



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

*[MANUFACTURA DE UN CONCENTRADOR SOLAR
CILÍNDRICO PARABÓLICO PARA SU INTEGRACIÓN EN UNA
MÁQUINA EXTRUSORA]*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ERIKA NELLY RAMÍREZ RODRÍGUEZ

ASESOR:

[DR. JOSÉ ALONSO DENA AGUILAR]

Noviembre del 2022



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a mis Padres, los cuales me brindaron la vida y gracias a sus esfuerzos lograron darme la oportunidad de estudiar y obtener un logro más en la vida ya que, en el transcurso de esta gran y difícil experiencia, ellos me brindaron su rotundo apoyo ante cualquier adversidad motivándome día tras día y no declinar durante esta trayectoria que nos ha costado a todos como familia ya que ellos estuvieron desde un principio para mí, como siempre lo han estado.

Agradezco también a mi hermano por estar presente en este camino que se me dificultó varias veces, pero gracias a él y a mis padres logre cumplir una meta más en mi vida, ya que ellos estuvieron para mí en momentos en los cuales quería darme por vencida, pero no fue así y eso fue gracias a ellos y a mis ganas de superarme como persona.

Agradezco a las personas que no quisieron verme salir adelante, ya que gracias también a esos negativos deseos yo como persona no deje vencerme por ellos.

Agradezco también a mis compañeros y amigos, los cuales me brindaron su apoyo incondicional, motivándome en todo momento para lograr nuestros objetivos, apoyándome cuando más lo necesite, así como también agradezco a mis profesores, los cuales fueron un gran ejemplo a seguir, ya que gracias a sus clases yo como persona me fui alimentando de los conocimientos que nos ofrecían.

Agradezco a mi amigo Sergio Alejandro Rincón Huizar, ya que fue un compañero y amigo, estando en los buenos y malos momentos, siendo un pilar de apoyo, motivándonos mutuamente para lograr nuestros sueños y lograr superar cualquier obstáculo que se pudiera presentar en esta trayectoria, y así poder los dos juntos cumplir una meta más.

Finalmente agradezco al Dr. José Alonso Dena Aguilar, por brindarme esta gran oportunidad de seguir aprendiendo y superarme constantemente, por haber confiado en mi persona para este proyecto, así también por haberme otorgado su apoyo incondicional y por toda la atención recibida en el transcurso de residencias y brindarme un amplio conocimiento en estos meses que estuve bajo su observación.

RESUMEN

“MANUFACTURA DE UN CONCENTRADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO PARA SU INTEGRACIÓN EN UNA MÁQUINA EXTRUSORA”

Por: **ERIKA NELLY RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga es una institución de educación superior que se localiza en el Municipio de Pabellón de Arteaga al norte del Estado de Aguascalientes y es perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM). Actualmente cuenta con una oferta educativa de 5 programas de Licenciatura y 1 programa de Posgrado con una matrícula alrededor de los 1300 estudiantes.

Dentro de sus instalaciones se encuentra el laboratorio de Conversión de la Energía adscrito al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica donde se desarrollan proyectos de posgrado, desarrollo tecnológico, investigación e innovación relativos a la línea de generación y aplicación del conocimiento “conversión de la energía”. Uno de estos proyectos se refiere al diseño y construcción de una máquina extrusora solar de plásticos de desecho con energía solar integrada al equipo por medio de un concentrador solar cilíndrico parabólico (CCP).

Una máquina extrusora es un equipo que permite reciclar los plásticos de desecho a través de un proceso de extrusión. La extrusión es un proceso de fundición y moldeo de un plástico a flujo constante y por medio de un empuje mecánico poder hacer pasar el material por una boquilla extrusora y se logre adoptar otra forma geométrica. El funcionamiento de la extrusora parte de alimentar a la máquina con pellets plásticos, los cuales son trasportados a lo largo del cañón por el husillo donde simultáneamente el material se va fundiendo por acción de la temperatura a través de resistencias eléctricas hasta su salida. Debido a que la mayor inversión de operación de una máquina extrusora es el consumo de energía eléctrica, se propone integrar un sistema de pre-calentamiento por medio de un colector solar del tipo cilíndrico parabólico para mitigar el tiempo de operación de las resistencias eléctricas.

Por tanto, en este trabajo se propone una metodología de manufactura de un CCP para su integración aun prototipo de máquina extrusora. En este trabajo se emplearon técnicas de diseño CAD 3D, manufactura avanzada y de caracterización térmica.

La propuesta de solución consistió en (1) diseñar y construir un CCP de 2 m de lado recto y 0.5 m de foco con su estructura de soporte y empleando una superficie reflejante de lámina lisa de aluminio y (2) caracterización térmica del comportamiento del CCP bajo los rayos del Sol y empleando un receptor lineal. Adicionalmente y para comparar la eficiencia del CCP, se realizar una caracterización térmica de un kit de resistencias eléctricas tipo banda instaladas a lo largo del cañón.

Bajo el sol y sin estar en funcionamiento las resistencias se alcanzaron temperaturas de hasta 120 °C en la superficie externa del receptor y alrededor de 95 °C en el interior del receptor sin el husillo puesto. Bajo las condiciones anteriores y con el husillo puesto, el husillo logro alcanzar temperaturas de alrededor de 65 °C. En el caso de las temperaturas alcanzadas con funcionamiento de las 4 resistencias eléctricas (y de manera indistinta con y sin el husillo puesto) se alcanzaron de hasta 320 °C.

El título del presente estudio se ha actualizado acorde a los alcances y logros obtenidos.

Este trabajo es parte de un proyecto global del diseño y construcción de una máquina extrusora solar.

El presente trabajo es producto del (1) proyecto “Estancias Posdoctorales por México, modalidad 1, proyecto ID 1086950 y, (2) programa para el Desarrollo Profesional Docente, tipo Superior mediante el Fortalecimiento de Cuerpos Académicos, ITPA-CA-1, proyecto “Diseño, implementación y control de sistemas mecatrónicos de registro y monitoreo de variables de operación en prototipos de aplicación en la industria del reciclaje de plásticos: trituración, extrusión y pirolisis”.

Dirigido por:

Dr. Arturo Díaz Ponce

Dr. José Alonso Dena Aguilar

ÍNDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 <i>Introducción</i>	1
1.2 <i>Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente</i>	2
1.3 <i>Problema(s) a resolver</i>	4
1.4 <i>Justificación</i>	5
1.5 <i>Objetivos</i>	6
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	6
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.6 <i>Alcances y limitaciones</i>	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 <i>EXTRUSIÓN</i>	7
2.2 <i>MAQUINAS EXTRUSORAS</i>	8
2.3 <i>CONCENTRACIÓN SOLAR</i>	9
2.4 <i>CONCENTRADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO</i>	10
2.5 <i>DISEÑOS CAD 3D: APLICACIONES</i>	11
2.6 <i>TÉCNICAS DE MANUFACTURA AVANZADA CNC, SOLDADURA, CORTE Y ABRASIÓN</i>	12
III. DESARROLLO	13
3.1 <i>PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS</i>	13
3.1.1 <i>Diseños mecánicos CAD 3D</i>	13
3.1.2 <i>Técnicas y equipos de manufactura empleados</i>	14
3.1.3 <i>Técnica de caracterización térmica</i>	15
3.2 <i>Cronograma de actividades</i>	16

IV. RESULTADOS	17
	Pág.
4.1 DISEÑOS 3D.....	17
4.2 MANUFACTURA DEL EQUIPO.....	24
4.3 CARACTERIZACIÓN TÉRMICA.....	27
V. CONCLUSIONES	35
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	36
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN	37
<i>Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional</i>	38
<i>Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional</i>	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Pruebas bajo el sol de la extrusora con la parábola con resistencias.....</i>	32
<i>Tabla 2. Pruebas bajo el sol de la extrusora con la parábola sin resistencias.</i>	33
<i>Tabla 3. Pruebas de RPM de los engranes.....</i>	33
<i>Tabla 4. Pruebas de la extrusora dentro del taller, con la parábola y 4 resistencias.....</i>	34

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.....	7
Figura 3. Máquina Extrusora CHT20 de plástico procesada.....	8
Figura 4. Concentrador solar.....	9
Figura 5. Tecnología de CSCP en la industria.....	11
Figura 6. Diseño final de la extrusora.	13
Figura 7. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.....	14
Figura 8. Torno CNC DMTG CKE 6150Z.....	14
Figura 9. Máquina de soldadura de micro alambre.	14
Figura 10. Cámara Termografía Flir E60.....	15
Figura 11. Cronograma de actividades general.	16
Figura 12. Solera de un octavo	17
Figura 13. Chumacera de Anillo.....	17
Figura 14. Barra acero de 5kg para contrapeso.....	18

	<i>Pág.</i>
Figura 15. Base extrusor para montaje del concentrador.....	18
Figura 16. Caja de Aluminio para hospedaje de sistema de control de concentrador.....	19
Figura 17. Costilla parábola de entremedio	19
Figura 18. Costilla parábola de extensión.....	20
Figura 19. Extrusora predeterminada para alojamiento del concentrador.....	20
Figura 20. Base de lámina reflejante.....	21
Figura 21. PTR base de la parábola.....	21
Figura 22. Pieza de unión de eje de motor.....	22
Figura 23. Soporte parábola.....	22
Figura 24. Soporte del colector.....	23
Figura 25. Tubular del eje de concentrador.....	23
Figura 26. Base de lámina reflejante.....	24
Figura 27. Parábola con soleras y costillas.....	24
Figura 28. Concentrador construido integrado a máquina extrusora bajo sombra.....	25

	Pág.
Figura 29. Concentrador construido de alojamiento externo a la máquina extrusora.....	25
Figura 30. Concentrador construido.....	26
Figura 31. Concentrador construido integrado a máquina extrusora bajo el Sol.....	26
Figura 32. Toma de medición al Husillo con cámara termográfica.....	27
Figura 33. Temperatura de la resistencia con la cámara.....	28
Figura 34. Ajustando la resistencia para el Tubo de la extrusora.....	28
Figura 35. Programación de Arduino, para medir temperatura de resistencias.....	29
Figura 36. Extrusora con los puntos para realizar la medición con la cámara termográfica, con resistencias.....	29
Figura 37. Resistencia bajo la cámara termográfica, en el Sol.....	30
Figura 38. Extrusora con los puntos para realizar la medición con la cámara termográfica, sin resistencias.....	30
Figura 39. Midiendo la temperatura con Arduino.....	31
Figura 40. Midiendo la temperatura de la resistencia.....	31

Figura 41. *Medición de velocidad de giro del husillo con el tacómetro..... 32*

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

El INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico. Su laboratorio de Conversión de la Energía inicio operaciones en enero de 2019 dentro del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica que se oferta en el plantel y donde se promueven proyectos de posgrado, desarrollo tecnológico, investigación e innovación acordes a la línea de investigación de conversión de la energía. Esta línea de investigación se enfoca a procesos de conversión de la energía y energías renovables mediante el diseño e integración de procesos orientados para la generación, almacenamiento y uso eficiente de la energía.

Uno de estos proyectos se refiere al diseño y construcción de una máquina extrusora solar de plásticos de desecho con energía solar integrada al equipo por medio de un concentrador solar cilíndrico parabólico (CCP).

Una máquina extrusora es un equipo que permite reciclar los plásticos de desecho a través de un proceso de extrusión gracias a la acción de la temperatura, la cual es alimentada al equipo por medio de resistencias eléctricas.

Debido a que la mayor inversión de operación de una máquina extrusora es el consumo de energía eléctrica, se propone integrar un sistema de pre-calentamiento por medio de un CCP para mitigar el tiempo de operación de las resistencias.

Considerando lo anterior, en este trabajo se propone una metodología de manufactura de un CCP de 2 m de lado recto y 0.5 m de foco con una estructura de soporte habilitada para integrarse a una máquina extrusora. En este trabajo se emplearon técnicas de manufactura avanzada, diseño CAD 3D y de caracterización térmica.

El título del presente estudio se ha actualizado acorde a los alcances y logros obtenidos.

El título del presente estudio se ha actualizado acorde a los alcances y logros obtenidos.

Este trabajo es parte de un proyecto global del diseño y construcción de una máquina extrusora solar.

El presente trabajo es producto del (1) proyecto “Estancias Posdoctorales por México, modalidad 1, proyecto ID 1086950 y, (2) programa para el Desarrollo Profesional Docente, tipo Superior mediante el Fortalecimiento de Cuerpos Académicos, ITPA-CA-1, proyecto “Diseño, implementación y control de sistemas mecatrónicos de registro y monitoreo de variables de operación en prototipos de aplicación en la industria del reciclaje de plásticos: trituración, extrusión y pirolisis”.

1.2 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente

El ramo económico de la institución es la educación, específicamente la educación superior, así como el desarrollo de proyectos de innovación e investigación con la industria (desarrollo tecnológico) o académicos (ciencia aplicada).

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son:

Misión

Brindar un servicio de educación superior de calidad comprometido con la generación, difusión y conservación del conocimiento científico, tecnológico y humanista, a través de programas educativos que permitan un desarrollo sustentable, conservando los principios universales en beneficio de la humanidad.

Visión

Ser una institución de educación superior reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la formación integral de profesionistas de calidad y excelencia, que promueve el desarrollo armónico del entorno.

Objetivos de la empresa

Asegurar la calidad de todos los procesos académicos, entre los que se encuentran:

- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación
- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

Valores

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, la institución define los siguientes valores institucionales:

- Compromiso. - lograr propósitos comunes mediante el trabajo responsable y en equipo, mejorando permanentemente el ser, hacer y tener mediante la participación activa y el liderazgo compartido.
- Responsabilidad. - decidir y actuar conforme al análisis previo de las consecuencias inmediatas o mediatas de las acciones.
- Respeto. - actitud personal y colectiva hacia la conservación, mejoramiento y protección de las diversas formas de vida, además de la aceptación de la diversidad propia de lo humano.
- Cooperación. - facilitar condiciones que allanen el trabajo de los demás, y capacitar a toda la gente para propiciar su desarrollo personal y profesional dentro y fuera de la institución.
- Honestidad. - liderazgo que toma decisiones con base en una información completa, retroalimentando directamente con resultados e impacto mutuo, dando transparencia a cada una de las acciones personales e institucionales.
- Equidad. - crear un ambiente que permita establecer un sistema de reconocimiento al esfuerzo individual y de grupo en la institución.

En la Figura 1 se presenta el organigrama de la institución, así como el área de trabajo del residente. Las funciones del residente son propias del proyecto de residencia y se enfocan al diseño y construcción de un colector solar cilíndrico parabólico y su caracterización térmica.

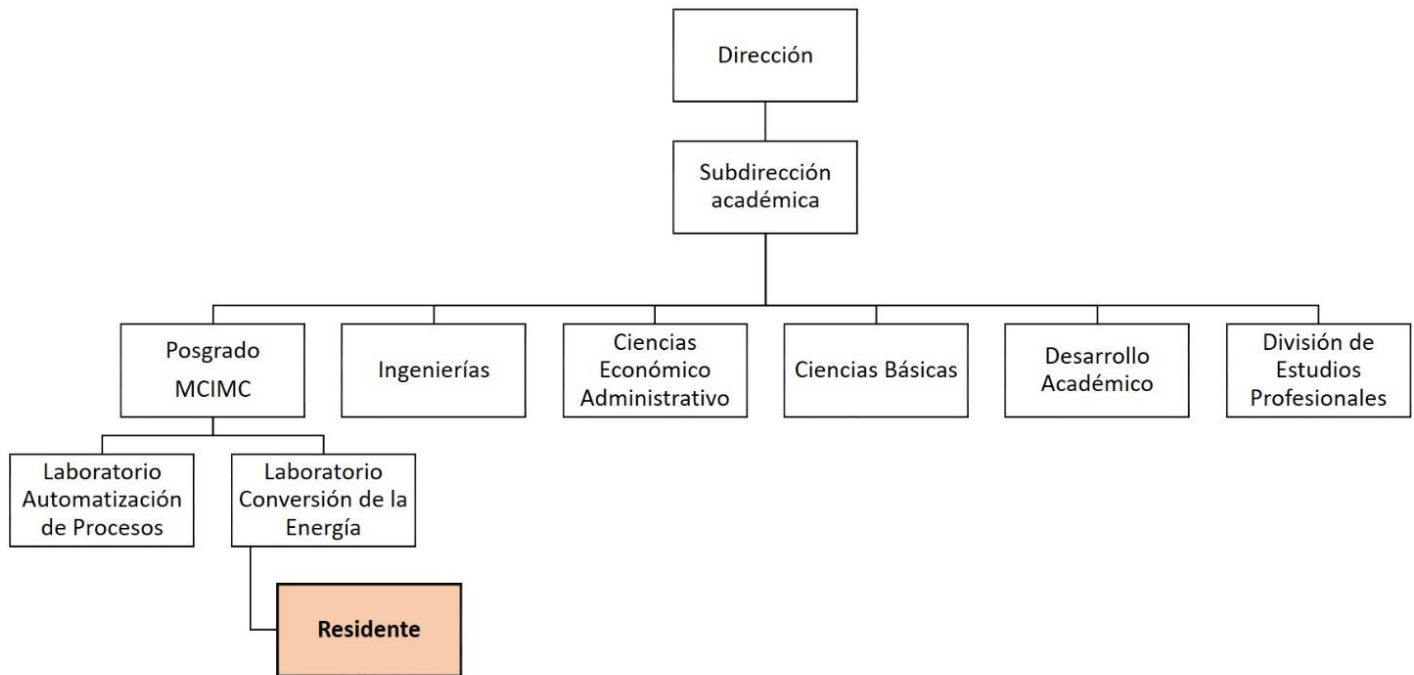


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

1.3 Problema(s) a resolver

La cadena de valor para el reciclaje de plásticos involucra la participación de centros acopiadores que en cierta manera están agrupados en pequeñas cooperativas o asociaciones que podrían ser las áreas de oportunidad beneficiadas con el uso de la tecnología de extrusión solar propuesta.

Derivado de lo anterior, se han detectado las siguientes áreas de oportunidad:

1. Manufactura de un CCP:

- Construcción de un armazón para dar curvatura al elemento reflejante.
- Manufactura de una estructura de soporte para el CCP y poder integrarse a la máquina extrusora.
- Puesta en operación del CCP de trabajo.

2. Caracterización térmica:

- Medición de temperaturas alcanzadas por el CCP bajo los rayos del Sol.
- Medición de temperaturas alcanzadas por un kit de resistencias eléctricas tipo banda.

1.4 Justificación

Los plásticos de un solo uso ocasionan efectos negativos al ambiente. Dentro de los métodos de reciclaje encontramos la extrusión como una técnica capaz de otorgarles un valor agregado a los desechos plásticos al transformarlos en nuevas geometrías como pellets para su aplicación en procesos posteriores como en la industria de electrodomésticos (moldeo de carcasas). Una máquina extrusora, puede ser una opción para las PyMes y MiPyMes dedicadas a la industria del reciclaje como una alternativa para dar valor agregado a sus actividades a través de la tecnología propuesta. Por tanto, el presente estudio puede ser parte de la cadena de valor de los plásticos de un solo uso para obtener pellets de segundo uso.

El alcance del proyecto es la manufactura de un CCP de 2 m de lado recto y 0.5 m de foco e integrar el mismo a una máquina extrusora. Adicionalmente, se realiza una caracterización térmica de la funcionalidad del colector bajo los rayos de Sol, así como de un juego de resistencias eléctricas tipo banda a manera de comparación.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Manufactura un concentrador solar cilíndrico parabólico mediante el uso de técnicas de diseño CAD 3D y manufactura avanzada para llevar a cabo una caracterización térmica del colector.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar los diseños mecánicos CAD 3D del equipo mediante software de diseño especializado para mostrar la integración de los elementos propuestos.
- Construir el colector mediante técnicas de manufactura avanzada para su integración en la máquina extrusora.
- Realizar la caracterización térmica del colector mediante la puesta en operación del CCP bajo los rayos del Sol para validar su funcionamiento.
- Estudiar la eficiencia térmica de resistencias eléctricas tipo banda mediante su puesta en operación a lo largo del cañón para realizar un comparativo del alcance térmico del CCP.

1.6 Alcances y limitaciones

En los diseños CAD 3D solo se especificarán las dimensiones generales por cuestiones de patentado.

Las pruebas de caracterización solo comprenden el seguimiento de calor sobre un cuerpo receptor (monitoreo y registro de las temperaturas alcanzadas).

Esta fuera de alcance del proyecto la optimización del CCP.

Esta fuera de alcance del proyecto la aplicación de cualquier técnica de diseño de productos o de calidad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 EXTRUSIÓN

En una definición amplia el proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos, obteniéndose productos muy variados como son marcos de ventanas de aluminio o PVC, tuberías, pastas alimenticias, etc. Desde el punto de vista de los plásticos, la extrusión es claramente uno de los procesos más importantes de transformación. El proceso de extrusión de plásticos se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras o extrusores. Aunque existen extrusoras de diversos tipos, las más utilizadas son las de tornillo o de husillo simple, por lo que haremos referencia a ellas continuamente. En el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. En este caso la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar al polímero a través de la boquilla. En otras ocasiones se extruyen los materiales sólidos, como es el caso del procesado de fibras en el que se requieren elevadas orientaciones en el material [1].

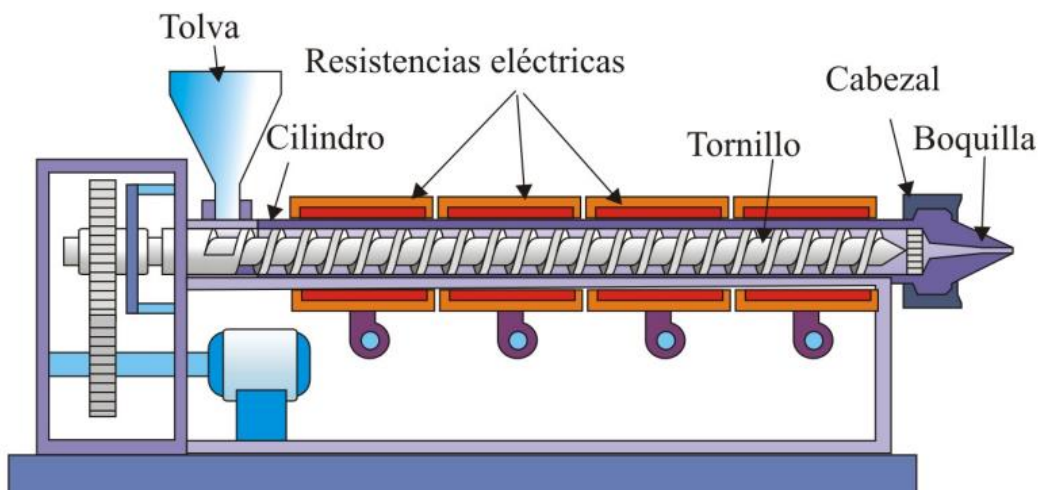


Figura 2. Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo [1].

2.2 MAQUINAS EXTRUSORAS

El reciclaje industrial es un proceso desconocido y muchas veces no hay mucha información disponible. Intervienen muchos factores humanos y las últimas tecnologías mecánicas, consiguiendo crear máquinas complejas especialmente diseñadas para este fin: trituradoras, extrusoras de un husillo, etc. La gestión del plástico y la reutilización de envases en el sector industrial son temas de gran preocupación para la sociedad. El plástico es un material altamente contaminante, presente en casi el 90% de los accesorios cotidianos. Para aprovechar los residuos plásticos de las fábricas y darles una segunda oportunidad, han surgido nuevas máquinas que pueden mecanizar y acelerar el proceso de reciclaje. En concreto, la extrusora de plástico es una de las máquinas más importantes en las fábricas de todo el mundo por su capacidad de transformar materiales denominados “termoplásticos”. Es la encargada de la extrusión de polímeros mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión y empuje de los materiales. El resultado es un molde nuevo que tendrá la forma deseada según la forma y diseño del husillo utilizado en la máquina. La extrusora permite obtener el molde de manera rápida y continua, agilizando el proceso industrial de reciclado y aprovechando al máximo la materia prima [2].



Figura 3. Máquina Extrusora CHT20 de plástico procesada [3].

2.3 CONCENTRACIÓN SOLAR

Un concentrador solar es un colector solar térmico que almacena energía en un área pequeña para aumentar la intensidad energética. Un concentrador solar tiene un conjunto de espejos alineados que reflejan la luz del sol hacia el mismo objetivo, captura la energía para aprovecharla y convierte la energía solar en calor, aprovecha el reflejo de los rayos del sol y finalmente se concentra en un receptor. Además, el calor se convierte en energía mecánica a través de un motor térmico, una turbina de vapor. Conectado al eje impulsor [4].

La energía solar concentrada es una tecnología que utiliza reflectores para concentrar la energía solar en pequeñas áreas llamadas receptores, lo que aumenta la intensidad de la energía. Para una mayor eficiencia a la hora de captar la luz solar es necesario un sistema de tracking y seguimiento solar por parte de los paneles solares a lo largo del día [5].

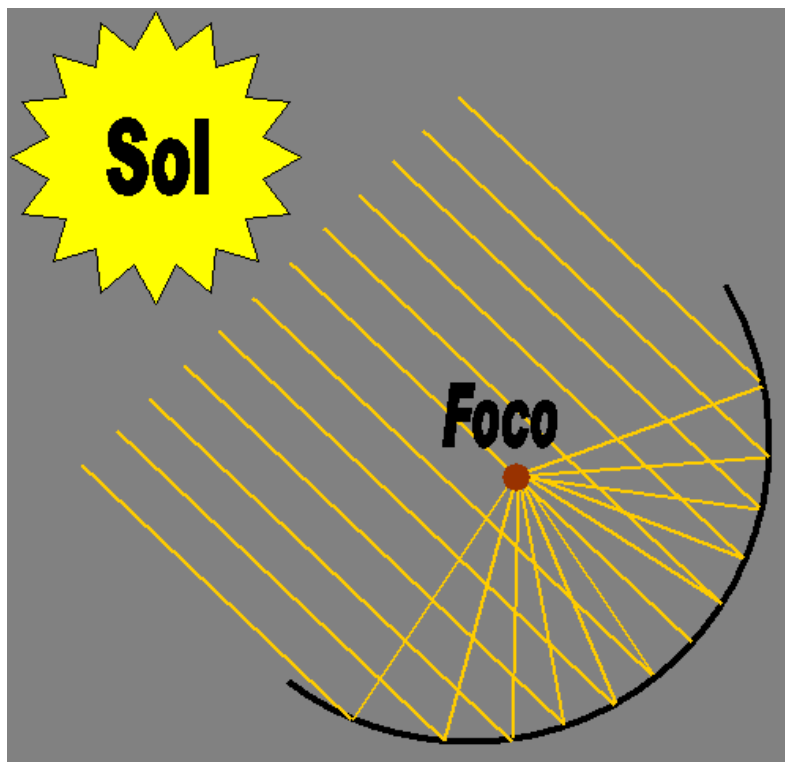


Figura 4. Concentrador solar [4].

2.4 CONCENTRADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO

También llamados concentradores solares de canal parabólico (CSCP). El CSCP está constituido de varios componentes básicos como es la estructura metálica en forma modular y la superficie reflejante; la estructura está armada con elementos estructurales tubulares; la superficie reflejante con acabado espejo. El receptor es un tubo de acero, recubierto por una superficie selectiva con capacidad de resistir temperaturas cercanas a los 450°C. El tubo metálico está protegido por un tubo de vidrio y soportado en la estructura por elementos flexibles, que resisten temperaturas cercanas a los 400°C. El concentrador cuenta con un sistema de seguimiento solar automático, el cual lo posiciona de acuerdo a la hora del día y época del año, de tal forma que la apertura se encuentre en la normal de la trayectoria de los rayos del sol [6].

Los principales componentes de un colector solar de cilindro parabólico son [7]:

- La estructura metálica para dar rigidez al conjunto.
- El reflector cilindro-parabólico: La función del receptor cilindro parabólico es concentrar la radiación solar sobre el tubo absorbente. Para ello se construye con materiales reflejantes.
- El tubo absorbedor: El tubo absorbedor consta de dos tubos concéntricos separados por una capa de vacío. El interior, por el que circula el fluido que se calienta, es metálico y el exterior de cristal.
- El fluido de trabajo que circula por el tubo interior es diferente según la tecnología.
- El sistema de seguimiento del Sol: El sistema seguidor más común consiste en un dispositivo que gira los reflectores cilindro-parabólicos del colector alrededor de un eje.

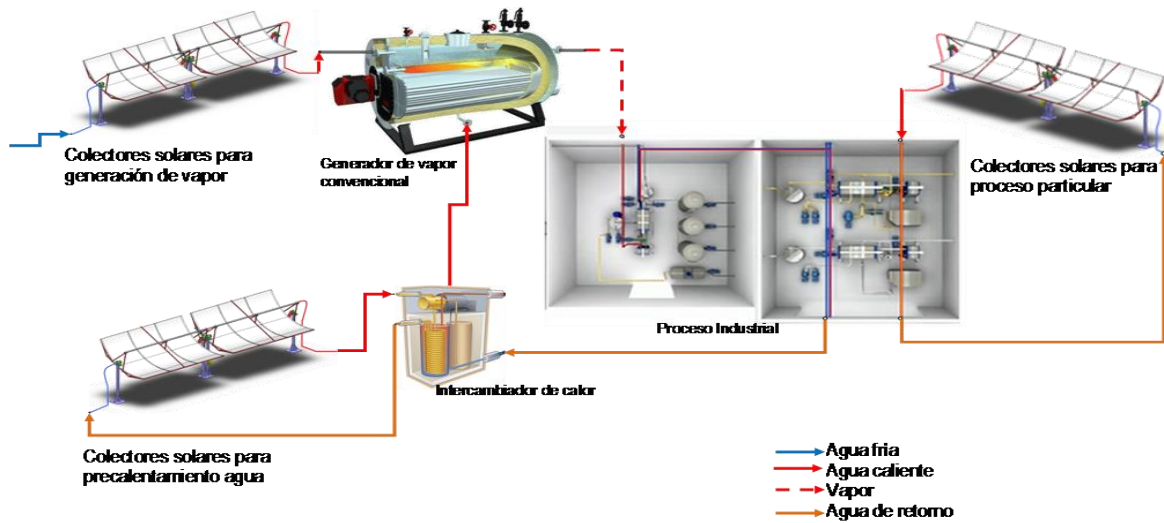


Figura 5. Tecnología de CSCP en la industria [6].

2.5 DISEÑOS CAD 3D: APLICACIONES

CAD en 3D, o diseño tridimensional asistido por computadora, es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que sustituye el dibujo manual por un proceso automatizado. Usado por arquitectos, ingenieros y muchos profesionales más, el software de diseño CAD en 3D representa y visualiza con precisión los objetos mediante una colección de puntos en tres dimensiones en la computadora [8].

2.6 TÉCNICAS DE MANUFACTURA AVANZADA CNC, SOLDADURA, CORTE Y ABRASIÓN

El proceso de maquinado CNC es utilizado para el mecanizado de contornos y superficies de alta precisión que no se logran con máquinas convencionales como fresadora y torno, y en que, de ser posible, toma un tiempo excesivo, recurso muy escaso en este tipo de trabajos. Las aplicaciones ideales para este proceso son cuando el producto presenta radios y contornos complejos que necesitan maquinado en 3 o más ejes simultáneamente y que son cantidades considerables como para ser económicamente aceptables por maquinado convencional. Estas ventajas aunadas a la rapidez en la ejecución de los trabajos redundan en costos de mercado muy competitivos, especialmente en lotes de trabajo grandes o volúmenes altos [9].

La soldadura se refiere a la unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o compresión para que las piezas formen un continuo. La fuente de calor en la soldadura suele ser una llama de arco producida por la electricidad de la fuente de potencia de soldadura. La fusión de las piezas puede ocurrir únicamente en base al calor producido por el arco para que las piezas de soldadura se fundan entre sí. Generalmente se funde un metal de relleno en la costura de soldadura, ya sea usando un alimentador de alambre a través de la pistola de soldar (soldadura MIG/MAG) o usando un electrodo de soldadura de alimentación manual. En esta situación, el metal de relleno debe tener aproximadamente el mismo punto de fusión que el material soldado [10].

Las herramientas de corte y abrasión, sin duda han contribuido enormemente a facilitar diversas tareas tanto industriales como domésticas. Taladradoras, fresadoras, radiales, tornos son algunos ejemplos de estas herramientas. El uso de una u otra, así como el instrumento de corte a emplear vendrá determinado por el material a cortar, su volumen y el tipo de corte. Las herramientas de abrasión son instrumentos que a base de ejercer fricción sobre un material más blando terminan desgastándolo. El material a trabajar es el que nos dictará qué tipo de herramienta utilizaremos [11].

III. DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 Diseños CAD 3D

Todos los diseños mecánicos del presente se elaboraron empleando el software CAD SolidWorks versión 2020. Únicamente se presentan los diseños en vistas isométricas con dimensiones generales de largo x ancho x alto por cuestiones de patentado (unidades de cotas en mm).

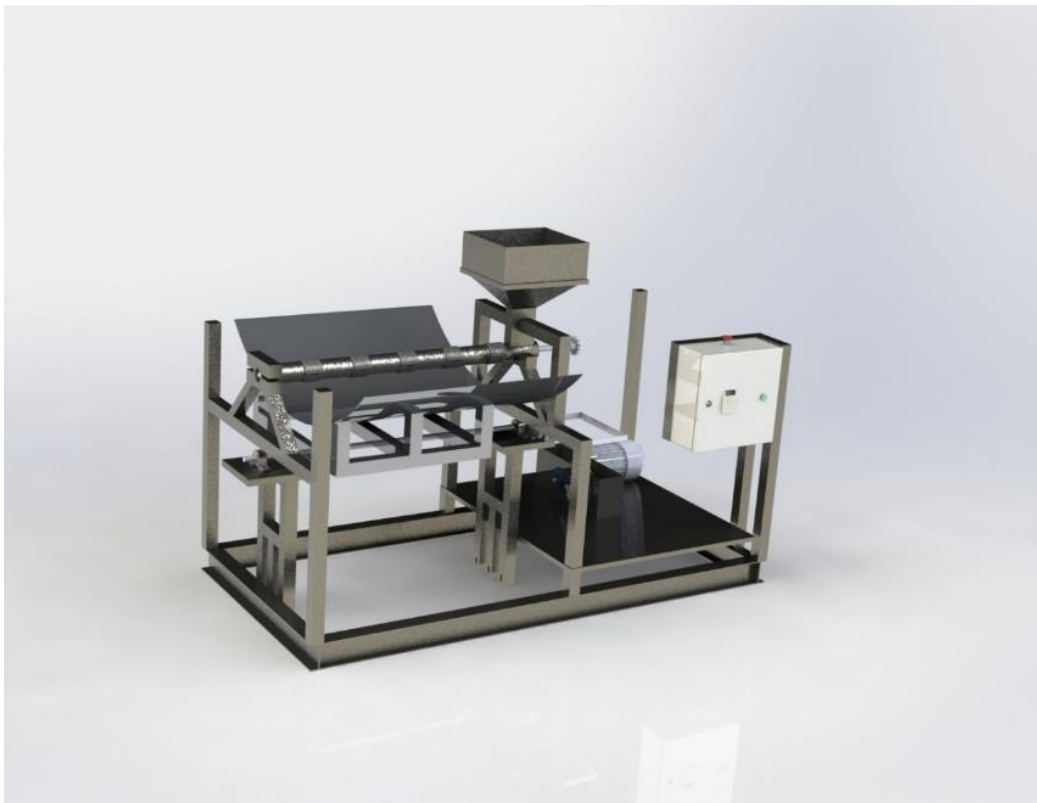


Figura 6. *Diseño final de la extrusora.*

3.1.2 Técnicas y equipos de manufactura empleados

La fabricación de equipos de pirolisis se lleva a cabo utilizando máquinas de fabricación CNC especializadas y operadas manualmente utilizando técnicas tradicionales de corte, cizallado, taladrado, desbaste, etc.

Para la manufactura del equipo, se emplearon máquinas como:

- Cortadora de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.
- Torno CNC DMTG CKE 6150Z.
- Máquina soldadora de Micro alambre marca LINCOLN ELECTRIC.



Figura 7. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.



Figura 8. Torno CNC



Figura 9. Máquina de soldadura de micro alambre.

3.1.3 Técnica de caracterización térmica

El análisis térmico (TA) representa un grupo de técnicas que miden las propiedades físicas de las sustancias en función del tiempo bajo un programa de temperatura controlada. En este grupo de técnicas analíticas experimentales para estudiar el comportamiento de muestras de materiales, tales como Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Termogravimetría (TG), Análisis Térmico Diferencial (DTA), Análisis Termomecánico (TMA), Análisis Mecánico Dinámico (TMA). Estas técnicas de análisis térmico se complementan entre sí [12].

Las cámaras térmicas de la serie E60 de FLIR son pequeñas y ligeras son de mayor resolución de píxeles, por eso estas cámaras son recomendables para realizar trabajos tanto en micro y macroempresas [13].



Figura 10. Cámara Termografía Flir E60.

3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	1-15	16-31	1-15	16-28	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30
Revisión bibliográfica												
Diseños mecánicos												
Manufactura												
Pruebas experimentales												
Asesorías												
Evaluación y seguimiento de asesorías												
Evaluación de reporte												
Informe semestral												
Elaboración reporte técnico (productos entregables)												

Figura 11. Cronograma de actividades general.

IV. RESULTADOS

4.1 DISEÑOS 3D

Se presentan los diseños generados de diversas piezas del sistema concentrador fabricado.

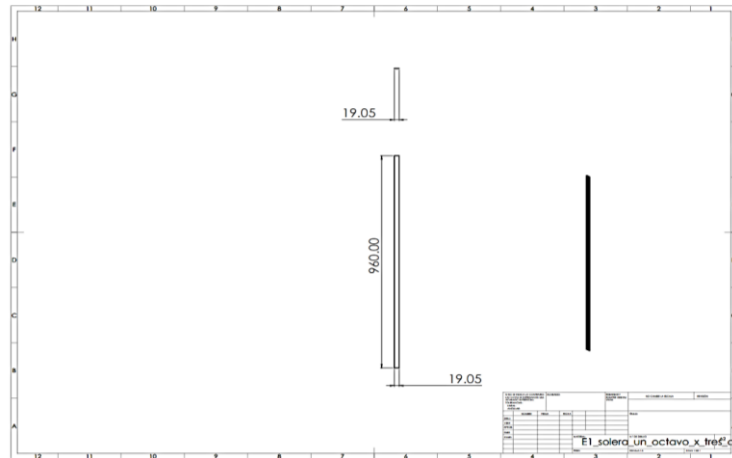


Figura 12. Solera de un octavo.

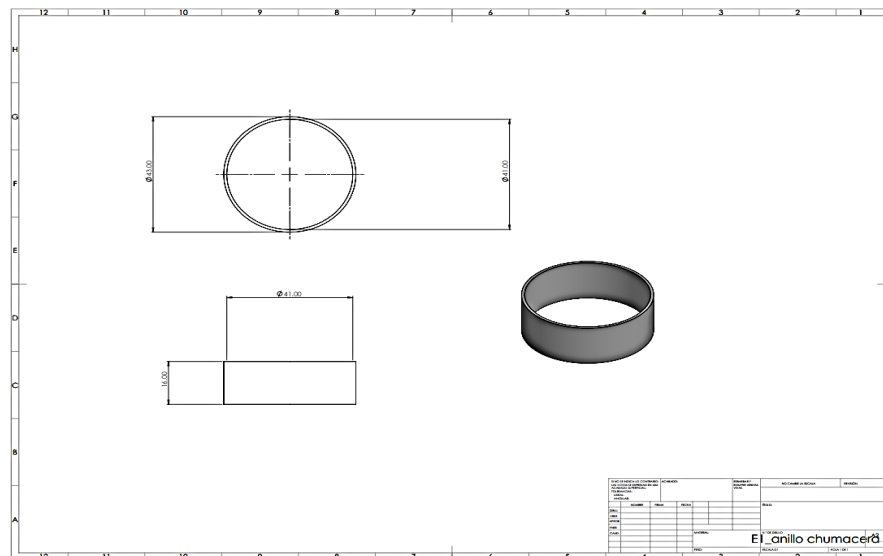


Figura 13. Chumacera de Anillo.

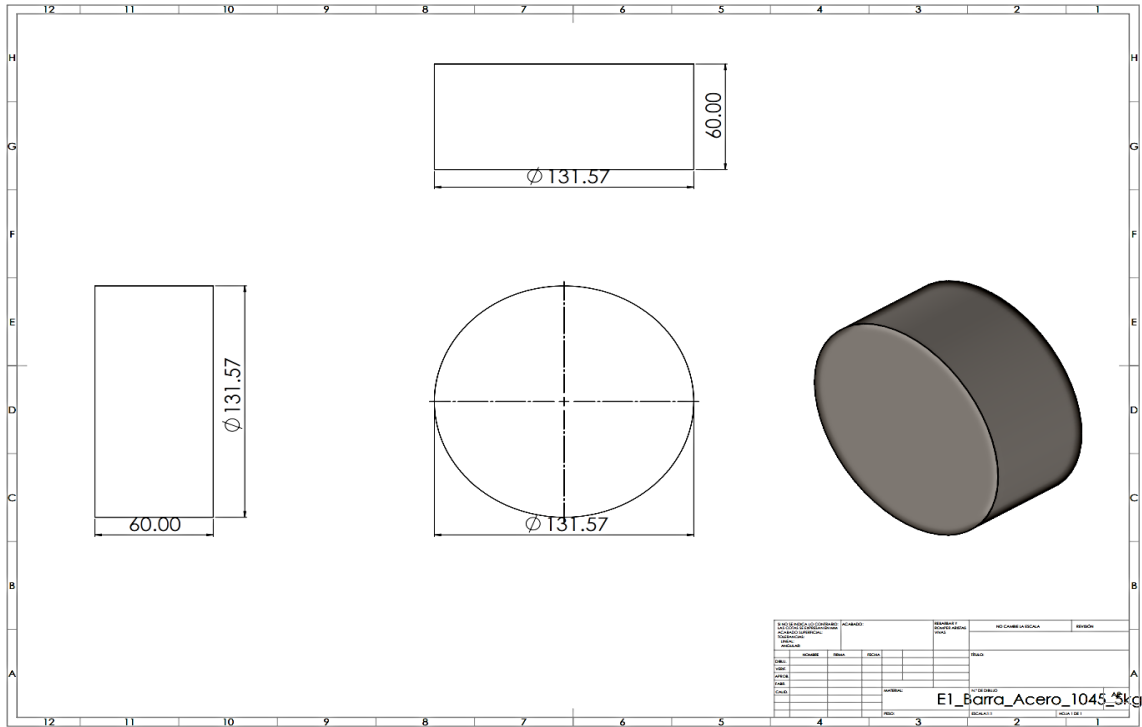


Figura 14. Barra acero de 5kg para contrapeso.

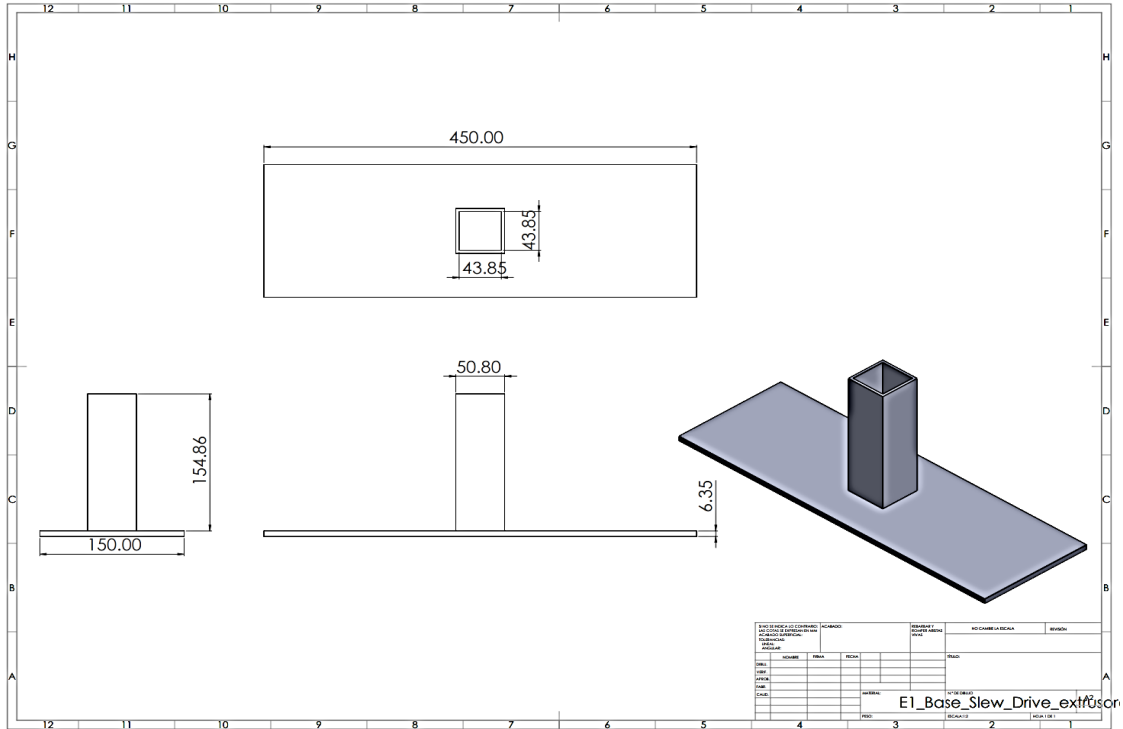


Figura 15. Base extrusor para montaje del concentrador.

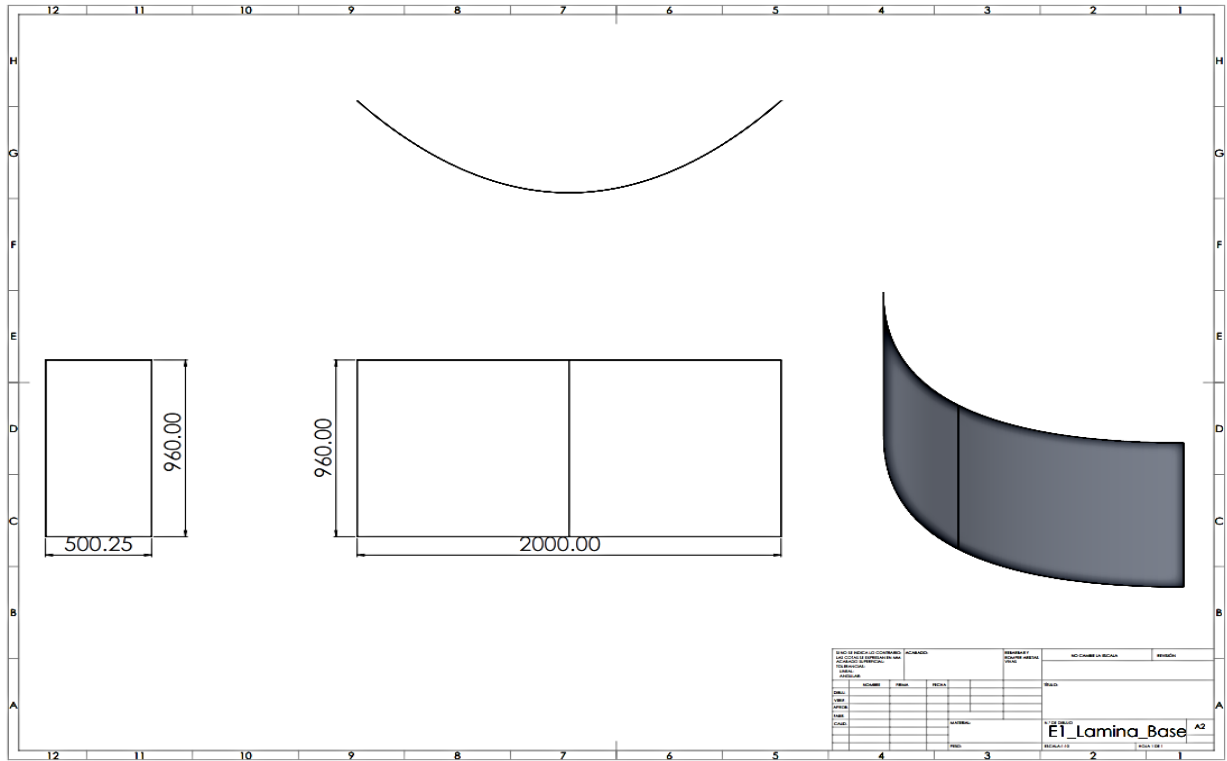


Figura 20. Base de Lámina reflejante.

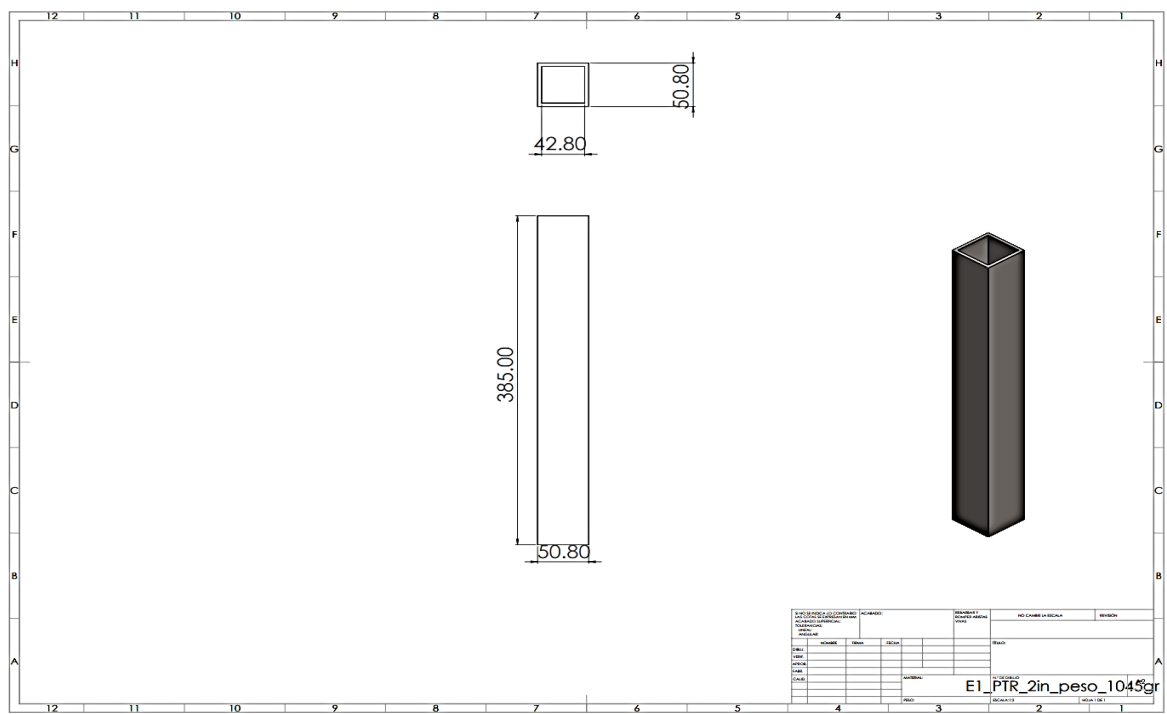


Figura 21. PTR base de la parábola.

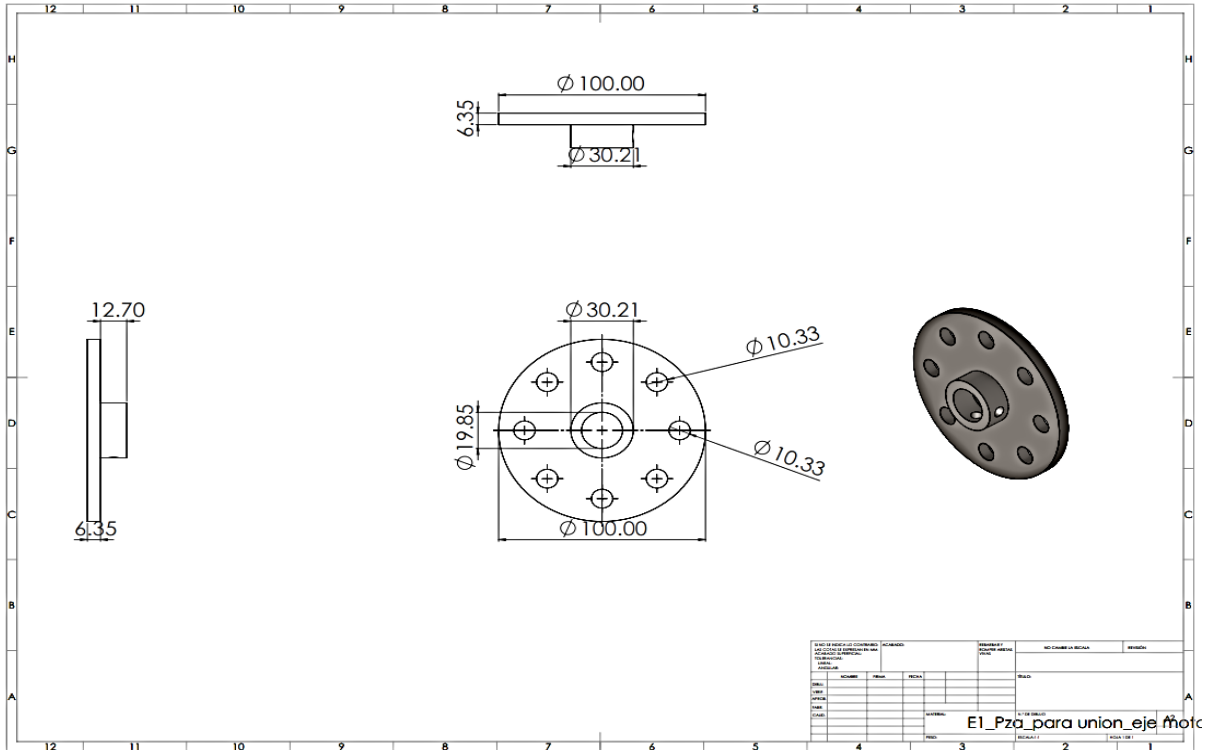


Figura 22. Pieza de unión de eje de motor.

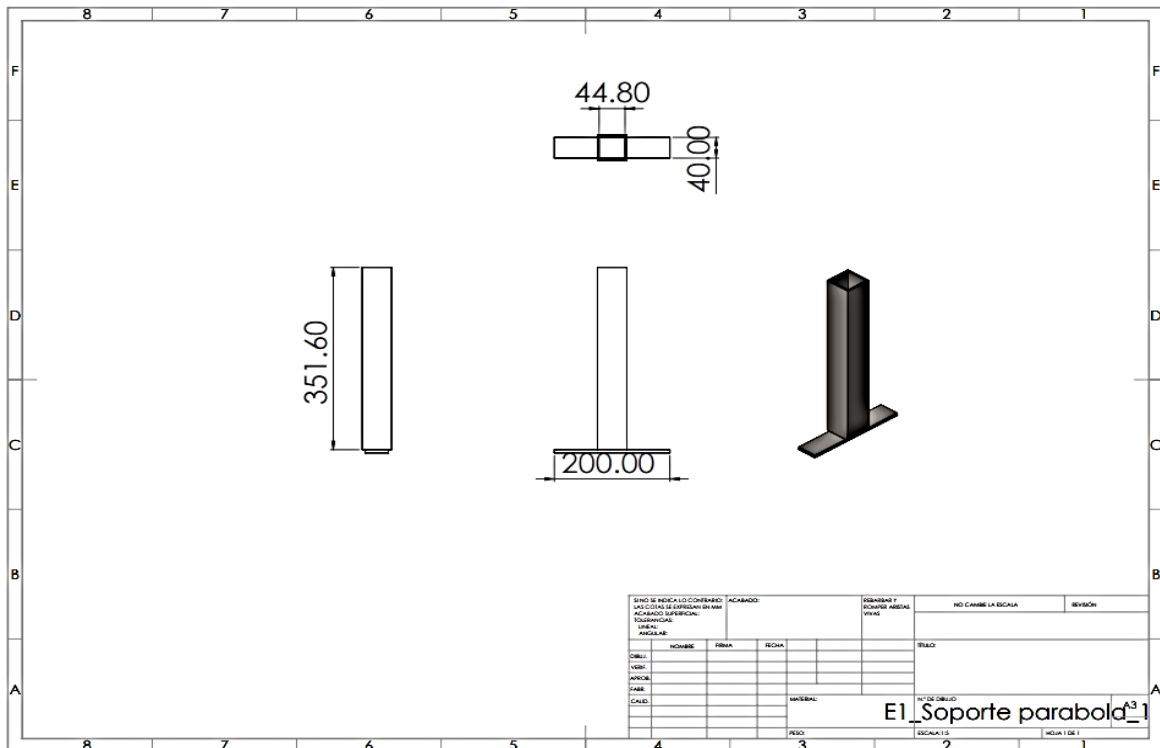


Figura 23. Soporte parábola.

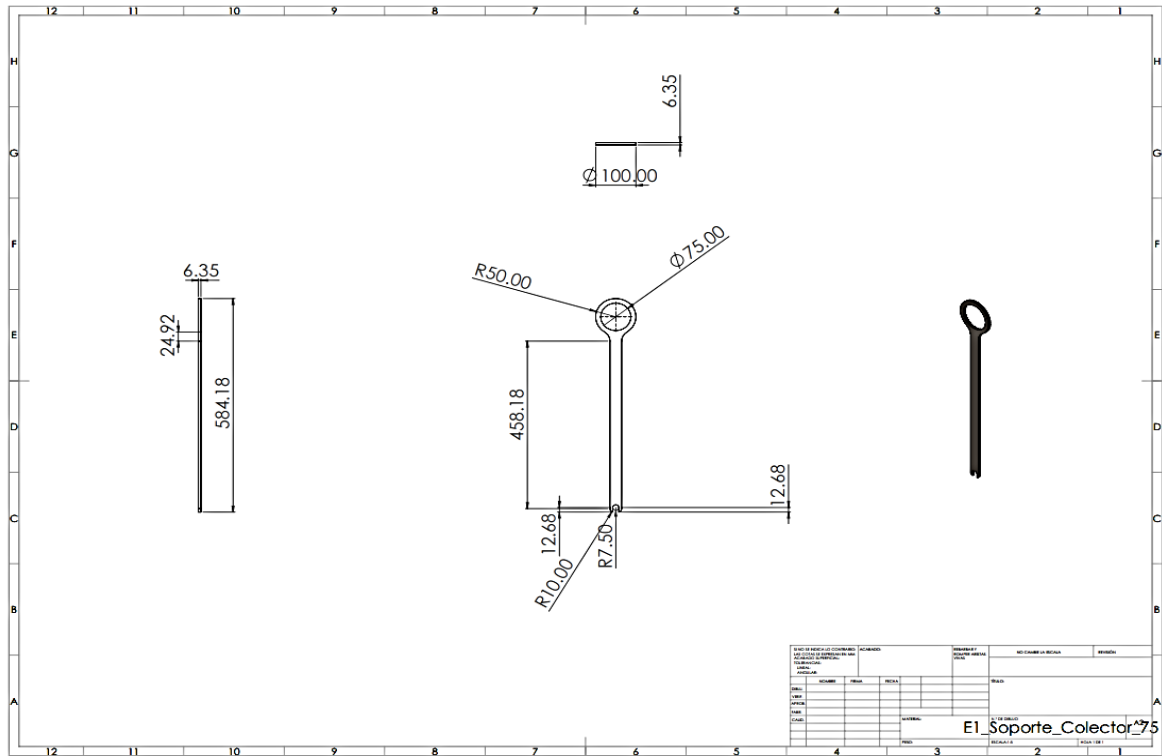


Figura 24. Soporte del colector.

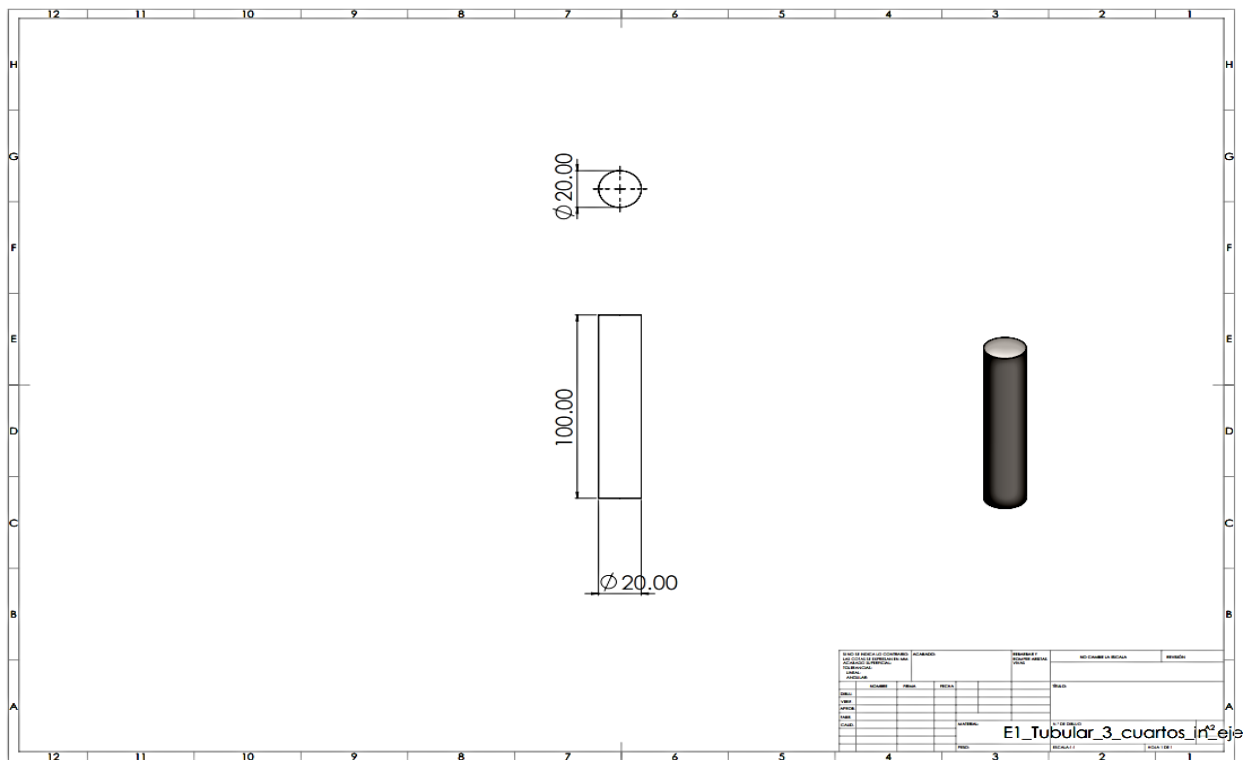


Figura 25. Tubular del eje de concentrador.

4.2 MANUFACTURA DEL EQUIPO

Se presentan imágenes de la construcción del concentrador.



Figura 26. Base de Lámina reflectante.



Figura 27. Parábola con soleras y costillas.



Figura 28. *Concentrador construido integrado a máquina extrusora bajo sombra.*



Figura 29. *Concentrador construido de alojamiento externo a la máquina extrusora.*



Figura 30. *Concentrador construido.*



Figura 31. *Concentrador construido integrado a máquina extrusora bajo el Sol.*

4.3 CARACTERIZACIÓN TÉRMICA

Se realizó la medición y registro de temperaturas alcanzadas bajo las siguientes metodologías (todas con el concentrador instalado en la máquina extrusora de trabajo):

- a) Medición de temperaturas bajo el sol con el husillo puesto con las resistencias eléctricas puestas.
- b) Medición de temperaturas bajo el sol sin el husillo puesto sin las resistencias eléctricas puestas (resistencias sin estar en funcionamiento).
- c) Medición de temperaturas bajo sombra con las resistencias eléctricas puestas con el husillo puesto (resistencias en funcionamiento).
- d) Medición de temperaturas bajo sombra con las resistencias eléctricas puestas sin el husillo puesto (resistencias en funcionamiento).

Adicionalmente se hizo una caracterización de la velocidad de giro del husillo alcanzada con el sistema de variación de frecuencia ya instalada en la máquina extrusora (objetivo fuera de alcance de la presente residencia). Se utilizó un tacómetro manual para medir los rpm alcanzados.



Figura 32. Toma de medición al Husillo con cámara termográfica.

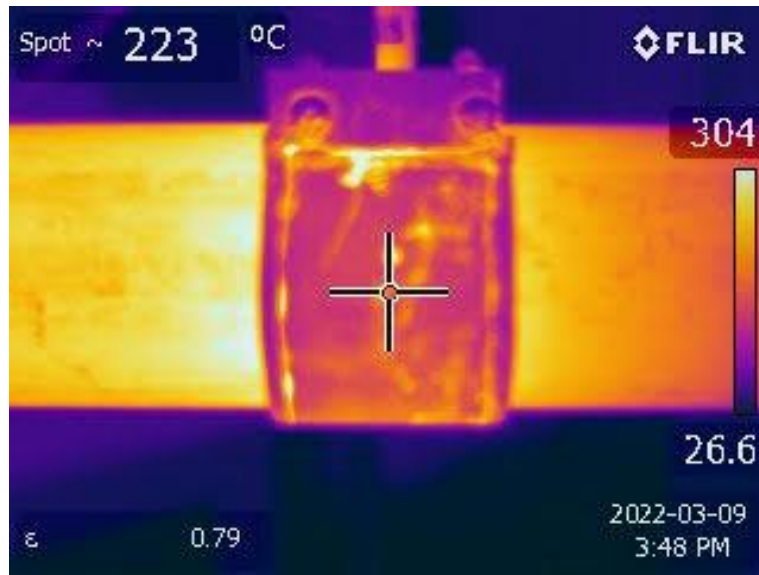


Figura 33. Temperatura de la resistencia con la cámara.



Figura 34. Ajustando la resistencia para el Tubo de la extrusora.

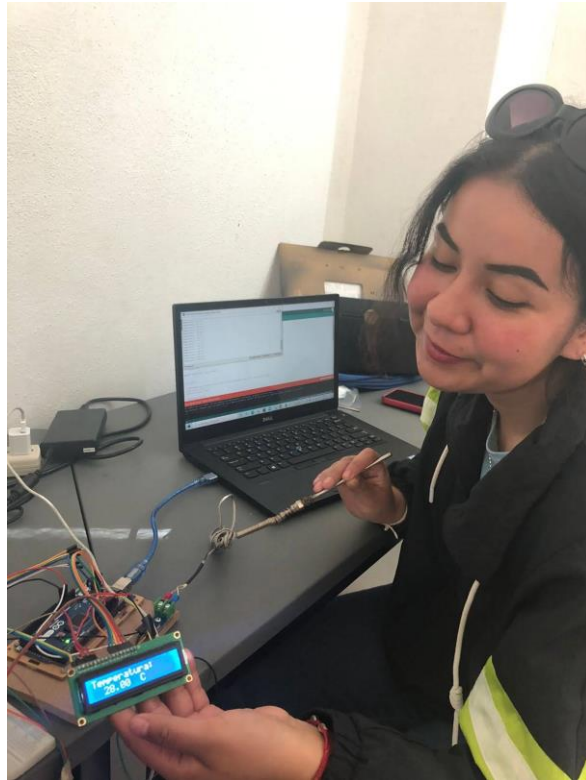


Figura 35. Programación de Arduino, para medir temperatura de resistencias.

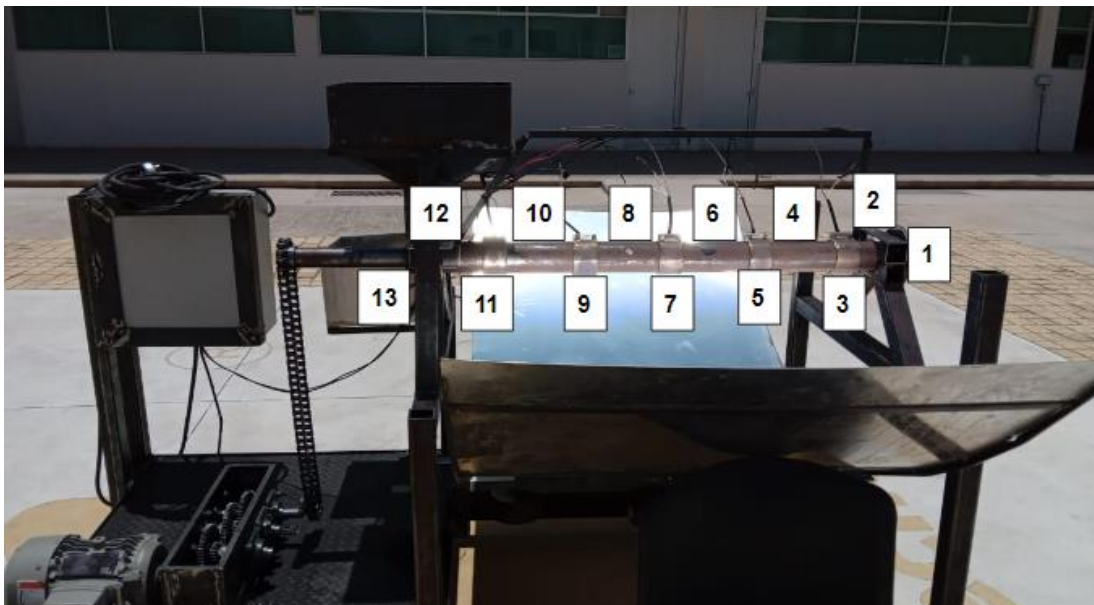


Figura 36. Extrusora con los puntos para realizar la medición con la cámara termográfica, con resistencias.



Figura 37. Resistencia bajo la cámara termográfica, en el sol.

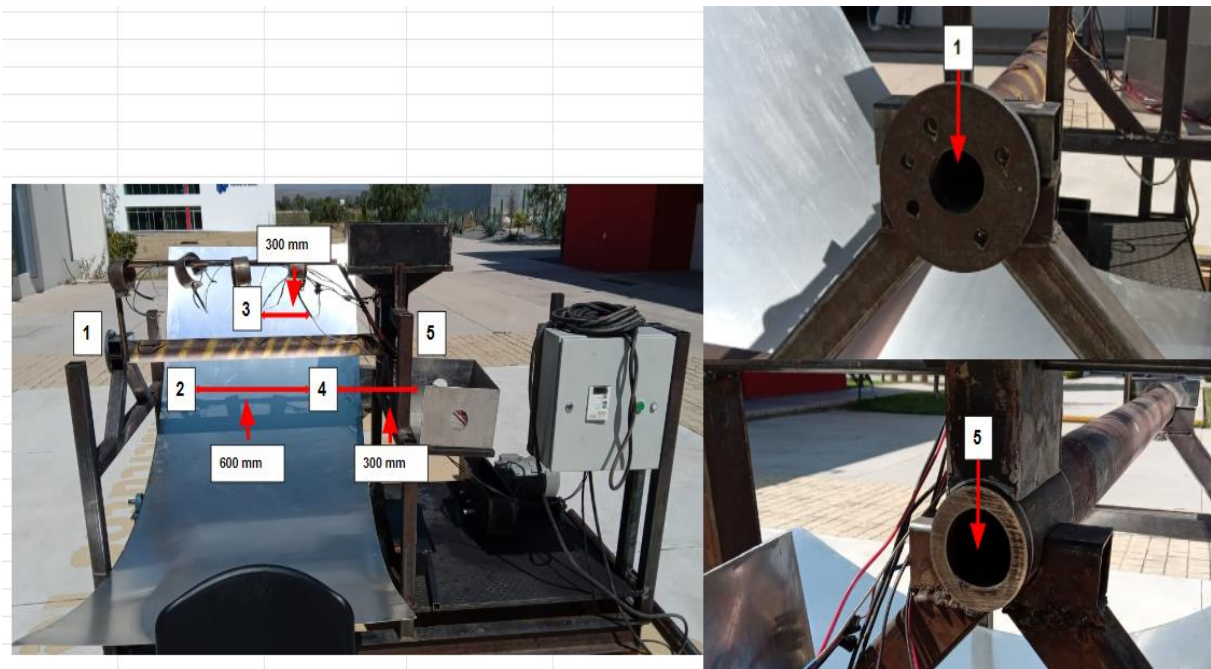


Figura 38. Extrusora con los puntos para realizar la medición con la cámara termográfica, sin resistencias.



Figura 39. *Midiendo la temperatura con Arduino.*



Figura 40. *Midiendo la temperatura de la resistencia.*



Figura 41. Medición de velocidad de giro del husillo con el tacómetro.

Tabla 1. Pruebas bajo el sol de la extrusora con la parábola con resistencias.

N° de Zona	Hora de medicion (Lapso de 30 minutos)												
	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
	Temperaturas (C°)												
Zona 1	15.8	19.7	26.8	32	30.5	30.5	36.1	41.9	54.4	60.3	61.3	56.8	57.2
Zona 2	22.9	26	29.4	36.1	39.2	40.8	41.2	68.2	64.5	79.1	73.7	70.9	66.3
Zona 3	22.6	24	33.4	34.6	31.6	38	41	44.3	43.8	63.9	50.1	60.9	63.2
Zona 4	22.3	27	33.2	35.2	40	41.6	44.8	92.1	77.6	109	89.7	88.8	78.4
Zona 5	23.4	25.2	29.3	28.4	33.8	29.2	65.5	58.3	49.2	45.6	54.2	85.2	50.2
Zona 6	25.4	30.2	32.7	35	39.5	41.2	44.8	103	81.2	101	102	97.3	90
Zona 7	26.2	24	25.7	27.5	18.3	31.7	61	70.3	73.3	66.7	56.2	87.2	91.2
Zona 8	26.9	29.7	33.1	34.9	37.7	39.6	40.9	100	85.6	124	105	101	88.5
Zona 9	21	23.1	26.1	25.7	37.7	34.3	65.5	108	104.6	109.4	104	97.5	94.8
Zona 10	24.9	30.1	31.6	32.3	34.7	36.8	44.8	89.4	75.7	122	70.4	70.1	72
Zona 11	25.3	30.9	33.5	31.2	31.4	32.8	61	82.5	63.9	112	92.3	95.3	80.9
Zona 12	25	27.8	29.8	32	33.3	34.2	39	52.9	56	65.5	65.1	63.1	50.4
Zona 13	24	23.2	27.9	30	30.9	31.2	34	38.4	42.4	48.4	51.4	47.1	50.5

Tabla 2. Pruebas bajo el sol de la extrusora con la parábola sin resistencias.

N° de Zona	Hora de medicion (Lapso de 30 minutos)								
	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
	Temperaturas (C°)								
Zona 1	35.7	66.9	82.7	93.2	97.9	96.4	92.5	80.1	90.2
Zona 2	43.7	73.4	102	106	91.6	105	101	106	101
Zona 3	49.7	72.8	107	114	92.3	109	107	124	109
Zona 4	37.6	56.6	78.5	85.4	83.3	101	103	108	123
Zona 5	42.5	27.3	83.5	94.9	49.1	75.3	76.7	102	101

Tabla 3. Pruebas de RPM de los engranes.

	RPM	TIEMPO
	202.9	30 seg
	102.8	30 seg
	93.8	30 seg
	84.3	30 seg
	74.8	30 seg
	65.8	30 seg
	56.8	30 seg
	47.8	30 seg
	42.7	30 seg
	28.4	30 seg
	19.1	30 seg
	9.9	30 seg
	0	0 seg

Variacion de max a min.	Variacion de m min(5H)
100.1	193
9	
9.5	
9.5	
9	
9	
9	
5.1	
14.3	
9.3	
9.2	
9.9	
0	

Tabla 4. Pruebas de la extrusora dentro del taller, con la parábola y 4 resistencias.

	1 HORA					2 HORAS					
	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30
TEMPERATURA EN CESLCIUS	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
T1(INTERNO)	22	153	212	255	261	268	287	306	307	310	319
T2	21.3	72.7	119	129	169	176	176	184	186	190	198
T3	22	122	159	193	209	210	215	223	237	273	284
T4	19.9	191	198	218	219	220	225	233	238	268	289
T5	19.6	146	212	244	259	269	277	277	284	286	292
T6	19.4	212	217	224	230	253	256	270	279	291	299
T7	20	146	211	251	264	279	283	283	295	297	301
T8	19.3	189	201	206	211	214	221	277	282	307	312
T9	19.5	155	219	251	277	287	290	293	296	299	302
T10	19.7	233	246	250	261	267	272	274	296	301	307
T11	20	150	207	241	262	268	274	276	278	295	300
T12	19.8	229	237	240	294	300	306	315	323	323	325
T13	20	74.3	119	153	157	175	183	187	188	193	198
T14(INTERNO)	19.6	130	177	195	229	258	277	286	293	318	320
RESISTENCIAS						ARDUINO					
T4	22	118.75	126.25	131	132.25	130.75	133.75	137.75	135.5	136	137.5
T6	22.25	165.5	183.25	190	195.25	195.75	195.75	196.75	199.75	199.5	199.75
T8	22.75	161.25	178.75	185.5	188.5	188.5	188.25	194.75	193.75	194.75	194.75
T10	22.5	140.75	152.5	158	159.5	161.25	164.5	167	167.25	167.75	167.75
T12	23.5	143.5	153.75	157.5	160.25	161.25	162.75	164.5	165.5	165.5	165.75

V. CONCLUSIONES

La aplicación de las estrategias académicas seleccionadas en conjunto con las actividades relacionadas con el presente proyecto permitió alcanzar los objetivos planteados.

Se logró construir un concentrador solar cilíndrico parabólico (CCP) de 2 m de lado recto y 0.5 m de foco con una estructura de soporte que permitió integrar el colector a una máquina extrusora solar. Se estudió el seguimiento del calor absorbido por un cuerpo receptor empleando el concentrador bajo el Sol y bajo sombra.

Bajo el sol y sin estar en funcionamiento las resistencias se alcanzaron temperaturas de hasta 120 °C en la superficie externa del receptor y alrededor de 95 °C en el interior del receptor sin el husillo puesto. Bajo las condiciones anteriores y con el husillo puesto, el husillo logro alcanzar temperaturas de alrededor de 65 °C. En el caso de las temperaturas alcanzadas con funcionamiento de las 4 resistencias eléctricas (y de manera indistinta con y sin el husillo puesto) se alcanzaron de hasta 320 °C.

El proyecto de residencia permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante la estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en proyectos de desarrollo tecnológico a nivel prototipo.

Para llevar a cabo este proyecto se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades a lo largo de la carrera, uso de software de diseño especializado, técnicas de maquinado y manufactura, propiedades de los materiales, entre otras materias importantes. También se aplicó la investigación y redacción, ya que, al ser un proyecto de esta índole, se necesitan las herramientas básicas para tener un proyecto de calidad, eficiente y eficaz a su vez.

En particular se aprendió a adaptarse a trabajos por objetivos. Además de siempre buscar la solución más factible mediante la aplicación de un método analítico y científico para eliminar los problemas desde raíz.

El tiempo de residencia profesional interactuando con temas de desarrollo tecnológico, investigación e innovación fue una de las mejores experiencias profesionales que se vivieron y donde se aprendió lo importante que es llegar a establecer soluciones viables y resolver el problema raíz de la manera más factible.

VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

1. Aplique metodologías de la Ingeniería Industrial con base en las necesidades del proyecto de desarrollo tecnológico de estudio para incrementar sus diversos indicadores de operación.
2. Aplique métodos de diseño 3D y maquinado incluidos en la metodología de operación requerida.
3. Implementé métodos innovadores de solución de problemas de tecnología, los cuales pueden ser replicados a escala industrial.
4. Gestioné la generación del conocimiento específico para evidenciar la capacidad de acción de la Ingeniería Industrial, ejerciendo un liderazgo estratégico y un compromiso ético.
5. Coadyuve a cumplir los retos de la institución en torno al fomento de proyectos de desarrollo tecnológico.
7. Utilice las nuevas tecnologías de información y comunicación de la institución, para el estado del arte del proyecto y contar con información actualizada para la mejora de los procesos de estudio y la operación del equipo del proyecto.
8. Promoví el desarrollo de la ciencia e investigación, con el fortalecimiento de las líneas de investigación de la institución.
9. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar sistemas y/o procesos industriales.
10. Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua en los procesos de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial de la institución.
11. Aplique métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas presentados durante la fase de ejecución del proyecto.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- (1) Beltran, M. & Marcilla, A. (2012). Tecnología de polímeros: procesado y propiedades. Tema 4: Extrusión. Editorial Publicaciones Universidad de Alicante. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16897/1/TEMA_4_extrusion.pdf
- (2) TecnoBioMetric. (18 ene 2019). Máquinas extrusoras de plástico. Que son y para qué sirven. Recuperado de <https://www.tecnobiometric.com/maquinas-extrusoras-de-plastico-que-son-y-para-que-sirven/>
- (3) Alibaba.com. (s. f.). CHT20 de plástico procesada laboratorio máquina extrusora. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/CHT20-Plastic-Processed-Lab-Extruder-Machine-62550052909.html>
- (4) Cumbre Pueblos. (20 may 2019). Concentrador solar. Que es, tipos, funcionamiento. Recuperado de <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/concentrador/>
- (5) MipanelSolar. (s. f.). Concentrador solar. Recuperado de <https://mipanelSolar.com/blog/concentrador-solar>
- (6) Ramos-Berumen, C. (s. f.). Colector de canal parabólico. Recuperado de http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/colectorDeCanalParabolico_1.html
- (7) Planas, O. (25 ago 2020). Colector solar de cilindro parabólico. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/colector-solar-termico/colector-solar-concentracion>
- (8) AUTODESK. (s. f.). ¿Qué es el software de diseño CAD en 3D?. Recuperado de <https://www.autodesk.mx/solutions/3d-cad-software>
- (9) Collado acero. (s. f.). Maquinado CNC. Recuperado de <https://www.collado.com.mx/Views/Procesos/Fabricacion/Maquinado%20CNC#:~:text=El%20proceso%20de%20maquinado%20CNC,en%20este%20tipo%20de%20trabajos.>
- (10) Kemppi. (s. f.). ¿Qué es la soldadura?. Recuperado de <https://www.kemppi.com/es-ES/asistencia/fundamentos-de-soldadura/que-es-la-soldadura/>

- (11) Teminsa. (s. f.). Herramientas de corte y abrasión: tipos y usos. Recuperado de <https://www.teminsa.com/blog/349-herramientas-de-corte-y-abrasion-tipos-y-usos>
- (12) Sarmiento, J. (2022). Técnicas de caracterización de polímeros: análisis térmico-termogravimetría. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/357656644_TECNICAS_DE_CARACTERIZACION_DE_POLIMEROS_ANALISIS_TERMICO_-TERMOGRAVIMETRIA
- (13) Reporteroindustrial.com. (s. f.). ¡camara térmica Flir E60 con promoción!. Recuperado de <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Camara-termica-FLIR-E60-con-promocion+100932>

ANEXO 1

Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 20/enero/2022
No. de Oficio: SDA/MCIMC-018/2022
Asunto: Carta de aceptación de Residencias Profesionales

JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el(la) **C. ERIKA NELLY RAMÍREZ RODRÍGUEZ**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con número de control 171050228, ha sido aceptado(a) para realizar en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado "**Diseño y manufactura de un concentrador solar cilíndrico parabólico para su integración en un prototipo de máquina extrusora solar**" durante el periodo de enero-junio 2022, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 09:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los investigadores Arturo Díaz Ponce (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto será realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
"Tierra Siempre Fértil"


EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. 119
e-mail: cyd_partoaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx



ANEXO 2

Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 6/junio/2022

No. de Oficio: SDA/MCIMC-032/2022

Asunto: Carta de conclusión de Residencias Profesionales

JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el(ia) **C. ERIKA NELLY RAMÍREZ RODRÍGUEZ**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con número de control T71050228, concluyo satisfactoriamente en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Manufactura de un concentrador solar cilíndrico parabólico para su integración en una máquina extrusora"** durante el periodo de enero-julio 2022, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 09:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los investigadores Arturo Díaz Ponce (asesor externo, CIO Unidad Aguascalientes) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno, EPM). El proyecto fue realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel. El presente proyecto de Residencia Profesional es parte del proyecto de EPM, modalidad 1, ID 1086950 y fortalecimiento de cuerpos académicos ITPA-CA-1.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excellencia en Educación Tecnológica.
"Tierra Siempre Fértil"*

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. 119
e-mail: cyd_parteaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx

