



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

*[MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA
TRITURADORA DE CUCHILLAS PARA SU
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL
RECICLAJE DE PLÁSTICOS]*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

*CHRISTOPHER ALEXANDER
RODRIGUEZ SERRANO*

ASESOR:

VÍCTOR MANUEL VELASCO GALLARDO

Mayo



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a mi hermana por haberme apoyado y creer en mi durante todo el tiempo, agradezco a mis compañeros y amigos por siempre apoyarnos mutuamente, a mis profesores ya que no solo me brindaron herramientas de estudio, sino que también me enseñaron a ser una mejor persona.

RESUMEN

“MANUFACTURA DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE CUCHILLAS PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS”

Por: **CHRISTOPHER ALEXANDER RODRIGUEZ SERRANO**

Se presenta una propuesta del diseño y construcción de una máquina trituradora de cuchillas para plásticos de desecho. La propuesta considera del diseño y construcción de una máquina trituradora para el fraccionado de plásticos de desecho bajo diseño propio y que incorpore un sistema de control de velocidad de operación bajo un sistema mecánico y mecatrónico de control y automatización. Se propone unas dimensiones de estructura largo, ancho, alto de 1.7 x 1.5 x 1 m y de 2 ejes paralelos en la caja de cuchillas de corte. Para los diseños se empleó el software de diseño mecánico CAD 3D SolidWorks®. Diversos materiales de acero al carbón comercial, de fácil adquisición, pero de resistencia comprobada, fueron empleados para la manufactura. La máquina cuenta con un sistema de empuje mecánico a base de cadena impulsada por un motorreductor. Se realizaron pruebas de trituración empleando materiales plásticos de desecho automotriz compuestos de una parte dura de polietileno y una parte blanda de poliestireno. La máquina trituradora logra obtener tamaños reducidos del material triturado en promedio de 5 x 5 cm (largo y alto). El presente trabajo es producto del proyecto clave 9903.20-P del TecNM, Convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2020 y del 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:

MES. Edgar Zacarias Moreno

M. en C. Víctor Manuel Velasco Gallardo

ÍNDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente.....	2
1.3 Problema(s) a resolver.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 PLÁSTICO DE DESECHO.....	7
2.2 RECICLAJE DE PLASTICOS.....	9
2.3 CADENA DE VALOR DE LOS PLASTICOS.....	13
2.4 TÉCNICAS DE MANUFACTURA AVANZADA CNC, SOLDADURA, CORTE Y ABRASIÓN	15
2.5 MÁQUINAS TRITURADORAS DE CUCHILLAS.....	18
III. DESARROLLO	21
3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	21
3.1.1 Diseños mecánicos CAD 3D.....	21
3.1.2 Técnicas y equipos de manufactura empleados.....	21
3.1.3 Material de prueba.....	23
3.2 Cronograma de actividades.....	23
IV. RESULTADOS	24

	Pág.
4.1 DISEÑOS 3D.....	24
4.2 MANUFACTURA DEL EQUIPO.....	27
4.3 PRUEBA DE TRITURADO.....	30
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	35
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	36
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	38
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores promedio de velocidades de giro del sistema de transmisión de potencia.....	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Ejemplo de un tipo de plástico de desecho de un solo uso.....	7
Figura 3. Ejemplo de proceso de biodegradación de plástico tipo PET.....	8
Figura 4. Reciclaje de envases de bebidas de plástico tipo PET.....	10
Figura 5. Código de identificación de los distintos tipos de plástico.....	11
Figura 6. Proceso de reciclaje primario de un tipo mecanizado.....	12
Figura 7. Ejemplo de cadena de valor de productos plásticos.....	13
Figura 8. Principales países productores de plásticos.....	14
Figura 9. Ilustración de tecnología avanzada para la industria de mecanizado.....	15
Figura 10. Ejemplo de torneado de tipo CNC.....	17
Figura 11. Ejemplo de máquina trituradora.....	18
Figura 12. Ejemplo del resultado obtenido al utilizar una maquina trituradora con plástico PET.....	19
Figura 13. Diseño final de la Trituradora.....	21

	Pág.
Figura 14. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.....	22
Figura 15. Torno CNC DMTG CKE 6150Z.....	22
Figura 16. Máquina de soldadura de micro alambre.....	22
Figura 17. Aspecto de material de desecho sin triturar.....	23
Figura 18. Cronograma de actividades general.....	23
Figura 19. Estructura de soporte completa de la máquina trituradora.....	24
Figura 20. Caja de cuchillas.....	24
Figura 21. Vista de cuchilla propuesta.....	25
Figura 22. Sistema de cuchillas.....	25
Figura 23. Vista de la caja de cuchillas con tolva de alimentación.....	25
Figura 24. Vista completa 1 del prototipo.....	26
Figura 25. Base inferior de estructura de soporte.....	27
Figura 26. Pre-montaje lateral de ejes y engranes de cuchillas.....	27
Figura 27. Manufactura preliminar de engranes de caja de cuchillas.....	27

	Pág.
Figura 28. Corte de lámina por plasma para armado de la caja de cuchillas.....	28
Figura 29. Fresado de ejes de caja de cuchillas.....	28
Figura 30. Corte de oblea por sierra cinta para manufactura de cuchillas preliminares.....	28
Figura 31. Vista superior interna de caja de cuchillas.....	29
Figura 32. Gabinete de control de variador del sistema de transmisión de potencia montado en la estructura de soporte.....	29
Figura 33. Vista 2 de prototipo completo sin acabado final.....	30
Figura 34. Aspecto de material de desecho triturado.....	31

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 trituradora de cuchillas para plásticos de desecho.

En este trabajo se propone el diseño y construcción de una máquina trituradora para el fraccionado de plásticos de desecho bajo diseño propio y que incorpore un sistema de control de velocidad de operación bajo un sistema mecánico y mecatrónico de control y automatización.

El presente trabajo es producto del proyecto clave 9903.20-P del TecNM, Convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2020 y del 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 desarrollo del proyecto.

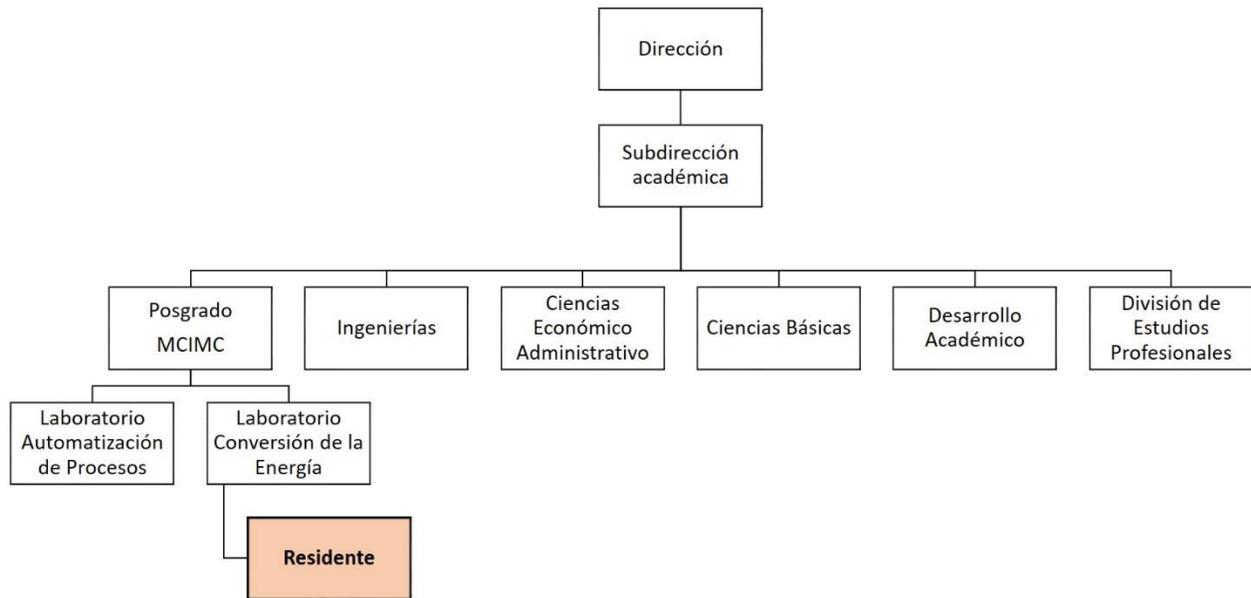


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

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 trituración propuesta.

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

1. Manufactura de una máquina trituradora:

- Construcción de una estructura de soporte con cámara de almacenamiento.
- Manufactura de una caja de cuchillas.
- Puesta en operación del equipo.

1.4 Justificación

Los plásticos de un solo uso ocasionan efectos negativos al ambiente. Dentro de los métodos de reciclaje encontramos la trituración como una técnica capaz de otorgarles un valor agregado a los desechos plásticos al reducirlos de tamaño para un proceso posterior de transformación como lo puede ser la extrusión. Una máquina trituradora, 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 el diseño y construcción de una máquina trituradora para el fraccionado de plásticos de desecho bajo diseño propio y que incorpore un sistema de control de velocidad de operación bajo un sistema mecánico y mecatrónico de control y automatización.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Manufacturar una máquina trituradora de plásticos mediante el uso de técnicas de diseño CAD 3D y manufactura avanzada para reducir el tamaño de partícula de plásticos de desecho.

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 la máquina trituradora mediante técnicas de manufactura avanzada para su puesta en operación.
- Realizar pruebas de trituración mediante el uso de plásticos de desecho para validar su funcionamiento.

1.6 Alcances y limitaciones

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

Las pruebas de trituración solo consideran un tamaño específico de partícula. Esta fuera de alcance del proyecto la optimización de la trituradora.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 PLÁSTICOS DE DESECHO

El plástico es una sustancia orgánica de un gran peso molecular, estos son sintetizados generalmente por compuestos de bajo peso molecular, la mayoría de estos compuestos a los cuales se les denomina “plásticos” también son generalmente llamados polímeros. Estos polímeros o plásticos tienen una característica, la cual es su alta resistencia/densidad, estas dos propiedades son una excelente opción para algunas aplicaciones tales son aislamientos térmicos, eléctricos, además de que tienen una buena resistencia a los ácidos y varios solventes.

Los plásticos de desecho son aquellos que ya cumplieron con uno o varios ciclos de uso, también son aquellos que sufrieron alguna deformación o ruptura y tienen que ser reemplazados por uno nuevo, este no es solo un tipo de desechos o la única forma de que se obtienen estos, ya que en ocasiones se utilizan estos para manufacturar algunos productos y el sobrante se tiene que desechar pasando a ser este un plástico de desecho [1].



Figura 2. Ejemplo de un tipo de plástico de desecho de un solo uso [1].

Estos tipos de plásticos o materiales sintéticos se comenzaron a producir desde el siglo XX debido a su alta durabilidad y su practicidad, por lo cual se siguen utilizando

bastante en nuestra vida cotidiana, por ejemplo, alguien que compra una botella de agua purificada en primera instancia tiende a tirarla, y esta botella ya está catalogada como un plástico de desecho. Habrá quien reutilice la botella de agua y extienda el tiempo de vida del plástico que la forma [2].

Estos plásticos tienen varios factores que nos están perjudicando hasta el día de hoy, uno de los factores más importantes es el tiempo que tarda en desintegrarse por completo, ya que estos se usan un poco tiempo, debido a que la mayoría de envases para almacenar líquidos, por ejemplo, las botellas de refresco, agua purificada, jugos, etc., por lo cual estos son llamados plásticos de un solo uso.

El plástico es un material que tiene un tiempo de descomposición muy lento en la naturaleza. A modo de resumen, podemos aclarar que, en realidad, dependiendo del tipo de plástico tarda entre 100 y 1000 años en degradarse, con una media de 500 años [3].



Figura 3. Ejemplo de proceso de biodegradación de plástico tipo PET [3].

Otro tipo de plástico que también tiene un tiempo de biodegradación largo son las bolsas de plástico que normalmente utilizamos para facilitar el transporte de objetos, por ejemplo, las compras de supermercado, materiales, alimentos, etc. Además de también ser uno de los objetos de plástico que más se utilizan en el mundo, aunque se va

procurando volver al uso de bolsas de tela, cestos, etcétera, para sustituirlas en lo posible. Una bolsa de plástico puede tardar en degradarse más de 150 años.

Estos son los principales puntos del grave impacto ambiental del plástico, ya que la mayoría de la gente solo los utiliza una vez y los desecha, esto ha ocasionado uno de los problemas más graves en la actualidad, se está optando por los bioplásticos, para lograr reducir el consumo de los plásticos normales que utilizamos, ya que además de que estos plásticos no se elaboran como el plástico tradicional son un tanto más ecológicos y biodegradables, debido a que se fabrican con azúcares, almidones o algunos aceites vegetales.

2.2 RECICLAJE DE PLÁSTICOS

El reciclaje es una actividad de recuperar o reutilizar los desechos sólidos con el fin de reutilizarlos o aprovecharlos como una posible materia prima para realizar algunos productos nuevos. El reciclaje es uno de los conceptos principales de las ya conocidas tres erres, las cuales consisten en reciclar, reutilizar y reusar, esto con el fin de darle una máxima vida útil sin tener la necesidad de ser destruidos o dañados [4].

Actualmente estas actividades de reciclaje son realizadas por medio de programas oficiales, los cuales pueden ser administrados por el gobierno, ya sea municipal, estatal o federal, esto es un tipo de reciclaje de un tipo formal, mientras que existe el otro tipo de reciclaje que es de tipo informal, este es realizado por personas ajenas a alguna organización, un ejemplo del reciclaje informal son las personas de escasos recursos de países subdesarrollados quienes por lo regular hacen este tipo de reciclaje con el fin de obtener algún ingreso económico para sus necesidades.



Figura 4. Reciclaje de envases de bebidas de plástico tipo PET [4].

Este tipo de actividad de reciclaje se está optando para tratar de que sea una solución al gran problema que nos genera el plástico, debido a que el plástico es uno de los principales problemas actuales en el planeta ya que su destino después de que lo desechemos no es solo un contenedor o recipiente de basura, la mayoría de estos productos terminan en los océanos, vertederos, bosques, entre otros lugares, además de que se usan para reciclaje en algunos continentes más desarrollados como Europa, en algunas otras ocasiones se incineran para obtener energía, esto debido a que el plástico tiene un contenido energético similar al de los combustibles fósiles, pero lo anterior causa mucha contaminación debido a las sustancias químicas que contiene.

En el reciclaje existe una clasificación para los plásticos, la cual consiste en números inscritos en un triángulo el cual indica el reciclaje, este código o clasificación se utiliza desde 1988 de manera internacional por lo que si somos algo curiosos lo podremos observar en todos los recipientes de plástico, este código se implementó con el fin de dar una clasificación más adecuada y facilitar el reciclaje de los mismos, este sistema fue aprobado por la Sociedad de la Industria de Plásticos o (SPI), este sistema establece que los plásticos son identificados con números del 1 al 7, estos números van dentro de un triángulo el cual está conformado por 3 flechas.



Figura 5. Código de identificación de los distintos tipos de plástico [5].

La clasificación de plásticos para el reciclaje es la siguiente:

1. PET (Tereftalato de Polietileno): Es el plástico usado más comúnmente en envases para alimentos. Lo podemos encontrar en botellas de agua, zumos, refrescos, aceites, etc.
2. HDPE (Polietileno de alta densidad): Es un plástico más rígido y más resistente a condiciones extremas de frío o calor. En alimentación se usa para las botellas de leche o garrafas.
3. PVC (Polivinilo): Lo podemos encontrar en envoltorios de determinados alimentos, pero es más usado en otros ámbitos: juguetes, interior del automóvil, mangueras, etc.
4. LDPE (Polietileno de baja densidad): Es utilizado sobre todo en bolsas y botellas de agua.
5. PP (Polipropileno). Es el tipo de plástico usado principalmente en los envases de yogures o mantequilla o en las pajitas.
6. PS (Poliestireno). El clásico tipo de plástico utilizado para la elaboración de los envases para hamburguesas en los establecimientos de comida rápida. Es altamente contaminante y por supuesto, no reutilizable.
7. Otros plásticos y materiales compuestos. Este último grupo de la clasificación engloba materiales como el PC (Policarbonato). También incluye los nuevos bioplásticos fabricados a partir de vegetales [5].

En el reciclaje se están implementando algunas tecnologías para lograr distintos métodos de para tratar el plástico, algunos de estos son denominados primario, secundario, terciario y cuaternario.

El tratamiento primario consiste en la mecanización del plástico con el fin de obtener un producto con un terminado o resultado con características similares al las del producto original.

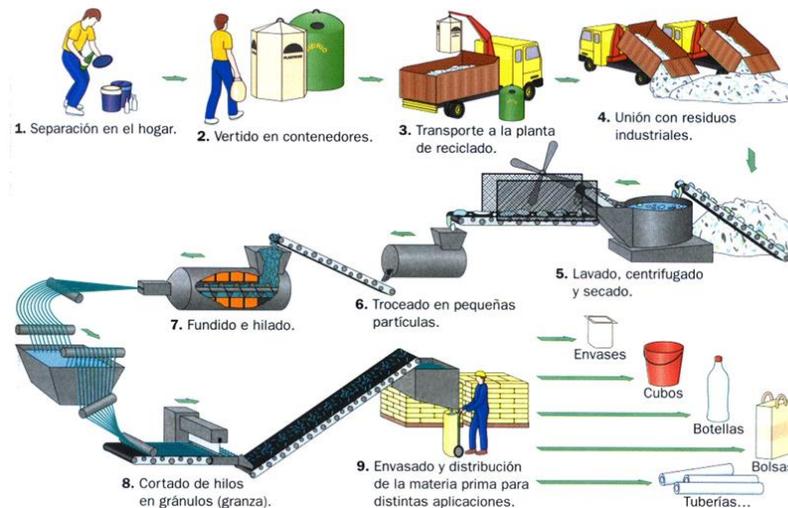


Figura 6. Proceso de reciclaje primario de un tipo mecanizado [6].

El tratamiento secundario básicamente consiste en la fusión de los desechos químicos, esto con el fin de convertirlos en productos de diferentes formas y con aplicaciones normalmente diferentes a las que tenía ese plástico anteriormente, esta tecnología es normalmente es o fue aplicada en la industria automotriz.

El tratamiento terciario o también llamado reciclaje químico, este consiste en la transformación del plástico en hidrocarburos, los cuales pueden ser empleados como nueva materia prima para manufacturar nuevos productos, estos procesos pueden ser químicos o térmicos dependiendo del tipo de polímero.

El tratamiento cuaternario consiste básicamente en la incineración del plástico, esta no es una técnica muy adecuada, debido a que es muy contaminante para el medio ambiente [6].

2.3 CADENA DE VALOR DE LOS PLÁSTICOS

Una cadena de valor es un modelo de negocios que nos describe un rango de actividades para poder crear un nuevo producto o servicio, básicamente en las empresas esta cadena se comprende por los pasos que lleva un producto desde su concepción hasta que se distribuye finalmente.

La industria transformadora de plástico forma parte de una gran cadena de valor, donde su principal comienzo es la exploración y extracción de hidrocarburos, donde posteriormente la industria petroquímica los convierte en resinas de tipo plásticas, posteriormente estas resinas son transformadas por la denominada industria transformadora de plástico en una gran variedad de distintos productos que se utilizan en muchas otras industrias o bien los consumidores finales [7].



Figura 7. Ejemplo de cadena de valor de productos plásticos [7].

Los plásticos se han convertido en el material con mayor carga a omnipresente de la economía moderna, combinando propiedades funcionales inigualables con bajo costo, su uso se ha multiplicado por veinte en el último medio siglo. Si bien los plásticos y los envases de plástico son una parte integral de la economía global y brindan muchos

beneficios, sus cadenas de valor arquétipicamente lineales, de llevar-hacer desechar, conllevan importantes inconvenientes económicos y ambientales.

Muchos países desempeñan un papel dual en el sector de plásticos. Algunos de los mayores exportadores de insumos y productos plásticos del mundo se encuentran al mismo tiempo entre los mayores importadores del mundo, lo que indica que el comercio de plásticos es multifacético y multidireccional. Arabia Saudita, productor de petróleo, es uno de los mayores exportadores de insumos plásticos del mundo en las formas primarias de pellets y no figura casi como importador. Estados Unidos y Alemania, con importantes intereses en la producción de petróleo y gas y en la industria química, así como en la fabricación en general, se destacan en gran medida tanto en la importación como en la exportación de plásticos a lo largo de todo el ciclo de vida. Corea del Sur está entre las mayores diez exportadoras en siete de los diez eslabones (desde la materia prima hasta los textiles sintéticos) y no está entre los diez mayores importadores. Por último, China está omnipresente en la lista de los diez mayores, tanto como exportadora como importadora [8].



Figura 8. Principales países productores de plásticos [8].

Según datos de la asociación Plastics Europe, en 2019 la producción de plásticos en el mundo alcanzó los 368 millones de toneladas, nueve toneladas más que en el año anterior. En Asia se produjeron algo más de la mitad de los plásticos del mundo (un 51%). China, que en 2019 fue el país que más residuos plásticos de un solo uso generó, fue

responsable del 31% de la producción mundial de plásticos, fabricando 82 kg per cápita, mientras que Japón, con solo el 3% de la producción mundial, logró producir 88 kg. En los países del TLCAN (actual T-MEC), es decir, Canadá, Estados Unidos y México, solo se produjo el 19% del plástico mundial en total. Sin embargo, esto equivale a 141 kg per cápita, la cifra más alta por persona.

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

La manufactura avanzada es el uso de tecnologías y nuevos métodos innovadores para mejorar la competitividad en los diferentes sectores de fabricación. Su principal objetivo es la mejora de los servicios e incrementar el valor agregado, la calidad, además de la capacidad de respuesta a las tendencias del mercado y su flexibilidad.

La manufactura avanzada ofrece una mejora muy importante en los procesos de fabricación. Con la cual es posible optimizar muchos factores, desde los tiempos de respuesta hasta la calidad y acabados del producto. De la mano de esta optimización, es posible reducir costos, en particular de los insumos requeridos y el recurso humano [9].

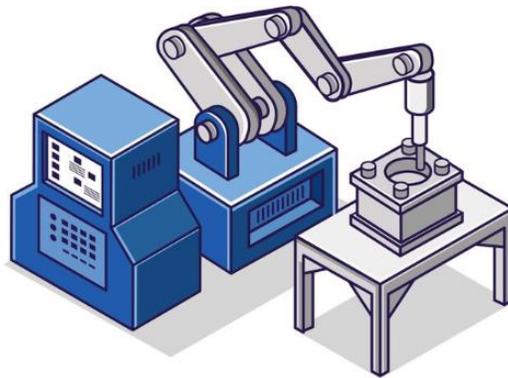


Figura 9. *ilustración de tecnología avanzada para la industria de mecanizado [9].*

Las principales técnicas son las siguientes:

CAD (Dibujo Asistido por computador): Es un procedimiento tecnológico el cual se realiza por medio de una computadora u ordenador para la creación, modificación y

optimización de diseños 3D, algunos ejemplos de softwares que sirven para el CAD: SolidWorks, Catia, AutoCAD, entre otros.

CAM (Manufactura Asistida por Computadora): Al igual que el CAD esta técnica es asistida por una computadora u ordenador, esta nos ayuda para lograr controlar la maquina por medio de instrucciones de una computadora que se brindan y se traducen al lenguaje CNC por medio de software como Mastercam entre otros, esto para que la maquina pueda interpretar las operaciones que se van a realizar.

Fresado CNC: Este tipo de manufactura se caracteriza por el uso del ordenador para controlar la máquina, es decir que se realiza un diseño en 3D en algún software y se pasa por un software de CAM para obtener las operaciones que va realizar la máquina, y se obtienen los códigos G para que la máquina los interprete y realice la pieza que se requiere, esta herramienta remueve el metal a través de una herramienta rotativa, estas máquinas se caracterizan por que pueden tener desde 3 ejes (X,Y,Z) hasta 5 ejes (X,Y,Z, U, W).

Torneado CNC: El torneado CNC al igual que el fresado se refiere al uso de un ordenador para su control, cabe mencionar que también se pueden mecanizar piezas de forma manual, en esta técnica se utilizan solo dos planos X, Z es decir que podemos realizar diseños simples en 2D y se procesan para obtener los códigos que va a interpretar la maquina y realizar la pieza, el torno a diferencia de la fresadora remueve el metal a través de una herramienta fija, es decir que lo que tiene movimiento en esta máquina es el material, que tiene un movimiento giratorio y la herramienta solo hace un recorrido para realizar la pieza.

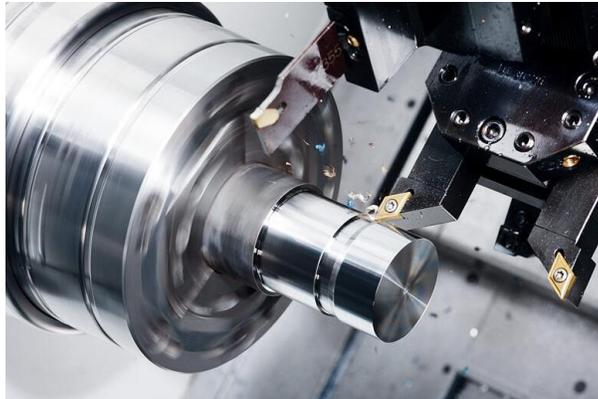


Figura 10. Ejemplo de Torneado de tipo CNC [12].

Corte por plasma: El corte por plasma, PAC por sus siglas en inglés, es una técnica de corte por arco eléctrico. El plasma es un conductor eléctrico gaseoso de alta densidad de energía, constituido a partir de una mezcla de electrones libres, iones positivos, átomos disociados y moléculas de gas [13].

Soldadura por arco eléctrico: Este tipo de soldadura es uno de los procesos de unión de metales más antiguos que existe, su inicio data de los años 90 de siglo XVIII. En la que se utilizaba un electrodo de carbón para producir el arco eléctrico, en la actualidad se han implementado muchas mejoras a esos procesos de soldado, además de que en la industria se ha automatizado la aplicación de esta por medio de brazos robóticos [14].

Corte y abrasión: Las herramientas de corte y abrasión son muy útiles en la manufactura, debido a que nos sirven para realizar separaciones de piezas, las herramientas de corte se caracterizan por su dureza ya que tienen que soportar altas temperaturas y mucha fricción cuando se realiza el corte, mientras que los abrasivos tienen una dureza mayor a los de corte, ya que básicamente desgastan el material por medio de fricción a materiales más blandos [15].

2.5 MÁQUINAS TRITURADORAS DE CUCHILLAS

Las máquinas trituradoras nos sirven para reducir grandes residuos plásticos o de cualquier otro tipo de material sólido, esto con el fin de no tener que hacer el trabajo manualmente.

Este proceso industrializado hace que sea mucho más rápido y eficiente, debido a que con solo la intervención de dos operarios se puede triturar una gran cantidad de plásticos en un tiempo muy reducido con ayuda de estas máquinas.

El funcionamiento de una máquina trituradora básicamente es colocar el material a triturar en la tolva, después se enciende el equipo, accionando el motor que hace girar las cuchillas y comienza el proceso de triturado, los residuos triturados se obtienen por otra salida de la máquina ya procesado en pequeñas partes [16].

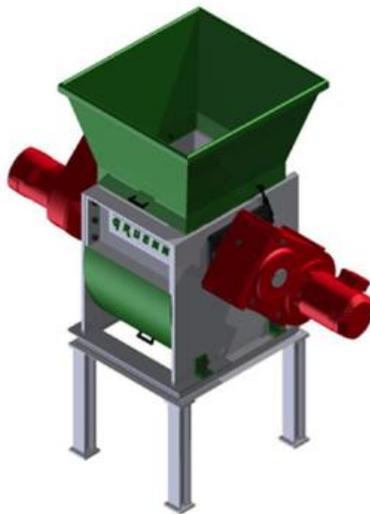


Figura 11. Ejemplo de máquina trituradora [16].

La trituración del plástico destaca sobre otro tipo de materiales, debido a que tiene un volumen y una densidad alta, es decir que ocupa mucho espacio y pesa poco. En otras palabras, la principal ventaja de su trituración es que se reduce el espacio que ocupa, además de que nos proporciona un material homogéneo de un tamaño similar.

Se pueden depositar botellas de plástico tipo PET, sillas, cajas, lo cual posteriormente al proceso de trituración nos va a resultar un material mucho más pequeño al volumen anterior a su trituración, además de que será más fácil de trasportar y guardar [17].

Los residuos que se obtienen del triturado de plástico son los llamados pellets o trocitos de plástico estas tienen distintas aplicaciones, para ello se tienen que procesar y separar, se limpian y se clasifican, para posteriormente reciclarse en forma de productos nuevos [17].

Las formas más comunes de trabajarse son:

- Extrusión
- Inyección
- Moldeo
- Compresión

Los principales usos que tiene el plástico reciclado son lonas, cuerdas, hilos, textiles, bolsas industriales y para residuos, botellas de detergentes, tubos, uso agrícola, muebles de jardín, vallas, tuberías, cajas, sillas, accesorios de oficina y elementos plásticos para el hogar como cubos de basura, etc. [17].



Figura 12. Ejemplo del resultado obtenido al utilizar una máquina trituradora con plástico PET [17].

Las máquinas trituradoras tienen varias ventajas para el reciclaje, ya que aportan un segundo uso a todos los plásticos que se pueden triturar, es decir, se puede dar un mejor reciclaje si se tiene el plástico o el material en un menor volumen para su procesamiento, como ya se vio en los ejemplos anteriores con el uso de tecnologías para su reutilización y fabricación de nuevos productos.

III. DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 Diseños CAD 3D

Todos los diseños mecánicos 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).

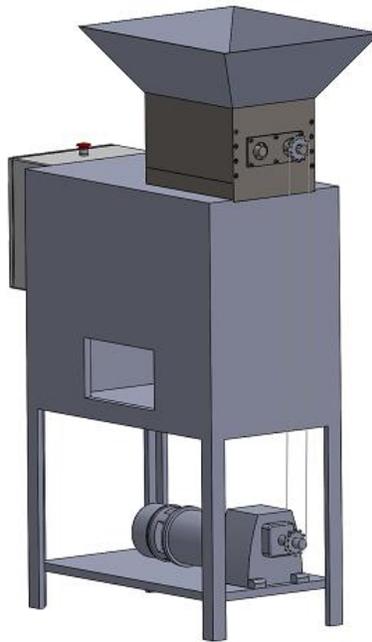


Figura 13. *Diseño final de la Trituradora.*

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 14. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.



Figura 15. Torno CNC DMTG CKE 6150Z.



Figura 16. Máquina de soldadura de micro alambre.

3.1.3 Material de prueba

Se realizaron pruebas de trituración empleando materiales plásticos de desecho automotriz compuestos de una parte dura de polietileno y una parte blanda de poliestireno. Los ensayos solo fueron de 1 solo ciclo de triturado controlando la alimentación de la materia prima para evitar atascamientos.



Figura 17. Aspecto de material de desecho sin triturar.

3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Revisión bibliográfica										
Diseños mecánicos										
Manufactura										
Pruebas experimentales										
Asesorías										
Evaluación y seguimiento de asesorías										
Evaluación de reporte										
Informe semestral										
Elaboración reporte técnico (productos entregables)										

Figura 18. Cronograma de actividades general.

IV. RESULTADOS

Por cuestiones de patentado se reservan demás evidencia de ejecución del proyecto.

4.1 DISEÑOS 3D

Se presentan los diseños generados de diversas piezas del equipo.

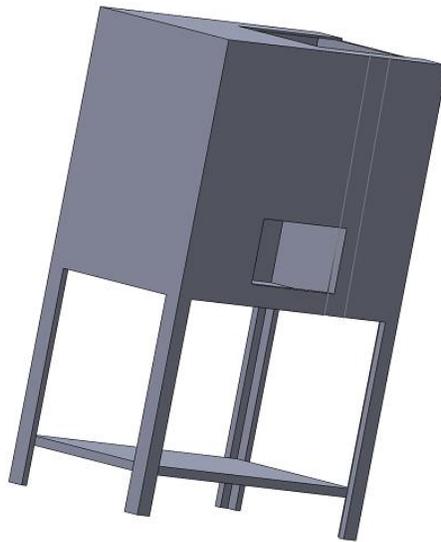


Figura 19. Estructura de soporte completa de la máquina trituradora.

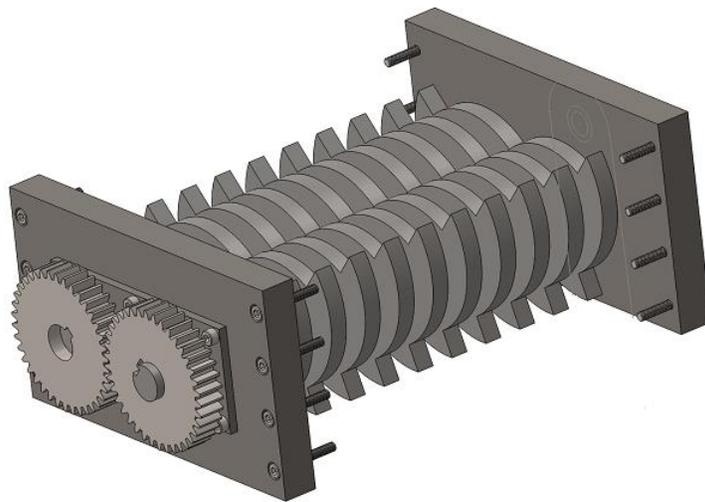


Figura 20. Caja de cuchillas.

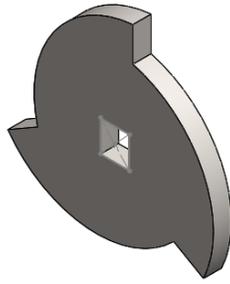


Figura 21. Vista de cuchilla propuesta.

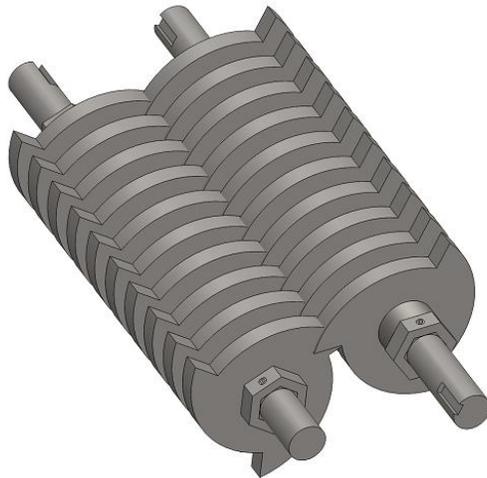


Figura 22. Sistema de cuchillas.

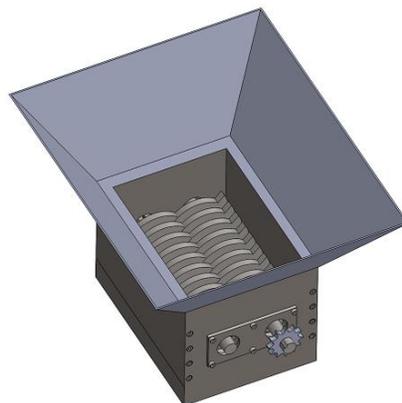


Figura 23. Vista de la caja de cuchillas con tolva de alimentación

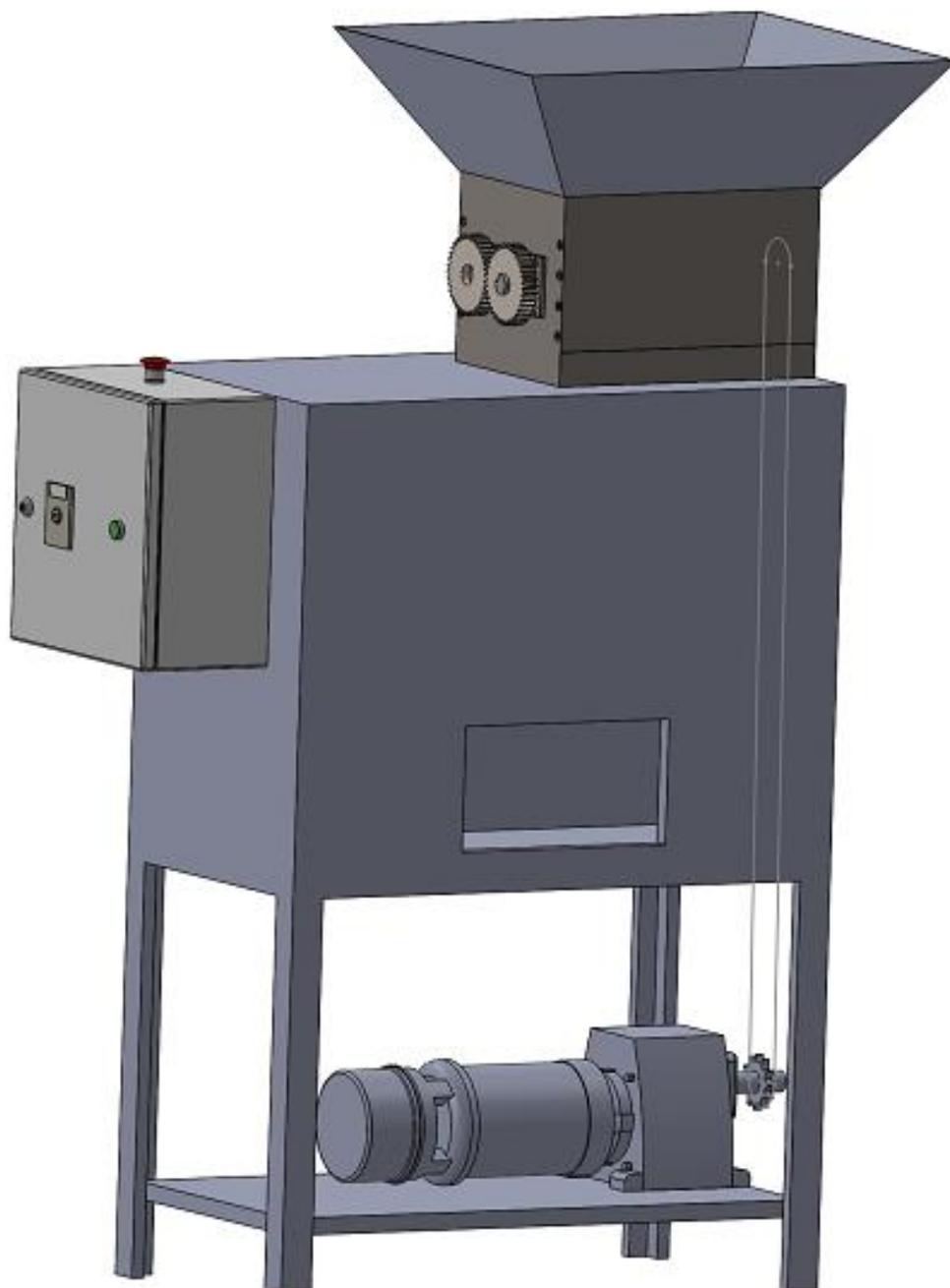


Figura 24. Vista completa 1 del prototipo.



Figura 28. Corte de lámina por plasma para armado de la caja de cuchillas.



Figura 29. Fresado de ejes de caja de cuchillas.



Figura 30. Corte de oblea por sierra cinta para manufactura de cuchillas preliminares.



Figura 31. Vista superior interna de caja de cuchillas.



Figura 32. Gabinete de control de variador del sistema de transmisión de potencia montado en estructura de soporte



Figura 33. Vista 2 de prototipo completo sin acabado final.

4.3 PRUEBAS DE TRITURADO

Se realizó la trituración de material donde se detectaron las siguientes áreas de mejora (trabajo a futuro fuera del alcance del proyecto):

- a) El sistema de cuchillas requiere un tratamiento térmico como templado en aceite para endurecer la pieza y alargar su vida útil.
- b) Crear separadores más reducidos para reducir el tamaño de partícula final.
- c) Ampliar la tolva de alimentación para evitar que piezas de triturado “salten” del equipo (medida de seguridad personal).

El promedio de tamaño de la pieza es de 5 cm².



Figura 34. Aspecto de material de desecho triturado.

Tabla 1. Valores promedio de velocidades de giro del sistema de transmisión de potencia.

No. Pieza	Largo (cm)	Promedio										
1	6.3	101	0.8	201	2.5	301	6.4	401	2	501	6.2	5.07
2	1.4	102	7.8	202	4.3	302	7.4	402	1	502	4.6	
3	2	103	2.2	203	2.7	303	4.5	403	4.5	503	6.8	
4	4.5	104	3.4	204	4.4	304	8.2	404	3.5	504	6.3	
5	4.8	105	2.7	205	2.2	305	4.4	405	5	505	4.6	
6	6.6	106	2	206	3	306	5.9	406	3	506	6	
7	1.1	107	10.7	207	1.5	307	6.5	407	5.5	507	2.3	
8	2.8	108	2.6	208	3.6	308	4.2	408	2	508	2.2	
9	4.4	109	3.4	209	3.5	309	3	409	2	509	3.2	
10	1.9	110	3.1	210	4	310	9.5	410	2	510	4.1	
11	5.6	111	3.7	211	4.5	311	6.5	411	2.5	511	3.6	
12	2	112	2.2	212	3.9	312	3.9	412	3	512	2.9	
13	8.8	113	5	213	5.4	313	3.6	413	4	513	1.6	
14	2.4	114	1.5	214	2.6	314	4.6	414	2.5	514	1.7	
15	3.6	115	2.3	215	2.9	315	4	415	2	515	6.2	
16	3.6	116	2.6	216	5.9	316	7	416	4	516	7.8	
17	4.6	117	6.7	217	2.3	317	1.3	417	1.3	517	5.4	
18	3.9	118	4.6	218	4	318	2.5	418	3	518	6.3	
19	1.6	119	1.8	219	2.9	319	4	419	2.5	519	3.6	
20	4.6	120	2	220	4.4	320	2.5	420	2	520	3.6	
21	3.9	121	6.9	221	6.4	321	8.1	421	1.8	521	3.4	

22	1.1	122	3.5	222	5.4	322	3.7	422	3	522	5.8		
23	3.8	123	3.4	223	2.4	323	3.9	423	2.5	523	4.4		
24	1.9	124	6.3	224	4	324	4.6	424	1.5	524	4.7		
25	1.8	125	3.4	225	2.3	325	3.6	425	2	525	2.9		
26	3.7	126	3.9	226	2.9	326	5.3	426	3.5	526	4.5		
27	2.6	127	2.3	227	3.3	327	1.1	427	3.2	527	5.3		
28	3.4	128	2.2	228	3.7	328	5.3	428	3	528	4.5		
29	4	129	5.2	229	6.7	329	6.8	429	1.4	529	5.9		
30	3.3	130	0.9	230	2.5	330	3.5	430	2.4	530	11.8		
31	1.7	131	9.8	231	3.2	331	6	431	7	531	7.6		
32	3	132	2.1	232	5.7	332	4.1	432	5.9	532	5.9		
33	2.6	133	3.6	233	3.2	333	2.2	433	6.9	533	2.8		
34	1.7	134	1.6	234	2.8	334	6.4	434	4.5	534	8		
35	1.5	135	4.6	235	3.9	335	5.6	435	8.3	535	2.4		
36	4.5	136	2.7	236	2	336	3.2	436	7.6				
37	1.6	137	19.5	237	4.5	337	2.6	437	5.3				
38	1.9	138	14.5	238	2.4	338	5	438	4.9				
39	4	139	12	239	3	339	6.5	439	6.9				
40	1.4	140	17	240	4.3	340	6.5	440	4.9				
41	5.3	141	6	241	8.7	341	5	441	6.3				
42	6.5	142	9	242	5.1	342	5	442	7.8				
43	9.9	143	9.5	243	12.3	343	6.6	443	5.2				
44	3.8	144	7.5	244	8.9	344	3.9	444	8.1				
45	2.1	145	11.5	245	9.1	345	3.9	445	2.2				
46	7	146	9.8	246	6.1	346	1.8	446	4.7				
47	2.6	147	11.1	247	9.8	347	5.5	447	5.4				
48	1.1	148	13.2	248	14.8	348	5	448	7.8				
49	4	149	5.7	249	5.5	349	2.7	449	5.2				
50	4.2	150	17.5	250	12.5	350	6.7	450	5.1				
51	6.3	151	10.3	251	5	351	6.5	451	5.1				
52	6.7	152	13.2	252	5.5	352	5	452	11.2				
53	1.5	153	7.4	253	6	353	7	453	4.4				
54	2	154	14.1	254	4	354	4.1	454	3.8				
55	3.3	155	5.6	255	4.5	355	3.5	455	9.6				
56	5	156	6.2	256	5.2	356	5.6	456	4				
57	3.5	157	8	257	3.9	357	6	457	4.6				
58	1.1	158	11	258	4	358	4.5	458	14.2				
59	1.9	159	3.2	259	7.5	359	8	459	8.7				
60	1.6	160	18.5	260	7.5	360	3.2	460	4.6				
61	3.8	161	7	261	5.7	361	3	461	4.8				

62	3.7	162	7.8	262	8.9	362	3.9	462	4.6				
63	3.6	163	11.4	263	3.9	363	6.5	463	5.7				
64	0.9	164	13	264	6.1	364	2.9	464	4.9				
65	3	165	18.6	265	6	365	6.9	465	5.9				
66	3.1	166	8.2	266	5	366	4.5	466	6.1				
67	1	167	14	267	6	367	3.7	467	5.3				
68	2	168	4.5	268	6.3	368	4	468	6				
69	2.3	169	6	269	6.4	369	4	469	5.7				
70	2.4	170	4.9	270	5.2	370	3.2	470	4.4				
71	2.4	171	4.5	271	6.5	371	5.5	471	3.8				
72	0.9	172	6	272	6.5	372	4.5	472	7.5				
73	1	173	9.8	273	5.9	373	1.4	473	8.3				
74	2.4	174	5.9	274	5.3	374	4	474	5.4				
75	0.6	175	6.1	275	4.9	375	4	475	4.1				
76	5.9	176	4.9	276	9.9	376	2	476	3				
77	4.6	177	7	277	7.7	377	5.9	477	4.5				
78	8.5	178	5.5	278	3.5	378	8	478	4.2				
79	2.6	179	9.1	279	5.5	379	7.7	479	9.1				
80	1.4	180	9	280	9.1	380	4	480	8.8				
81	2.6	181	11.9	281	8.9	381	6.9	481	5.9				
82	1.2	182	7.5	282	7	382	2.3	482	4.5				
83	2.7	183	4.6	283	11	383	3	483	5.4				
84	2.6	184	4.1	284	8	384	5.5	484	5.3				
85	2.7	185	6	285	4	385	6.5	485	4.8				
86	2.4	186	6.8	286	9.2	386	3	486	3.1				
87	4.5	187	8.1	287	8	387	3.4	487	2.7				
88	2.7	188	5.4	288	5.4	388	1.2	488	3				
89	2.4	189	8.2	289	14.7	389	4.5	489	3.2				
90	10.4	190	7.2	290	6	390	3.6	490	2.6				
91	1.9	191	9.5	291	9	391	3.5	491	2.9				
92	2.8	192	11	292	3.6	392	2.3	492	3.6				
93	3.1	193	12.5	293	4	393	2	493	3.1				
94	42	194	3	294	5.9	394	4.7	494	2.9				
95	2.6	195	3.9	295	5.9	395	3	495	3.8				
96	1.9	196	3.1	296	8.2	396	3.9	496	2.9				
97	5.9	197	3.5	297	7.3	397	4	497	2.8				
98	2.6	198	2.8	298	6.7	398	5	498	2.4				
99	4.4	199	5.4	299	6.8	399	6.7	499	6.1				
100	3.4	200	9.3	300	5.9	400	3.5	500	5.6				

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 diseñar y construir una máquina trituradora de cuchillas para su empleo en el reciclaje de materiales plásticos.

El tamaño de partícula promedio que se obtiene de la acción de triturado es de 5 cm². Mas, sin embargo, se detectaron áreas de mejora de la máquina como trabajo futuro y fuera del alcance del presente trabajo.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica 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 aprendí a adaptarme 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.

Mi tiempo de residencia profesional interactuando con temas de desarrollo tecnológico, investigación e innovación fue una de las mejores experiencias profesionales que he vivido y donde aprendí 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 Mecatrónica 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 Mecatrónica, 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] Frías, A. C., Lema, I. I., & García, A. G. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta ecológica*, (69), 67-82.
Recuperado de <https://www.nrdc.org/es/stories/plasticos-solo-uso-101>
- [2] Parás, J. B. (2019). Plástico: El desecho interminable, ¿jamás degradable? *Revista de la Academia de Ciencias de Corelos, AC, La unión de Morelos*, 26-27.
Recuperado de: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/consejos-de-salud-consejos-de-salud/plasticos-reciclables-biodegradables/>
- [3] Portillo, S. (2020) “Cuanto tarda en degradarse el plástico”. *Ecología Verde*.
Recuperado de : <https://www.ecologiaverde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-plastico-2693.html>
- [4] Bolaños Zea, J. J. G. (2019). Reciclado de plástico PET. Recuperado de: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/El-plastico-reciclado-eficiente-como-material-de-construccion>
- [5] Villén, M. (2019) “¿Son los plásticos reciclables, biodegradables o compostables?”
<https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/consejos-de-salud-consejos-de-salud/plasticos-reciclables-biodegradables/>
- [6] Arandes, J., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 5(1), 28-45. Recuperado de: http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u8/contenido4.16_u8.html
- [7] Pittaluga, L., & Pirrocco, D. (2021). Análisis de la cadena de valor del plástico y el caucho en el Uruguay. Recuperado de: <https://www.izaro.com/se-preve-que-la-produccion-europea-de-plasticos-descienda-en-2019/c-1578335605/>
- [8] Roa, M. (2021) “La producción de plástico en el mundo”. Statista. Recuperado de: <https://es.statista.com/grafico/21899/distribucion-de-la-produccion-mundial-de-plastico-por-region-en-2018/>
- [9] AUTYCOM. (2021) “Manufactura avanzada: el paso definitivo a la digitalización” Autycom innovación inteligente. Recuperado de: <https://www.freepik.es/vector->

premium/ilustracion-concepto-isometrico-plano-tecnologia-avanzada-industria-mecanizado-cnc_28083263.htm

- [10] Baltazar, L. (2022) “¿Qué es CAD?: Diseña profesionalmente y dale a tu empresa el plus que necesita”. Recuperado de: <https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/que-es-cad/>
- [11] Equipo Ferros Planes (2019) “El mecanizado CAM: qué es y qué ventajas aporta” Planes. Recuperado de: <https://ferrosplanes.com/mecanizado-cam/>
- [12] Viotto, N. (2022) “Fresadora CNC y torno CNC: ¿Cuáles son las diferencias?” Weerg. Recuperado de: <https://www.weerg.com/es/es/blog/fresadora-cnc-y-torno-cnc-cu%C3%A1les-son-las-diferencias>
- [13] Stanser (2019) “¿QUÉ ES EL CORTE PLASMA CNC?” Stanser maquinaria CNC. Recuperado de: <https://www.stanser.com/corte-por-plasma-cnc/>
- [14] Flores, C. E. (2002). Soldadura al arco eléctrico SMAW.
- [15] Parra, P. (2015) “Sobre corte y abrasión” Poveda Ferreteria industrial. Recuperado de: <https://ferreteriapoveda.com/sobre-corte-y-abrasion/>
- [16] Martí, B. E (2019) “Qué son las máquinas trituradoras de plásticos y para qué sirven” Interempresas. Recuperado de: <http://www.gruenn.com.co/web/trituradoras/>
- [17] Recytrans (2015) “Trituración de Plástico” Recytrans Soluciones globales para el reciclaje. Recuperado de: <https://www.solostocks.com.mx/venta-productos/plastico-reciclado/pet-triturado-y-lavados-copos-2985810>

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, 16/agosto/2022
No. de Oficio: SDA/MCIMC-054/2022
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. CHRISTOPHER ALEXANDER RODRÍGUEZ SERRANO**, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 171050134, 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 **“Manufactura de una máquina trituradora de cuchillas para su aplicación en la industria del reciclaje de plásticos”** durante el periodo de agosto-diciembre 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 Edgar Zacarías Moreno (asesor externo) y Víctor Manuel Velasco Gallardo (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_parteaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx



ANEXO 2

Carta de terminación 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, 12/diciembre/2022
No. de Oficio: SDA/MCIMC-067/2022
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(la) **C. CHRISTOPHER ALEXANDER RODRÍGUEZ SERRANO**, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 171050134, concluyo satisfactoriamente en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Manufactura de una máquina trituradora de cuchillas para su aplicación en la industria del reciclaje de plásticos"** durante el periodo de agosto-diciembre 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 Edgar Zacarías Moreno (asesor externo) y Víctor Manuel Velasco Gallardo (asesor interno). 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 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".

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_parteaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx

