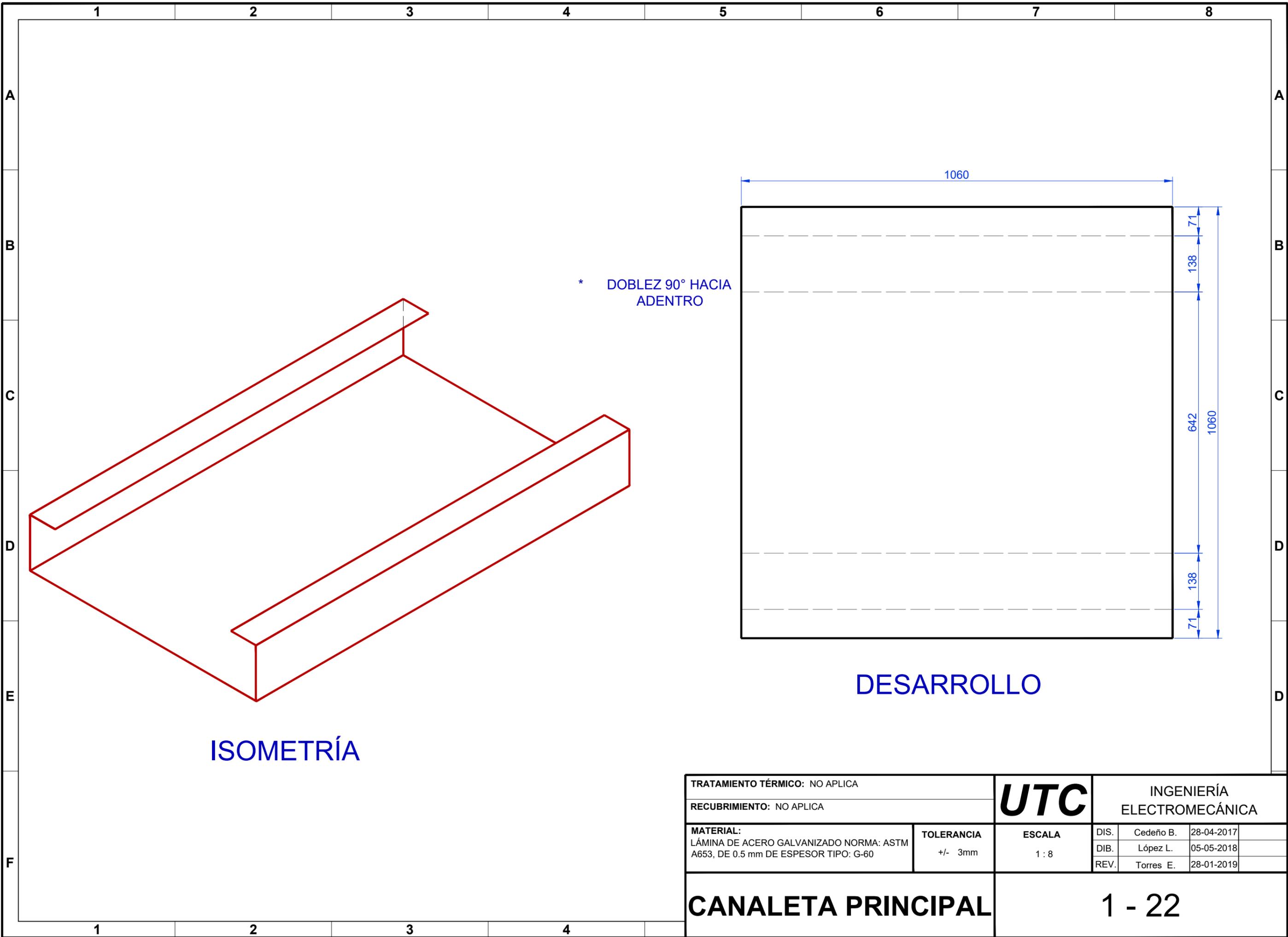
A
B
C



DESARROLLO

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017	
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1:4	DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019
TAPA DE CANALETA			1- 21			

1 2 3 4

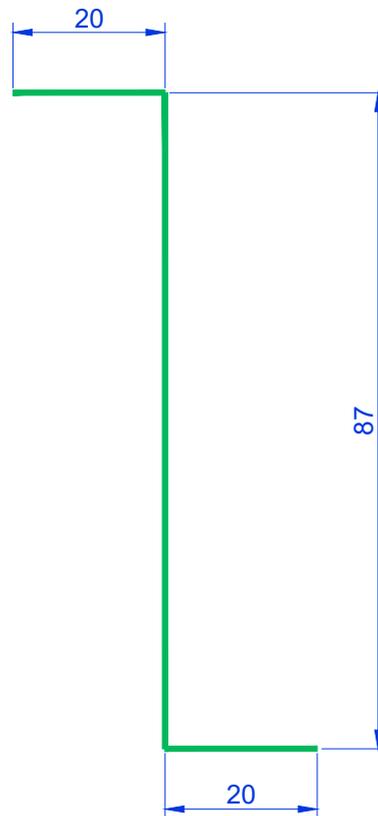
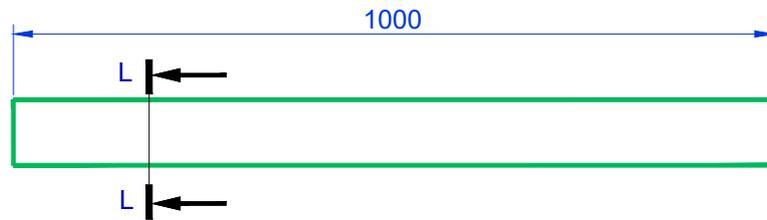
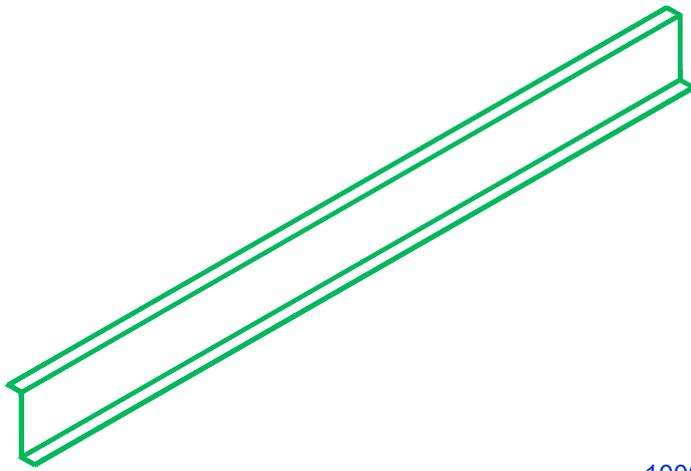


* DOBLEZ 90° HACIA ADETRO

ISOMETRÍA

DESARROLLO

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1:8	DIB.	López L.
				REV.	Torres E.
					05-05-2018
					28-01-2019
CANALETA PRINCIPAL			1 - 22		



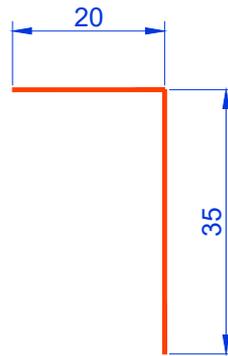
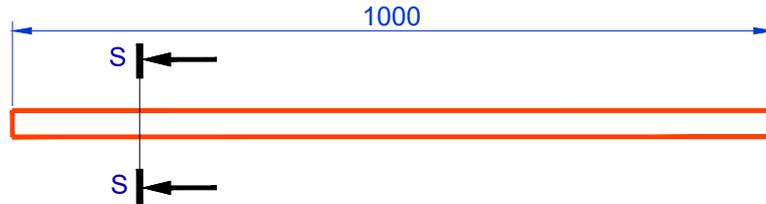
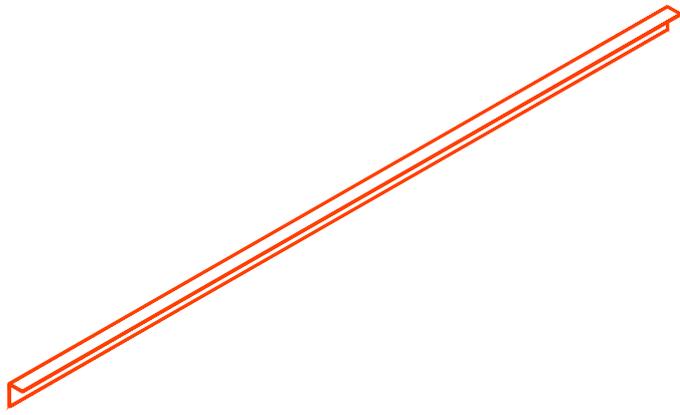
NOTA:
 CANTIDAD 2
 PESO: 1.00 kg

SECCIÓN LL
ESCALA: 1: 1

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1: 10	DIB.	López L.	05-05-2018
			REV.	Torres E.	28-01-2019

PERFIL Z

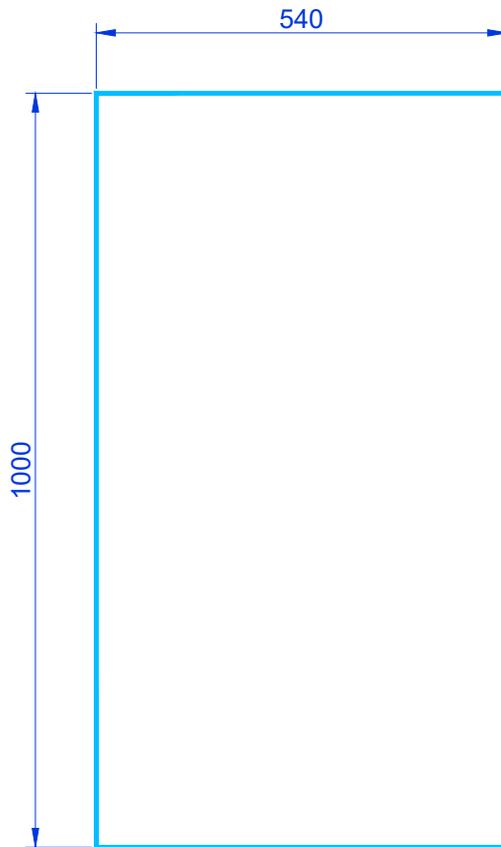
1- 23



SECCIÓN SS
ESCALA: 1:1

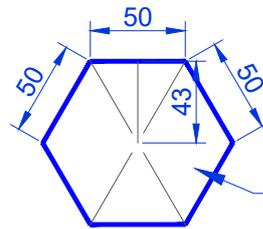
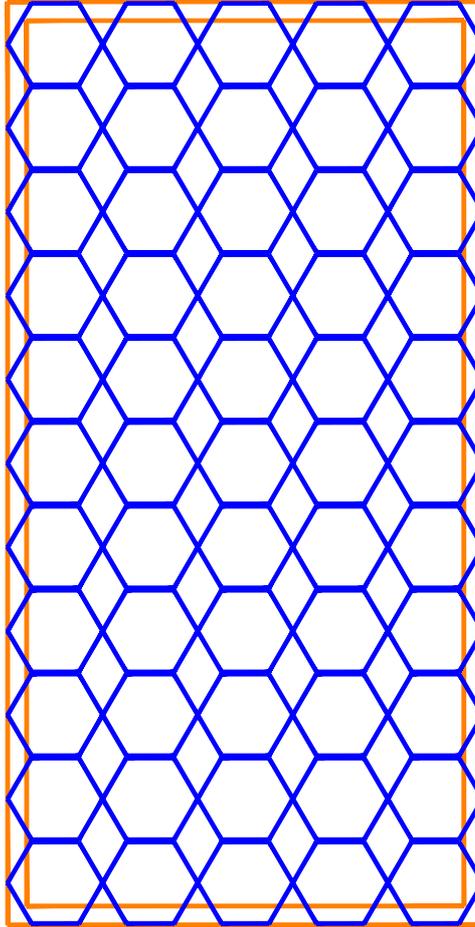
NOTA:
CANTIDAD 2
PESO:0,44 kg

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
			REV.	Torres E.	28-01-2019
			ÁNGULO INTERIOR		1- 24



NOTA:
 CANTIDAD 1
 PESO:7.02 kg

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: VIDRIO FLOTADO PLANO DE 5 mm DE ESPESOR	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
			REV.	Torres E.	28-01-2019
PLACA DE CUBIERTA		1- 25			



Área interior del hexágono 6450 mm²

Nota:

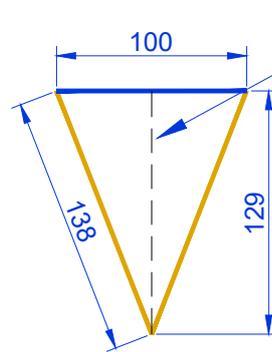
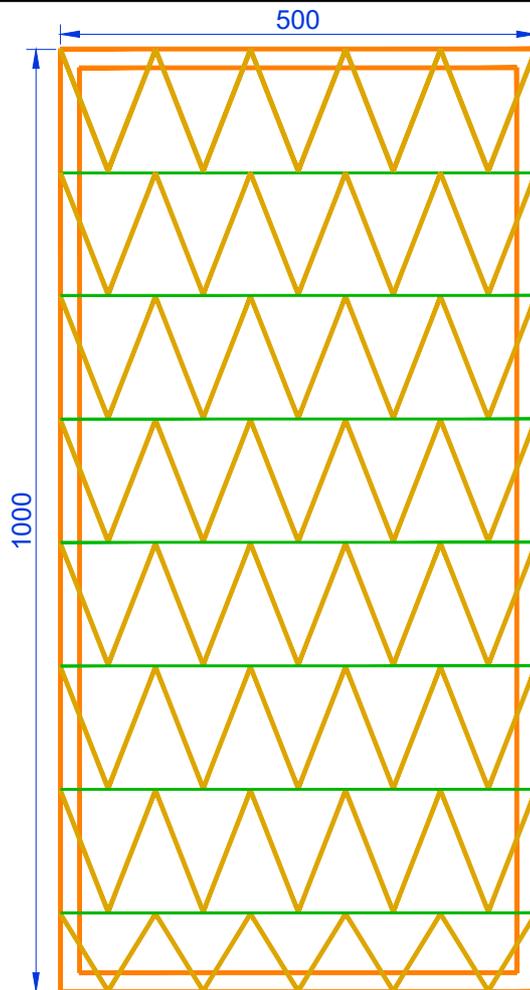
PLAQUITAS DE VIDRIO DE 2 mm: 330 DE 5 cm x 2 cm

ÁREA SUPERIOR: 330 cm²

PESO DEL VIDRIO: 1.72 kgf

PESO DEL ALUMINIO: 0.327 kgf

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: ALUMINIO 6160 T6: ÁNGULO: 20x20x1,2 mm VIDRIO FLOTADO DE 2mm DE ESPESOR		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.
				REV.	Torres E.
					28-01-2019
CUBIERTA DISCONTINUA EXAGONAL			1- 25		



Área interior
del triángulo
6450 mm²

Escala: 1 : 4

NOTA:

PLAQUITAS DE VIDRIO DE 2 mm:

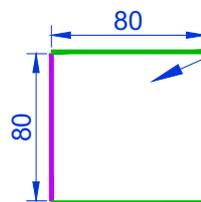
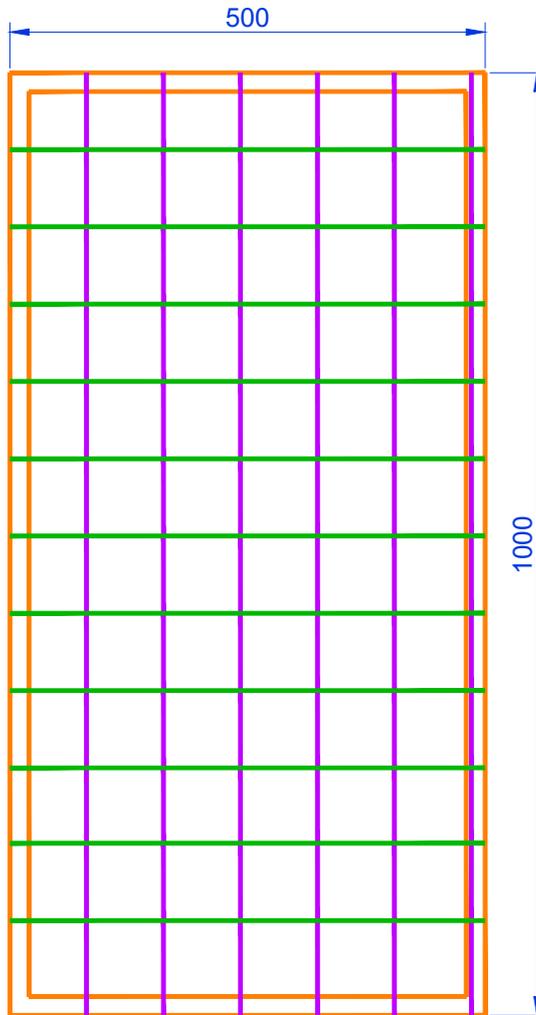
- a. 70 de 13.8 cm x 2 cm
- b. 10 de 9.6 cm x 2 cm
- c. 7 de 50 cm x 2 cm

ÁREA SUPERIOR: 282.4 cm²

PESO DEL VIDRIO: 1.47 kgf

PESO DEL ALUMINIO: 0.3078 kgf

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017	
MATERIAL: ÁNGULO DE ALUMINIO 20x20x1 mm LAMINA DE VIDRIO DE 2mm.		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019
CUBIERTA DISCONTINUA TRIANGULAR			1- 24			



Área interior del cuadrado
6400 mm²

Escala: 1 : 4

NOTA:

PLAQUITAS DE VIDRIO DE 2 mm:

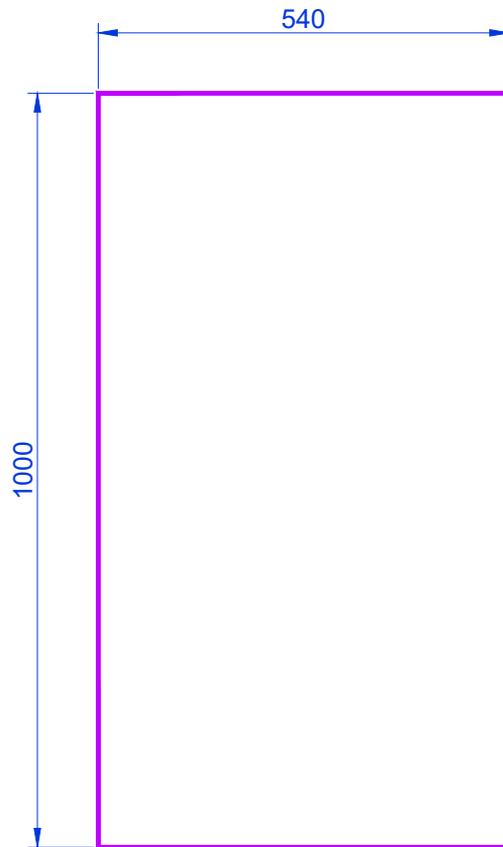
- a. 66 de 8.0 cm x 2 cm
- b. 6 de 10.0 cm x 2 cm
- c. 11 de 50 cm x 2 cm

ÁREA SUPERIOR: 227.6 cm²

PESO DEL VIDRIO: 1.18 kgf

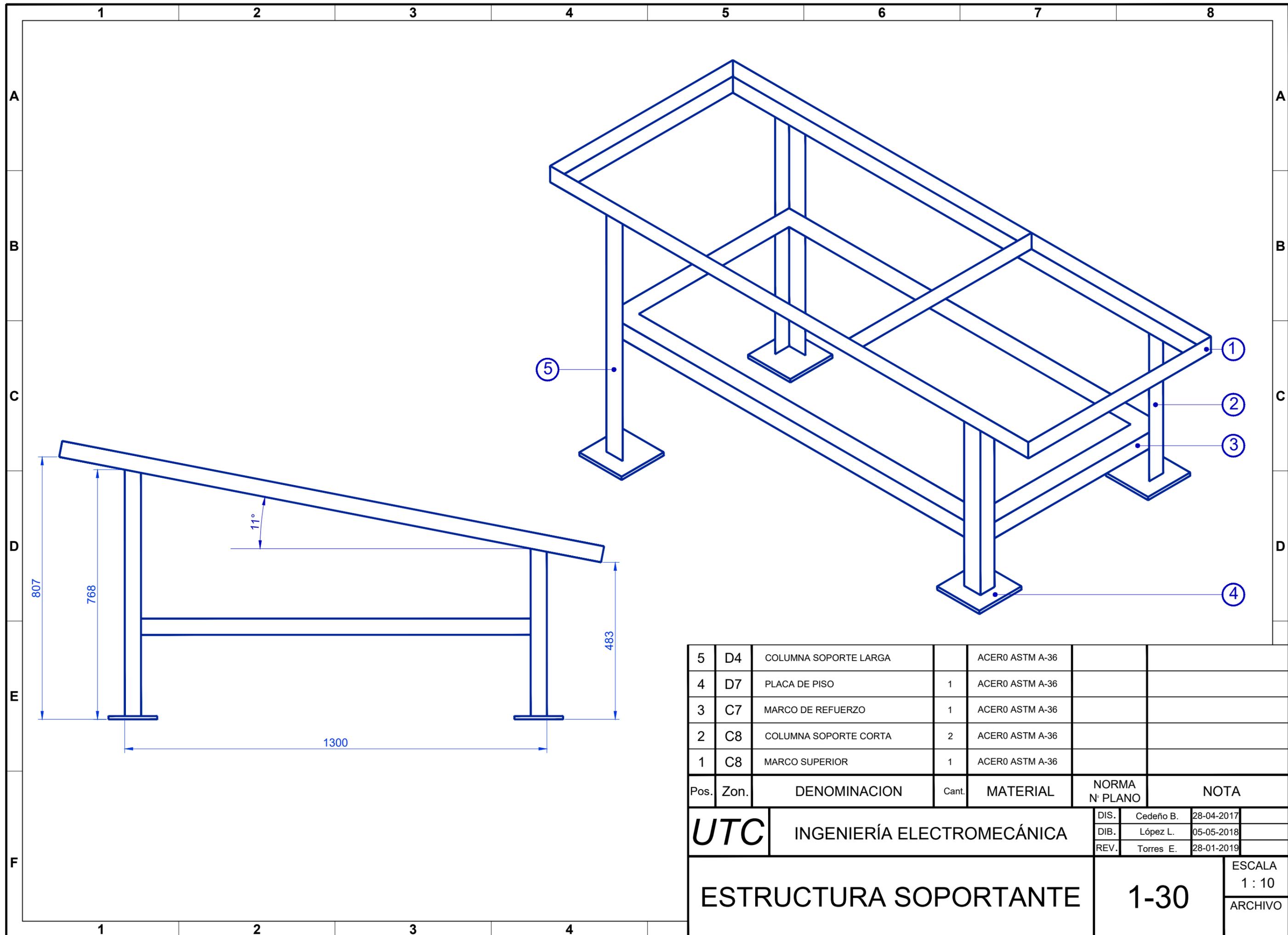
PESO DEL ALUMINIO: 0.3078 kgf

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL:		TOLERANCIA	ESCALA	DIB.	López L.
ÁNGULO DE ALUMINIO 20x20x1 mm		+/- 3mm	1 : 8	REV.	Torres E.
LAMINA DE VIDRIO DE 2mm.					
CUBIERTA DISCONTINUA CUADRADA			1- 24		



NOTA:
 CANTIDAD 1
 PESO:0,729 kg

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017	
MATERIAL: LÁMINA DE ALUMINIO 6061 T6 de 1.5 mm DE ESPESOR		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019
PLACA ABSORBEDORA			1- 26			

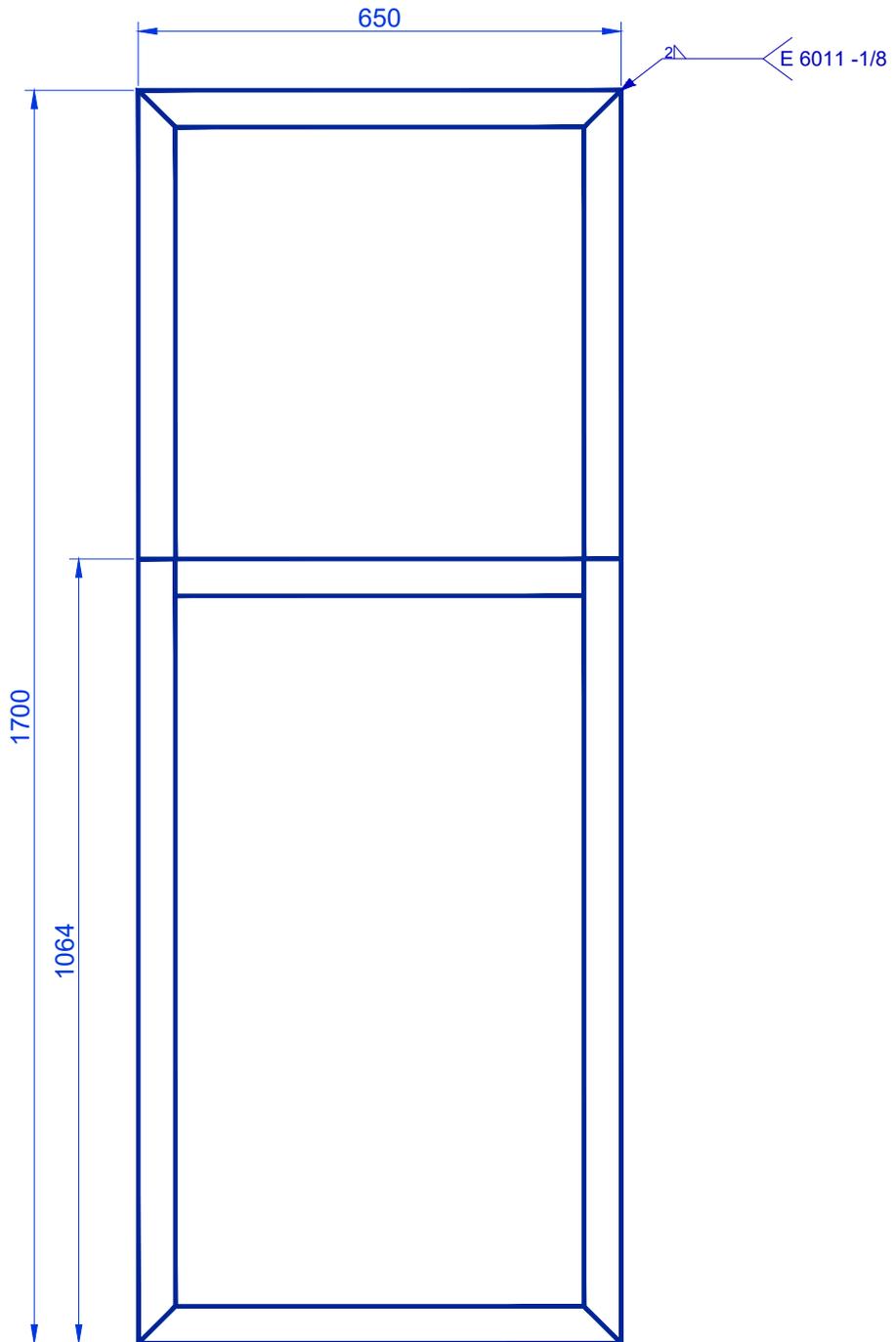


5	D4	COLUMNA SOPORTE LARGA		ACERO ASTM A-36		
4	D7	PLACA DE PISO	1	ACERO ASTM A-36		
3	C7	MARCO DE REFUERZO	1	ACERO ASTM A-36		
2	C8	COLUMNA SOPORTE CORTA	2	ACERO ASTM A-36		
1	C8	MARCO SUPERIOR	1	ACERO ASTM A-36		

Pos.	Zon.	DENOMINACION	Cant.	MATERIAL	NORMA N° PLANO	NOTA
------	------	--------------	-------	----------	----------------	------

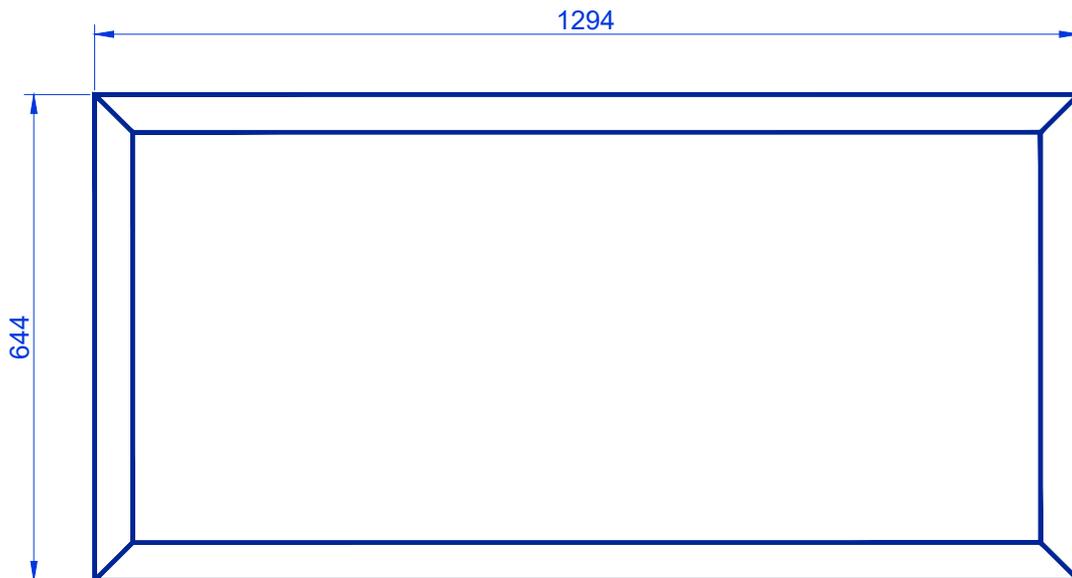
UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
				DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019

ESTRUCTURA SOPORTANTE	1-30	ESCALA
		1 : 10
		ARCHIVO



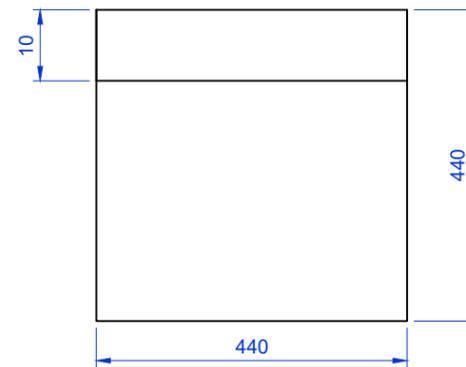
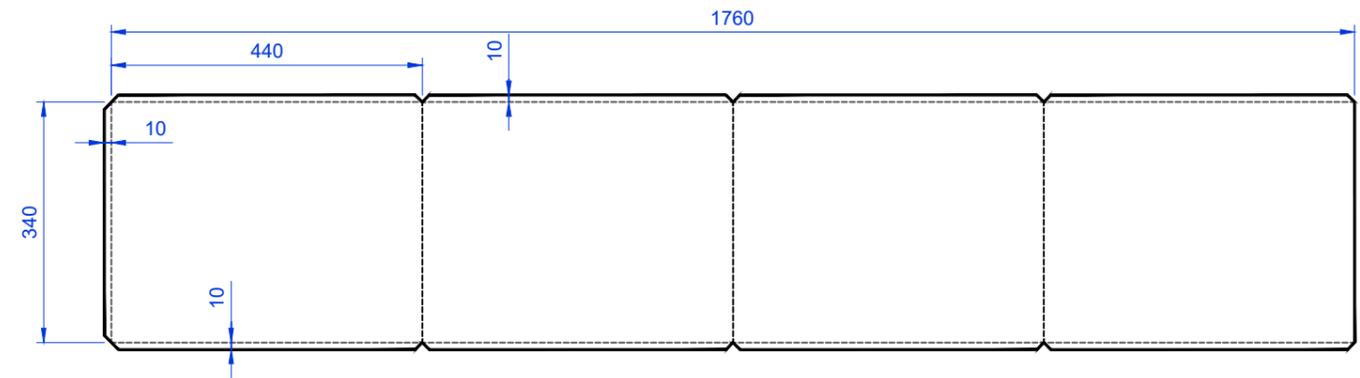
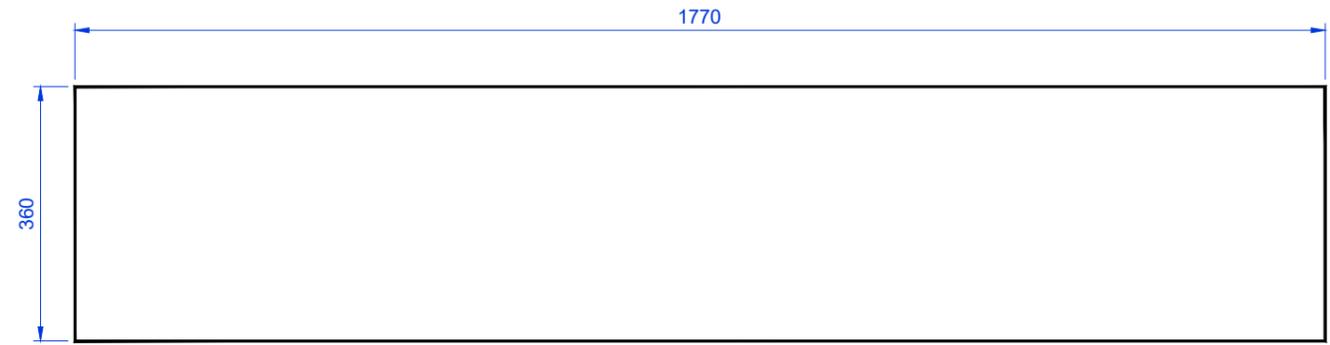
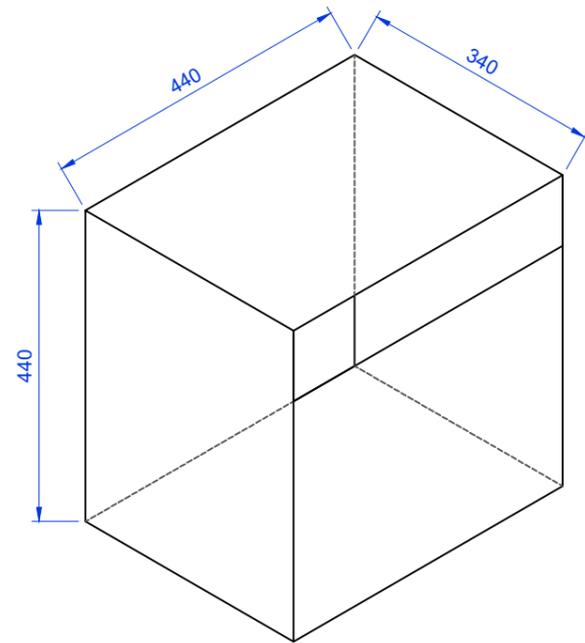
NOTA:
 CANTIDAD 1
 MATERIAL: ÁNGULO DE 40x40x3 5350 mm
 PESO:9,70 kg
 SOLDADURA A TOPE EN CADA CORTE A 45°

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: DOS CAPAS DE FONDO ANTICORROSIVO GRIS			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: ACERO ASTM A - 36: ÁNGULO 40x40x3	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 10	DIB.	López L.	05-05-2018
			REV.	Torres E.	28-01-2019
MARCO SUPERIOR		1- 31			

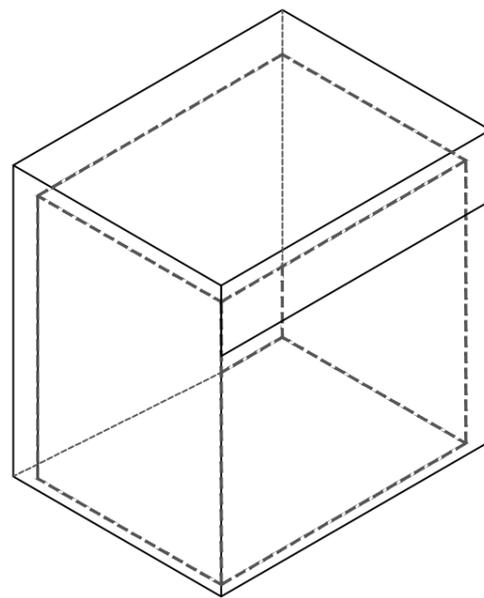


NOTA:
 CANTIDAD 1
 MATERIAL: ÁNGULO DE 40x40x3 3876 mm
 PESO: 7,03 kg
 SOLDADURA A TOPE EN CADA CORTE A 45°

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
RECUBRIMIENTO: DOS CAPAS DE FONDO ANTICORROSIVO GRIS			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: ACERO ASTM A - 36: ÁNGULO 40x40x3	TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
			REV.	Torres E.	28-01-2019
MARCO DE REFUERZO		1- 32			



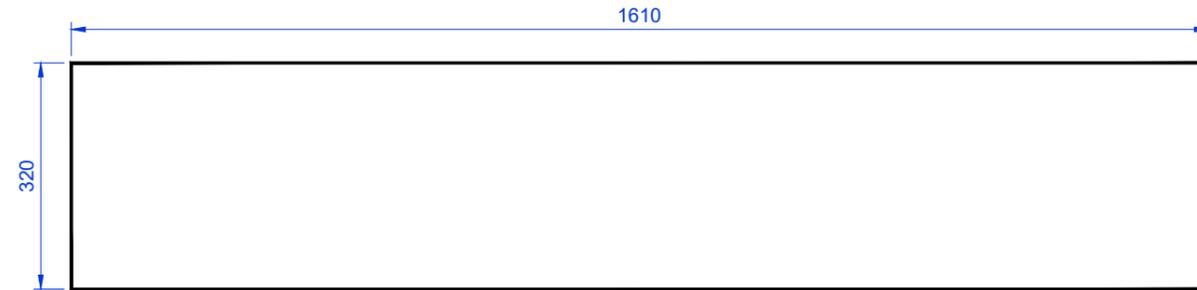
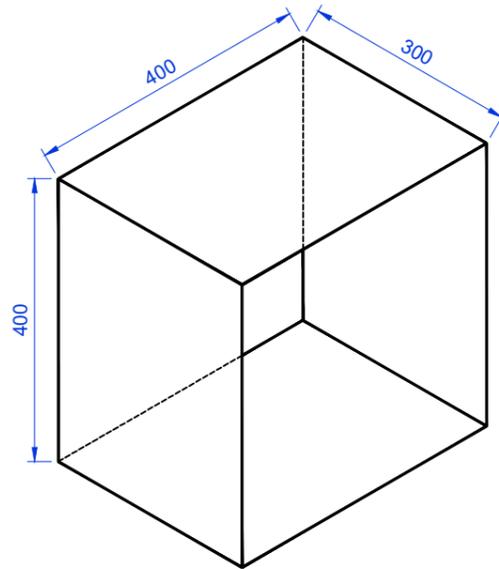
CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN EXTERIOR



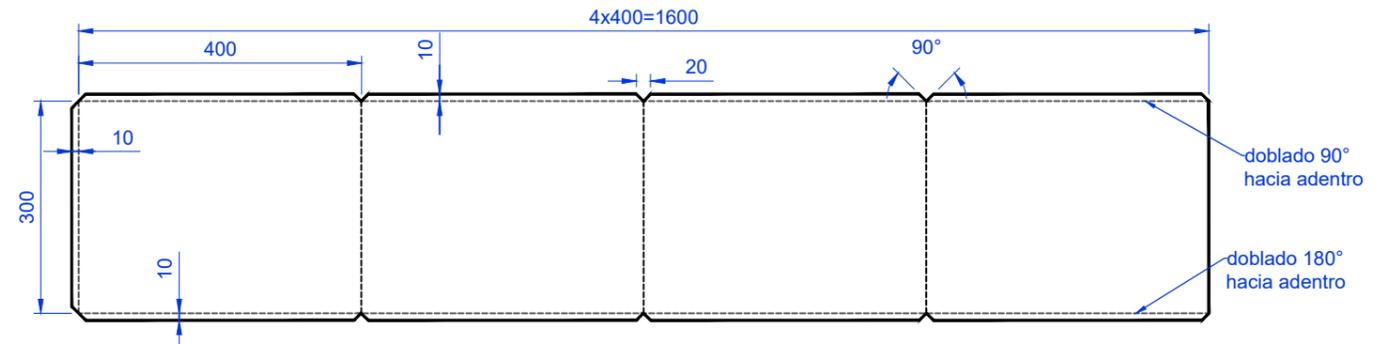
TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.
				REV.	Torres E.
Cámara de Deshidratación			4 - 00		

CÁMARA DE DESHIDRATACIÓN INTERIOR

Escala: 1 : 10

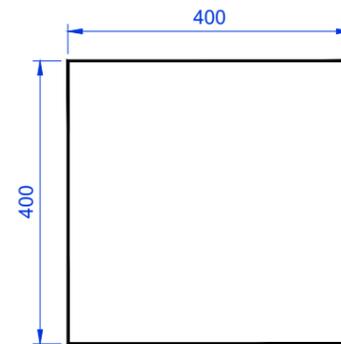


Primer corte de la lámina



doblado 90°
hacia adentro

doblado 180°
hacia adentro



Tapa posterior

TRATAMIENTO TÉRMICO: NO APLICA		UTC	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
RECUBRIMIENTO: NO APLICA			DIS.	Cedeño B.	28-04-2017	
MATERIAL: LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO NORMA: ASTM A653, DE 0.5 mm DE ESPESOR TIPO: G-60		TOLERANCIA +/- 3mm	ESCALA 1 : 8	DIB.	López L.	05-05-2018
				REV.	Torres E.	28-01-2019
Cámara de Deshidratación			4 - 10			