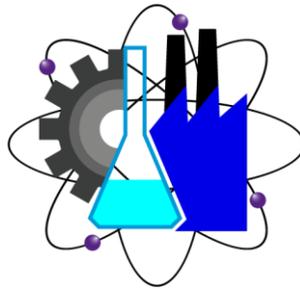




Universidad Autónoma del Estado de Morelos



Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Tesis

Diseño y Fabricación de Máquina de extrusión para aleaciones Aluminio-Magnesio

Que para obtener el título de Ingeniero Mecánico

Presenta: Arturo Andres Camargo Salgado

Director de tesis: Dr. Isaí Rosales Cadena

Dedicatoria

Agradezco a todas las personas que estuvieron caminando conmigo hasta conseguir este objetivo, agradezco a mi compañera de viaje Tatiana Brito Aranda que estuvo conmigo apoyándome en todo, a mis padres por ser mi apoyo emocional y a mis amigos que ya no están pero siempre me apoyaron y creyeron en mi para alcanzar esta meta.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente al Dr. Isaí Rosales Cadena por darme la oportunidad de desarrollar esta tesis, fue una guía y un soporte, al CIICAp por permitirme trabajar esta tesis en sus instalaciones.

Índice

Resumen.....	6
1 Capítulo 1	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivo general.....	6
1.3 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación	6
1.5 Planteamiento del problema	7
2 Capítulo 2 Marco teórico.....	7
2.1 Aluminio Al	7
2.1.1 Principales propiedades del aluminio	8
2.1.2 Las principales características del aluminio son:	8
2.1.3 Fases en el proceso de fabricación del aluminio proceso Bayer.....	8
2.1.4 Extracción del aluminio a partir de la alúmina mediante electrólisis:	9
2.1.5 Extrusión de aluminio.....	9
2.1.6 Proceso de extrusión de aluminio.....	9
2.2 Magnesio Mg.....	11
2.2.1 Principales características del Magnesio.....	11
2.2.2 Extracción y presentación del magnesio.....	12
2.2.3 Aleaciones de magnesio.....	13
2.2.4 Aplicaciones de magnesio	14
2.3 Máquinas de extrusión Historia	14
2.4 Software de diseño SolidWorks	15
2.5 Soldadura por arco eléctrico	16
2.5.1 Tipos de soldadura.	17
2.5.2 Soldadura por electrodo no consumible protegido (TIG)	17
2.5.3 Soldadura por electrodo consumible protegido (MIG/MAG)	17
2.5.4 Soldadura por arco sumergido (SAW).....	18
2.6 Electrodos.....	18
2.6.1 Electrodos Celulósicos.....	18
2.6.2 Electrodos Rutilicos	18
2.6.3 Electrodos Minerales.....	19
2.6.4 Electrodos Básicos o Bajo Hidrógeno.....	19

2.6.5	Electrodos de Hierro en Polvo.....	19
3	Capítulo 3 Diseño de la máquina de extrusión.	21
3.1	Metodología del diseño	22
3.1.1	Creación de la estructura de PTR tubular cuadrado.	22
3.1.2	Placa base de acero con dado hembra.	26
3.1.3	Placa base de acero dado macho	28
3.2	Ensamble	31
3.3	Resultados del capítulo	34
3.4	Conclusiones del capítulo.....	37
4	Capítulo 4 Fabricación de la máquina de extrusión, metodología de la fabricación.	37
4.1	Preparación del material.....	37
4.2	Corte PTR.....	38
4.3	Proceso de soldadura.....	40
4.4	Conclusiones y resultados	46
4.5	Proceso experimental	47
4.5.1	Primera prueba	47
4.5.2	Segunda prueba	48
4.5.3	Tercera prueba	49
4.6	Conclusiones finales	49
4.7	Referencias:.....	51
4.8	Anexos.....	51

Índice de Figuras

Figura 2.1	Perfil hueco[4]	10
Figura 2.2	Perfil macizo[4]	11
Figura 3.1	PTR tubular cuadrado	22
Figura 3.2	Medidas de postes PTR.....	23
Figura 3.3	Punto de generación de PTR.....	24
Figura 3.4	Generación de postes PTR.....	24
Figura 3.5	Medidas de solera	25
Figura 3.6	Estructura PTR.....	26
Figura 3.7	Placa base hembra.....	26
Figura 3.8	Corte en aristas placa base hembra	27
Figura 3.9	Placa base hembra con dado hembra	27
Figura 3.10	Plano Placa base con dado hembra	28
Figura 3.11	Placa base macho	29

Figura 3.12 Medidas de corte placa base macho.....	29
Figura 3.13 Placa base con dado macho.....	30
Figura 3.14 Placa base con dado macho soldada	30
Figura 3.15 Plano placa con dado macho.....	31
Figura 3.16 Estructura PTR agregada a ensamble	32
Figura 3.17 Placa hembra agregada para ensamble	32
Figura 3.18 Placa hembra generando coincidencia con estructura PTR	33
Figura 3.19 Placa macho agregada a ensamble.....	34
Figura 3.20 Placa macho generando coincidencia con dado hembra.....	34
Figura 3.21 Plano de ensamble final	35
Figura 3.22 Render de vista isométrica de ensamble final.....	36
Figura 3.23 Render de vista lateral de ensamble final	36
Figura 3.24 Render de vista frontal de ensamble final.....	37
Figura 4.1 Corte PTR.....	38
Figura 4.2 Placa hembra cortada en aristas	38
Figura 4.3 Taladro de banco.....	39
Figura 4.4 Corte de solera	39
Figura 4.5 Placa base de dado macho	40
Figura 4.6 Estación de soldadura	40
Figura 4.7 Pieza hembra soldada a placa	41
Figura 4.8 PTR soldado a base hembra.....	42
Figura 4.9 Solera soldada a PTR.....	42
Figura 4.10 Dado macho soldado a placa	43
Figura 4.11 Aplicación de bondo de dado macho	43
Figura 4.12 Aplicación de bondo placa hembra.....	44
Figura 4.13 Aplicación de bondo en solera.....	44
Figura 4.14 Bondo lijado en pieza final	45
Figura 4.15 Bondo aplicado y terminado en laterales de PTR.....	45
Figura 4.16 Bondo terminado en solera	46
Figura 4.17 Vista superior de bondo terminado en toda la maquina.....	46
Figura 4.18 Maquina de extrusión fabricada.....	47
Figura 4.19 Mufla de prueba	48
Figura 4.20 Calentamiento de dado macho	48
Figura 4.21 Maquina precalentada	49
Figura 4.22 Funcionamiento y extrusión.....	50
Figura 4.23 Extrusión de tocho de aluminio	50

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Significado de las siglas de un electrodo	19
Tabla 2.2 Significado de los 2 últimos dígitos del electrodo	20
Tabla 2.3 Significado del electrodo 6013	21

Resumen

Se realizó una máquina de extrusión de acero comercial con placas de 6mm de espesor, dado y perno de acero 4140 soldadas con electrodos de 6013 de diámetro $\frac{1}{8}$ de pulgada a 140 amperes con estructura PTR tubular cuadrada de $1\frac{1}{4}$ de pulgada calibre 14, la placa y el PTR fueron soldadas con electrodos 6013 de diámetro $\frac{3}{32}$ de pulgada a 90 amperes, la máquina se acopla a una prensa hidráulica, se realizó una maqueta escala 1:1 para saber cómo se ensamblaría y como funcionaria, esto se realizó en papel ilustración, posteriormente se realiza el dibujo en SolidWorks para poder conocer la pieza en 3 dimensiones y representar de mejor manera su estructura.

1 Capítulo 1

1.1 Introducción

Las máquinas de extrusión se han usado desde 1879 cuando apareció el primer prototipo de una máquina extrusora, muchas de esas piezas hoy se usan en las máquinas actuales, su importancia en la vida cotidiana ha sido determinante para mejorar la calidad de vida, dado su uso, se pueden emplear en plásticos para la creación de piezas plásticas como pueden ser, tapas, envases, sillas, mesas, contenedores entre otros y para el sector metalúrgico en piezas o perfiles para marcos de ventanas.

1.2 Objetivo general

Diseñar y fabricar una máquina de extrusión para aleaciones de aluminio-magnesio, utilizando PTR como base y acero 4140 para las piezas extrusoras así como una prensa hidráulica la cual aplicara presión constante.

1.3 Objetivos específicos

- Fabricar una máquina a costos reducidos y de fácil manejo así como fácil transportación.
- Diseñar una máquina de extrusión y generar planos para futuras mejoras.
- Comprobar como el aluminio-magnesio se puede conformar en base a una temperatura y presión constante adoptando la forma deseada y mejorando sus propiedades mecánicas.

1.4 Justificación

Se fabrica una máquina de extrusión con el fin de aportar dicha máquina que en el Centro de Investigación en Ingenierías y ciencias aplicadas de la UAEM no se cuenta, esta máquina es pequeña y liviana y de un costo reducido.

1.5 Planteamiento del problema

La máquina de extrusión sirve para deformar plásticamente el aluminio, al extruir cambian las propiedades mecánicas de dicho metal, sus aplicaciones para tochos de aluminio permiten conformar dicho material.

2 Capítulo 2 Marco teórico

En este capítulo se presenta los conceptos básicos para los elementos clave de esta investigación, por un lado, el aluminio y el magnesio, así como el concepto de máquinas de extrusión de aluminio, y su respectivo funcionamiento, se abordarán conceptos de los materiales relacionados con la tesis.

2.1 Aluminio Al

El aluminio forma parte de los metales modernos o actuales si es comparado con otros metales y los cuales forman parte de la metalurgia y la cual tiene sus orígenes aproximadamente hace unos 5000 años. A principios del siglo XIX se aisló el metal cuando un químico danés Hans Cristian Oersted aisló el metal por primera vez en 1825 por medio de un proceso químico que utilizaba una amalgama de potasio y cloruro de aluminio. El químico alemán Wöhler en el año 1827 lo obtuvo en forma de polvo al hacer reaccionar el potasio con el cloruro de aluminio y posteriormente en el año 1845, él mismo, determinó por primera vez las propiedades del metal recién descubierto, densidad y ligereza y lo separó en forma de bolitas [1].

El aluminio es sumamente abundante en la composición de la corteza terrestre (y en la luna), se halla en una proporción aproximada del 15% y sólo el sílice lo supera. El mineral industrial más significativo es la “bauxita” con un contenido entre el 55 y el 65 de alúmina (óxido de aluminio Al_2O_3), que se encuentra localizado principalmente en la zona tropical. Este mineral fue descubierto por M. Pierre Berthier que lo llamó así por el lugar donde la encontró, la aldea de Les Baux de Provenza, en Arlés, Francia meridional [1].

En 1854 Bunsen logró preparar electrolíticamente el aluminio partiendo en sus experiencias del compuesto cloruro aluminico sódico. Ese mismo año Henri Sainte-Claire Deville perfeccionó el procedimiento y fabricó por primera vez en la historia aluminio sustituyendo el potasio por sodio y lo presentó en la exposición de París de 1855, en forma de lingotes. Puede decirse, por tanto, que Deville fue el iniciador de la producción industrial del metal cuyo procedimiento, con ligeras modificaciones se utilizó hasta el año 1888 que fue sustituido por el método electrolítico [1].

2.1.1 Principales propiedades del aluminio

-Ligero, resistente y de larga duración: El aluminio es un metal muy ligero con un peso específico de $2.7 \frac{g}{cm^3}$, un tercio el peso del acero. Su resistencia puede adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación [2].

-Muy resistente a la corrosión: El aluminio genera de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión. Los diferentes tipos de tratamiento de superficie pueden mejorar aún más esta propiedad. Resulta especialmente útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación [2].

2.1.2 Las principales características del aluminio son:

a.- Conductor eléctrico: El aluminio es un excelente conductor del calor y la electricidad y, en relación con su peso, es casi dos veces mejor conductor que el cobre [2].

b.- Reflexión: El aluminio es un buen reflector tanto de la luz como del calor. Esta característica, junto con su bajo peso, hace de él el material ideal para reflectores, por ejemplo, en la instalación de tubos fluorescentes, bombillas o mantas de rescate [2].

c.- Dúctil: El aluminio es dúctil y tiene una densidad y un punto de fusión bajos. En situación de fundido, puede procesarse de diferentes maneras. Su ductilidad permite que los productos de aluminio se fabriquen en una fase muy próxima al diseño final del producto [2].

d.- Impermeable e inodoro: La hoja de aluminio, incluso cuando se lamina a un grosor de 0.007 mm, sigue siendo completamente impermeable y no permite que las sustancias pierdan ni el más mínimo aroma o sabor. Además, el metal no es tóxico, ni desprende olor o sabor [2].

e.- Reciclable: El aluminio 100% reciclable sin merma de sus cualidades. La recuperación del aluminio al final de su vida útil necesita poca energía. El proceso de reciclado requiere sólo un cinco por ciento de la energía que fue necesaria para producir el metal inicial. Con el aluminio reciclado podemos volver a fabricar los mismos productos de los que procede [2].

2.1.3 Fases en el proceso de fabricación del aluminio proceso Bayer

Extracción de alúmina a partir de la bauxita (conocido como proceso Bayer):

-El mineral viene acompañado de otros minerales, por lo tanto, se tritura hasta obtener un polvo fino, el cual se mezcla con sosa cáustica líquida y calentada a alta presión [3].

-La sosa disuelve los compuestos del aluminio hidratándose, causando que los materiales no aluminicos se separen mediante decantación [3].

-Al enfriarse la solución cáustica del aluminio luego se cristaliza el hidróxido para separarlo de la sosa para llevarlo al último paso de la primera fase [3].

-Por último, se calcina el hidróxido de aluminio a temperaturas cercanas a 1000 °C, formando la alúmina [3].

2.1.4 Extracción del aluminio a partir de la alúmina mediante electrólisis:

-La alúmina adquirida en la primera fase no se puede procesar mediante electrólisis, por lo cual se mezcla con fluoruro de sodio (criolita), actuando de fundente, llevando a una temperatura de fusión hasta 900 °C [3].

-De esta forma es cuando ya puede ser sometido al proceso de electrólisis [3].

-Después de la separación y transformación, se pasa al horno para seguir un procedimiento de purificado mediante la adición de un fundente o es aquí donde se alea con otros metales para hacer las diferentes series de aluminio [3].

-El producto final se vierte en moldes o el estado necesario para el proyecto [3].

2.1.5 Extrusión de aluminio

La extrusión consiste en dar forma a un lingote cilíndrico de aluminio, conocido como “tocho”, haciéndolo pasar por una abertura especialmente dispuesta, denominada “matriz”. Esta abertura se corresponde con la sección transversal del perfil que se desea obtener. El método más común es la extrusión directa, donde la prensa presiona el tocho a través de la matriz [10].

La extrusión en prensa es un procedimiento de conformación por deformación plástica, que consiste en moldear un metal, en caliente o frío, por compresión en un recipiente obturado en un extremo con una matriz o hilera que presenta un orificio con las dimensiones aproximadas del producto que se desea obtener y por el otro extremo un disco macizo, llamado disco de presión [4].

Si el esfuerzo de compresión se transmite al metal por medio del disco de presión o de la matriz, al proceso de extrusión se le denomina extrusión directa o extrusión inversa [4].

Todas las aleaciones de aluminio de deformación plástica son susceptibles de aceptar el proceso de extrusión y su empleo permite cubrir numerosos sectores y resolver problemas tan diferentes como los que se presentan en decoración, construcción mecánica, resistencia a la corrosión y a los agentes químicos, etc. [4].

2.1.6 Proceso de extrusión de aluminio

Una vez calentado el tocho, se corta una porción y se introduce el material a 500°C en la prensa, temperatura en que el aluminio alcanza un estado plástico. A su vez, se precalienta la matriz para que no exista diferencia de temperatura con el material [10].

Una vez el aluminio comienza a fluir por la matriz, se retira la punta y se acompaña el perfil mediante un carro sobre la bancada hasta que alcanza una longitud de aproximadamente 50 m. Mientras tanto, se enfría rápidamente, mediante aire o agua, a una velocidad de 50°C por minuto [10].

Normalmente los perfiles presentan ligeras curvaturas y tensiones que son corregidas mediante el estirado. Posteriormente, se cortan los perfiles a las longitudes deseadas [10].

El proceso de extrusión continuaría con los tratamientos térmicos de templado y/o madurado. Estos procesos consisten en el calentamiento y enfriamiento (en hornos especiales) a una temperatura y durante un período de tiempo determinados [10].

Las variables mas importantes son el tiempo, la temperatura y presión, dependiendo del diámetro del tocho a extruir pueden variar, si se realiza la extrusión en caliente la presión será menos a una extrusión en frio dado que en frio se resiste más a fluir.

El la figura 2.1 se muestra como son los perfiles extrusores huecos para formas tubulares.

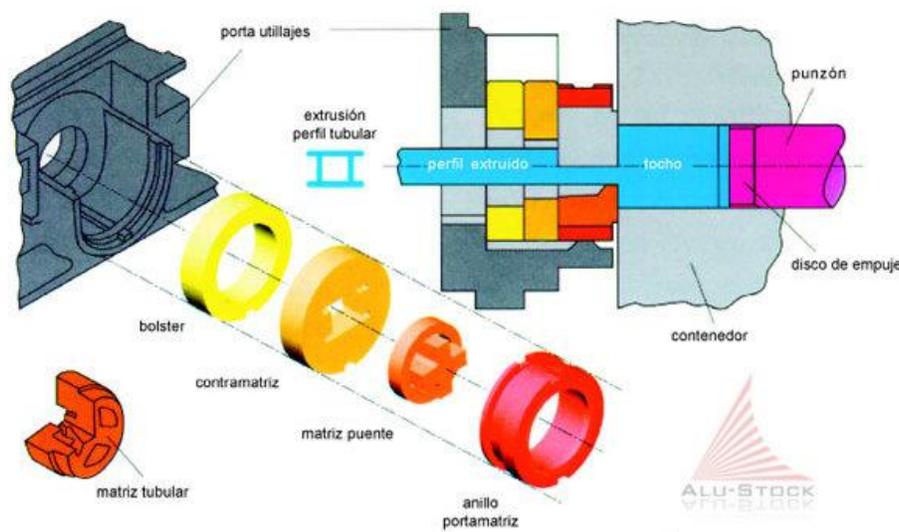


Figura 2.1 Perfil hueco[4]

En la figura 2.2 se muestra una matriz de perfil macizo, son más utilizadas para fabricar barras, vigas o ángulos.

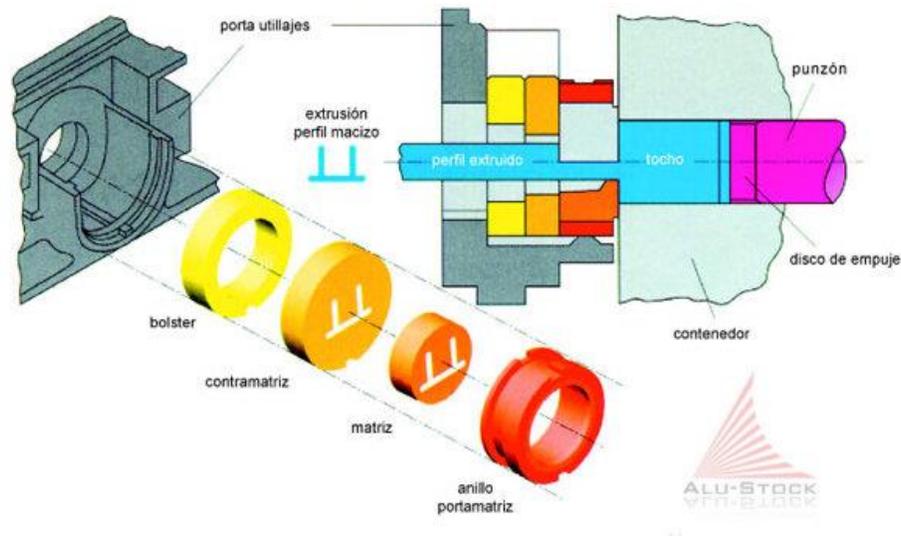


Figura 2.2 Perfil macizo[4]

Matriz: Están fabricadas en acero resistente a altas temperaturas. Las aberturas se realizan por electroerosión en máquinas controladas por ordenador. Para su limpieza se someten a un nitrurado, que además les aporta dureza superficial. [10].

Prensa: Son máquinas hidráulicas que proporcionan entre 1000 y 3000 toneladas de presión, compuestas por un contenedor, un porta matrices y un émbolo. [10].

Presión: La presión es un factor que depende de múltiples variables; la materia prima, el perfil, la propia prensa y la temperatura, siendo el más determinante la relación entre el diámetro del tocho y la superficie del perfil. [10].

2.2 Magnesio Mg

El magnesio es el elemento químico de símbolo Mg y número atómico 12. Su masa atómica es de 24.31. Es el séptimo elemento en abundancia constituyendo del orden del 2% de la corteza terrestre y el tercero más abundante disuelto en el agua de mar. El ion magnesio es esencial para todas las células vivas. El metal puro no se encuentra en la naturaleza. Una vez producido a partir de las sales de magnesio, este metal alcalino-térreo es utilizado como un elemento de aleación [5].

2.2.1 Principales características del Magnesio

El magnesio no se encuentra en la naturaleza en estado libre (como metal), sino que forma parte de numerosos compuestos, en su mayoría óxidos y sales. El magnesio elemental es un metal liviano, medianamente fuerte, color blanco plateado. En contacto con el aire se vuelve menos lustroso, aunque a diferencia de otros metales alcalinos no necesita ser almacenado en ambientes libres de oxígeno, ya que está protegido por una fina capa de óxido, la cual es bastante impermeable y difícil de sacar [5].

Como su vecino inferior de la tabla periódica, el calcio, el magnesio reacciona con agua a temperatura ambiente, aunque mucho más lento. Cuando se sumerge en agua, en la superficie del metal se forman pequeñas burbujas de hidrógeno, pero si es pulverizado reacciona más rápidamente [5].

El magnesio también reacciona con ácido clorhídrico (HCl) produciendo calor e hidrógeno, que se libera al ambiente en forma de burbujas. A altas temperaturas la reacción ocurre aún más rápido [5].

El magnesio es un metal altamente inflamable, que entra en combustión fácilmente cuando se encuentra en forma de virutas o polvo, mientras que en forma de masa sólida es menos inflamable. Una vez encendido es difícil de apagar, ya que reacciona tanto con nitrógeno presente en el aire (formando nitrato de magnesio) como con dióxido de carbono (formando óxido de magnesio y carbono) [5].

Al arder en aire, el magnesio produce una llama blanca muy intensa incandescente, la cual fue muy utilizada en los comienzos de la fotografía. En ese tiempo se usaba el polvo de magnesio como la fuente de iluminación (polvo de flash). Más tarde, se usarían tiras de magnesio en bulbos de flash eléctricos. El polvo de magnesio todavía se utiliza en la fabricación de fuegos artificiales y en bengalas marítimas [5].

La aleación de magnesio sólida, plateada y brillante es aproximadamente un tercio más ligera que el aluminio. El magnesio puro tiene una baja resistencia y dureza. Su módulo es sobre 45 GPa. En el aire, el magnesio está recubierto con una capa de óxido que, en contraste con el aluminio, no es completamente opaco. La razón de esto es que el óxido de magnesio tiene un volumen molar más bajo que el propio magnesio (MgO : 10,96 cm^3 / mol, Mg : 13,96 cm^3 / mol); s. relación Pilling-Bedworth [6].

Tiras finas o láminas se encienden fácilmente. Se quema en el aire con una llama blanca brillante a óxido de magnesio MgO y poco nitruro de magnesio Mg_3N_2 . El polvo de magnesio recién hecho puede calentarse en el aire hasta que se enciende espontáneamente. Se esperan reacciones peligrosas a temperaturas más altas, especialmente con líquido fundido. También en muchos óxidos como el monóxido de carbono, el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre quema magnesio [6].

2.2.2 Extracción y presentación del magnesio.

La extracción de magnesio se produce principalmente de dos maneras:

Por electrólisis de flujo de fusión de cloruro de magnesio fundido en células Downs: las células Downs consisten en grandes canales de hierro que se calientan desde abajo. Como ánodos sirven desde arriba las varillas de grafito incrustadas, que están rodeadas en las puntas de un cátodo anular. El magnesio metálico se acumula en la sal fundida y se elimina. El gas cloro resultante se acumula en la parte superior de la célula y se reutiliza para producir cloruro

de magnesio a partir de óxido de magnesio. Para reducir el punto de fusión del cloruro de magnesio, se añaden cloruro de calcio y cloruro de sodio a la sal fundida [6].

Por reducción térmica de óxido de magnesio (proceso Pidgeon): En un recipiente hecho de acero al cromo-níquel, se llena dolomita quemada, barita y un agente reductor como el ferrosilicio. Luego se evacua (se bombea fuera del gas) y se calienta a 1160 ° C. El vapor de magnesio se condensa en el tubo de la cabeza refrigerado por agua fuera del horno. El magnesio recuperado se purifica adicionalmente por destilación al vacío [6].

2.2.3 Aleaciones de magnesio

Magnox, cuyo nombre es una abreviatura de "magnesio no oxidante", es una aleación con alto contenido de magnesio principalmente de magnesio con pequeñas cantidades de aluminio y otros metales. Esta aleación, designada como aleación AL80, se utiliza como revestimiento para el combustible nuclear empleado en los reactores de centrales eléctricas moderados por grafito y refrigerados por gas del Reino Unido del mismo nombre. Los revestimientos de aleaciones de magnesio de tipo Magnox son bien compatibles con el uranio metálico a temperaturas de hasta 500°C y son muy resistentes a la oxidación [7].

Este material tiene la ventaja de una sección transversal de captura de neutrones baja, pero tiene dos desventajas principales:

Limita la temperatura máxima (a unos 415°C) y, por tanto, la eficiencia térmica de la planta.

La desventaja de estas aleaciones es una alta tendencia al crecimiento de granos, pérdida de propiedades de resistencia, oxidación en presencia de vapor de agua. La aleación magnox AL80 tiene una composición de 0,8% de aluminio y 0,004% de berilio.

La aleación magnox AL80 se utilizó principalmente como revestimiento de combustible en reactores de tipo Magnox. El 30 de diciembre de 2015, la Unidad 1 de Wylfa, se cerró el último reactor Magnox en funcionamiento del mundo. A medida que se implementaba el diseño de Magnox, ya se estaba trabajando en el reactor avanzado refrigerado por gas (AGR) con la intención explícita de hacer que el sistema sea más económico. El diseño AGR retuvo el moderador de grafito y el refrigerante de dióxido de carbono del Magnox, pero aumentó la temperatura de funcionamiento del gas de enfriamiento para mejorar las condiciones del vapor. Este aumento de temperatura (alrededor de 650°C (1202°F)) mejoraría en gran medida la eficiencia térmica de la planta de energía. Pero esto estaba demasiado caliente para la aleación magnox, y el AGR originalmente tenía la intención de usar un nuevo revestimiento a base de berilio, pero resultó demasiado frágil. Este fue reemplazado por un revestimiento de acero inoxidable. Sin embargo, el acero tiene una sección transversal de neutrones más alta y este cambio requirió el uso de combustible de uranio ligeramente enriquecido para compensar las secciones transversales de absorción más altas [7].

2.2.4 Aplicaciones de magnesio

-Se utiliza como flash para las fotografías.

-En cohetes de señales y en pirotecnia (incluyendo bombas incendiarias).

-Es menos denso que el aluminio, por lo cual es utilizado en aleaciones ligeras, materiales útiles para: construcciones aeronáuticas, automóviles y construcción de misiles, Se usa como reductor para la producción de uranio y otros metales a partir de sus sales [8].

El óxido de magnesio se usa en la producción de papel y goma y, en la industria farmacéutica, como antiácido estomacal. Una mezcla de óxido de magnesio pulverulento y disolución concentrada de cloruro de magnesio es el cemento de magnesio, que solidifica fuertemente y se utiliza para fabricar piedras artificiales (mármol) [8].

El carbonato de magnesio se emplea para obtención de aislantes, vidrios y cerámicas. Así como para preparar papel, polvos cosméticos y pasta de dientes. El sulfato de magnesio se utiliza en la industria textil, papelera y como laxante (parece impedir la absorción de agua por el intestino, por lo que éste reacciona provocando la defecación) [8].

El hidróxido de magnesio se emplea como antiácido estomacal y laxante. El magnesio se utiliza para formar compuestos organometálicos, originando los llamados "compuestos de Grignard", que son combinaciones de magnesio, un hidrocarburo y un halógeno [8].

2.3 Máquinas de extrusión Historia

Para el año 1845, se tienen datos de los primeros intentos de desarrollo de maquinaria de extrusión para transformación de gutapercha, cuando Bewley diseña un extrusor para la fabricación de tubos [9].

Independientemente del grado tecnológico que pudiera tener esta máquina, porque entonces no se contaba con motores eléctricos, elementos de calefacción o sistemas electrónicos como los que se tienen en la actualidad, es notable este desarrollo por sentar las bases y la inquietud para futuros investigadores sobre la mejora y optimización de este proceso continuo [9].

Catorce años después del diseño de Bewley, Drake realiza en Norteamérica la primera extracción comercial de petróleo e inicia la industrialización de las materias primas del material que revolucionaría los conceptos de producción en el mundo: el plástico. Las máquinas se encontraban para entonces conceptualizadas [9].

En 1879 M. Gray patenta el primer extrusor, ya con diseños más adecuados y con muchos de los elementos que tienen las extrusoras actuales. Se utilizó un huesillo denominado Arquimedeano que prácticamente continúa usándose con múltiples modificaciones hasta la fecha [9].

En 1879 Francis Shaw construye el primer extrusor comercial en Inglaterra. Un año después, en 1880 John Royle & Sons fabrican el primer extrusor con huesillo en Norteamérica para la producción de tubería de hule [9].

Solamente el recubrimiento de alambre y cable vislumbraba posibilidades de desarrollo, ya que se estaba originando un momento propicio que demandaba la presencia de un nuevo material, pues se observaba el auge de inventos como el telégrafo de Morse y otros. Fue de esta forma, que nuevamente John Royle & Sons construyen el primer extrusor de huesillo para forro de alambre y cable, aún sin usar termoplásticos [9].

En la primera mitad del siglo pasado se muestra un crecimiento importante del proceso de extrusión, principalmente modificando la máquina con motores eléctricos, construcciones más robustas del canon y equipo en general, modificaciones de los huesillos para los primeros materiales termoplásticos como polietilenos, poliestirenos y otros; existen mayores incursiones de productos extruidos en el mercado, principalmente tubería, perfiles, recubrimientos de alambre y cable, filamentos y láminas [9].

En 1941 se produce en E.E.U.U. por parte de la empresa Plax. Corp. la primera lámina biaxialmente orientada, que representaría un gran avance en la utilización de PS para aplicaciones de envase [9].

En el auge del desarrollo de nuevos materiales, Du Pont inicia en 1948, las pruebas de producción de polietileno sobre papel, sin encontrar inicialmente una aplicación real a su desarrollo, que en nuestros días representa una aplicación prácticamente insustituible en el sector del envase [9].

2.4 Software de diseño SolidWorks

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.[14]

Se utilizo para esta tesis la versión 2020 SP1 y se ensambló con el mismo software y ese apartado, se decidió usar este software por su amplio catalogo de herramientas dentro de la misma suite.

SOLIDWORKS ofrece soluciones intuitivas para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño. La sencillez que es parte de su propuesta de valor, es decisiva para lograr el éxito de muchos clientes.[14]

La solución de SOLIDWORKS incluye cinco líneas de productos diferentes:

1. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes.[14], SolidWorks nos presenta la facilidad de poder realizar ensambles de componentes e insertar sub-ensamblaje esto nos permite una gran facilidad de trabajo, sin embargo, cuando insertamos un sub-ensamblaje dentro de un ensamble se comporta como una pieza y no como un ensamble, por defecto no cuenta ya con grados de libertad.[15]

Es esta parte de solidworks la que se uso para ensamblar las piezas que se generaron dentro del mismo, como su nombre lo indica, sirve para unir dos piezas generadas aparte, la primera pieza agregada siempre será la pieza inmóvil o fija que tendrá el ensamble, las demás piezas agregadas se podrán mover de cualquier manera, es por eso que es importante definir la primera pieza del ensamble.

2. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.[14]

3. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible.[14]

4. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.[14]

5. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica.[14]

6. Finalmente, todas estas herramientas están respaldadas por SolidWorks PDM para gestionar y controlar de forma segura los datos mediante una única fuente de datos reales de sus diseños y SOLIDWORKS Manage, una herramienta que gestiona los procesos y proyectos implicados en todo el desarrollo del producto y está conectado al proceso de diseño.[14].

2.5 Soldadura por arco eléctrico

La soldadura por arco se produce al acercar el electrodo al metal que se va a soldar para formar un arco voltaico. Se utilizan dos métodos: rayado y golpeado. El método de rayado es similar a encender un fósforo gigantesco. El método de golpeado es, como su nombre lo indica, un método de golpes suaves en sentido vertical. En ambos casos la corriente para soldar forma un arco tan pronto el electrodo toca el metal que se va a soldar. Si se dejase el electrodo en esa posición se quedaría pegado con el metal. Para evitarlo, hay que elevar el electrodo tan pronto como haga contacto con el metal y este se transfiera en forma de glóbulos. Pero el arco se extinguirá si se levanta demasiado el electrodo y hay que repetir todo el procedimiento.[16].

2.5.1 Tipos de soldadura.

Soldadura por arco con electrodo de metal revestido (SMAW)

Se distingue la soldadura por ser SMAW (de Shielded Metal Arc Welding), o MMA (de Manual Metal Arc welding). La característica más importante de la soldadura con electrodos revestidos, es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y un electrodo metálico recubierto. El recubrimiento protege el interior del electrodo hasta el momento de la fusión. Con el calor del arco, el extremo del electrodo se funde y se quema el recubrimiento, de modo que se obtiene la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el material base.[16].

El electrodo aporta material para unir ambas piezas, es la mas usada ya que no se requiere tanta preparación como en otras, este tipo de electrodo es consumible y existen de penetración ligera, mediana y profunda.

2.5.2 Soldadura por electrodo no consumible protegido (TIG)

La soldadura por electrodo no consumible, también llamada soldadura TIG (siglas de Tungsten Inert Gas), se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente que normalmente, como indica el nombre, es de wolframio (tungsteno). En este tipo de soldadura se utiliza como medio de protección un chorro de gas que impide la contaminación de la junta. Tanto este como el siguiente proceso de soldeo tienen en común la protección del electrodo por medio de dicho gas. La producción de este tipo de electrodos es muy costosa. En la actualidad existen materiales que lo reemplazan. Además de reducir los costos, poseen características térmicas que mejoran el proceso.[16].

En esta clase de soldadura el metal de aporte debe ser igual al metal base, en algunas ocasiones si el espesor de ambos metales es baja ya no se necesitará de un metal de aporte, es un método de soldadura con un grado más elevado de complejidad.

2.5.3 Soldadura por electrodo consumible protegido (MIG/MAG)

En la soldadura MIG, como su nombre indica, el gas es inerte; no participa en modo alguno en la reacción de soldadura. Su función es proteger la zona crítica de la soldadura de oxidaciones e impurezas exteriores. Se emplean usualmente los mismos gases que en el caso de electrodo no consumible: argón, menos frecuentemente helio, y mezcla de ambos.[16]

En la soldadura MAG, en cambio, el gas utilizado participa de forma activa en la soldadura. Su zona de influencia puede ser oxidante o reductora, ya sea que se utilicen gases como el dióxido de carbono o el argón mezclado con oxígeno. El problema de usar CO₂ en la soldadura es que la unión resultante, debido al oxígeno liberado, resulta muy porosa. Además, sólo se puede usar para soldar acero, por lo que su uso queda restringido a las ocasiones en

las que es necesario soldar grandes cantidades de material y en las que la porosidad resultante no es un problema a tener en cuenta.[16].

2.5.4 Soldadura por arco sumergido (SAW)

La soldadura por arco sumergido (SAW Submerged Arc Welding) es un proceso de soldadura por arco. Originalmente desarrollado por la Linde - Union Carbide Company. Requiere una alimentación de electrodo consumible continua, ya sea sólido o tubular (fundente). La zona fundida y la zona del arco están protegidos de la contaminación atmosférica por estar "sumergida" bajo un manto de flujo granular compuesto de óxido de calcio, dióxido de silicio, óxido de manganeso, fluoruro de calcio y otros compuestos. En estado líquido, el flux se vuelve conductor, y proporciona una trayectoria de corriente entre el electrodo y la pieza. Esta capa gruesa de flux cubre completamente el metal fundido evitando así salpicaduras y chispas, así como la disminución de la intensa radiación ultravioleta y de la emisión humos, que son muy comunes en la soldadura manual de metal por arco revestido (SMAW).[16].

2.6 Electroodos

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME) [12].

Las características mecánicas de los aceros dependen en gran medida del tipo de aleación incorporada durante su fabricación. Por tanto, los electrodos de material de aporte empleados para soldadura se deberán seleccionar en función de la composición química del acero que se vaya a soldar [12].

Las diferentes características de operación de entre los electrodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electrodo. Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0.08-0.12 % para la serie de electrodos más comunes [12].

2.6.1 Electroodos Celulósicos

Como su nombre lo indica, tienen un alto contenido de celulosa, lo cual le dará a sus procesos de soldadura un alto nivel de penetración, solidificación rápida, elasticidad, ductilidad, y una buena resistencia.[17].

2.6.2 Electroodos Rutilicos

Compuestos por Oxido de Titanio (Rutilo), estos presentan un nivel de resistencia bueno, pero su penetración es de mediana a baja, por lo que no es apto si usted requiere un tipo de soldadura con metales fuertes. A pesar de esto, se destacan por brindarle un fácil manejo, y un acabado muy bueno, ya que sus residuos se remueven fácilmente, o incluso, por si solos.[17]

2.6.3 Electrodo Minerale

Revestidos de Manganeso y Óxidos de Hierro, usted encontrará en ellos una buena penetración, muy buenas propiedades mecánicas, y lo mejor, una alta velocidad de deposición y limpieza, lo cual los hacen perfectos para procesos de manufactura en serie; además de ser los más adecuados para soldaduras verticales descendentes.[17]

2.6.4 Electrodo Básico o Bajo Hidrógeno

Estos electrodos son nombrados de esta forma, debido a la ausencia absoluta de humedad, lo cual le brindará una de las máximas calidades en soldeo, proporcionándole un nivel muy alto de ductilidad, máxima resistencia en depósitos, y una resistencia aún mayor en impactos a bajas temperaturas. Además, también contienen Carbonato de Calcio, que provoca una reacción absorbente de escoria y neutralización para las impurezas del Azufre; así como Fluorita que neutraliza las impurezas del Fósforo y los ácidos, haciéndolos perfectos para construcciones fuertes.[17]

2.6.5 Electrodo de Hierro en Polvo

Como su nombre lo indica, el Hierro en polvo que contiene su revestimiento, le proporcionará a usted, un aumento en su rendimiento y ductilidad, lo cual los hace perfectos si su industria tiene procesos semiautomáticos.[17]

Clasificación de electrodos para aceros al carbono

Se analizarán las propiedades de los electrodos manuales.

Todos los electrodos manuales inician con la letra E, en la tabla 2.1 se muestra el significado de sus dígitos, en un formato de EXXYZ.

Tabla 2.1 Significado de las siglas de un electrodo

Primera letra	Segundo y Tercer dígito	Cuarto dígito	Quinto dígito
E = indica que es un electrodo manual	Designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura, del metal depositado.	Indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con el electrodo.	Indica tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo.
E 60	XX= $60000 \frac{Lb}{in^2} = 60 \text{ ksi} \left(\frac{KgLb}{in^2} \right)$	Y	Z

E 70	$XX=70000 \frac{Lb}{in^2} = 70 \text{ ksi } (\frac{KgLb}{in^2})$	Y	Z
E 110	$XX=110000 \frac{Lb}{in^2} = 110 \text{ ksi } (\frac{KgLb}{in^2})$	Y	Z

Tabla 2.2 Significado de los 2 últimos dígitos del electrodo

Ultima cifra	Tipo de corriente	Tipo de revestimiento	Tipo de acero	Penetración
EXX10	CCPI polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
EXX11	CA o CCPI polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
EXX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
EXX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
EXX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
EXX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
EXX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
EXX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
EXX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

Donde: CA= Corriente directa, CC= Corriente directa, CCPI= Corriente continua polaridad inversa, CCPD= Corriente continua Polaridad directa.

En la fabricación de la máquina de extrusión se usó un electrodo 6013 de $\frac{3}{32}$ in y $\frac{1}{8}$ in, el de menor diámetro $\frac{3}{32}$ in se utilizó a 80 amperes y el de mayor diámetro $\frac{1}{8}$ in se utilizó a 130 amperes.

Tabla 2.3 Significado del electrodo 6013

Electrodo	Tipo de corriente	Tipo de revestimiento	Tipo de acero	Penetración	Resistencia a la Tracción.
E6013	CA ó CC Ambas polaridades.	Rutilo	Suave	Ligera	60000 $\frac{Lb}{in^2}$

3 Capítulo 3 Diseño de la máquina de extrusión.

El software que se utilizó es SolidWorks 2020 versión SP1 tanto la paquetería de diseño y ensamblaje. Se diseñó con medidas reales para observar las dimensiones que la pieza final tendrá.

Lo primero que se dibujó fue la estructura que será el soporte de la máquina de extrusión, para la generación de las dimensiones del PTR se generó una librería personalizada con las medidas reales del PTR.

Se creó una librería de PTR en SolidWorks en este caso las medidas son de 1 $\frac{1}{4}$ por lado y 1.9mm o calibre 14 de espesor, se realizó esa figura cuadrada en SolidWorks y se equidistanció hacia adentro la misma figura, se guardó la figura con extensión .sldftp en la ruta C:\Program Files\SOLIDWORKS Corp\SOLIDWORKS\lang\spanish\weldment profiles y se creó una carpeta en este caso MATERIALES COMERCIALES, ahora ya tenemos la librería PTR lista para usar.

Tomando en cuenta que el centro del PTR será el vértice de la figura se deben realizar medidas reales tomando en cuenta esa condición, en este caso son de 184mm x 139mm, ahora nos dirigimos al menú insertar—pieza soldada—miembro estructural y seleccionamos cada lado como grupo independiente para poder modificar individualmente si es necesario.

3.1 Metodología del diseño

3.1.1 Creación de la estructura de PTR tubular cuadrado.

Se genera la base de la máquina de extrusión, como el vértice está en medio se debe considerar subir el punto de los extremos para poder generar los nuevos PTR, se sube a 16mm y se generan nuevas líneas perpendiculares a la base del PTR de 220mm.

En la figura 3.1 se visualiza la construcción de la base formada por PTR tubular cuadrado

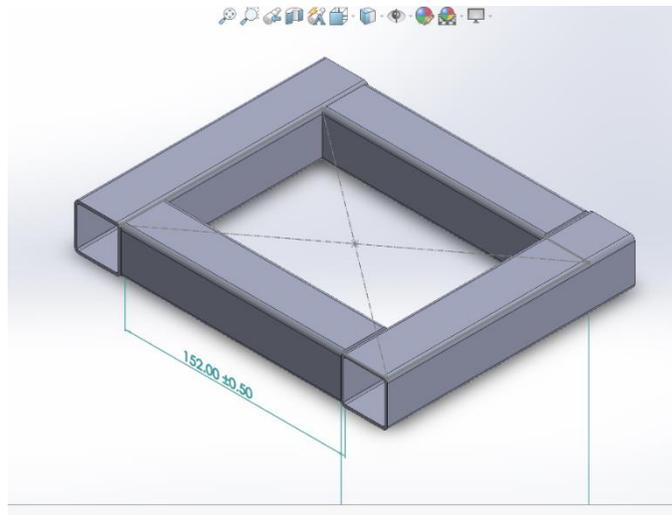


Figura 3.1 PTR tubular cuadrado

A partir de los puntos centrales generados para la base subiremos una línea 16mm en cada punto perpendicular a la base, estas serán los 4 postes de la máquina, con una altura de 210mm, en la figura 3.2 se visualizan las líneas perpendiculares que servirán como guía para el PTR, la línea se crea tomando en cuenta el espesor del PTR en la base.

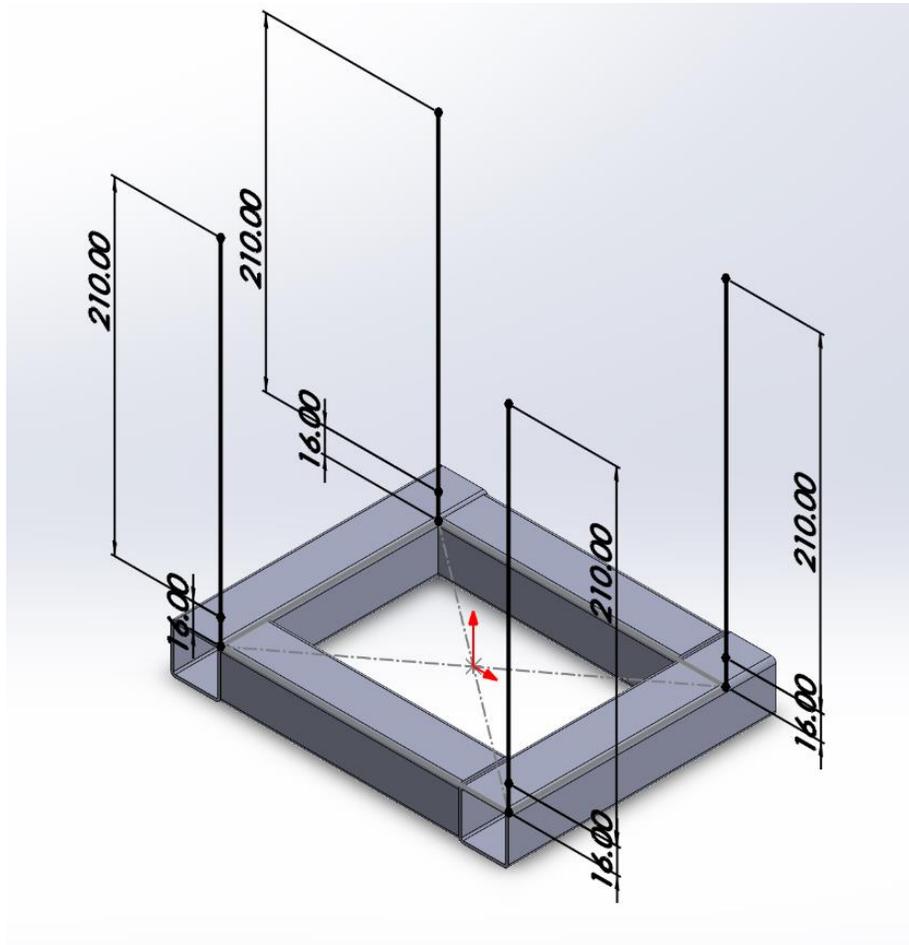


Figura 3.2 Medidas de postes PTR

En la figura 3.3 se aprecia de vista lateral la posición donde se inicia la línea que sube y será la guía del PTR, ya tomando en cuenta ese punto de generación de línea el nuevo PTR como función de soportes quedara sobre la base de PTR.

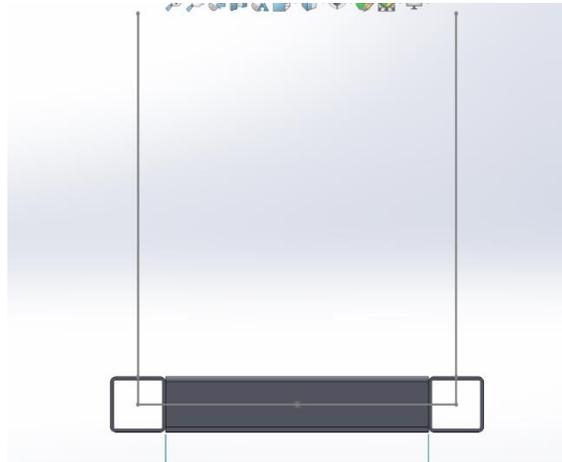


Figura 3.3 Punto de generación de PTR

En cada una de las 4 líneas se inserta un miembro estructural de la medida que ya se había creado antes para dar forma a los soportes laterales de la maquina, se visualiza su correcta inserción sobre la base, en la figura 3.5 se visualiza la unión entre soportes y la generación del nuevo PTR.

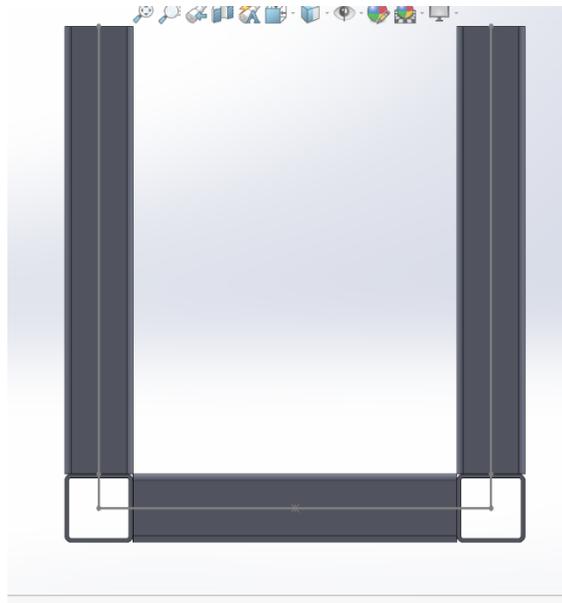


Figura 3.4 Generación de postes PTR

En la parte superior se soldarán piezas de solera para dar un mejor soporte a los postes anteriormente generado, en la colocación de la solera se toma como plano cada cara exterior

de cada poste de PTR, se bajó a 2mm el punto donde pasara la solera y se generó con un espesor de 3mm, se dejó 16 mm en la parte lateral tomando en cuenta el espacio que va a requerir la soldadura real, en la figura 3.6 se muestra la generación así como las medidas que tendrá la solera.

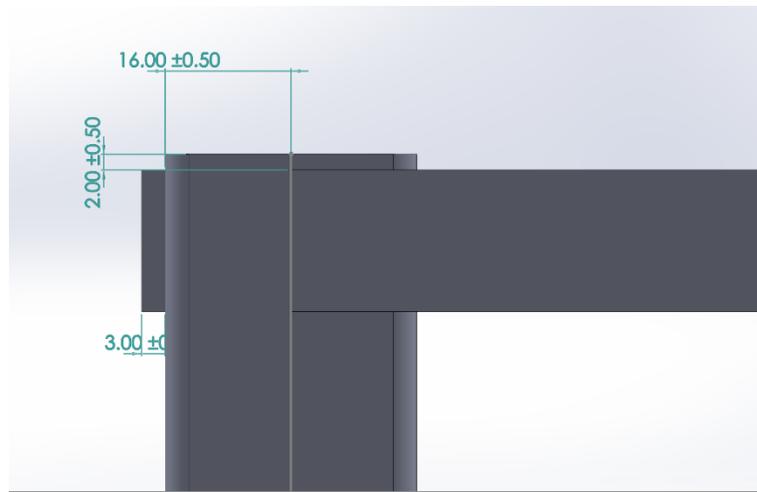


Figura 3.5 Medidas de solera

Lista la estructura y solera se generan los cordones de soldadura en las uniones que existen entre PTR y solera, los cordones son de 5 mm y serán generados en cada unión para darle mayor solides a la estructura, en la figura 3.7 se visualiza la creación de la estructura de PTR tubular calibre 14.

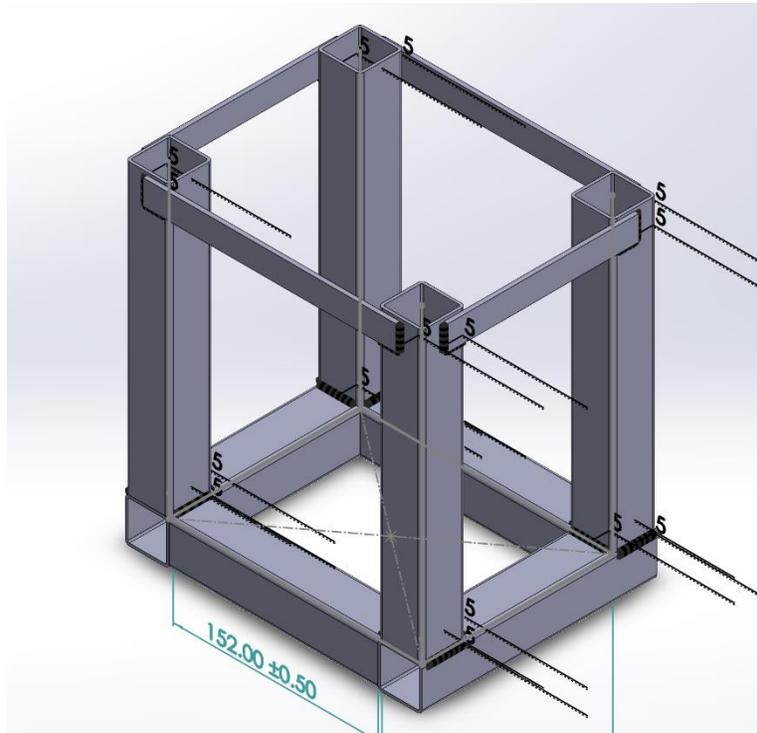


Figura 3.6 Estructura PTR

En esta metodología se generaron 3 piezas independientes para posteriormente ensamblarlas con el mismo programa, esto con el fin de facilitar su creación, así como para detectar errores.

3.1.2 Placa base de acero con dado hembra.

Se genero un nuevo dibujo para la placa con el dado hembra, primero se generó la placa con dimensiones reales de 216 mm de alto por 171 mm de ancho con un espesor de 6 mm, los cortes en las aristas serán de la misma medida del PTR de 32 mm, en la figura 3.8 se muestran las dimensiones y la generación de la placa de acero.

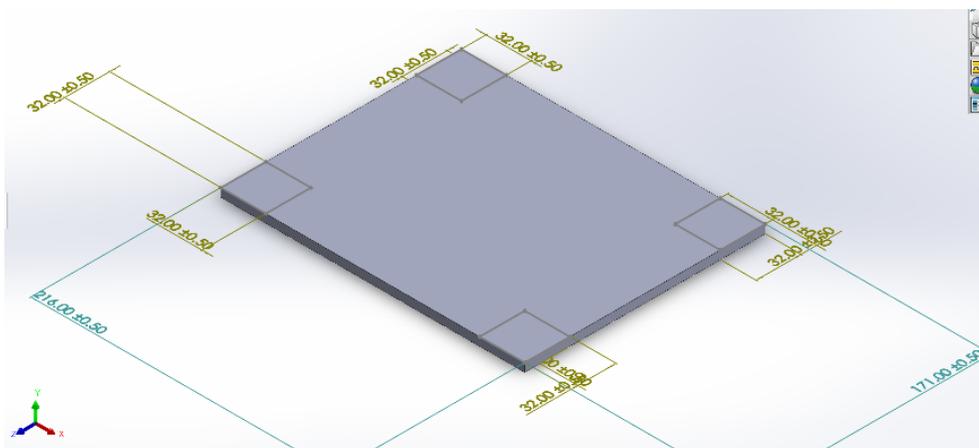


Figura 3.7 Placa base hembra

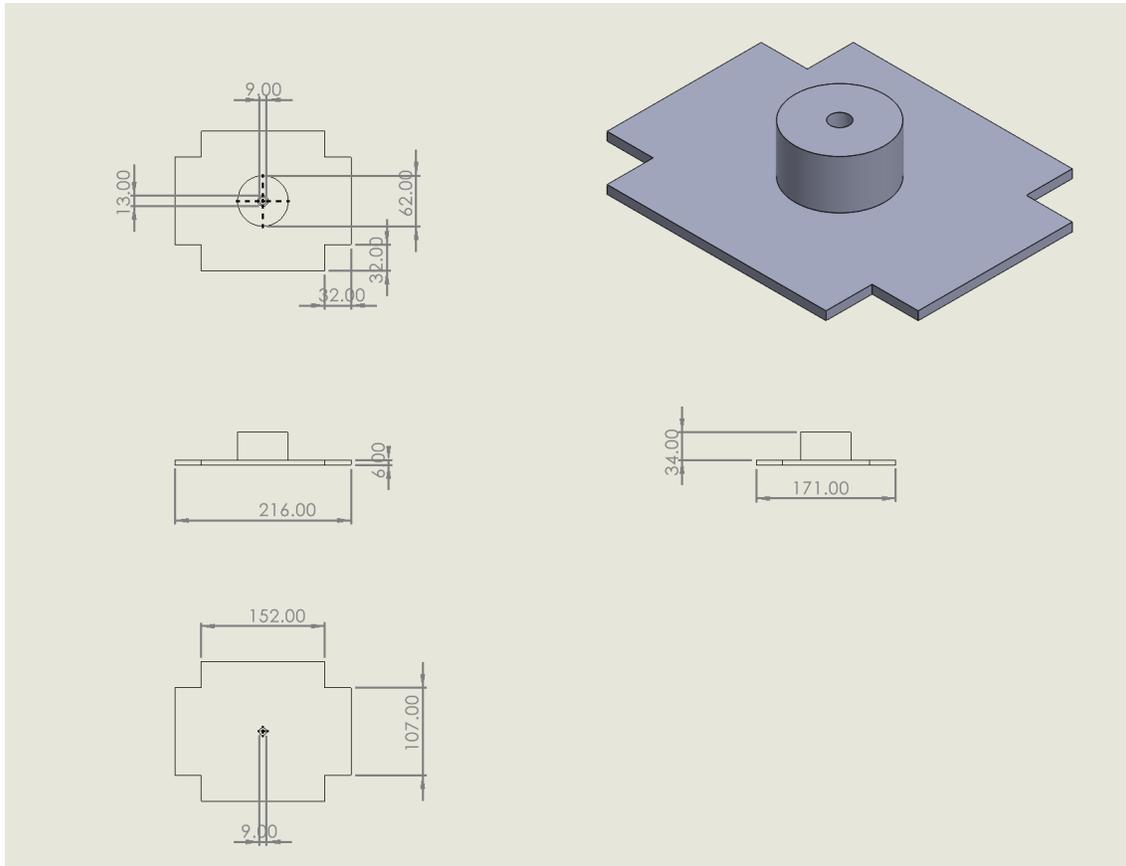


Figura 3.10 Plano Placa base con dado hembra

3.1.3 Placa base de acero dado macho

Se genero la placa superior soldado ha dado macho, esta placa estará unida a la pieza que presionará el tocho de aluminio.

Se genero un nuevo dibujo para la placa con el perno macho, se dibujó un rectángulo de 174mm de largo y 121mm de ancho con un espesor de 6mm, en la figura 3.11 se muestran las dimensiones con sus cotas.

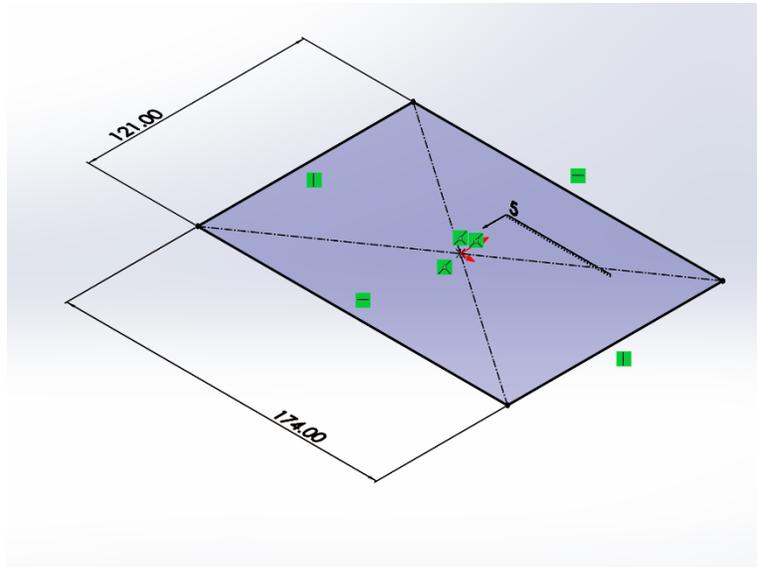


Figura 3.11 Placa base macho

Se realizan cortes en las aristas de 15mm por lado que servirán de guía para que baje la placa con el perno, estos cortes se basan en las medidas del PTR, en la figura 3.12 se muestran sus cotas con las dimensiones.

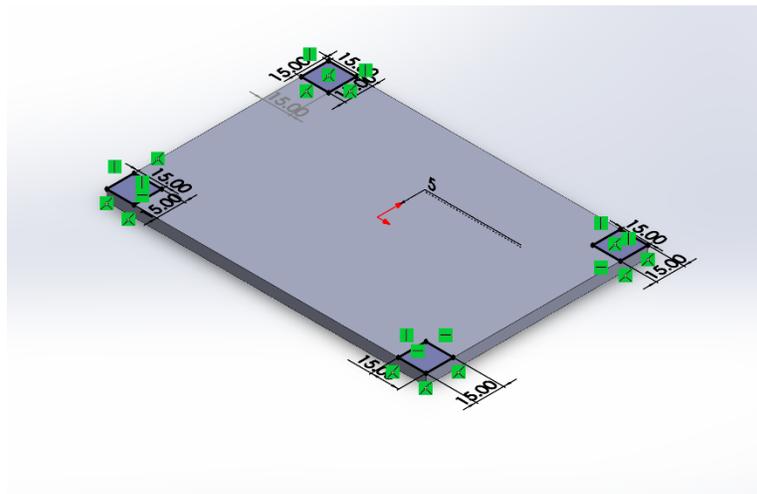


Figura 3.12 Medidas de corte placa base macho

En el centro de la placa cara superior se genera un círculo de 25mm de diámetro que será la base del perno extrusor de 40mm de alto, se tomó como base de un nuevo círculo la cara superior de ese cilindro que tendrá de diámetro 12.5mm y de altura 27.5mm, en la figura 3.13 se muestra el perno creado que será nuestra pieza que este en contacto con el tocho y lo presione para ser extruido el material.

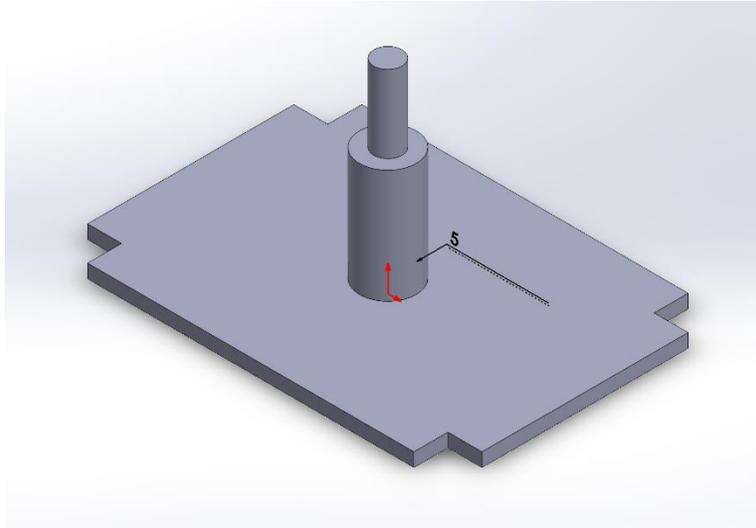


Figura 3.13 Placa base con dado macho

Se tomará la misma medida del cordón de soldadura que es de 5 mm, en la figura 3.14 se muestra el cordón.

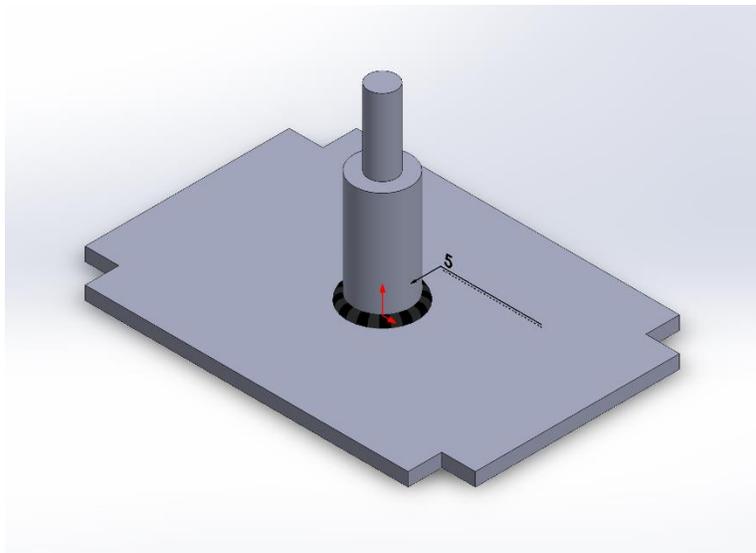


Figura 3.14 Placa base con dado macho soldada

Se genera un plano con las perspectivas y las cotas como sus dimensiones, así como la figura en isométrico, en la figura 3.15 se muestra la pieza con su plano.

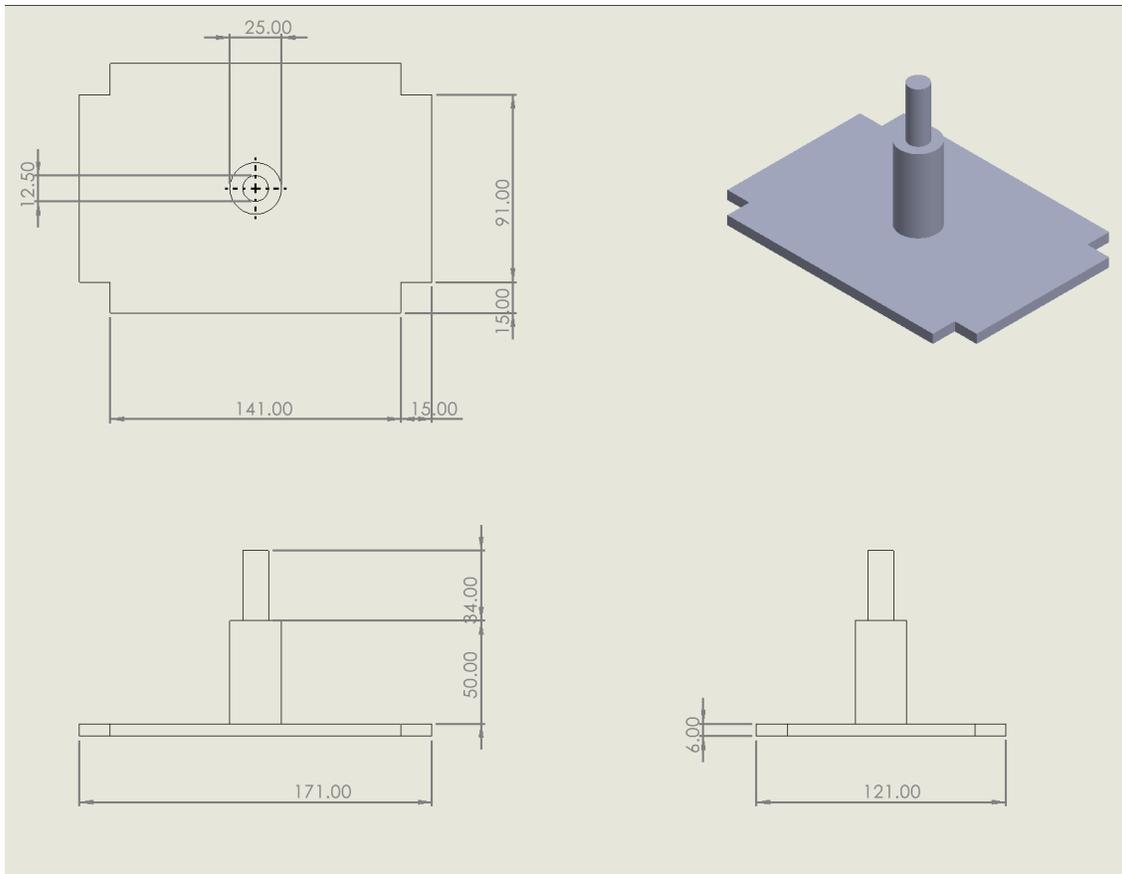


Figura 3.15 Plano placa con dado macho

3.2 Ensamble

Las piezas se ensamblan desde del mismo programa SolidWorks, la primera pieza siempre será la que queda fija y en este caso es la base o estructura PTR.

Con las 3 piezas hechas se ensamblaron, primero se agregó la base o estructura PTR ya que será la fija, se abrió el programa y se eligió ensamble, se agregó la estructura PTR, en la figura 3.16 se muestra como se agrega la pieza fija.

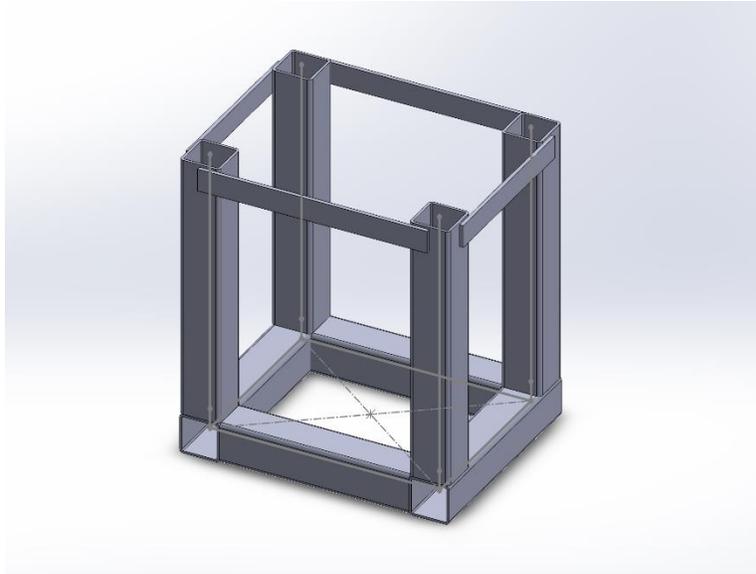


Figura 3.16 Estructura PTR agregada a ensamble

Se agrega la placa hembra que será fija con la estructura PTR, esto haciendo coincidencia entre la base PTR y la placa hembra, se debe fijar la pieza para restringir su movimiento dado que en las pruebas de la maquina real tendrá ese comportamiento, en la figura 3.17 se muestra como se agrega la placa hembra.

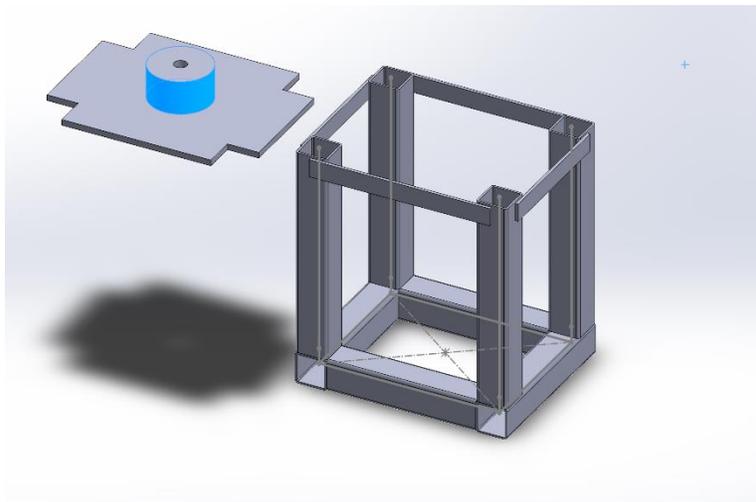


Figura 3.17 Placa hembra agregada para ensamble

En este ensamble se generan coincidencias para poder posicionar correctamente la pieza esto se realizo seleccionando la cara inferior de la placa hembra y se genera una coincidencia con la cara de la base del PTR, en la figura 3.18 se muestra como bajo la placa teniendo una posición casi final.

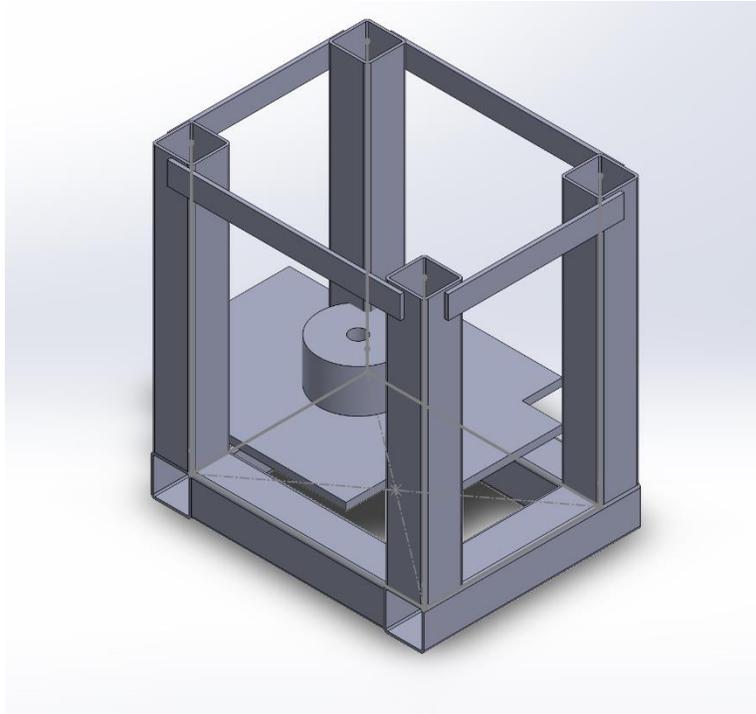


Figura 3.18 Placa hembra generando coincidencia con estructura PTR

Para que la placa se acomode en su lugar se genera una coincidencia con la cara interna de la placa en su espesor y la cara interna del PTR, esta coincidencia se hace con ambas caras donde está el espacio del poste del PTR así con las caras del PTR donde deben ir, en la figura 3.19 se muestra el ensamble final y correcto entre ambas piezas.

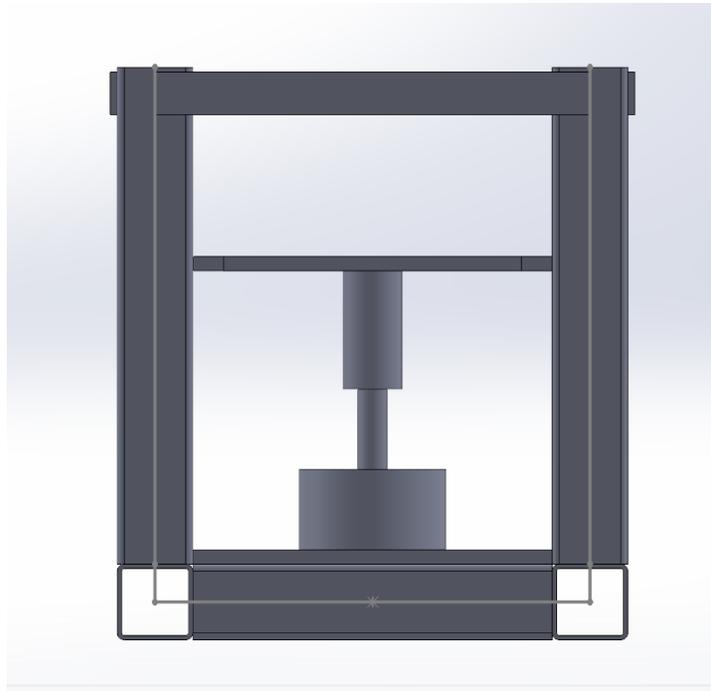


Figura 3.19 Placa macho agregada a ensamble

3.3 Resultados del capítulo

Finalmente se obtiene la pieza final ensamblada en SolidWorks, en la figura 3.20 se muestra una vista isométrica.

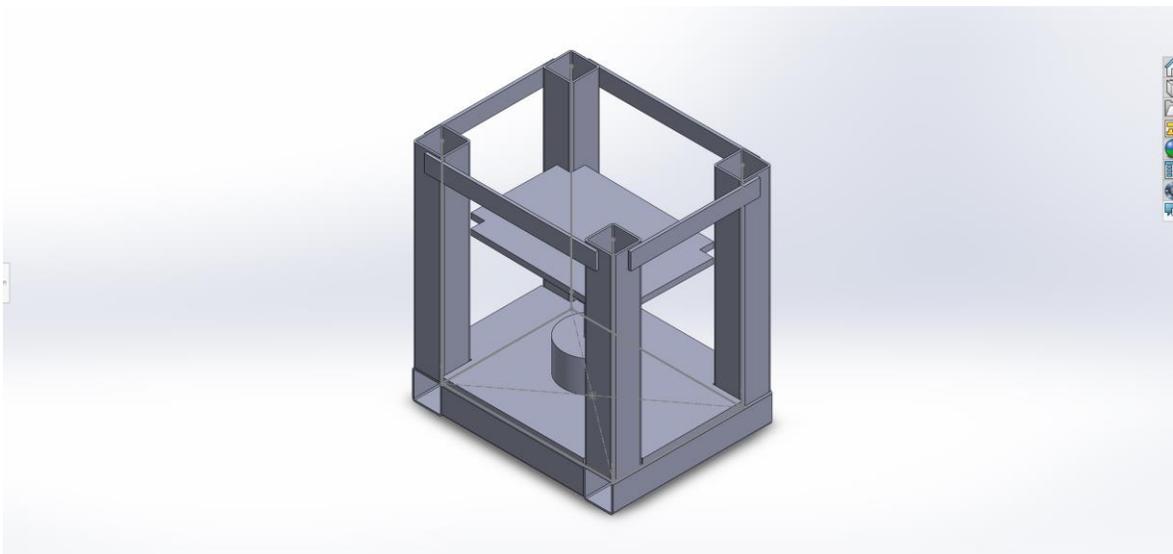


Figura 3.20 Placa macho generando coincidencia con dado hembra

Ya terminado el ensamble se genera un plano de la pieza completa, se muestra en la figura 3.20, sus 3 vistas con una vista isométrica de la pieza resultante de los 2 ensambles.

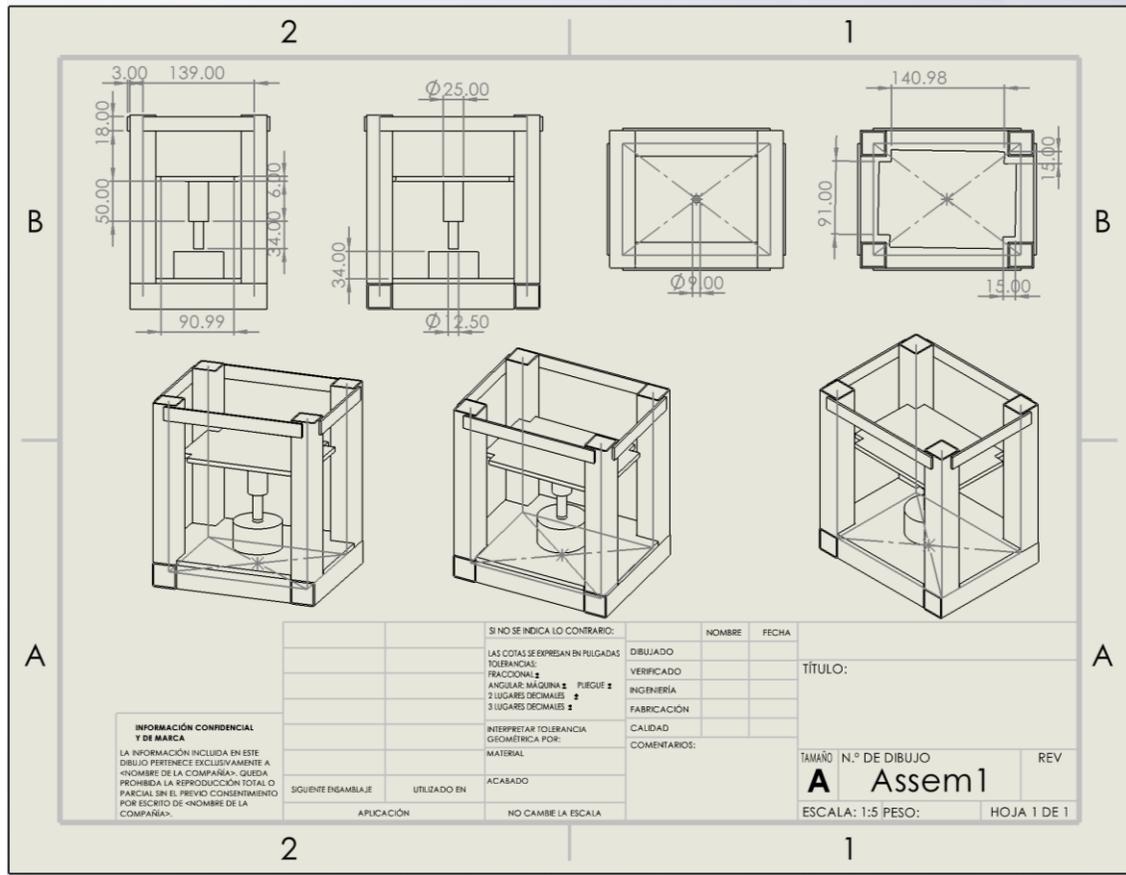


Figura 3.21 Plano de ensamble final

Se genero un render de la pieza en SolidWorks con una vista isométrica, se muestra en la figura 3.21, esto solo es algo estético y representativo de la pieza final.



Figura 3.22 Render de vista isométrica de ensamble final

Se genero un render de la vista lateral para ejemplificar el modelo final, en la figura 3.22 se muestra dicha vista.

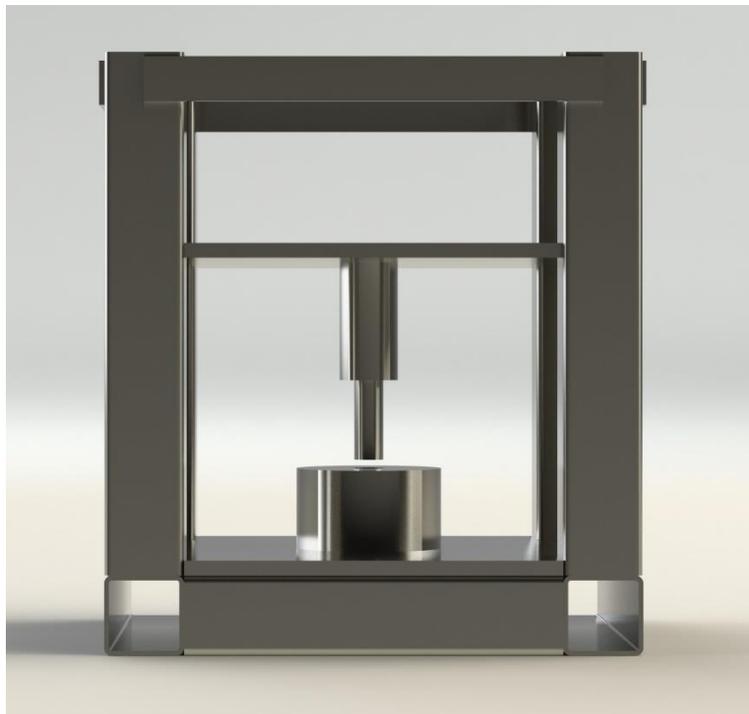


Figura 3.23 Render de vista lateral de ensamble final

Se genero un render con la vista frontal de la maquina para ejemplificar dicho modelo final, en la figura 3.23 se muestra dicha vista.



Figura 3.24 Render de vista frontal de ensamble final

3.4 Conclusiones del capitulo

El diseñar o dibujar una pieza es una parte fundamental de la fabricación ya que con este se puede visualizar la pieza final pudiendo corregir problemas estructurales o cambiando elementos de construcción, se tuvo especial cuidado en las medidas reales por lo cual se genero la pieza con escala 1:1, la herramienta se crea en la mente, se plasma en el dibujo y se concreta en su fabricación.

4 Capítulo 4 Fabricación de la máquina de extrusión, metodología de la fabricación.

4.1 Preparación del material

El PTR se lijo con lija 120 agua para retirar impurezas, se lijo las placas de acero que servirán de soportes para la base de la máquina, así como de guía y soporte para la pieza macho.

4.2 Corte PTR

Se cortaron tramos de PTR que son para la base de la estructura de la máquina de extrusión, estos tramos son de 2 piezas de 170 mm. y dos piezas de 155 mm. de PTR 1 ¼ in. calibre 14, 4 piezas de 205 mm. para los postes verticales, en la figura 4.1 se muestra el PTR cortado en las dimensiones anteriormente mencionadas.

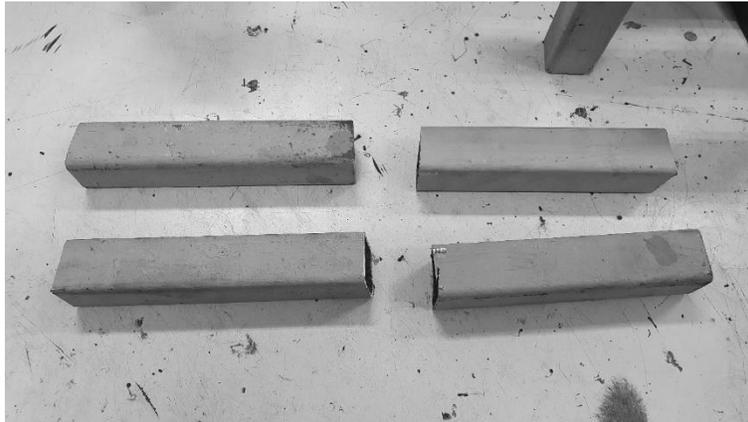


Figura 4.1 Corte PTR

Se corta una placa de acero de medida 210 milímetros x 170 milímetros con espesor de 6 milímetros, en el centro de la placa se realiza una perforación de 8 mm que servirá como salida de la extrusión, en la figura 4.2 se muestra dicha placa ya cortada, se cortó con un disco de corte con la amoladora.



Figura 4.2 Placa hembra cortada en aristas

Para barrenar la placa se usó un taladro de banco a un diámetro de 8 mm, ese barreno será el encargado de permitir fluir el material a extruir, en la figura 4.2 se muestra dicha herramienta.



Figura 4.3 Taladro de banco

El barreno se hizo en el centro de la placa para que el dado hembra quede centrado y el PTR se acople a la base.

Se cortaron 4 piezas de solera que servirán como refuerzo para las piezas verticales de PTR, la solera se corta con una amoladora, en la figura 4.3 se muestran ya cortadas.



Figura 4.4 Corte de solera

La placa que esta soldada a la pieza macho se le realizaron cortes en las esquinas que sirven como guía, los cortes son de 13 milímetros por lado para su correcto ensamble con el dado extrusor hembra, en la figura 4.4 se muestra la placa con cortes en las esquinas.

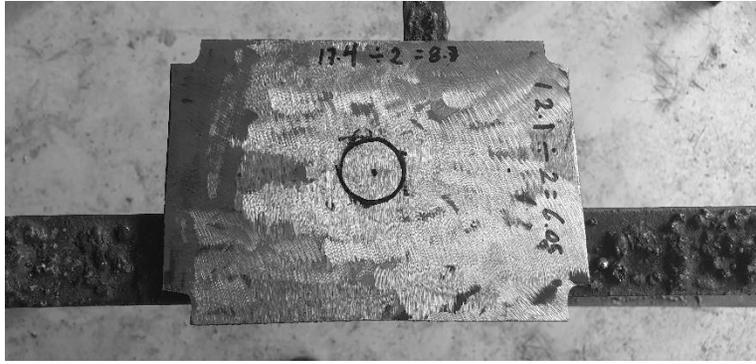


Figura 4.5 Placa base de dado macho

Esta placa será la que se soldé a la pieza macho, se midió y se sacó el centro donde quedará fija el perno extrusor.

4.3 Proceso de soldadura

Se utilizo una máquina de soldadura por arco eléctrico manual MMAW de la marca infra modelo Th 300, electrodo revestido 6013 de $\frac{3}{32}$ in para la unión entre las piezas de PTR en la base a 80 amperes y se usó electrodos revestidos 6013 de $\frac{1}{8}$ in para la unión entre la base del PTR y la placa a 130 amperes, en la figura 4.5 se muestra la estación de soldadura manual por arco eléctrico.



Figura 4.6 Estación de soldadura

Para la pieza macho se soldó a la placa con electrodos 6013 de $\frac{1}{8}$ in a 135 amperes, se utilizo ese electrodo dado el mayor espesor de la placa y su mayor masa, si se utiliza un electrodo de menor tamaño y menor amperaje se dificulta por un lado la ignición y por otro lado el cordón de soldadura asi como la correcta fijación entre ambas piezas, en la figura 4.6 se muestra la pieza soldada entre placa y dado hembra.



Figura 4.7 Pieza hembra soldada a placa

Se uso un kit quita escoria y un cepillo de cerdas de metal para que la zona de unión entre piezas siempre estuviera limpia para una correcta propagación de la soldadura.

Se uso la máquina soldadora para la unión entre los soportes laterales y la solera con electrodos revestidos 6013 de $\frac{3}{32}$ in a 80 amperes.

Para el acople entre la solera y el PTR se usó electrodo revestido 6013 de $\frac{3}{32}$ in a 80 amperes, se deja 9mm entre la solera y final del PTR, se deja una pestaña superior de 5mm para que la soldadura se depositara y se creara una unión mas estructural, en la figura 4.7 se muestra el PTR soldado.



Figura 4.8 PTR soldado a base hembra

Se soldó cada solera entre cada cara exterior del PTR, la función de la solera es dar estructura y ayudar a soportar la fuerza que será aplicada en el perno y se transfiera al dado hembra, en la figura 4.8 se muestra la solera ya soldada.



Figura 4.9 Solera soldada a PTR

Para soldar la placa macho con el perno se utilizó electrodos revestidos 6013 de $\frac{1}{8}$ in a 135 amperes, se utilizó ese electrodo ya que al tener mas masa se necesita mayor amperaje y ese electrodo es adecuado para ese amperaje, en la figura 4.9 se muestra la paca superior soldada al dado macho o perno.

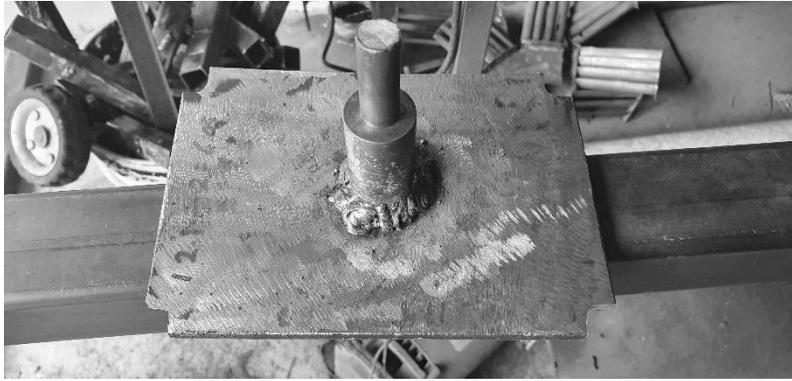


Figura 4.10 Dado macho soldado a placa

La máquina es puesta a prueba de resistencia en sus soldaduras, así como la correcta orientación de los postes para tener en menor error posible, la soldadura es resistente, así como la variación de la orientación tiene un error de $\pm 2\text{mm}$, esa es la razón por la cual la placa con el perno se dejó cierta medida para que pudiera bajar y ensamblar bien con la pieza hembra.

Ya terminada funcionalmente la máquina de extrusión se procedió a iniciar su proceso de terminado superficial y estético, se utilizaron materiales como pasta carrocera, lija roja de grano 120, espátula y cuñas.

La placa macho se lijo la soldadura, así como la placa para una mejor adherencia del bondo, en la figura 4.10 se muestra como quedó moldeado el bondo con la placa y el perno.



Figura 4.11 Aplicación de bondo de dado macho

Se limpio toda la escoria que quedaba en la soldadura, se cepillo y se lijo, se aplico el bondo sobre las uniones de soldadura quedando en un inicio una capa gruesa, en la figura 4.11 se muestra la estructura PTR con la placa hembra con el bondo ya aplicado.



Figura 4.12 Aplicación de bondo placa hembra

Se lija y limpio la unión entre la solera y el PTR, se coloca una primera capa de bondo, en la figura 4.12 se muestra la capa de bondo sobre las uniones de la solera con el PTR.



Figura 4.13 Aplicación de bondo en solera

Se lijo el bondo para eliminar imperfecciones y coloco una capa fina para darle un acabado correcto ayudado de unas guías hechas de plástico rígido, en la figura 4.13 se ejemplifica el paso.

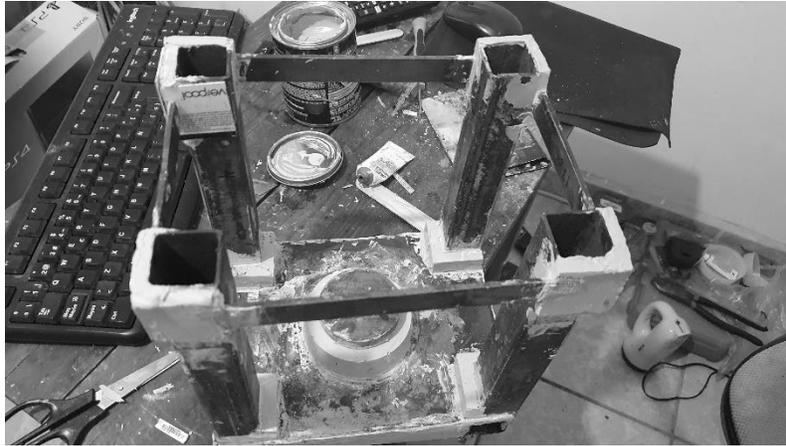


Figura 4.14 Bondo lijado en pieza final

Se lijo todo el bondo con el fin de detallar mejor y dar terminado con el conformado del mismo, con una lija 2000 se logro que tomara una apariencia lisa, en la figura 4.14 se muestra el resultado.

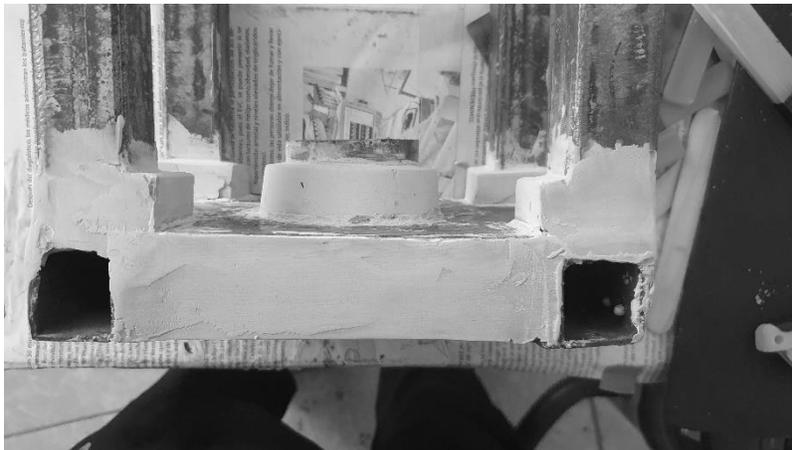


Figura 4.15 Bondo aplicado y terminado en laterales de PTR

En la parte superior se realizo el mismo trabajo de aplicación del bondo con guías de plástico rígido y lijado para un terminado superficial, en la figura 4.15 se muestra el resultado.



Figura 4.16 Bondo terminado en solera

En la figura 4.16 se muestra una vista superior del terminado con el bondo.

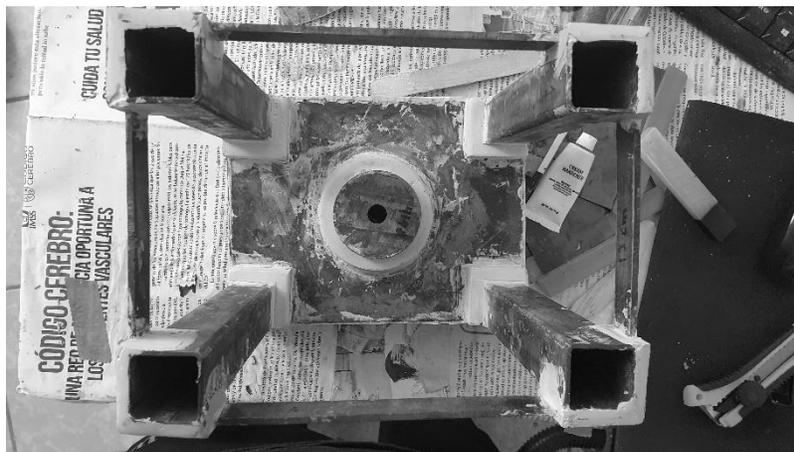


Figura 4.17 Vista superior de bondo terminado en toda la maquina

4.4 Conclusiones y resultados

La máquina terminada se fabricó satisfactoriamente, es funcional, se pintó como algo estético, en la figura 4.17 se muestra la máquina de extrusión fabricada y terminada, se agregaron Regatones cuadrado de 1 ¼ in para cada PTR.



Figura 4.18 Maquina de extrusión fabricada

4.5 Proceso experimental

En la presente tesis se encontraron variables que determinaron el rumbo de la fabricación y de la forma de extrusión, estas variables generaron problemas el momento de realizar ensayos sobre la viabilidad; la temperatura fue importante porque tanto el perno y dado extrusor debieron de precalentarse para tener una diferencia de temperatura menor al del tocho.

El tiempo; el tiempo es importante porque a mayor tiempo fuera de la mufla el tocho inicia un equilibrio térmico con el ambiente.

4.5.1 Primera prueba

Esta prueba se realizó con la mufla a 600 grados centígrados sin precalentar el dado y el perno, se observó que el tocho salió de la mufla a 615 grados y se depositó en 10 segundos, esto permitió su equilibrio térmico con el ambiente e intercambiando temperatura con el perno y el dado, esta prueba fallo y el tocho quedo adherido a las paredes del dado como a su parte inferior, en la figura 4.18 se muestra la mufla usada para calentar el tocho.



Figura 4.19 Mufla de prueba

4.5.2 Segunda prueba

En esta prueba se precalentaron el perno con la parte interna extrusora del dado con el fin de impedir la disipación del tocho, el tocho se llevó a 750 grados y se depositó en 10 segundos, en la figura 4.19 se muestra como se calentó el perno extrusor para que tenga temperaturas similares al del tocho.



Figura 4.20 Calentamiento de dado macho

4.5.3 Tercera prueba

Se precalentó el dado con el perno y se subió la temperatura a 800 grados y se depositó en 10 segundos el tocho, en la figura 4.20 se muestra como se calentó el perno encima del dado hembra.



Figura 4.21 Máquina precalentada

En esta prueba se corrigieron los errores anteriores, se determinó que el tocho sufre una caída de temperatura lo que impedía su extrusión por lo cual se calentó el perno, se calentó el dado ambos por alrededor de 3 minutos y se depositó el tocho, ya depositado se trató de recuperar su temperatura volviendo a calentar el tocho con el soplete permitiendo extruir el tocho.

4.6 Conclusiones finales

En esta tesis se Diseñó y fabrico una máquina de extrusión para aleaciones de aluminio-magnesio.

- a.- Se diseño una máquina de extrusión en SolidWorks la cual sirvió de referencia para la posterior fabricación de la misma.
- b.- Se logró construir la máquina compacta que puede ser transportada a diferentes lugares fácilmente pues solo pesa 5 kg.
- c.- Se cumplieron totalmente los objetivos del proyecto y la maquina se encuentra funcionando en las instalaciones del CIICAp.

En la figura 4.21 Se muestra la maquina terminada montada en una prensa hidráulica extrayendo el tocho de aluminio, el piston hidraulico baja y ejerce la fuerza sobre la placa y esa se transfiere al perno extrusor y obliga a fluir al tocho por la única abertura que tiene la placa en la parte inferior.



Figura 4.22 Funcionamiento y extrusión

En la figura 4.22 Se muestra el tocho extruido con la máquina de extrusión, el material fluyo como se esperaba y redujo su forma adoptando la forma de la perforación inferior de la placa de soporte.



Figura 4.23 Extrusión de tocho de aluminio

4.7 Referencias:

- [1] <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/el-aluminio/#:~:text=El%20aluminio%20es%20uno%20de,potasio%20y%20cloruro%20de%20aluminio.>
- [2] <https://www.asoc-aluminio.es/el-aluminio/propiedades-del-aluminio>
- [3] <https://es.abc-aluminum.com/el-proceso-de-fabricacion-del-aluminio-y-sus-usos-generales/>
- [4] <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/extrusion/#:~:text=La%20extrusi%C3%B3n%20en%20prensa%20es,desea%20obtener%20y%20por%20el>
- [5] <https://www.quimica.es/enciclopedia/Magnesio.html>
- [6] <https://es.institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/magnesium/>
- [7] <https://material-properties.org/es/que-son-las-aleaciones-de-magnesio-definicion/>
- [8] <http://www.quimicaweb.net/tablapperiodica/paginas/magnesio.htm>
- [9] <https://ramtec.com.mx/uncategorized/antecedentes-de-la-extrusion/>
- [10] <http://www.extrual.com/es/noticias/articulos-tecnicos/la-extrusion-del-aluminio>
- [11] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html>
- [12] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>
- [13] <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/extrusion/>
- [14] <https://solid-bi.es/solidworks/>
- [15] <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/solidworks-2019/solidworks-movimientos-de-ensambles-rigidos/>
- [16] https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco
- [17] <https://bfmx.com/soldadura/tipos-de-electrodos/>

4.8 Anexos

Anexo A Materiales para fabricación de maquina de extrusión:

a.- Tubo cuadrado de PTR calibre 14 de 1 ¼ in.

- b.- Placa de acero comercial espesor 6mm
 - c.- Dado extrusor cilíndrico hembra de acero 4140 de 12.5 mm de diámetro y altura de 34 mm.
 - d.- Dado extrusor cilíndrico macho de acero 4140 de 50 mm en la base, 34 mm en la parte superior, diámetro menor de 12.5 mm y 25 mm en el diámetro mayor.
 - e.- Electrodo revestido 6013 de 3/32 in y 1/8 in.
 - f.- Planta para soldar con arco eléctrico manual MMA
 - g.- Maquina amoladora con discos 4 ½ para desbaste y corte
 - h.- Prensa en c de 4 in.
 - i.- Regatón cuadrado 1 ¼ in.
 - j.- Bondo profesional
 - k.- Pintura para metal gris y negra
 - l.- Lija 120 grano rojo
 - m.- Flexómetro
- Equipo de seguridad
- a.- Peto de cuero
 - b.- Guantes de carnaza
 - c.- Lentes de seguridad
 - d.- Careta para soldar
 - e.- Zapatos de seguridad
 - f.- Guarda para máquina amoladora
 - g.- Bata de laboratorio para protección de brazos

Cuernavaca, Mor., a 07 de diciembre del 2022



DR. RENE GUARDIAN TAPIA
DR. ROY LOPEZ SESENES
MTRO. ANDRES AGUILAR NEGRETE
DR. ISAI ROSALES CADENA
ING. SERGIO RENE PEDRAL MONSALVO
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:
TESIS
Titulado:

Diseño y Fabricación de Máquina de extrusión para aleaciones aluminio-magnesio

Que presenta (el) o (la) **C. CAMARGO SALGADO ARTURO ANDRES**

Para obtener el grado académico de: **INGENIERO MECÁNICO**

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ DIRECTORA

Se anexa firma electrónica

D I C T A M E N

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ DIRECTORA DE LA FCQeI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE	FIRMA
APROBATORIO	DR. RENE GUARDIAN TAPIA	
APROBATORIO	DR. ROY LOPEZ SESENES	
APROBATORIO	MTRO. ANDRES AGUILAR NEGRETE	
APROBATORIO	DR. ISAI ROSALES CADENA	
APROBATORIO	ING. SERGIO RENE PEDRAL MONSALVO	

El voto del comité es aprobatorio, se anexan firmas electrónicas

VALH/ATI/srpm



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2023-03-22 17:46:15 | Firmante

G5eBIHM+E7esORYeED5U+d7+5jsXTcRBytO/DWpyC2FEzF90B08zu4/3WeVFwb0zWhe0gM4dOOtSvqVdpiA95HuQEzqCBP52UeLyKYFeXI8nrUaiMVZlu4gZpyleLfn9ME8kIBIAE7xOI0y8olk2y9Xs7njez5kZvJxUVsar69I5/TfwIA2X0z1c3tNFRcEyV6v2IKVKGsW7AThumgllzb/5eZcOKzKcaHqxDuWgWgGR7/u+OuW3K3NLYMcdSL3uxLsOgWxDbd2SjN4ENSfXLgAHpT3/nmgTJgNQWw6tsOXfaX84V9iVJOon+nw7Fj2wiVUWp92t6E5Fg0trYm1Ib5Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[sZbPWfgt7](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/yBrh2INQdHatDfC7gBbbEuPO38cQvF1T>



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ISAI ROSALES CADENA | Fecha:2023-03-27 13:58:15 | Firmante

F/5Z9qk/A/Dm/9MXc4EaWhuVjn6NjFnS7PIULkT1gliaTH+FvW0iVuvvBYcCQkp+v6ggPmSStDEEIEUPoHR9cOhqxjX2R2qs2Mq3mBFJR+Zj0y2wJ5I50iZWI963/YRagwv39+L5Eh+rj+JS1ceMzxS2jHydLruJpmY87EmG+zxKDAQH1ONhxnB8xMVPd+C4+SJudXO8N8dwwRxxGcCdbT9wZYpLDI37cGGQeox3GatxwGNe325L7UGiJsA6ZCoStFDuqG9trRyF x6PNbn3sU0gLSgGuwxyX70q+XHhoeY/dfKov5t5Mf9AUfxQFUtGVpWNWFT7Fxmsond9qZA==

ROY LOPEZ SESENES | Fecha:2023-03-27 14:07:11 | Firmante

q9t66ohRozxqAw7lZS/SbwXeGbQgF7//031ZSe0yMq6vn8i3eLdmX6azu1KtLoFZxs4zHCPHH6kYIhPleok7rN/8F6ntmA+uuiscUUwu7fsix+8j9Km+3XVYmLfofL0jM68hm7rNKM6/yQaXL5lerGxXQliVKE0jAIMY0BFLieaHZCVxk7fh4/MyMp7iVTiH8DxiPOcnGwdwfA5Hc7QHGpbTW1XBACLmsNjSZ+evnqXIMcrmt6GijJn1P0tGZ+z5+w/Hz9UJNKIHDp6Zufq+bxBAuqfjCb0SSyHT2wX+WcvQUc6pUXEleKpQ9N9Szb8I8tC9pl/6yDjAEIQRuHKA==

SERGIO RENE PEDRAL MONSALVO | Fecha:2023-03-27 16:04:55 | Firmante

Cfium4YMWGg5eVXcuYvSZMYNIACyh7/QbL7XowqLRgzqfzH3+Dc9OudgYQG1zDbAbtCULrfW5ec4uqbXlXvNlbcJmWVJknLHynvR0x+eYIbPz2DEYw5IU0462gap8rhd/y8gPd v4A6mCnQ70dXpwwYIPFCLcfG8EOhNkpJcVr/xApxmJMhG+qnWV9ieQ9NOv+YThIDxQwdKZuyxAhxr0gtk3DEg77LiFOp0Da4z2RD1jYeKlBZTM5nLhKWrDFZIV4w5jHIBSK2+Q z0vxxvaoWw4BID7I5IHOVRw226p/p+bQaO+DVMpMhQwNvjt3jILKJHTaCjP9/ojK0+uW9fJw==

RENE GUARDIAN TAPIA | Fecha:2023-03-28 10:31:51 | Firmante

vMWjXnYeV20vozo1ZFUTXswnkWTVN6/5lJY7d6yHY5Kdh02RONyXq9ZggDpX4/UEEM/71JHp2gRV22QKOFOS4j+IrMn9VR66idJacifRVKxqZLqPCeY8qYDvqqjTTIj4Pewpv5vntwt7lTwsbXaJLq8aZWwQasczlyXgKsXmZl2fy31H/0gG1FrIGYfMBabJ/9+6Gz9jXSC4OtpqiGe19oF0sBjFJdFPgsT11cCJ86SjE5yBjHgb6mrWWWH2g9avYaXCkoH/nceOv80L37A2l KbAo99E4bqwfZUVU0L1FvbRknz/MM7hyZSxHNngH6Nspj8lN6C1AcXEvgbDqi6idA==

ANDRES AGUILAR NEGRETE | Fecha:2023-03-30 12:20:13 | Firmante

n590eSCP3GK+2htF2AVpF+iyWKez/ue4UREvGO4zIWdhM6I9BnpX4ZM4XXsLgLKbgwDkWOuWGBWhMKZU7G2MZZL93R5hWHxr8RiYptiFaohAF2ZD0HB7F/E2EW/Ue7J+R cVN8rULxPZrMu7/KY7qvd4PcKZAHIAaBO1SGCTesN3waJbr/o3/jJ1051F8LjRIRRzh8alg4NgD/FUamEjReBLCq/aZmhYdF4SMjCG0tSu9H0MtpW5gPaqeMHZGMRqvrBHg+fYJ 1usQq9NkK6oqCFEzVbNM6ZXixvPJMjdaHv+9UZLspH/NidPsGyclvkQnaWPQLInY97JsOH+o/rB4w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



AQSOKEC9d

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/IVd5om5gcsGuti16MYIRhAUTUfIL82N>

